

<https://proceedings.science/cbctem/trabalhos?lang=pt-br>



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A MADEIRA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

Gabriel Andrade Gomes de Assis¹
Lívia Dal Sasso de Souza¹
Larissa Carvalho Santos²
Vitor Dias Lopes Nunes¹
Walter Torezani Neto Boschetti¹
Déborah Nava Soratto¹
Pedro P. de C. BRAGA³
Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho⁴

¹ Universidade Federal de Viçosa

² Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal

³ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

⁴ DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL



A MADEIRA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

Resumo: Há muito o concreto tem sido o principal material utilizado na construção civil, mas o novo cenário mundial tem exigido sua adaptação a outros materiais que gerem menos resíduos, exijam menor gasto energético em sua produção e possibilitem descarte com menor impacto ambiental. O presente trabalho trata das condições do uso da madeira na construção civil, objetivando analisar o cenário atual. A madeira está presente em inúmeros processos na construção, podendo compor peças decorativas, móveis, esquadrias, objetos arquitetônicos e peças estruturais. Como peças estruturais, apresenta boa resistência mecânica, desde que se conheçam suas características de umidade e homogeneidade, entre outras. Outro aspecto considerável é a baixa relação peso/resistência da madeira, de modo que as estruturas ficam mais leves quando comparadas a elementos de concreto. A vista disso há inúmeras possibilidades de utilização da madeira na construção civil, contudo, esse material não é aproveitado de forma integral no Brasil, devido a aspectos culturais e conservadorismo por parte dos profissionais da área.

Palavras-chave: sustentabilidade, materiais de construção, estruturas de madeira.

MADEIRA AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE IN BRAZILIAN CIVIL CONSTRUCTION

Abstract: Concrete has long been the main material used in construction, but the new world scenario has required its adaptation to other materials that generate less waste, require less energy expenditure in its production and allow disposal with less environmental impact. The present work deals with the conditions of wood use in civil construction, aiming to analyze the current scenario. The wood is present in numerous processes in the construction, being able to compose decorative pieces, furniture, frames, architectural objects and structural parts. As structural parts, it presents good mechanical resistance, as long as its characteristics of humidity and homogeneity are known, among others. Another considerable aspect is the low weight/resistance ratio of the wood, so that the structures are lighter when compared to concrete elements. In view of this there are many possibilities of wood use in construction, however, this material is not fully utilized in Brazil, due to cultural aspects and conservatism on the part of the professionals of the area.

Keywords: sustainability, construction materials, structures of wood.

1. INTRODUÇÃO

Uma relação homem x ambiente satisfatória, que possibilite a concepção de construções sustentáveis, pode ser alcançada através da aplicação dos mais atualizados conhecimentos teóricos nas práticas já consolidadas. A escolha dos recursos construtivos deve ser pautada



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

na avaliação do consumo energético, do impacto ambiental e dos aspectos culturais (MADEIREIRA MADECAL, 2014).

Todas essas necessidades são contempladas pela utilização da madeira, um material disponível em abundância, renovável, fixador de carbono e presente no cotidiano de inúmeras comunidades. A primeira utilização de madeiras como material construtivo, no Brasil, foram as cabanas indígenas, porém, com a colonização do país, iniciou-se o uso de concreto, que assumiu lugar de destaque devido à associação de construções em madeira às populações desfavorecidas. Ao longo da urbanização das cidades, a utilização de madeiras em construções se concentrou no sertão nordestino, nas populações ribeirinhas do Norte e nas comunidades tradicionais de origem europeia, no sul do país (ARAÚJO, 2012).

De acordo com a Revista da Madeira (2003), é comum encontrar resistência das empreiteiras em aplicar a madeira como elemento estrutural. Essa rejeição tem alicerce na falta de profissionais especializados em tal matéria-prima no mercado, pois conhecimentos escassos e defasados sobre as propriedades das madeiras, somados ao emprego de métodos antiquados de construção, culminam em desempenhos insatisfatórios frente a outros materiais.

Verdério (2017) afirma que se tem observado crescente o interesse no emprego de madeiras provenientes de reflorestamentos, em detrimento daquelas extraídas em florestas naturais. É imprescindível o uso racional dessa matéria-prima, dada a importância das áreas verdes para a biodiversidade de fauna e flora, além da contribuição significativa das árvores para o combate ao aquecimento global e ao efeito estufa.

Com isso, objetivou-se realizar um levantamento das atuais condições de extração e utilização da madeira na construção civil brasileira.

2. MADEIRAS PROVENIENTES DE CORTES SUSTENTÁVEIS

De acordo com Governo do Estado de São Paulo, madeiras nativas de origem legal são aquelas de espécies brasileiras que: i) provêm de corte autorizado pelo órgão ambiental responsável; ii) possuem documento de autorização para transporte e armazenamento; iii) acompanham nota fiscal (SÃO PAULO, 2016). Ainda segundo o governo paulista, existem muitos problemas relacionados a extração ilegal de madeira, sendo que esta ocorre, surpreendentemente, até em Áreas de Preservação Permanente (APP) e em Reservas Legais (RL).

Uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis em 2016 aponta que até 80% da produção madeireira da região amazônica pode ser proveniente de desmatamentos ilegais e predatórios, sendo grande parte dessa madeira destinada à indústria da construção civil.

A indústria de construção civil é comumente associada à danificação da natureza, se dispendo de práticas não sustentáveis. Todavia, a exploração e os danos podem ser controlados através de métodos construtivos eficientes e ecologicamente corretos. Ressalta-se que a madeira é um elemento indispensável em todos os tipos de construções, seja para fins estruturais ou estáticos e, nesse sentido, existem diversos produtos derivados de madeira de reflorestamento, que permitem a aplicação da madeira além da sua forma natural, maciça, como painéis compensados, aglomerados tipo *medium density particleboard* (MDP), *medium density fiberboard* (MDF), e *oriented strand board* (OSB),

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





madeira laminada colada (MLC), além dos pisos laminados e esquadrias em geral (ARAÚJO, 2012). Na Figura 1 são apresentadas algumas utilizações de madeiras em construções na forma de esquadrias.



Figura 3 – Materiais madeireiros utilizados em construção civil.

3. VANTAGENS EM RELAÇÃO AOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS

A produção das peças estruturais de madeira demanda cerca de duas vezes menos energia que das de alvenaria. Além disso, a produção e instalação das peças também necessitam de menor quantidade de água, ou seja, o emprego da madeira implica tanto em economia de energia quanto de recursos hídricos.

Por ser um material isolante, a madeira é muito utilizada como revestimento acústico e, também, oferece conforto térmico aos ambientes onde é instalada, diferentemente do concreto e do aço.

Em termos de resistência ao fogo, costuma-se ter uma falsa ideia de que madeiras apresentam baixa resistência em situações de incêndio. Entretanto, quando bem dimensionadas, observa-se que o interior das peças permanece intacto devido a formação de uma camada superficial de carvão, que retarda a propagação de calor para o interior do elemento (MADEIRA ESTRUTURAL, 2009). Na Figura 2 observa-se um perfil de madeira submetida à condição de fogo, e na Figura 3, material residual pós incêndio.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

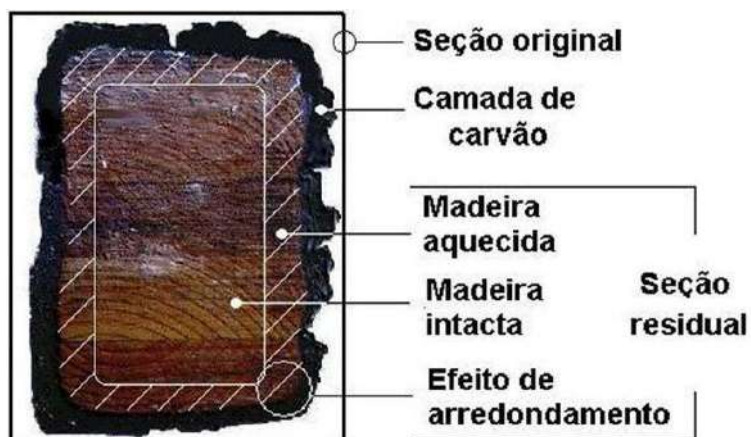


Figura 2 – Seção de uma viga de madeira laminada colada, exposta ao fogo por 30 min (MADEIRA ESTRUTURAL, 2009).



Figura 3 - Vigas de madeira e de aço submetida à situação de incêndio (MADEIRA ESTRUTURAL, 2009).

Ao falar sobre a resistência mecânica, ressalta-se que as características de cada peça estão intimamente ligadas à sua matéria prima e aos métodos produtivos pelos quais é obtida. A MLC, por exemplo, apresenta ótimo desempenho mecânico, similar ao de peças em concreto e, considerando-se uma viga composta por tábuas laminadas e outra de concreto armado, ambas com mesmo volume e mesma seção transversal, estas possuem comportamentos parecidos quando submetidas a cargas iguais. As peças de madeira adaptam-se a uma grande variedade de formas, apresentando alta resistência a solicitações mecânicas. Ademais, possuem peso próprio relativamente baixo (ZANGIÁCOMO, 2003).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Outra vantagem em relação aos materiais construtivos mais tradicionais é a racionalização da construção devido ao uso de peças pré-fabricadas. Isso faz com que o desperdício, seja por cortes desnecessários ou erros nos canteiros de obras, seja reduzido. À medida que o processo construtivo torna-se industrializado, as situações não previstas em projeto são evitadas e, conseqüentemente, o tempo de execução da obra também diminui.

4. DEFEITOS NATURAIS E DE PRODUÇÃO

Os defeitos naturais da madeira afetam diretamente o desempenho das peças na estrutura. É possível classificar tais defeitos através de uma análise visual, identificando possíveis elementos que diminuem a resistência e rigidez do material.

Segundo a norma ABNT NBR 8456:1984, as peças de postes preservados devem estar isentas de defeitos inaceitáveis. É admitida a presença de defeitos, desde que dentro de limitações e que as peças possuam bom acabamento. A norma sugere que a madeira esteja isenta de: i) sinais de apodrecimento, principalmente no cerne; ii) avarias no alburno provenientes do corte ou transporte; iii) fraturas transversais; iv) depressões acentuadas; v) orifícios, pregos, cavilhas ou quaisquer peças metálicas, que não estejam especificamente autorizadas.

Já a ASTM D25-99 (2005) aponta os principais defeitos de degradação em peças roliças de madeira após o abate e expostas ao meio de alta agressividade ambiental. São eles: i) sinais de apodrecimento ao redor do nó (Figura 4.a); ii) sinais de apodrecimento da medula e do cerne (Figura 4.b); iii) separação devido às propriedades diferenciais de retração e fibras retorcidas (Figura 5).

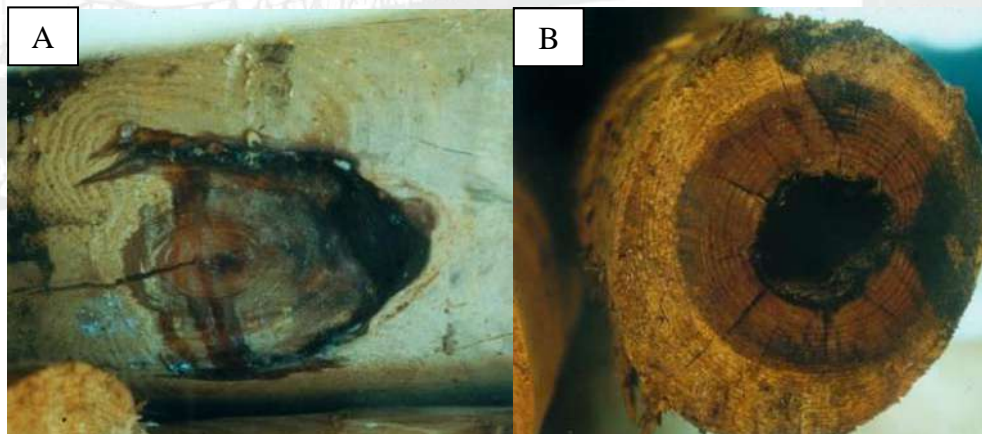


Figura 4 – a) apodrecimento ao redor do nó; b) apodrecimento da medula e do cerne (CALIL, 2007).



Madeira juvenil exposta /
madeira reação ao redor do nó

Separação devida as
propriedades diferenciais de
retração e fibras retorcidas

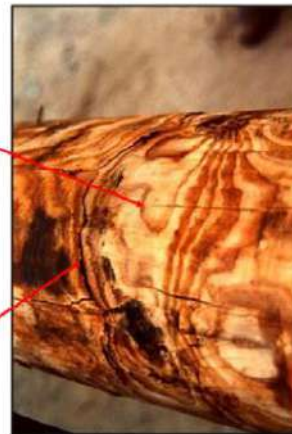


Figura 5 – Separação devido às diferenças das propriedades de retração e fibras retorcidas (CALIL et al.,2007).

5. APLICAÇÃO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A madeira está presente em quase todas as etapas das obras de construção civil. Algumas espécies possuem propriedades mecânicas suficientes para exercer função portante nas estruturas. Além das peças de madeira serrada, constituem vigas laminadas coladas, caibros, andaimes, escoramentos, formas, esquadrias e assoalhos domésticos.

Nos países europeus fazia-se o uso de arquitetura vernacular, com madeira extraída dos bosques da região, por meio da junção de troncos empilhados. Nos Estados Unidos, o uso de painéis de madeira reflorestada (*wood frame*, Figura 6) em residências é extremamente disseminado, graças, principalmente, à rapidez possibilitada para a execução (ARAÚJO, 2012). No Brasil, os métodos construtivos que utilizam esse material ainda são embrionários, contudo, promissores.



Figura 6 – Residência em Wood Frame.



6. PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DA MADEIRA

6.1. Umidade

A madeira é material higroscópico, e o teor de umidade tem grande importância sobre suas propriedades mecânicas. A quantidade de água das madeiras verdes ou recém cortadas varia muito com as espécies e com a estação do ano. A faixa de variação da umidade das madeiras verdes tem como limites aproximados 30% para madeiras mais resistentes e 130% para madeiras mais macias (PFEIL, 1985).

Face ao efeito da umidade nas outras propriedades da madeira, é comum referirem-se estas propriedades a um grau de umidade padrão; na Europa, adota-se 15%; nos Estados Unidos e no Brasil, 12%. Em complemento, faz-se necessário realizar ensaios tecnológicos rigorosos para identificar os níveis de resistência das peças – que variam de acordo com os fatores climáticos da região na qual ela está inserida.

6.2. Dimensões

As dimensões afetam propriedades determinantes para a estabilidade das peças, como, por exemplo, a inércia. Como a madeira é utilizada em variados formatos na construção civil, de caibros a painéis, é imprescindível a normatização quanto à classificação e dimensionamento. As flechas ocasionadas por carregamentos excessivos na estrutura, fluência ou secagem prematura, são mais críticas para estruturas esbeltas. A NBR 7190:1997 (ABNT, 1997), rege a realização de ensaios que contribuem para o dimensionamento estrutural de peças de madeira.

6.3. Durabilidade e Tratamento

Um grande número de agente ambientais tem potencial para prejudicar a performance da madeira ao longo do tempo. Calil (2016) cita três medidas para combater possíveis problemas relativos a durabilidade: i) melhor detalhamento do projeto, para garantir drenagem e impermeabilidade; ii) tratamento preservativo, impregnando o produto químico no material e submetendo-o a tratamentos superficiais; iii) inspeção, manutenção e reparos, para prevenção e combate de possíveis falhas.

7. CONCLUSÃO SOBRE A CONSOLIDAÇÃO DE CONSTRUÇÕES EM MADEIRA NO BRASIL

Os sistemas construtivos utilizados no Brasil ainda estão afeiçoados a práticas antigas, em sua maioria das décadas de 60 e 70, de forma que a construção civil se encontra entre os setores que mais consome recursos, gera resíduos e menos avança em produtividade.

É preciso inovar para mudar esse cenário, mas a apreensão de falhar mantém o conservadorismo na construção, tanto dos profissionais da área quanto dos clientes. Por isso, torna-se difícil o surgimento de uma nova realidade dentro dessa indústria. A utilização das estruturas em madeiras é afetada por essa estagnação, apesar das suas inúmeras vantagens e versatilidade que apresenta.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O primeiro passo para a conquista de um espaço para a madeira no mercado de construção civil no Brasil é a conscientização dos profissionais envolvidos. Estes devem possuir conhecimentos sobre as propriedades mecânicas, físicas e anatômicas do material, suficientes para discernir que a tecnologia aplicada à madeira não é a mesma que a usada para aços e concretos. Existem muitas espécies arbóreas produtoras de madeira e cada uma delas tem propriedades características que determinarão qual o melhor emprego como material construtivo.

O Brasil é um país continental, ou seja, o território é extremamente vasto. Isso dificulta a fiscalização das florestas de manejo. Por outro lado, há um enorme potencial para a extração da madeira, devido ao clima e as amplas reservas nativas. Portanto, se o controle legal das atividades se tornar efetivo, a construção civil do país será consideravelmente beneficiada.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes, pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing Materials. **ASTM D 25 – 99 – Specification for Round Timber Piles**. In: Annual Book of ASTM Standards, 2005.

ARAUJO, Rosanne Teixeira. **Alternativas sustentáveis de uso da madeira na construção civil**. Especialize, Manaus, AM, v. 4, p. 1-15, dez. 2012. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n4-2012/alternativas-sustentaveis-de-uso-da-madeira-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 12 maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 8456 – Postes de Eucalipto Preservado para Redes de Distribuição de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 1984.

CALIL, C. Jr. **Madeira Roliça Tratada em Sistemas construtivos**. Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira, Departamento Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, SP. 2007.

CALIL, C. Jr.; Dias, A.A. et al. **Manual de projeto e construção de pontes em madeiras**. São Carlos: Suprema, 2006. 252p.

LO SCOIATTOLO (Italia) (Org.). **Tecnologia Tetti in Legno**. Disponível em: <<http://www.loscoiattolo.net/tecnologia-tetti-in-legno/>>. Acesso em: 07 de Maio de 2017.

MADEIRA ESTRUTURAL: **A Madeira: um Material Resistente ao Fogo**. 2009. Disponível em: <<https://madeiraestrutural.wordpress.com/2009/07/13/a-madeira-um-material-resistente-ao-fogo/>>. Acesso em: 12 de Maio de 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MADEIREIRA MADECAL (Belo Horizonte). **Madeiras para construção**. 2014. Disponível em: <<http://www.madecalmadeiras.com.br/produto/madeira-para-construcao/>>. Acesso em: 03 maio 2017.

REVISTA DA MADEIRA (São Paulo) (Ed.). **Madeira na construção civil**. 2003. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=456&subject=E mais&title=Madeira na construção civil>. Acesso em: 26 maio 2017.

ZANGIÁCOMO, André Luiz. **Emprego de Espécies Tropicais Alternativas na Produção de Elemento Estruturais de Madeira Laminada Colada**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo – 2003.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ABSORÇÃO TOTAL, LATERAL E SUPERFICIAL EM PAINÉIS MDP PRODUZIDOS COM MARAVALHA COM DIFERENTES TEORES DE ADESIVO

Gustavo Mesquita de Castro¹
Brunno Cassiano Lemos Araújo²
Thamirys Andrade Lopes¹
Thaynara Andrade Lopes¹
José Benedito Guimarães Júnior³
Lourival Marin Mendes¹

¹ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Agricultura

³ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Engenharia



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ABSORÇÃO TOTAL, LATERAL E SUPERFICIAL EM PAINÉIS MDP PRODUZIDOS COM MARAVALHA COM DIFERENTES TEORES DE ADESIVO

Resumo: O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de parafina nas superfícies e nas laterais sobre as propriedades físicas de painéis MDP produzidos com maravalhas. As maravalhas foram obtidas a partir do processamento da madeira de *Eucalyptus grandis*. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de $0,7 \text{ g.cm}^{-3}$, com três diferentes teores do adesivo fenol-formaldeído, sendo eles de 6, 9 e 12%, e com ciclo de prensagem temperatura de $160 \text{ }^\circ\text{C}$, pressão de $3,92 \text{ MPa}$ e tempo de 8 minutos. Foram avaliadas as propriedades de absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE), ambas após 2 e 24 horas de imersão. Os resultados dos testes mostraram que o efeito da interação de recobrimento e do teor de adesivo não foi significativo, e que o recobrimento com parafina nas laterais e nas faces não influenciou na propriedades de absorção de água e inchamento em espessura nos dois períodos observados. Com aumento do teor de adesivo diminuíram-se os valores médios de AA(2h) e AA(24h), sendo eles de 70,29% e 131,94% respectivamente, e também de IE(2h) – 7,03% e IE (24h) – 9,15%, aumentando a estabilidade dimensional dos painéis, que se enquadraram na norma CS 236-66 para painéis particulados de média densidade.

Palavras-chave: *recobrimento, absorção de água, inchamento em espessura*

EFFECT OF THE APPLICATION OF PARAFFIN ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF MDP PARTICLEBOARD PRODUCED WITH WOOD SHAVINGS

Abstract: The aim of this work was to evaluate the effect of the application of paraffin on surfaces and sides on the physical properties of MDP produced with wood shavings. The Wood shavings were obtained from the wood processing of *Eucalyptus grandis*. The particleboards were produced with density of 0.7 g.cm^{-3} , with three different contents of the phenol-formaldehyde adhesive, being 6, 9 and 12%, and with pressing cycle at 160°C , pressure of 3.92 MPa and time of 8 minutes. The properties of water absorption (AA) and thickness swelling (IE), both after 2 and 24 hours of immersion, were evaluated. The tests results showed that the effect of the coating and the adhesive content interaction was not significant and that paraffin coating on the sides and faces did not influence the water absorption properties and swelling thickness in the two times observed. The average values of AA (2h) and AA (24h) were decreased, being 70.29% and 131.94% respectively, and also IE (2h) - 7.03% and IE (24h) - 9.15%, increasing the dimensional stability of the particleboards, which conformed to standard CS 236-66 for MDP.

Keywords: *coating, water absorption, thickness swelling*

1. INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados às questões ambientais como a poluição e a geração de resíduos e suas consequências, estão, em muitos casos, associados aos processos produtivos. O melhor aproveitamento da matéria-prima, por meio de processos que incorporem os princípios de gestão ambiental, vem ganhando importância nas indústrias e instituições de pesquisas, pois, além dos benefícios ambientais e sociais, trazem vantagens econômicas às empresas (WEBER; IWAKIRI,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2015).

O processamento de madeira serrada produzidas em grande volume gera a problemática dos resíduos, que podem ser descartados de maneira incorreta pelas serrarias, muitas vezes queimadas ou depositadas de forma irregular, resultando em poluição do ar, solo e água. O reaproveitamento desse material para a fabricação de painéis de madeira aglomerada, pode se tornar uma alternativa na tentativa de amenizar estes impactos, além de agregar valor ao resíduo, passando a ser uma nova fonte de matéria prima.

O painel MDP (Medium Density Particleboard) é considerado uma evolução dos painéis aglomerados sendo constituído por duas camadas superficiais de partículas com geometria fina e uma camada interna de partículas com geometria mais grossa. (ABNT, 2002).

Quanto às propriedades dos painéis, muitos são os fatores que contribuem para as características do produto final, dentre eles pode-se destacar: densidade do material lignocelulósico a ser utilizado, densidade dos painéis, umidade das partículas, razão de compactação, ciclo de prensagem, quantidade e tipo de adesivo (KELLY, 1977; MALONEY, 1993).

Dentre os estudos de interesse para a qualificação de painéis aglomerados, o conhecimento das propriedades físicas é fundamental. Com a análise da capacidade de absorção de água do ambiente, pode-se recomendar a utilização do painel em condições de umidade severas ou ambientes mais amenos. Além disso, é interessante verificar a resistência das faces dos painéis à umidade do ambiente, uma vez que elas são as áreas do painel mais expostas durante o seu uso. (FREIRE et al., 2011) (FREIRE et al., 2011)

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de parafina sobre as propriedades físicas de painéis de MDP de maravalhas de eucalipto produzidos com diferentes teores de adesivo de fenol-formaldeído.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção do material

A madeira de *Eucalyptus grandis*, com 25 anos de idade e densidade básica de $0,636 \pm 0,032$ g.cm⁻³, foi utilizada para a confecção dos painéis MDP. A madeira foi coletada no campus da Universidade Federal de Lavras na cidade de Lavras – Minas Gerais. O adesivo utilizado foi o fenol-formaldeído (teor de sólidos 51,24%, viscosidade de 547 cP, pH de 11,89 e gel timer de 8,41 minutos). As partículas de maravalhas para o miolo foram geradas a partir do processamento da madeira na etapa de desengrosso das tábuas, peneiradas em malhas com abertura de 9,5 à 16 mm, com o objetivo de eliminar os finos e obter maravalhas com dimensões em torno de 12 x 8 x 1 mm (comprimento x largura x espessura). Para as partículas da face, as maravalhas geradas no processo anterior foram reprocessadas em moinho martelo para diminuir suas dimensões e também peneiradas para a retirada de finos. Depois as partículas foram colocadas em estufas com temperaturas de 70 ± 2 °C até atingirem umidade próxima de 5% (base massa seca das partículas) e em seguidas pesadas para a produção dos painéis.

2.2 Confecção dos painéis

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

As maravalhas depois de secas foram aspergidas com o adesivo fenol-formaldeído, no teor de 6, 9 em 12%, em uma encoladeira do tipo tambor giratório. O material encolado foi levado a uma caixa formadora do colchão de dimensões 30x30cm. O colchão foi então pré-prensado em uma prensa hidráulica com pressão de 0,392 MPa. Posteriormente à formação do colchão, colocaram-se delimitadores de metal com espessura de 1,5 cm e este foi levado à prensagem a quente. As variáveis do ciclo de prensagem foram: temperatura de 160 °C, pressão de 3,92 MPa e tempo de 8 minutos. Foram produzidos três painéis para cada porcentagem de adesivo. O material foi levado para sala de climatização e mantido à temperatura de 20 °C e umidade relativa de 65% até atingir massa constante.

Anteriormente à realização dos testes físicos, três corpos de prova (50x50 mm) de cada painel receberam uma camada de parafina nas laterais, três receberam parafina nas superfícies, enquanto outros três corpos de prova não receberam nenhuma obstrução com parafina (Figura 1).



Figura 1. Representação do recobrimento dos corpos de prova

2.3 Propriedades avaliadas e análise estatística

Foram avaliadas as seguintes propriedades físicas dos painéis: absorção de água (AA), inchamento em espessura (IE), ambas após 2 e 24 horas de imersão de acordo com a norma EN – 317 (EN, 1993).

Os dados dos testes físicos foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo (três porcentagens de adesivo e três formas de recobrimento). Os resultados foram submetidos à análise de variância e

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

as médias foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott, ambos a 5% de significância. A análise estatística foi realizada com auxílio do software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estatísticos das propriedades físicas se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo do quadro das análises de variância para as propriedades físicas

FV	GL	AA2h	AA24h	IE2h	IE24h
		QM			
Recobrimento	2	113,845 ^{NS}	52,175 ^{NS}	0,745 ^{NS}	1,039 ^{NS}
Adesivo	2	5218,459*	6243,518*	678,194*	661,320*
Recobrimento x Adesivo	4	215,101 ^{NS}	57,182 ^{NS}	2,799 ^{NS}	1,044 ^{NS}
Erro	18	114,469	95,508	2,832	2,799
Média geral	-	90,87	102,57	14,89	17,04
CV (%)	-	11,77	9,53	11,30	9,82

(*) Significativo a 5% de significância; (NS) Não significativo a 5% de significância; QM: Quadrado Médio; FV: Fonte de variação; CV: Coeficiente de variação; GL: Grau de liberdade.

O efeito da interação do tipo de recobrimento e do teor de adesivo não foi significativo. Foi analisado então o efeito dos fatores simples sobre as propriedades físicas dos painéis.

O recobrimento com parafina tanto nas laterais quanto nas faces não influenciou na propriedade de absorção de água (Figura 2) e inchamento em espessura (Figura 3) nos dois períodos considerados, uma vez que suas médias foram estatisticamente iguais em todos os tratamentos.

O valor médio encontrado para AA (2h) foi de 90,87%, para AA (24h) foi de 102,57%, para IE(2h) foi de 14,89% e para IE(24h) foi de 17,05%.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

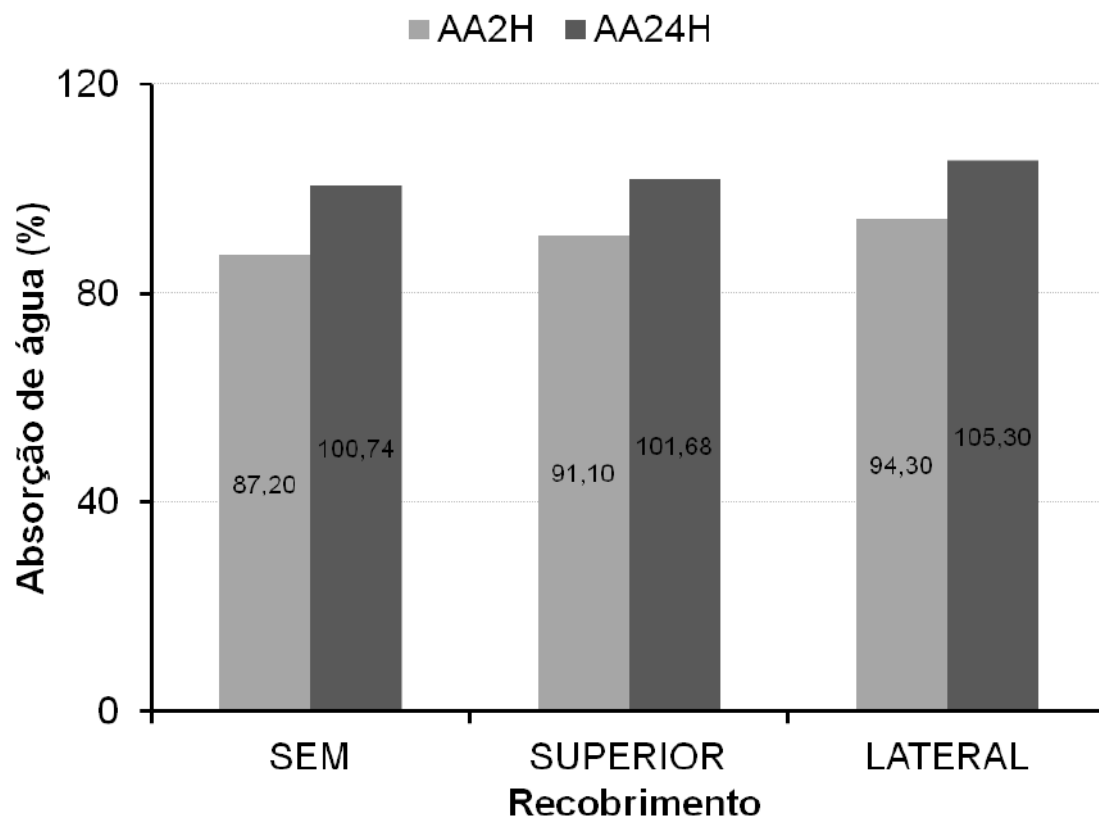


Figura 2. Valores médios de absorção de água após 2 e 24 horas de imersão;

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

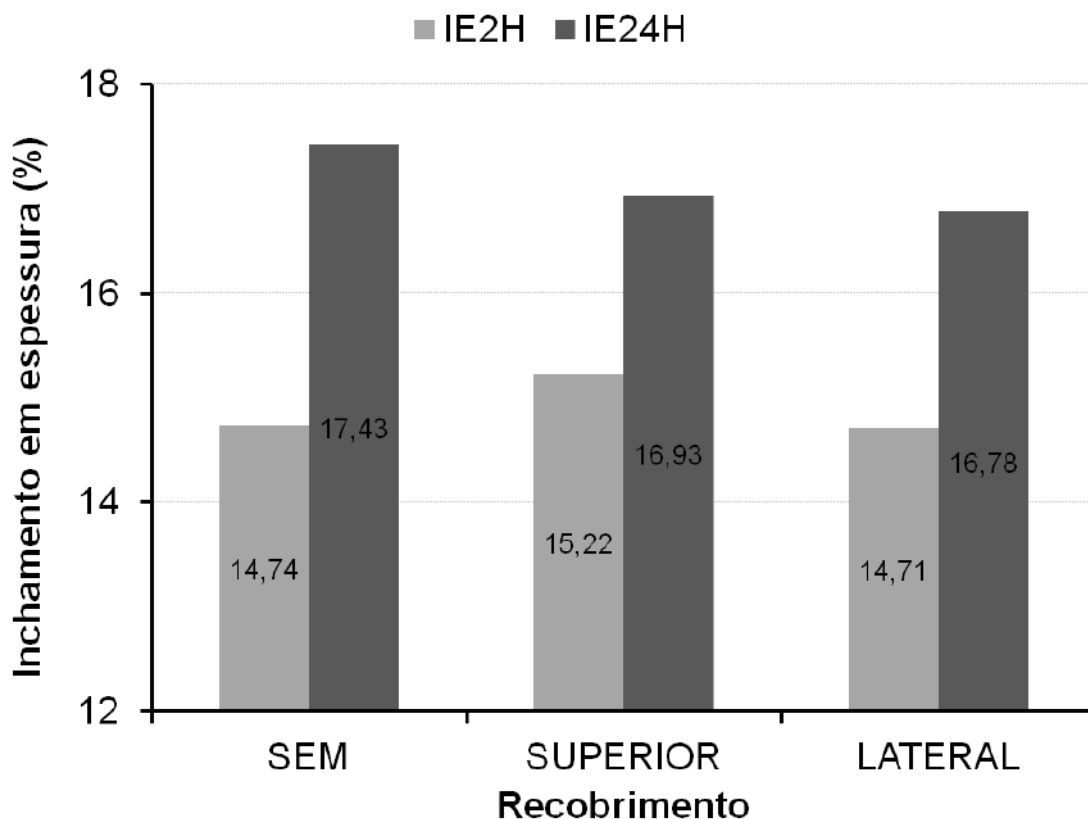


Figura 3. Valores médios de inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água.

Cecília et al. (2011) verificou que não houve diferença estatística significativa entre os valores de inchamento em espessura após 2 e 24 horas em painéis aglomerados comerciais confeccionados com bagaço de cana e madeira, recobertos utilizando o mesmo método deste trabalho.

Nas figuras 4 e 5 estão representados os valores médios de absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE), ambos após 2 e 24 horas de imersão, quando se varia o teor de adesivo.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



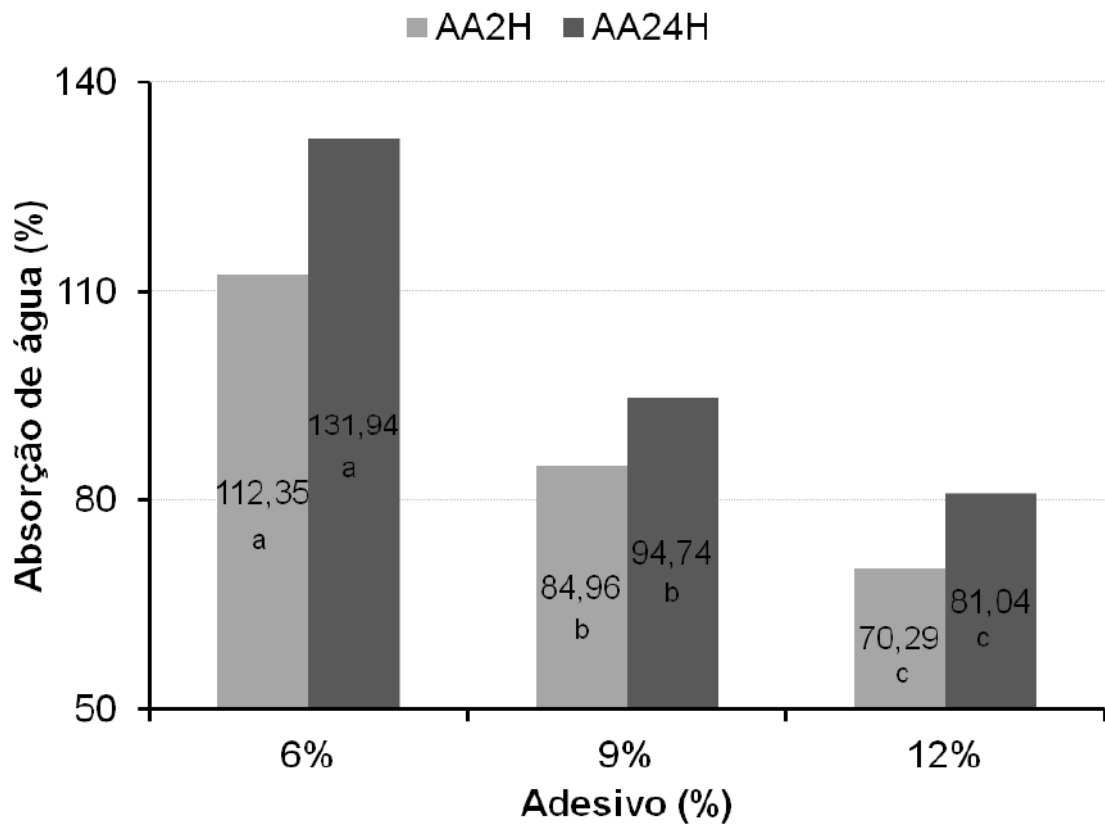


Figura 4. Valores médios de absorção de água após 2 e 24 horas de imersão; médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

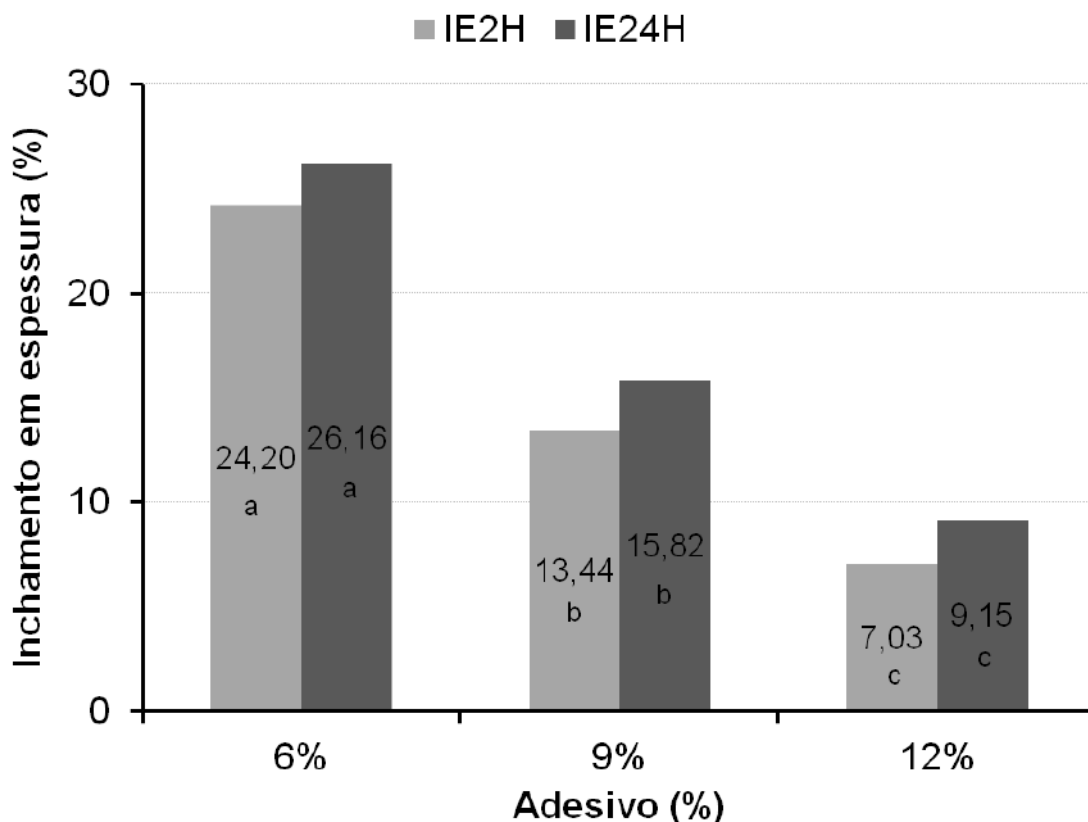


Figura 5. Valores médios de inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água; médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O aumento do teor de adesivo provocou diminuição da absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE) nos dois períodos considerados, aumentando a estabilidade dimensional dos painéis. Tal fato pode ser atribuído a maior quantidade de adesivo por partícula promovendo um maior contato entre as partículas e conseqüente diminuição dos sítios de ligação com a água. Todos os painéis atenderam a norma comercial americana CS 236-66 que exige um valor máximo de inchamento em espessura de 35% após 24 horas de imersão.

Cesar et al. (2017) verificou diminuição da absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas em painéis aglomerados de casca de arroz associadas à madeira de *Cunninghamia lanceolata*, com aumento da quantidade de adesivo uréia-formaldeído nos mesmos teores utilizados neste trabalho.

CONCLUSÕES

Observou-se que a aplicação de parafina nas superfícies e nas laterais não influenciaram nas propriedades de absorção de água e inchamento em espessura.

O aumento do teor de adesivo melhorou a estabilidade dimensional dos painéis através da diminuição da absorção de água e inchamento em espessura nos dois

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

períodos considerados, se enquadrando na norma CS 236-66 para painéis de média densidade.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 14810-1. Chapas de madeira aglomerada - Terminologia. São Paulo, 2002.

CÉSAR, A. A. D. S. et al. Transforming rice husk into a high-added value product: potential for particleboard production. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 1, p. 303–313, 2017.

COMMERCIAL STANDARD C.S. 236-66. Mat formed wood particleboard. 1968.

EN, Particleboards and fibreboards — Determination of swelling in thickness after immersion in water, EN 317. 1993.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v. 35, n.6, p. 1039–1042, 2011.

FREIRE, C. D. S. et al. Propriedades físicas de painéis aglomerados comerciais confeccionados com bagaço de cana e madeira. *Floresta e Ambiente*, v. 18, n. 2, p. 178–185, 2011.

KELLY, M. W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1977.

MALONEY, T. M. Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. Backbeat, 1993.

WEBER, C.; IWAKIRI, S. Utilização de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados. *Ciencia Florestal*, v. 25, n. 2, p. 405–413, 2015.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AÇÕES PARA O AUMENTO DO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Um panorama mundial

Camila Rovaris¹

Katia Regina Garcia Punhagui¹

¹ Universidade Federal da Integração Latino Americana



AÇÕES PARA O AUMENTO DO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Um panorama mundial

Camila **ROVARIS**¹; Katia R. Garcia **PUNHAGUI**¹;

¹Centros Interdisciplinares de Tecnologia e Infraestrutura, Instituto Latino-americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território, Universidade Federal da Integração Latino-Americana

Resumo: Alguns países têm incentivado o uso da madeira para construção de edifícios (térreos e verticais) com fim de mitigar emissões de gás carbônico e consumo energético. Neste contexto, esta pesquisa tem como objetivo apresentar um panorama mundial de iniciativas para ampliação do uso da madeira em fins de longo prazo na construção e analisar as propostas de ação e seus resultados. Também, identificar alguma ação em cenário semelhante ao brasileiro que possa colaborar na fundamentação de estratégias específicas para o Brasil, visando a minimização de alguns impactos ambientais do setor da construção. Trata-se de uma pesquisa exploratória com revisão bibliográfica baseada em informações de artigos científicos, relatórios de especialistas e instituições, sites governamentais e pesquisas quantitativas de mercado. Os resultados apresentaram dificuldades enfrentadas em relação ao uso da madeira em todos os países estudados, sejam por percepção negativa dos profissionais ou do público em geral, ou por falta de apoio legislativo. No entanto, a proporção de edificações em madeira nesses países vem crescendo ao longo dos anos, indicando eficiência nas estratégias adotadas. O cenário brasileiro encontra-se em situação diferente. Não há iniciativas para uso da madeira em construções de habitações e a proporção destas no estoque de habitações do país tem decaído anualmente. Além disso, a madeira não é um dos materiais de preferência do público brasileiro. Desta forma, acredita-se que para o Brasil deverão ser desenhadas estratégias holísticas que atuem na regulamentação, melhoramento logístico, desenvolvimento tecnológico, bem como, na ampliação da informação aos profissionais e consumidores.

Palavras-chave: Madeira; Habitação; Estratégias.

ACTIONS FOR INCREASING THE USE OF WOOD IN CIVIL CONSTRUCTION: A worldwide panorama

Abstract: Some countries have encouraged the use of wood in the construction of buildings (of one or more floors) in order to mitigate carbon dioxide emissions and energy consumption. In this context, this research aims to present a worldwide panorama of initiatives to increase in the long term usage of wood in in construction and to analyze proposals of practices and its results. Additionally, identify practices in a scenario similar to the Brazilian one that can collaborate in the substantiation of specific strategies for Brazil, aiming to minimize environmental impacts of the national construction sector. This is an exploratory research with a bibliographical review based on data from scientific articles, expert and institutional reports, government websites and quantitative market research. The results presented difficulties in relation to the use of wood in all the countries studied, either by negative perception of professionals or the general public, or by lack of legislative support. However, the proportion of wood buildings in these countries has been increasing over the years, indicating efficiency in the strategies adopted. The Brazilian scenario is in a different situation. There are no initiatives for the use of wood in housing construction and the proportion of these in the country's housing stock has declined annually. In addition, wood is not one of the materials of preference for the Brazilian public. Thus, it is believed that for



Brazil, holistic strategies should be designed to regulate, improve logistics, technological development, as well as disseminate more information for professionals and consumers.

Keywords: Wood; Housing; Strategies.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção é um dos que mais consome recursos naturais e emite gases de efeito estufa (GEE), gerando consideráveis impactos ambientais. Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados por atividades humanas, provém da construção (MMA, [s.d.]). Mitigar impactos ambientais de maneira voluntária, ou alcançar metas de redução de emissões acordadas internacionalmente, tem feito com que países criem planos de ação em diversos setores, entre eles o da construção.

Segundo uma meta estudo sobre os fatores de emissão de gás carbônico (CO₂) na substituição de produtos de madeira, estima-se que cerca de duas toneladas de carbono deixam de ser emitidas para cada tonelada de madeira utilizada em substituição a outro material na construção, contribuindo para redução do aquecimento global (SATHRE e O'CONNOR, 2010). Em um estudo comparativo que avaliou a emissão CO₂ em edifícios de concreto e madeira, Gustavsson e Sathre (2006) descobriram que o uso da madeira para edificação, em geral, resulta em menor consumo energético e emissão de CO₂ do que um edifício de concreto.

Como uma forma de mitigar os impactos ambientais, vários países têm incentivado o uso da madeira na construção. Alemanha, Suécia, Inglaterra, França, Irlanda, Holanda (JONSSON, 2009), Japão (HAYASHI e PETLOCK, 2012) e Canadá (GOVERNMENT OF CANADA, 2016) e.g. vem promovendo estratégias para ampliação do uso da madeira na construção de habitações e, em alguns casos, na construção de edifícios verticais de vários andares. Muitos deles enfrentam obstáculos na tentativa de aumentar a quota de mercado das edificações de madeira, entretanto, suas promoções vêm trazendo resultados positivos, ainda que não expressivos.

No Brasil não foram encontradas estratégias para a promoção do uso da madeira em fins de longo prazo na construção. Embora sua aplicação em elementos com maior ciclo de vida colabore para o estoque de carbono e um melhor aproveitamento do recurso natural, a prática do setor vai contra, consumindo considerável quantidade de madeira em aplicações de curto ciclo de vida como fôrmas para concretagem e.g. Por outro lado, o percentual de domicílios em madeira no estoque de habitação nacional tem diminuído constantemente nos últimos 40 anos (IBGE, [s.d.]). Segundo dados da PNAD do IBGE (Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) a proporção de domicílios particulares permanentes com paredes de madeira em 2015 era de apenas 5,29% (MORAES, 2017).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é levantar estratégias que promovam o aumento do uso da madeira em fins de longo prazo, em panorama mundial. Sobre este avaliar os obstáculos e resultados e buscar identificar elementos que possam relacionar-se com o cenário brasileiro e que colaborem para o embasamento de propostas para o Brasil.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em duas etapas, onde: a) primeira buscou informações sobre ações para o incentivo do uso da madeira em fins de longo prazo na construção civil, em qualquer país, promovidos por iniciativas públicas ou privadas, em qualquer escala de magnitude, sem período específico de atuação; b) segunda, procurou dados sobre a

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





situação atual do estoque de habitação em madeira nos países em que tais ações foram empregadas. As tarefas executadas para a obtenção de tais elementos são detalhadas na sequência.

Etapa 1 – Informações sobre ações para o incremento do uso da madeira

O levantamento de dados foi feito por meio de pesquisas via internet que priorizaram artigos de base confiável (Science Direct e Scielo), teses, dissertações, relatórios escritos por profissionais da área ou instituições renomadas e sites de governo ou instituições do setor, selecionando os países em que havia informação disponível, com uma ou mais iniciativas para a promoção do uso da madeira para fins de longo prazo na construção.

Este trabalho foi realizado em um período de três meses consecutivos entre os meses de março a maio de 2017. As investigações foram realizadas em inglês e português e, quando encontradas escritas em inglês sendo de países com outro idioma, fizeram-se as pesquisas adotando seu idioma de origem segundo o nome do movimento/estratégia para se obter maiores informações; em seguida estas eram traduzidas para o português.

Utilizou-se busca por palavras-chave. Para obter resultados referentes às estratégias internacionais de incentivo ao uso da madeira na construção, optou-se pelos seguintes termos: *promotion construction of wood, wooden house construction, promoting timber in construction, increasing wood in construction, wood, timber, lumber*. Quando encontrados artigos e outros tipos de referências relacionados ao assunto, uma seleção prévia era feita por meio da leitura dos títulos e resumos, buscando aqueles que abrangessem uma iniciativa ou estratégia, a exposição de dificuldades enfrentadas, cenário quantitativo da construção em madeira e motivo do incentivo ao uso do material.

Em sequência ao levantamento em panorama mundial, passou-se à sondagem em âmbito nacional. Para obter resultados referentes ao mercado de habitação brasileiro, no que se refere a sua caracterização tipologia e de materiais, foram realizadas pesquisas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, na base Scielo e no Google Acadêmico utilizando as seguintes palavras-chave: “mercado construção madeira” e “habitação em madeira”. Os resultados de procura para essas palavras-chave foram pouco satisfatórios.

Todos os documentos levantados nesta etapa passaram por um processo de seleção segundo o conteúdo e qualidade da informação apresentados.

O critério de seleção inicial adotado para as teses e dissertações foi a leitura do sumário e resumo, se ambos não apresentassem ao menos um assunto de interesse, eram excluídos; enquanto que para os artigos, era a leitura dos resumos. As referências também foram analisadas segundo sua autoria, ano de publicação, país, tipo de pesquisa. O resultado foi a pré-seleção de 40 documentos para a leitura na íntegra; que foi executada com foco na extração de informações úteis a pesquisa.

Em sequência fez-se a sintetização das informações para melhor compreensão do conteúdo e a comparação das ações entre países. Os dados foram organizados em planilha e decompostos nas seguintes informações: nome do país incentivador; nome da ação; objetivo; método; público alvo; dificuldades enfrentadas; resultado esperado ou alcançado; e cenário atual do estoque de habitação em madeira de cada país (segundo dados disponíveis nos meios digitais investigados).



Etapa 2 – Informações sobre o estoque de habitação em madeira

Após a sintetização das informações anteriores, fez-se necessário uma busca de dados quantitativos em relação sobre o estoque de habitação em madeira nesses países. Para isso um levantamento bibliográfico foi feito buscando referências por meio de pesquisas realizadas pelo buscador Google. As palavras-chave utilizadas foram: *market share wooden construction in "country"*; o campo "country" foi alterado por cada país encontrado no levantamento bibliográfico anterior.

A seleção dos dados dentro do conteúdo levantado foi feita por meio de filtragem que considerou a data mais recente das informações e robustez da fonte de referência. Quando encontrada alguma informação em relação ao objetivo da busca, os sites ou relatórios eram separados para o conhecimento da origem da informação. Inicialmente, eram consultados segundo a autoria do relatório ou postagem nos sites, após o reconhecimento da autoria e verificação da data atual, buscava-se saber a origem do site. Apenas foram selecionados sites governamentais confiáveis ou postagens e relatórios de profissionais da área de estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alguns países têm incentivado o uso da madeira na construção civil para reduzir os impactos ambientais relacionados às emissões de dióxido de carbono. Alguns adotaram métodos legislativos e traçaram metas para garantir que a construção com madeira ajude na redução desses impactos (JONSSON, 2009). Existem vários tipos de ações, sejam governamentais, políticas, ou privadas, estas últimas são iniciativas de empresas ou indústrias do setor de construção de madeira que buscam a implementação do seu produto no mercado.

Para a União Europeia, a promoção da madeira é uma tarefa desafiadora, apesar das iniciativas, estratégias e programas, no seio da Comissão Europeia, a construção, indústria madeireira, os assuntos de clima e ambiente são pertencentes a várias direções gerais, sendo que, cada uma trata de questões sob sua própria perspectiva (JULIN, 2010). O sistema *Wood Frame* é utilizado em vários países europeus para construção de casas, principalmente na Suécia, onde há maior predominância de casas geminadas de madeira (MAHAPATRA et al., 2012).

Países como Suécia, Alemanha, Reino Unido (MAHAPATRA et al, 2012), França, Irlanda, Inglaterra (JONSSON, 2009), Austrália (XIA et al., 2014) e Canadá (GOVERNMENT OF CANADA, 2016) vem incentivando além da construção de habitações, o uso da madeira também em edifícios de vários andares.

Até o ano de 1994 não eram permitidas construções de madeira acima de dois andares na **Suécia**, entretanto, com adesão do país à UE (União Europeia) foram permitidos novos regulamentos de construção (NORLANDER, 2017). O *Wood, Construction and Furniture Program* (Programa de madeira, construção e mobiliário) foi criado em 1997 na Suécia com objetivo de impulsionar o crescimento da indústria de produtos de madeira, principalmente no desenvolvimento do setor de construção de madeira com ênfase em produtos pré-fabricados por meio de projetos de investigação e desenvolvimento e programas de marketing (MAHAPATRA et al., 2012), onde as universidades foram parte integrante, iniciando programas de pesquisa sobre construção de madeira (JONSSON, 2009).

O Programa *Nationella träbyggnadsstrategin* (Estratégia Nacional de Construção de Madeira) (2004-2008) também na Suécia visava unicamente promover a construção de edifícios de madeira de vários andares (MAHAPATRA et al., 2012). Com isso, o interesse



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

por esses edifícios de madeira vêm aumentando rapidamente na Suécia, em 2017 a quota de edifícios verticais construídos é de 10%, há previsões de aumento acentuado nesse setor (NORLANDER, 2017).

O uso da madeira para edifícios de vários andares foi permitido na **Alemanha** em 2002, desde então, sua proporção é de cerca de 2% no mercado de edifícios de vários andares (MAHAPATRA et al., 2012). O *The German Timber Sales Promotion Fund* (Fundo Alemão para a Promoção das Vendas de Madeira) (1990-2010) foi criado através de medidas legislativas com intuito de melhorar a cultura da madeira na Alemanha, elaborando campanhas de informação e marketing, como a campanha “*Offensive Holz*” (2000-2001) e a campanha “*Natürlich Holz*” (2002), destinadas a promover o uso da madeira entre profissionais e empresários do setor e a população em geral (INDUFOR, 2004). O Programa *Charta für Holz* (Carta de madeira) foi introduzido em 2002 e publicado em 2004, com o objetivo de aumentar o consumo per capita de madeira e produtos de madeira produzidos no país em 20% de 2004 para 2014 (UNECE, 2005).

Na área de educação e pesquisa, a *University of Applied Sciences in Rosenheim* oferece cursos sobre construções e acabamentos em madeira, tecnologia da madeira e engenharia em tecnologia da madeira, oferece também grau de bacharel em engenharia de madeira com especialização em construção de madeira, móveis e montagem interior (MAHAPATRA et al., 2012).

A construção alemã de *Wood Frame* vem crescendo ao longo dos anos, em 2013 apresentava-se com uma proporção de 15,7%, elevando-se em 2014 para 16,2% (STEELE, 2015). Já a proporção de edifícios públicos na Alemanha permaneceu baixa com 2,5% em 2012 (KÖSTER, 2014).

Na **Holanda** foram lançados vários planos de ação de promoção ao uso da madeira na construção civil, um deles foi o plano “Mais 20% de madeira na indústria da construção”, visando aumentar o uso da madeira para 43.000 m³ entre 1990 e 2000 (MAHAPATRA e GUSTAVSSON, 2009). O condutor mais forte para o incentivo do uso da madeira na Holanda é a preocupação ambiental (JONSSON, 2009).

Há grandes dificuldades para o mercado de construção madeireiro na Holanda. A preferência dos clientes por materiais pedregosos, forte concorrência no preço, sendo esses baseados nos custos totais de obra e não no custo de ciclo de vida, os profissionais da área não dão preferência à madeira, dificultando o processo de implementação do material, este último podendo ser um motivo pelo qual as universidades não tratam a tecnologia madeira como um tema de relevância (GOVERSE et al., 2001).

Apesar de grandes dificuldades enfrentadas pelo país, como resultado do programa “Mais 20% de madeira na indústria da construção”, o uso doméstico da madeira aumentou em 16%, principalmente em construção de residência unifamiliares (INDUFOR, 2004).

A **França** é um país que vem se esforçando para a ampliação do uso da madeira na construção. Apesar de atitudes geralmente positivas em relação à madeira, para a maioria dos franceses, uma casa de *Timber Frame* é apenas um sonho, sem referências culturais. A madeira não está associada com a cultura de construção francesa, onde predominam as construções de concreto e alvenaria (JONSSON, 2009).

Em 2001, o Estado realizou acordos com o setor industrial da construção com o propósito de aumentar a utilização da madeira no setor de construção em 25% dentro de cinco anos. É possível que por resultado desses acordos, a quota de moradias unifamiliares de *Timber Frame* tenha crescido 46% entre 2001 e 2005 (JONSSON, 2009). O *Programa Nacional Bois Construction Environnement* criado em 1996 foi assinado pelo Estado e por profissionais para aumentar a quota de madeira na construção devido às suas qualidades ambientais (CNDB - LE BOIS AVANCE, [s.d.]).

No ano de 2004, começou a campanha *Le bois c'essentiel* (A madeira é essencial), uma parceria entre a Federação das Indústrias Florestais da Suécia e a organização francesa

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





CNDB (Comité Nacional para o Desenvolvimento da Madeira), uma pesquisa do CNDB indicou que 78% dos franceses estão dispostos a obter uma construção que respeite o meio ambiente, mesmo que seja necessário pagar a mais por isso, entretanto, a falta de informações claras sobre o material continua a ser um obstáculo no setor da construção de madeira na França (CNDB - LE BOIS AVANCE, [s.d.]).

Em 2011 a França apresentou um mercado com uma quota de 10,2% de habitações privadas, 4,1% de conjuntos habitacionais, 4,8% de edifícios públicos e 19,8% de “*raised housing*”, podendo ser observado um aumento de 10% na quota de construção de madeira em relação ao ano de 2010 (SIMON, 2012).

Na **Irlanda** a *Timber frame* é a técnica construtiva que mais cresce no mercado da construção devido a um maior conhecimento da técnica pelos profissionais de engenharia, designers, e consumidores (JONSSON, 2009). Entretanto, uma redução de quase 200 novas casas de *Timber Frame* ocorreu entre 2011 e 2012 na Irlanda do Norte representando proporção de 24,2% e 22,3% respectivamente (STA, 2013). A construção de *Timber Frame* pode se beneficiar do *Low Carbon Homes Programme* (Programas de casas de baixo carbono), um sistema de subsídios que é capaz de fornecer apoio financeiro aos promotores para a construção de habitações com baixo consumo energético e baixo consumo de carbono. O programa tem como objetivo apoiar o desenvolvimento de novas casas com baixa emissão de carbono e eficiência energética, convidando propostas para empreendimentos de habitações que incorporem características de design e tecnologia que levem a uma redução nas emissões de CO₂ (JONSSON, 2009).

No **Reino Unido**, o NTC (*Nordic Timber Council*) patrocinou as campanhas “*Nordic Firs*” (2000-2001) que possuía duas áreas de ênfase: Construindo com madeira e vivendo com madeira e a campanha “*Timber 2000*” iniciada em 2000. Foram utilizadas estratégias como publicidade, relações públicas, cooperação com o comércio e indústria, publicações e atividades educativas para melhorar a atitude das pessoas em relação à madeira (INDUFOR, 2004).

A campanha Madeira para o bem “*Wood for good*” desde 2000 ressaltou que, a madeira utilizada na construção reduz os efeitos de emissão de gás carbônico (CO₂) e os custos da construção. A “*Wood for good*” oferece também cursos gratuitos para profissionais da construção em várias regiões do Reino Unido sobre desenvolvimento profissional (MAHAPATRA et al., 2012).

O crescimento da construção de madeira no Reino Unido foi influenciado pelos projetos de demonstração criados. O Governo do Reino Unido em parceria com a BRE (*Building Research Establishment*), a “*Timber Research and Development Association*” e a indústria madeireira do Reino Unido construíram um edifício de seis andares de *Wood Frame* no ano de 2000 como um projeto de pesquisa colaborativa “*TF2000*”, para um teste do edifício do BRE em Cardington no Reino Unido verificando estabilidade estrutural, robustez e segurança contra incêndio (MAHAPATRA et al., 2012).

O “*TF2000*” visava incentivar a confiança do mercado apresentando os benefícios das construções de estruturas de madeira e promover seu valor como uma técnica construtiva sustentável proveniente de material renovável. Esses objetivos foram alcançados testando esse edifício de seis andares (BRE, 2003).

No Reino Unido, a *Timber Frame*, considerada uma forma rápida de construção, em 2016 possuía uma participação de 24,6% de todas as novas casas (STA, 2016).

A porção do mercado de *Wood Frame* no Reino Unido aumentou de 8% em 1998 para 25% em 2008, sendo que, a maior parte desse crescimento tem sido na **Inglaterra**. A quota de mercado em 2008 na Inglaterra foi de 17% (MAHAPATRA e GUSTAVSSON, 2009). O *Code for Sustainable Homes* (Código de Casas Sustentáveis) foi introduzido em 2007 para auxiliar compradores na escolha de uma casa e orientar a indústria para construções sustentáveis, o código trata sobre assuntos de redução de impactos ambientais, utilização



de energia, emissão de dióxido de carbono e gestão de resíduos. A indústria de *Timber Frame* pode explorar as credenciais verdes da madeira por meio desse programa (JONSSON, 2009).

Em 2015, houve um aumento de aproximadamente 40% de casas de madeira em relação ao ano de 2013 na Inglaterra, como tendência, acreditando que deverá haver um progresso no setor de habitações privadas (STA, [s.d.]).

O mercado de habitação de madeira do **Japão** é o segundo maior do mundo, após os Estados Unidos, seu setor de habitação correspondia a 40% do consumo de madeira do país em 2016 (ITA, 2016). Entretanto, a construção de madeira possui uma atuação pequena no mercado japonês de construção de edifícios públicos, em 2008 o Japão utilizou a madeira na construção com uma taxa de 36% de áreas construídas, sendo apenas 7,5% em edifícios públicos. O *Japan's Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries* (MAFF - Ministério da Agricultura, Florestas e Pescas do Japão) tem promovido edifícios públicos de baixa altura para incentivar o uso da madeira, desde 2010. A Promoção para a *Japan's Promotion for the Use for Wood in Public Buildings* (Utilização da Madeira em Edifícios Públicos) se apresenta como uma mudança significativa nas políticas de construção do país. A ação visou aumentar o uso da madeira doméstica japonesa, exigindo que todos os projetos de construção do governo central e local (edifícios de 3 até andares com menos de 3.000 m² de área construída) sejam construídos com madeira. Para isso, a MAFF vem aumentando o volume de madeira utilizada em suas instalações (projetos de demonstração) para 33.500 metros cúbicos desde 2010 (HAYASHI e PETLOCK, 2012).

Em 2013, o setor de construção do Japão apresentou um aumento de 11,4% em relação ao ano anterior, sendo que, 42% da proporção foram para tipos de estruturas de madeira (INGÉROSEC CORPORATION, 2015).

No **Canadá** também há movimentos em prol do uso da madeira para construção de edifícios verticais. O *National Building Code of Canada* (NBCC) atualmente restringe o uso generalizado de madeira em edifícios maiores que quatro andares, limitando o uso do material em edifícios mais altos (GOVERNMENT OF CANADA, 2016). Apesar disso, a localidade de Quebec está dando passos significativos para promover o uso da madeira na construção (PRAET, 2013). A RNCan (Ressources Naturelles Canada) lançou uma "Iniciativa de demonstração de construções altas de madeira" para colaborar com a CWC (Canadian Wood Council) e ajudar a fomentar a absorção comercial de edifícios verticais no Canadá. A Wood Charter (Carta de madeira) em 2013 fez com que Quebec se tornasse a segunda província do Canadá com permissão para construir edifícios até seis andares (GOVERNMENT OF CANADA, 2016).

O Canadá apresenta uma quota elevada de casas de madeira, aproximadamente 90% de todas as casas são construídas com a técnica *Timber Frame* (SUSTAINABLE HOMES, [s.d.]), por isso o foco está na promoção da construção de edifícios de vários andares.

A **Austrália** passa por algumas dificuldades em relação ao uso da madeira em fins de longo prazo na construção. A falta de apoio legislativo dos governos locais, estaduais e federais, falta de interesse industrial e dos desenvolvedores, falta de profissionais com experiência em construções de madeira, percepção das desvantagens do *Wood Frame* em relação aos custos de manutenção e conhecimento limitado das vantagens dessa técnica construtiva são os principais obstáculos para o crescimento do mercado de madeira na construção civil da Austrália (XIA et al., 2014).

Para aumentar o conhecimento das inovações tecnológicas relacionadas com produtos de madeira no setor da construção e conscientizar os consumidores em relação aos benefícios do material em fins de longo prazo na Austrália, sugere-se que o Governo emita legislação e regulamentos mais favoráveis para promover a utilização da madeira nesse tipo de construção. A indústria também poderia fazer mais esforços para ajudar a aumentar a



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

consciência dos consumidores finais em relação às vantagens do uso da madeira (XIA et al., 2014).

Apesar deste cenário, em 2015 foi notado um crescimento da demanda de madeira para construção de novas casas na Austrália. Ao longo de 2015 os retornos na habitação subiram cerca de 18% (NICHOLS, 2016).

A Tabela 1 - Resumo dos resultados Tabela 1 abaixo apresenta o resumo dos resultados encontrados na pesquisa exploratória.

Tabela 1 - Resumo dos resultados

Ação	Objetivo	Método	Resultado
Alemanha			
1- The German Timber Sales Promotion Fund (1990)	1- Promover a qualidade da madeira entre os profissionais e o público em geral	Campanhas de marketing e informação, educação e investigação, projetos de demonstração. A University of Applied Sciences in Rosenheim oferece cursos sobre construções e acabamentos em madeira.	Desde 2002 a proporção de edifícios de madeira de vários andares em novas construções atingiu cerca de 2%.
2- Charter for wood (2002)	2- Aumentar o consumo per capita de madeira e produtos de madeira produzidos no país		
Suécia			
1- Wood, Construction and Furniture Program (1997);	1- Impulsionar o crescimento da indústria de construção de madeira.	Projetos de investigação e desenvolvimento, programas de marketing, Projetos de demonstração e educação. As universidades têm sido parte integrante dos projetos de pesquisa e desenvolvimento.	Criação de programas de pesquisa sobre construção de madeira nas universidades; Após permissão para construção de edifícios de madeira acima de 2 andares em 1994, a sua proporção representou cerca de 10% em 2009
2- Wood Cluster (2002-2005);	2- Sucessor do programa anterior		
3- Nationella träbyggnadsstrategin (2004-2008);	3- Aumentar a concorrência da madeira no setor da construção.		
4- Trästad (2012)	4- Melhorar a percepção dos sistemas modernos de madeira		
Reino Unido			
1- Nordic Firs (2000-2001);	1 e 2- Mudar a atitude e o comportamento das pessoas em relação ao uso da madeira; incentivar o uso da pré-fabricação para casas sustentáveis.	Campanhas de marketing, projetos de demonstração, educação e investigação. As universidades têm sido parte integrante dos projetos de pesquisa e desenvolvimento	Construção de um edifício de seis andares no ano de 2000 - projeto de pesquisa colaborativa "TF2000". Os programas facilitaram a criação de agentes da área, como a formação indústrias de construção de madeira maciça.
2- Timber 2000;			
3- Wood for good (2000)	3 - Utilizar a madeira para redução das emissões de gás carbônico		

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





(continuação)

Ação	Objetivo	Método	Resultado
Japão			
Japan's Promotion for the Use for Wood in Public Building (Promoção edifícios públicos de baixa elevação) desde 2010	Aumentar o uso da madeira, exigindo que todos os projetos de construção do governo central e local (até edifícios de 3 andares com menos de 3.000 m ² de área construída) sejam construídos com madeira.	O Ministério da Agricultura, Florestas e Pescas do Japão (MAFF) tem promovido edifícios públicos de baixa altura	A MAFF vem aumentando o volume de madeira utilizada em suas instalações (projetos de demonstração) para 33.500 metros cúbicos desde 2010.
Holanda			
Plano "Mais 20% de madeira na indústria da construção" de 1990 e 2000	Aumentar o uso da madeira na construção 43.000 m ³ entre 1990 e 2000	Projetos de demonstração e projetos de ação, aumento dos serviços de informação sobre o uso da madeira.	O uso da madeira aumentou em 16%, principalmente em construção de residência unifamiliares.
Austrália			
(Não foi encontrada uma ação específica para promoção da madeira, mas sim sugestão de encaminhamento)	Aumentar o conhecimento das inovações tecnológicas da madeira no setor da construção e conscientizar os consumidores em relação aos seus benefícios	Sugere-se que o Governo emita legislação e regulamentos mais favoráveis para promover a utilização da madeira para fins estruturais em edifícios de vários andares	-
França			
1- Acordos Estado-Indústria da construção (2001); 2- Programa Nacional Bois Construction Environnement (1996); 3- Campanha - Le bois, c'est essentiel (2004)	1- Aumentar a participação da madeira no setor de construção em 25% em cinco anos 2- Aumentar a quota de madeira na construção, devido às qualidades ambientais. 3- Promover o uso da madeira na construção civil para as autoridades locais.	Acordos entre Estado e Indústria, campanhas de marketing. Le Bois - c'est essentiel rodou spots de TV em 4 dos principais canais de TV franceses, alcançou durante novembro e dezembro de 2004 mais de 26 milhões de telespectadores	Como resultado dos acordos, a quota de moradias unifamiliares de <i>Timber Frame</i> cresceu 46% de 2001 a 2005;
Irlanda			
A construção de <i>Timber Frame</i> deve se beneficiar do <i>Low Carbon Homes Programme</i> (Programas de casas de baixo carbono),	Apoiar o desenvolvimento de novas casas com baixa emissão de carbono e eficiência energética, através do fornecimento de subsídios de capital aos desenvolvedores.	Convida propostas para empreendimentos de habitação que incorporem características de design e tecnologia que levem a uma redução nas emissões de CO ₂	A <i>Timber Frame</i> representava 5% das novas habitações construídas em 1992. No final de 2006, subiu para 30%



(continuação)

Ação	Objetivo	Método	Resultado
Inglaterra			
Code for Sustainable Homes (2007)	Auxiliar compradores na escolha de uma casa e orientar a indústria para construções sustentáveis	É um código padrão nacional que trata de questões como utilização de energia e emissões de CO ₂ das residências. A indústria de Timber Frame pode explorar as credenciais verdes da madeira.	Na Inglaterra, o aumento da quota de mercado de casas de TF passou de 2% em 1998 para 15% no ano de 2008.
Canadá			
Wood Charter (2013)	Ajudar a fomentar a absorção comercial de edifícios verticais no Canadá.	Construção de edifícios para demonstrar a viabilidade comercial do uso de soluções de construção de madeira inovadoras na construção de arranha-céus	A Carta de madeira fez com que Quebec se tornasse a segunda província do Canadá com permissão para construir edifícios até seis andares
Fontes de referência: (MAHAPATRA et al., 2012); (INDUFOR, 2004); (UNECE, 2005); (JONSSON, 2009); (BRE, 2003); (HAYASHI e PETLOCK, 2012); (GOVERSE et al., 2001); (MAHAPATRA e GUSTAVSSON, 2009); (XIA et al., 2014); (CNDB - LE BOIS AVANCE, [s.d.]); (GOVERNMENT OF CANADA, 2016)			

Pode-se perceber que em todos os países houve alguma dificuldade para a ampliação do uso da madeira em fins de longo prazo na construção, principalmente em edifícios verticais; e mesmo em países com tradição madeireira. Apesar das dificuldades, relacionadas à falta de apoio legislativo, não associação à cultura da madeira na construção, falta de profissionais com experiência na área, percepção ruim do público sobre o material e restrição do seu uso generalizado; muitos países conseguiram ampliar o percentual de edificação em madeira. Acredita-se que por influência das ações implementadas.

Ainda que algumas ações tenham aderido métodos semelhantes, é importante ressaltar que o público alvo, a finalidade e as consequências podem variar de acordo com a realidade de cada país (MAHAPATRA et al., 2012). Dentro dos países levantados, não se identificou algum que tivesse realidade semelhante à do Brasil para que se pudesse fazer uma primeira aproximação analítica de estratégias viáveis para o país.

O Brasil possui uma das maiores áreas de floresta do mundo, com grande capacidade de produção, tanto de fonte nativa quanto plantada. A área total de florestas do Brasil é de 54,4% em relação à área total do país, sendo 98,5% de florestas nativas e 1,5% de florestas plantadas. Estima-se que 69% dessa cobertura tenham potencial para produção (SFB, 2013). Apesar disso, do que é destinada ao setor da construção brasileiro, uma considerável parte é empregada em fins de curto ciclo de vida como formas de concretagem, componentes de canteiros de obras e outros.

No país, a habitação em madeira tem diminuído constante e proporcionalmente dentro do estoque total de domicílios nos últimos 40 anos. Hoje representa apenas 5,29%, o que equivale a cerca de 3.592.673 unidades habitacionais conforme apresentado na Figura 1 (MORAES, 2017). Apesar de em algumas regiões existir (historicamente) uma cultura de edificação com este material, isto não é suficiente para manter sua fração de mercado ou o interesse do consumidor pelo material.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



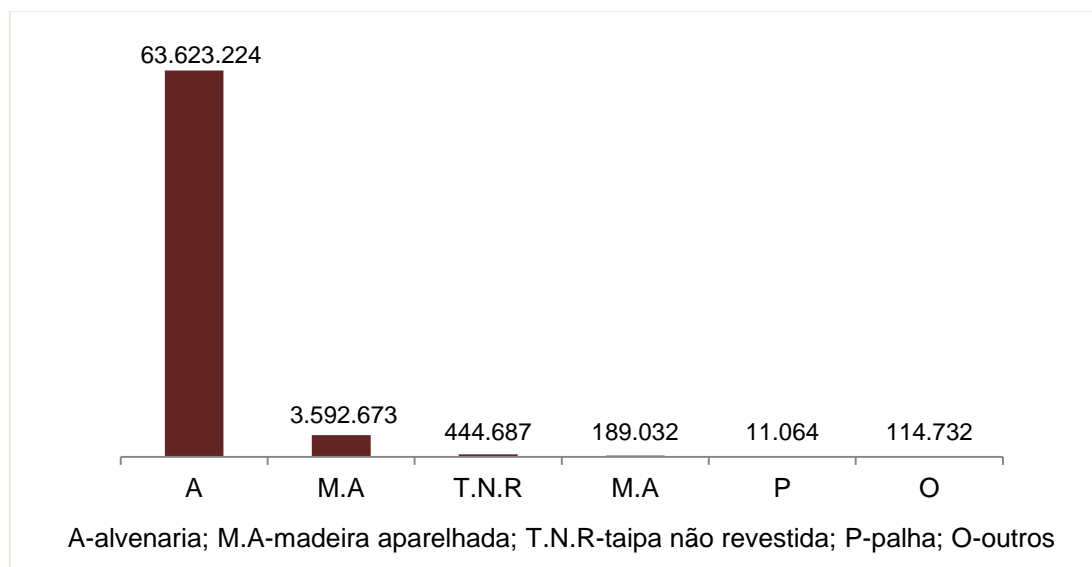


Figura 1 - Quantidade de domicílios por tipo de parede no Brasil em 2015 segundo os dados da PNAD do IBGE
Fonte: Moraes (2017)

A pouca influência do material no mercado de edificação pode ser observada não apenas em números levantado pela PNAD do IBGE, mas na quantidade de estudos sobre o tema quando comparado com outros materiais. São encontrados poucos estudos sendo que, a maior concentração está na região Sul do país, que possui uma herança cultural com habitação em madeira. Diferente de pesquisas com cimento, por exemplo.

Além da falta de investimento em pesquisas e inovações para o uso da madeira em fins de longo prazo como estrutura ou vedação e.g.; da carência de profissionais especializados na projeção e construção com este material; de problemas na cadeia de fornecimento de madeira; do atraso tecnológico e normativo, entre outras dificuldades que poderiam ser citadas; ainda existe a pouca aceitação por parte do consumidor (PUNHAGUI, 2014).

Conforme comenta Larocca (2002) no Brasil, as habitações em madeira são associadas à imagem de "pobreza". Havia muitas casas de madeira possuindo fachadas substituídas por alvenaria, o que indicava que as pessoas estavam subindo na vida, trocando-as por casa de material, resultado do pouco conhecimento da madeira e suas boas propriedades.

Em um estudo em relação à percepção dos consumidores frente à escolha do material para sua habitação no Brasil, Punhagui (2014) verificou que os mesmos elegem a madeira majoritariamente por questões estéticas e de preço e não por questões de segurança e durabilidade, sendo essas, prioritárias no momento da compra de residências.

Desta forma, nota-se que ações para a ampliação do uso da madeira em fins de longo prazo na construção brasileira, terão que considerar não apenas estratégias destinadas a uma parcela da cadeia ou um setor específico, como feito em alguns países, mas sim, terão que considerar propostas de cunho holístico.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados mostram dificuldades na aceitação do uso da madeira em fins de longo prazo para a construção em alguns países, destaca-se o Brasil. De forma



simplificada, considerando a amostra levantada, percebem-se as dificuldades relacionadas com proibição do uso do material, percepção negativa em relação à madeira tanto por parte de consumidores como profissionais (em alguns casos), e falta de apoio legislativo.

Apesar disto, foram observados avanços na proporção de edificações em madeira em todos os países avaliados que promoveram estratégias para expansão do uso da madeira, indicando a resultados positivos destes esforços. Isto indica que mesmo em situação desvantajosa é possível atuar com resultados profícuos. No caso do Brasil, onde se identifica dificuldades substanciais para a proposta de ampliação do uso da madeira como estratégia para o estoque de carbono, os planos de ação deverão contemplar soluções holísticas. Estas devem atuar “*top down*”, com ações público-privadas, focando na cadeia de fornecimento, em regulamentação, e investimentos em pesquisa e desenvolvimento; bem como, “*bottom up*” investindo em conhecimento, formação e esclarecimento junto àqueles que devem demandar o material, como profissionais e consumidores.

5. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Universidade Federal da Integração Latino-Americana pelo apoio à realização das pesquisas e pela bolsa de estudos de mestrado. Ao Erik Moraes por fornecer dados de cortesia do departamento do IBGE.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRE - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. TF 2000 - Timber Frame 2000 project. [S.l.], 2003. Disponível em: <<http://projects.bre.co.uk/tf2000/>>. Acesso em: 19 maio 2017.

CNDB - LE BOIS AVANCE. Le Plan Bois Construction Environnement. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <http://www.cndb.org/?p=plan_construction_bois>. Acesso em: 7 maio 2017a.

_____. Campagne Le bois c'est essentiel. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <http://www.cndb.org/?p=campagne_le_bois_c_est_essentiel>. Acesso em: 7 maio 2017b.

GOVERNMENT OF CANADA. Spotlight: Pushing the heights of building with wood. [S.l.], 4 fev. 2016. Disponível em: <<http://www.nrcan.gc.ca/forests/industry/products-applications/16834>>. Acesso em: 5 maio 2017.

GOVERSE, T.; HEKKERT, M. P.; GROENEWEGEN, P.; WORRELL, E.; SMITS, R. E. H. M.. Wood innovation in the residential construction sector; opportunities and constraints. **Resources, Conservation and Recycling**, dez. 2001. v. 34, n. 1, p. 53–74.

GUSTAVSSON, L.; SATHRE, R. Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials. **Building and Environment**, jul. 2006. v. 41, n. 7, p. 940–951.

HAYASHI, Y.; PETLOCK, B. **Japan's 'Promotion of Wood' Act - An Opportunity for the U.S. Wood Industry**. Tokyo: USDA - Foreign Agriculture Service, 2012. Disponível em: <<https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Japan%E2%80%99s%20%E2%80%9CPromotion%20of%20Wood%E2%80%9D%20Act%20->



[%20A%20Opportunity%20for%20U.S.%20Wood%20_Tokyo_Japan_3-28-2012.pdf>](#).
Acesso em: 3 abr. 2017.

IBGE. Prédios, por tipo de material da cobertura, segundo a situação do domicílio e o material das paredes e do piso — 1970. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <http://seculoxx.ibge.gov.br/en/populacionais-sociais-politicas-e-culturais/busca-por-palavra-chave/habitacao-e-infra-estrutura/741-predio.html>. Acesso em: 3 jun. 2017.

INDUFOR. **CEI-Bois Roadmap 2010: Summary of Work Packages 1.1, 1.2 and 5.1.** Helsinki: 2004. Disponível em: http://www.fagosz.hu/fataj/Roadmap2010CEIBois/PDFs/4_Reports/Indufor_summary.pdf. Acesso em: 15 maio 2017.

INGÉROSEC CORPORATION. **Sustainable building and construction sector in Japan and analysis of opportunities for European Firms.** [S.l.]: EU-Japan Centre for Industrial Cooperation, 2015. Disponível em: http://cdnsite.eu-japan.eu/sites/default/files/publications/docs/sustainableconstruction_final.pdf. Acesso em: 19 maio 2017.

ITA - INTERNATIONAL TRADE ADMINISTRATION. **2016 Top Markets Report Building Products and Sustainable Construction Country Case Study - Japan.** [S.l.]: U.S. Department of Commerce, 2016. Disponível em: http://trade.gov/topmarkets/pdf/Building_Products_Japan.pdf. Acesso em: 19 maio 2017.

JONSSON, R. Prospects for timber frame in multi-storey house building in England, France, Germany, Ireland, the Netherlands and Sweden. **School of Technology and Design**, 2009. v. Report n° 52.

JULIN, J. **The international promotion of wood as a part of climate policy.** [S.l.]: [s.n.], 2010. Disponível em: <http://formin.finland.fi/public/download.aspx?ID=73389&GUID=%7B4A54694C-4244-4D67-8909-EDB5724153C6%7D> >. Acesso em: 31 mar. 2017.

KÖSTER, H. Competitiveness of Building with wood: Eperience from Germany. *In*: UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES. . [S.l.]: 2014. Disponível em: http://forumholzbaunordic.com/assets/bilder/Presentations/K%C3%B6ster_Competitiveness_of_Building_with_wood_Eperience_from_Germany.pdf. Acesso em: 12 maio 2017.

LAROCCA, C. Habitação. **Remade: Revista da madeira**, dez. 2002. n. 68.

MAHAPATRA, K.; GUSTAVSSON, L. **General Conditions for Construction of Multi-storey Wooden Buildings in Western Europe.** Växjö, Sweden: School of Technology and Design - Växjö University, 2009.

_____; _____; HEMSTRÖM, K. Multi-storey wood-frame buildings in Germany, Sweden and the UK. **Construction Innovation**, 13 jan. 2012. v. 12, n. 1, p. 62–85.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Construção Sustentável. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construção-sustentavel>>. Acesso em: 2 jun. 2017.



NICHOLS, J. Australia's timber harvest tops \$2 billion. **ABC Rural**, [S.I.], 3 jun. 2016. Current. Disponível em: <<http://www.abc.net.au/news/rural/2016-06-03/record-new-housing-growth-drives-demand-for-australian-timber/7471856>>. Acesso em: 28 maio 2017.

NORDLANDER, T. Multi-storey wooden buildings are in focus in Sweden. **Opportunities abroad**, [S.I.], 9 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.opportunities-abroad.no/2017/03/09/multi-storey-wooden-buildings-are-in-focus-in-sweden/>>. Acesso em: 19 maio 2017.

PRAET, N. V. Quebec pushing use of wood in construction to boost lumber sector - Financial Post. [S.I.], 30 abr. 2013. Disponível em: <<http://business.financialpost.com/news/quebec-pushing-use-of-wood-in-construction-to-boost-lumber-sector>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

PUNHAGUI, K. R. G. **Potencial de reducción de las emisiones de CO2 y de la energía incorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Engenharia Civil). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña e Universidade de São Paulo, 2014.

SATHRE, R.; O'CONNOR, J. Meta-analysis of greenhouse gas displacement factors of wood product substitution. **Environmental Science & Policy**, abr. 2010. v. 13, n. 2, p. 104–114.

SFB - SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em resumo**. Brasília: 2013. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/images/Publicacoes/florestas_do_brasil_em_resumo_2013_atualizado.pdf>. Acesso em: 7 maio 2017.

SIMON, F. Timber Construction: What's happening in France – The current market and examples of new technologies under its way. *In*: 6° INTERNATIONAL WOOD FIBRE POLYMER COMPOSITES SYMPOSIUM. Biarritz: 2012. Disponível em: <https://www.kouvola.fi/material/attachments/elinkeinoitiimi/6GqepDRoz/7_FHN2305_Frederic_simon.pdf>. Acesso em: 28 maio 2017.

STEELE, M. Timber buildings reach market share of more than 16%. **Global Timber Forum**, [S.I.], 31 mar. 2015. Disponível em: <<http://www.gtf-info.com/news/new-timber-opportunities-and-green-building/timber-buildings-reach-market-share-of-more-than-16/>>. Acesso em: 19 maio 2017.

STA - STRUCTURAL TIMBER ASSOCIATION. **Market Report 2012**. [S.I.]: 2013. Disponível em: <http://timbersystems.stewartmilne.com/media/122624/Market_Report_by_Timbertrends.pdf>. Acesso em: 26 maio 2017.

_____. **Structural timber estimating guide 2016**. [S.I.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://assets.rlb.com/production/2016/07/04073154/STA-Estimating-Guide-March-2016.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2017.

STA - STRUCTURAL TIMBER AWARDS. Timber frame heading for 27% new housing market share. [S.I.], [s.d.]. Disponível em: <<http://www.structuraltimberawards.co.uk/news/timber-frame-heading-for-27-new-housing-market-share/>>. Acesso em: 26 maio 2017.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SUSTAINABLE HOMES. **Timber Frame Housing - Executive Summary**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <http://www.hampsthwaite.org.uk/get.html?_Action=GetFile&_Key=Data5524&_Id=572&_Wizard=0&_DontCache=1361990834>. Acesso em: 29 maio 2017.

UNECE. **Statement submitted by the German Delegation to the sixty-third session of the ECE Timber Committee Geneva, 27-30 September 2005**. Disponível em: <<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/mis/market/market-63/germany.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2017.

XIA, B.; O'NEILL, T.; ZUO, J.; SKITMORE, M.; CHEN, Q. Perceived obstacles to multi-storey timber-frame construction: an Australian study. **Architectural Science Review**, 3 jul. 2014. v. 57, n. 3, p. 169–176.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ADESIVOS UREIA-FORMALDEÍDO E SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA

Lívia Dal Sasso de Souza¹
Gabriel Andrade Gomes de Assis¹
Larissa Carvalho Santos²
Wilson de Souza Júnior³
Vitor Dias Lopes Nunes¹
Juliana Ceccato Ferreira⁴
Angélica de Cássia Oliveira Carneiro⁵
Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho⁶

¹ Universidade Federal de Viçosa

² Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal

³ Departamento de Agronomia / Centro de Ciências Agrárias / Universidade Federal de Viçosa

⁴ Universidade Federal de Goiás

⁵ UFV -DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL / Universidade Federal de Viçosa

⁶ DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ADESIVOS UREIA-FORMALDEÍDO E SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA

Resumo: A madeira é umas das matérias-primas mais utilizadas no mundo. Dentre suas características que garantem sua competitividade, está a capacidade de adesão, que através da utilização de adesivos possibilita a obtenção de um grande número de produtos derivados. Inúmeros adesivos estão disponíveis no mercado de compósitos de madeira, porém, objetivou-se apresentar e conceituar a resina ureia-formaldeído e sua aplicabilidade na produção de painéis de madeira. Os adesivos UF são versáteis e possuem um custo relativamente menor que os adesivos fenólicos e resorcinólicos. Devido às inúmeras vantagens associadas ao uso de adesivos à base de ureia-formaldeído, cerca de 90% das chapas de aglomerado do mundo são produzidas com esta resina. Entretanto, destaca-se que móveis e demais estruturas confeccionadas a partir da resina ureia-formaldeído devem ser restritos a ambientes internos. Destaca-se, também, como desvantagem, a liberação de formaldeído, composto altamente tóxico.

Palavras-chave: Adesivos para madeira, propriedades reológicas, síntese adesiva.

UREIA-FORMALDEIDO ADHESIVE AND APPLICATION IN THE PRODUCTION OF MADEIRA PANELS

Abstract: Wood is one of the most used raw materials in the world. Among its characteristics that guarantee its competitiveness, is the capacity of adhesion, which through the use of adhesives makes it possible to obtain a large number of derivative products. Numerous adhesives are available in the wood composite market, however, the objective was to present and conceptualize the urea-formaldehyde resin and its applicability in the production of wood panels. UF adhesives are versatile and have a relatively lower cost than phenolic and resorcinolic adhesives. Due to the numerous advantages associated with the use of urea-formaldehyde-based adhesives, about 90% of the particleboard in the world is produced with this resin. However, it should be noted that furniture and other structures made from the urea-formaldehyde resin should be restricted to indoor environments. The disadvantage is the release of formaldehyde, a highly toxic compound.

Keywords: Adhesives for wood, rheological properties, adhesive synthesis.

1. INTRODUÇÃO

Desde épocas remotas a madeira tem papel importante no bem estar dos seres humanos e no desenvolvimento da civilização, sendo um dos recursos mais versáteis disponíveis na natureza. Inicialmente utilizada como fonte de energia e base para armas de caça, posteriormente passou a ser utilizada na construção de abrigos. Já na idade média, tornou-se a principal fonte de matéria prima para construção dos mais variados meios de transporte, desde pequenos carrinhos puxados a mão até as caravelas. Atualmente é matéria prima de muitos produtos, como celulose e papel, móveis, laminados, compensados, chapas de composição e pisos (ROCHA, 2007).

O Brasil apresenta crescente utilização de madeiras originadas de florestas plantadas, sendo o eucalipto a espécie de maior utilização. Segundo o Serviço Florestal Brasileiro (2010), o país possui 516 milhões de hectares de florestas, o que equivale a 60% do território nacional, sendo elas naturais e plantadas, com

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

predominância das florestas naturais (98%), enquanto as florestas plantadas abrangem cerca de 6 milhões de hectares.

A implantação do Eucalipto no Brasil ocorreu com fácil adaptação ao solo e às condições climáticas. A área plantada de eucalipto no Brasil, com base no ano de 2010, corresponde a 4.754.334 ha, sendo os estados de Minas Gerais, São Paulo e Bahia, respectivamente, os maiores produtores (ABRAF, 2011).

As características físicas, mecânicas, a fácil trabalhabilidade, o baixo consumo energético para sua obtenção e o aspecto decorativo, fazem da madeira uma das matérias-primas mais utilizadas e apreciadas no mundo. Porém, entre as características florestais, a possibilidade de produção sustentável e a absorção e fixação de CO₂ em seu processo produtivo vem tornando esse material cada vez mais atraente do ponto de vista ambiental (ZENID, 2007). O processamento da madeira está relacionado à geração de resíduos sólidos. Esses resíduos são originados desde o corte da madeira até seus processamentos primário e secundário. Nas serrarias são observados grandes volumes de resíduos madeireiros, que muitas vezes são inutilizados, sendo dispostos para a queima ou despejo em locais inadequados. Estes resíduos podem ser reaproveitados de forma a reduzir os riscos ao ambiente e gerar lucros para as empresas que os produzem. A colagem da madeira é uma alternativa para um melhor aproveitamento da matéria prima, pois reduz a exigência da qualidade inicial da madeira, como presença de nós e bolsa de resina. Em função do desenvolvimento de novas tecnologias, estimulada pelo avanço da química, é possível identificar os adesivos que melhor se adaptem e interajam com os diferentes tipos de madeira (LIMA et al., 2008).

2. ADESIVOS

O termo resina foi inicialmente aplicado à exsudações de plantas, que se apresentam sob a forma de gotas sólidas ou como líquidos muito viscosos, de cor amarelada-transparente, encontradas no tronco de árvores como pinheiro, cajueiro, mangueira, etc. São materiais insolúveis em água, mas solúveis em alguns solventes orgânicos, fusíveis, de peso molecular intermediário a alto, e que amolecem gradualmente por aquecimento. Por assimilação, este termo é também empregado para designar polímeros sintéticos que, quando aquecidos, amolecem e apresentam o mesmo tipo de comportamento (MENDES, 2004).

Kollmann et al (1975) declaram que adesão, adesivos e aderentes são elementos de uma tecnologia geral de adesão, os quais têm grande importância nos mais diversos ramos da engenharia, incluindo a colagem da madeira. O adesivo é um componente importante, com implicações técnicas e econômicas significativas na utilização da madeira (PIZZI, 1983), e seu custo pode chegar a 50% do preço total da mesma. A qualidade da adesão, que afeta as propriedades do produto final, pode ser determinada por vários fatores, mas principalmente pelo tipo e quantidade do adesivo (MALONEY, 1993). Assim, o desenvolvimento da indústria de painéis à base de madeira sempre acompanhou a evolução dos adesivos, no entanto, as pesquisas e desenvolvimentos relativos aos adesivos sempre foram motivados pela exigência de adesão adequada, pelo processo de produção e pelas propriedades dos painéis produzidos (DUNKY, 2001).

Os adesivos são divididos em dois grupos: os naturais e os sintéticos. Os adesivos naturais são classificados conforme sua origem (animal ou vegetal), já os

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

adesivos sintéticos são divididos em termofixos (ureia, fenol, melamina, resorcinol, tanino e *epoxy*), convertidos a um estado insolúvel e irreversível através de reações químicas com ou sem aplicação de calor; e os termoplásticos (polivinil-cloro, polivinil-acetato e elastômeros), resistentes somente a mudanças físicas, podendo ser modificados pela ação de calor ou de solventes. O desenvolvimento dos adesivos sintéticos foi essencial para o sucesso da indústria de compósitos de madeira, devido à sua praticidade de aplicação e manuseio. As matérias primas necessárias para a fabricação desses adesivos são o petróleo, carvão mineral ou gás natural, e a preparação experimental destes adesivos teve início em 1872, e sua comercialização ocorreu nos anos 1930. Nos anos seguintes, a utilização dos adesivos sintéticos aumentou rapidamente, à custa dos adesivos naturais (TSOUMIS, 1991).

Maloney (1993) considera como os três principais adesivos utilizados na indústria de painéis: melamina-formaldeído, fenol-formaldeído e ureia-formaldeído, sendo o último, objetivo de estudo desse trabalho.

3. ADESIVO URÉIA-FORMALDEÍDO

Os adesivos de ureia são produtos gerados a partir da reação entre os grupos amina ou amida com aldeídos, normalmente formaldeído. A resina ureia-formaldeído é uma resina termoendurecível opaca produzida por aquecimento da ureia e do formaldeído em uma solução de amoníaco ou piridina. É uma resina largamente utilizada como um material de moldagem e de componente de adesivos e revestimento de proteção. Os tipos de resinas de formaldeído são extremamente duros e resistentes a polímeros que se prestam idealmente a uma série de aplicações domésticas e industriais: a resina de ureia-formaldeído possui excelente resistência à tração, flexibilidade e resistência à distorção ao calor e, quando curada, forma um acabamento muito resistente. Quando adicionada a produtos adesivos, como cola de madeira, a resina forma uma liga que ultrapassa a força da madeira.

A matéria prima que dá origem ao adesivo ureia-formaldeído é o gás natural, constituído de metano (CH_4), constituinte básico tanto para a síntese de ureia quanto para síntese de formaldeído. A partir do metano é possível obter dióxido de carbono (CO_2), amônia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) e metanol (CH_3OH). Da reação entre o dióxido de carbono e a amônia obtêm-se a ureia; já o formaldeído é obtido através do metanol - o carvão mineral também pode ser fonte de amônia (MALONEY, 1993). A figura 1 exemplifica as fontes de matéria e seus produtos na formação dos adesivos ureia-formaldeído:

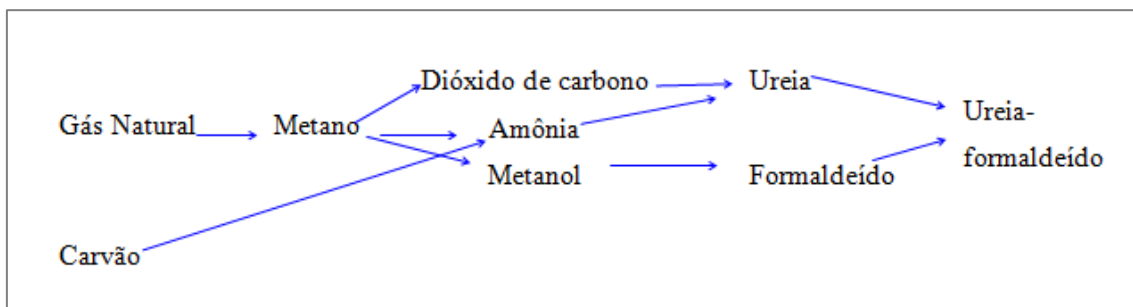


Figura 1. Esquema de formação dos adesivos de ureia-formaldeído.
Fonte: Maloney, 1993.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os adesivos de ureia-formaldeído são versáteis: eles podem ser formulados para curar em temperatura ambiente ou a temperaturas elevadas; podem ser altamente diluídos com extensores ou fortificados com outros adesivos; são utilizados para colagem de vários elementos da madeira, de tabuas até fibras (PIZZI, 1994). Estes adesivos têm um custo relativamente menor que os adesivos fenólicos e resorcinólicos, porém são mais sensíveis ao calor e a umidade. A hidrólise pela umidade acelerada pelo calor é o principal mecanismo de redução de seu desempenho (MARRA, 1992). Ainda segundo este autor, a resina curada é dura, quebradiça e pouco resistente. No estado puro é relativamente sem cor, mas torna-se escura quando da adição de *fillers*. Algumas vezes, uma cor pode ser adicionada a um catalisador como um marcador, para verificar se o catalisador está sendo incorporado na mistura.

Os adesivos ureia-formaldeído podem ser comercializados sob duas formas: sólida (em pó) ou líquida. A forma líquida é mais utilizada pelos grandes usuários, onde bombas de aspersão e medidores de quantidade podem ser empregados, reduzindo o tempo de estoque em algo em torno de 2 a 3 meses. A forma em pó pode ser aplicada de duas maneiras: 1) *neat*, sem qualquer aditivo, sendo suas maiores vantagens o longo período de estocagem e o baixo custo de transporte, o que a torna mais conveniente para pequenos empresários; 2) ou com a adição de catalisadores, extensores, *fillers* e fortificantes. Em ambas as maneiras de aplicação o usuário adiciona somente a quantidade de água necessária, sendo a forma preferida pelos artesãos e pequenos marceneiros (MARRA, 1992).

O principal propósito da adição de extensores é a redução de custos. Em alguns casos, a aplicação de extensores (como farinha de trigo) pode contribuir para a adesão por conterem amido; os *fillers* são quimicamente neutros e são empregados para melhorar as propriedades de trabalhabilidade do adesivo (como a viscosidade), ou as propriedades da linha de cola. Grandes quantidades de aditivos reduzem o preço do adesivo, no entanto, reduzem também a qualidade das junções (TSOUMIS, 1991).

4. APLICAÇÕES NA PRODUÇÃO DE CHAPAS

Para colagem de madeira e subprodutos são utilizados predominantemente adesivos sintéticos que, pela facilidade de manipulação, além das excelentes propriedades, praticamente substituíram os adesivos naturais usados antigamente (CARNEIRO, 2006). Os adesivos de resinas sintéticos deram novo impulso à indústria madeireira em todo o mundo. Praticamente todos os produtos madeiros importantes, com exceção da madeira simplesmente serrada, levam algum tipo de adesivo em seu processo de fabricação (NEIVA e HELLMEISTER, 1989).

Esta resina pode ser empregada como adesivo sintético formado através de reações de poliadição e policondensação (MENDES, 2004). Segundo Bortoletto et al (2008), a resina ureica é a mais utilizada na indústria de compensados, de aglomerados e de móveis.

Os adesivos à base de ureia-formaldeído são bastante empregados nas indústrias de painéis de madeira e, segundo Roffael e Schneider (1983), 90% das chapas de aglomerado no mundo são produzidas com esta resina. Este adesivo apresenta as seguintes vantagens, segundo Maloney (1993): baixo custo; baixo tempo de reação na prensa quente; fácil manuseio; coloração branca ou incolor; e baixa

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

resistência à umidade. Pizzi (1994) cita outras vantagens: solubilidade inicial em água (o que os torna satisfatórios para produções em grande escala e relativamente baratos); dureza; não são inflamáveis; possuem boas propriedades térmicas; e são de fácil adaptabilidade a uma variedade de condições de cura. Uma grande desvantagem é a liberação de formaldeído, o que acarreta graves problemas à saúde humana. A emissão ocorre devido à razão molecular entre formaldeído e ureia, que varia entre 1,2:1 – 2:1 (TSOUMIS, 1991).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes, ao CNPq e à Fapemig pelo apoio prestado no desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. Anuário estatístico 2011: ano base 2010. Brasília, DF: ABRAF, 136p., 2011.

ABRAHÃO, C. P.; VARELLA, C. A. A.; PINTO, F. A. C.; KHOURY JUNIOR, J. K. Quantificação da falha na madeira em juntas coladas utilizando técnicas de visão artificial. Revista Árvore, Viçosa, v.27, n.1, p. 71-78, 2003.

BORTOLLETO, J. G.; GARCIA, N. J. Propriedades de resistência e rigidez a flexão estática de painéis OSB e compensados, 2004.

DUNKY, M. Introduction. In: DUNKY, M. (Ed). Wood adhesion and glued products. COST Action E 13, Dynea: 2001. 161p.

KOLLMANN, F.F.P., KUENZI, E. W., STAMM, A J. Principles of Wood Science and Technology II – Wood Based Materials. Springer-Verlag, New York, 1975. 702 p.

LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; MORI, C. L. S. O. Colagem da madeira de clones de Eucalyptus com três adesivos comerciais. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.36, n.77, p.73-77, 2008.

MALONEY, T. M. Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. San Francisco: Miller Freeman, 1993. 686 p.

MARRA, A. A. Technology of Wood Bonding Principles in Practice. New York: Van Nostrand Reinhold. 1992. 454p.

PIZZI, A. Natural Phenolic adhesive I: Tannin. In: Handbook of adhesive technology. Marcel Dekker, New York, 347-358, 1994.

PIZZI, A. Wood adhesives: Chemistry and technology. New York: Marcell Dekker, 1983. 364p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

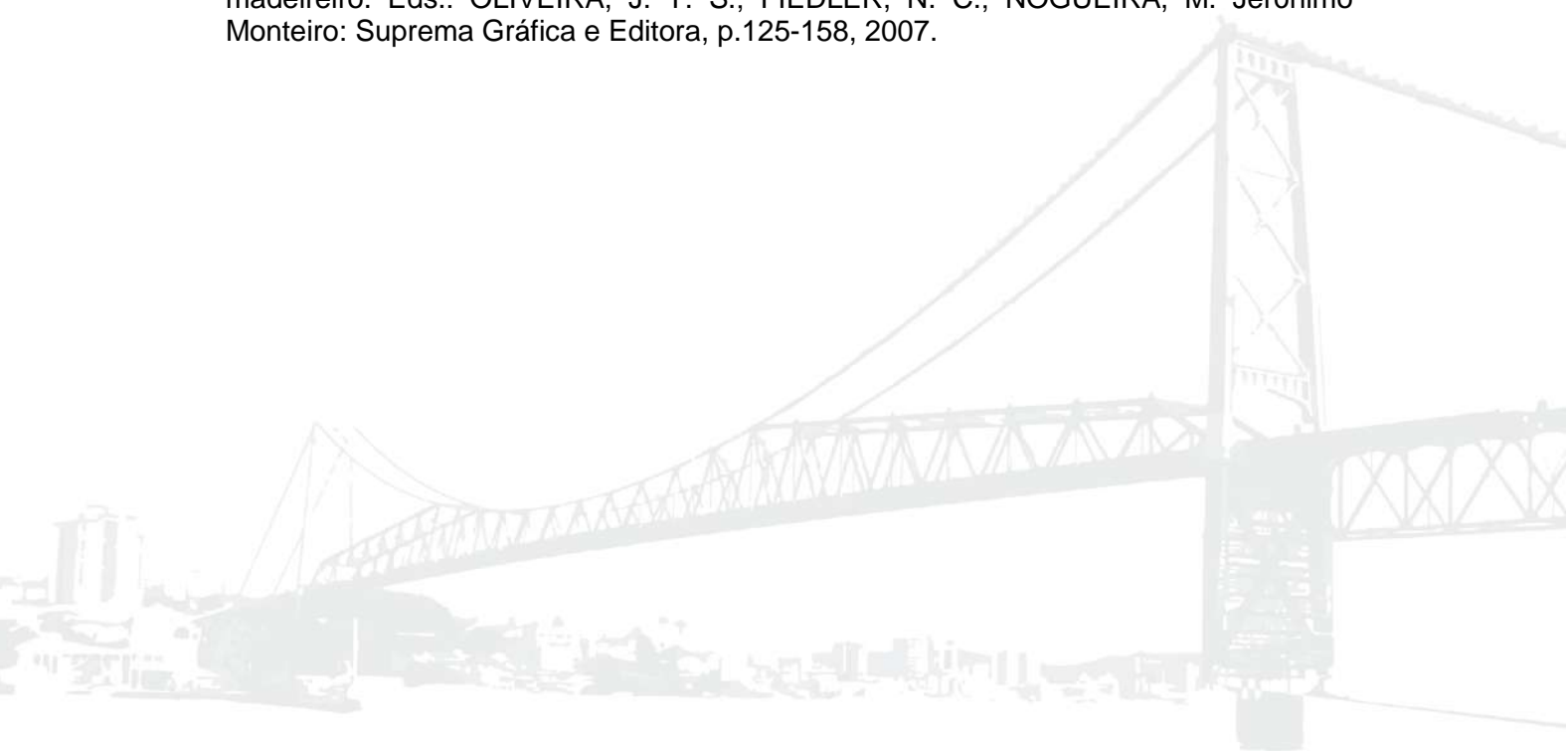
Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ROCHA, M. P. Técnicas de serrarias. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro. Jerônimo Monteiro: Editora Suprema, 2007. p. 209-270.

ROFFAEL, E.; SCHNEIDER, A. Untersuchungen über den Einflub von Kochsalz als Bindemittelzusatz auf Eigenschaften von Spanplatten. Holz-Zentralblatt 109 (103): 1414-1415. 1983.

TSOUMIS, G. Science and Technology of Wood Structure, Properties, Utilization. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494p.

ZENID, G. J. Madeiras e suas características. In: Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro. Eds.: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora, p.125-158, 2007.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ADIÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE PARTÍCULAS DE ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS E PINUS OOCARPA EM PAINÉIS OSB

Danillo Wisky Silva¹

Abner Reis²

Marina Resende Ribeiro de Oliveira³

Alan Pereira Vilela⁴

Tony Matheus Carvalho Eugênio⁴

José Benedito Guimarães Júnior⁵

Lourival Marin Mendes³

¹ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

³ Universidade Federal de Lavras

⁴ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

⁵ Universidade Federal de Goiás



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ADIÇÃO DE DIFERENTES PROPOÇÕES DE PARTÍCULAS DE *ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS* E *PINUS OOCARPA* EM PAINÉIS OSB

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades mecânicas de painéis OSB (Painel de Partícula Strand Orientada) produzidos com diferentes porcentagens de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius* e *Pinus oocarpa*. Foram comparadas cinco combinações (0; 25; 50; 75; e 100%) entre as duas espécies. Os painéis foram encolados com 6% de fenol-formaldeído, e produzidos com três camadas na proporção (% em massa) de 25/50/25 para face/miolo/face. No plano experimental para cada tratamento foram produzidos três painéis, sendo as propriedades densidade aparente (DA), módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE) e ligação interna (LI), avaliadas neste trabalho. Houve variação entre as densidades dos painéis nos diferentes tratamentos devido à perda de partículas no processo de produção. O que interferiu nas propriedades MOR, MOE e LI que apresentaram a mesma tendência de curvas dos resultados de DA na análise de regressão. No geral, as propriedades mecânicas avaliadas foram inferiores ao mínimo exigido pela norma técnica em questão, sendo vedado o uso estrutural destes painéis.

Palavras-chave: folhosas, cedro indiano, painéis de madeira

ADDITION OF DIFFERENT PROPORTIONS OF *ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS* AND *PINUS OOCARPA* IN OSB PANELS

Abstract: The objective of this study was to evaluate the mechanical properties of OSB (Oriented Strand Board) panels produced with different percentages of *Acrocarpus fraxinifolius* and *Pinus oocarpa* particles. Five combinations (0; 25; 50; 75; and 100%) were compared between the two species. The panels were glued with 6% phenol-formaldehyde, and produced with three layers in the ratio (% by mass) of 25/50/25 to surface/core/surface. In the experimental plane for each treatment three panels were produced, being the apparent density (DA), modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE) and internal bond (LI) evaluated in this work. There was variation between the densities of the panels in the different treatments due to the loss of particles in the production process. This interfered in the MOR, MOE and LI properties, which presented the same trend of DA curve results in the regression analysis. In general, the mechanical properties evaluated were lower than the minimum required by the technical standard in question, being forbidden the structural use of these panels.

Key words: hardwood, indian cedar, wood panels

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

Atualmente nas indústrias brasileiras de painéis de madeira reconstituída as espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* são em essência a matéria-prima destes produtos (ALMEIDA et al., 2004; GUIMARÃES JR et al., 2012). No entanto, inúmeras pesquisas apontam outras espécies de rápido crescimento com potencial de utilização nestes painéis (PINTO, 2011; DON et al., 2002; IWAKIRI et al., 2011; IWAKIRI et al., 2012; ALBINO et al., 2011).

Nos plantios de espécies tropicais destinadas à produção de toras, inúmeros resíduos provindos de desbastes e desdobros são gerados. Estes resíduos de madeira podem ser utilizados na produção de vários tipos de painéis, entre estes, temos os painéis OSB que vem ganhando espaço e substituindo atualmente os compensados que são mais caros (EFORWOOD 2013; OKINO et al., 2004). A princípio a maior vantagem deste tipo de painel é a utilização de toras de menor diâmetro e de baixa qualidade como matéria-prima (BARBUTA et al., 2011).

Entre essas espécies de clima tropical, o *Acrocarpus fraxinifolius* está ganhando notoriedade no mundo acadêmico, principalmente devido à sua plasticidade em sistemas agro florestais, recuperação de terras, capacidade de adaptação, produtividade de 14 a 45 m³/há/ano e qualidade de sua madeira (MARTINEZ et al., 2006; NISGOSKI et al., 2012, TRIANOSKI et al., 2013). Sua madeira dura de cerne avermelhado é utilizada na produção de mobiliários, na produção de celulose e na construção civil (LORENZI et al., 2003; ROCAS, 2010). Outro aspecto interessante dessa madeira é sua facilidade de processamento e colagem, o que vêm despertando o interesse nas pesquisas voltadas a produção de painéis (HONORATO et al., 2005; TRIANOSKI et al., 2011; TRIANOSKI et al., 2013; IWAKIRI et al., 2014).

Com intuito de incentivar novas pesquisas e integrar novas matérias-primas na produção de painéis de madeira reconstituída, este trabalho objetivou avaliar as propriedades mecânicas de painéis OSB produzidos com diferentes porcentagens de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius* e *Pinus oocarpa*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas cinco árvores de *Pinus oocarpa*, com 28 anos de idade e cinco árvores de *Acrocarpus fraxinifolius*, com 20 anos de idade para condução deste trabalho. Ambas as espécies são procedentes de plantio experimental localizado no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras/MG, Brasil. A densidade básica das respectivas espécies foram calculadas seguindo as diretrizes da norma técnica NBR 11.941 (ABNT, 2003).

As árvores foram seccionadas em toras de 2,5 m de comprimento, posteriormente foram desdobradas em tábuas de 20 mm de espessura, sendo esta medida correspondente a largura das partículas do tipo *strand*. Em seguida, foi retirada das tábuas peças de 85 mm de largura no sentido perpendicular às fibras, correspondendo ao comprimento das partículas do tipo *strand*.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

As peças de madeira foram mantidas submersas em água até completa saturação. Após a saturação, as peças foram processadas em um picador de disco, regulado para a produção de partículas com espessura de 0,70 mm, obtendo, assim, partículas nas dimensões de 20 x 85 x 0,70 mm (largura, comprimento e espessura, respectivamente). As partículas foram então, mantidas a 60°C em estufa com circulação forçada de ar até atingirem umidade na faixa de 3 a 4% (base massa seca).

A aplicação do adesivo nas partículas foi realizada utilizando uma encoladeira do tipo tambor giratório dotado de pistola de ar comprimido. Foram produzidos 15 painéis do tipo OSB referente aos cinco (Tabela 1) tratamentos deste trabalho, ambos, encolados com 6% (base massa seca) de adesivo fenol-formaldeído (teor de sólidos de 57%; viscosidade de 261,4 cP; e pH de 9,5).

Tabela 1. Plano experimental

Simbologia	Partículas de <i>Acrocarpus</i>	Partículas de <i>Pinus</i>
	----- % -----	
Af_0%	0	100
Af_25%	25	75
Af_50%	50	50
Af_75%	75	25
Af_100%	100	0

Após a aplicação do adesivo, as partículas foram distribuídas sobre uma caixa orientadora (MENDES, 2001), para assegurar que as camadas superficiais estejam dispostas perpendicularmente à camada central, conforme as proporções em massa previamente estabelecidas de 25%, 50% e 25% para face/miolo/face, respectivamente. Concluído a etapa de orientação das partículas, o colchão foi submetido à prensagem manual com pressão de 0,4 MPa com intuito de melhorar sua conformação e evitar a perda de partículas. Posteriormente, os colchões foram prensados em uma prensa termo-hidráulica por um período de 8 minutos, com temperatura de 180°C e pressão específica de 3,94 MPa.

Terminado a prensagem dos painéis, estes foram esquadrejados e acondicionados em sala climatizada à temperatura de 20±2°C e umidade relativa de 65±5% até a estabilização. Foram então retiradas as amostras (Figura 1) para os ensaios de flexão estática conforme as diretrizes da norma DIN 52362 (DIN, 1982) e de resistência a ligação interna em acordo com a norma ASTM D 1037-100 (ASTM, 2006).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

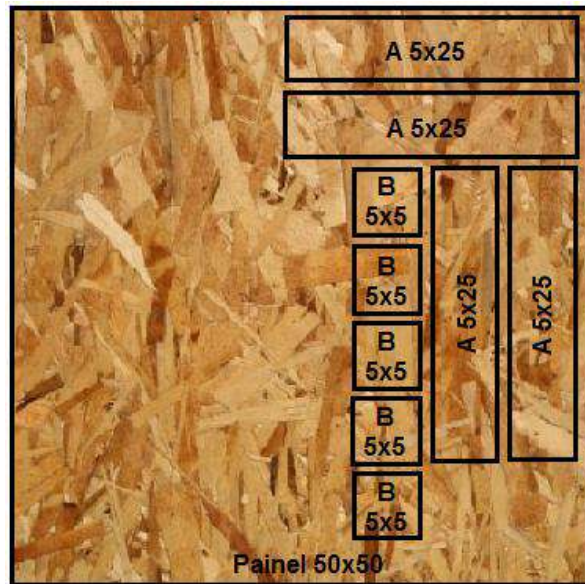


Figura 1. a) Medidas (cm) e número de amostras para o ensaio de flexão estática; b) Resistência a ligação interna

As amostras foram ensaiadas em uma máquina universal de ensaios mecânicos da marca AROTEC, equipada com uma célula de carga de 2 kN. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo os resultados dos ensaios mecânicos submetidos à análise de variância e análise de regressão, ambas a 5% de significância.

3. RESULTADOS EDISCUSSÃO

A densidade básica calculada da madeira de *Acrocarpus fraxinifolius* e de *Pinus oocarpa* foram $0,52 \text{ g.cm}^{-3}$ e $0,41 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivamente. Estes valores são coerentes com a literatura e podem variar de acordo com a idade, sítio, região climática entre outras (HONORATO et al., 2005; WHITMORE e OTAROLA, 1976; FOELKEL et al., 1975). Ambas as espécies apresentam densidade básica menor que $0,55 \text{ g.cm}^{-3}$, sendo indicadas para a produção de painéis de madeira (MALONEY, 1993).

Houve variação estatística entre as densidades dos painéis para os diferentes tratamentos (Figura 2), indicando possíveis perdas de partículas no processo laboratorial de produção dos painéis.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

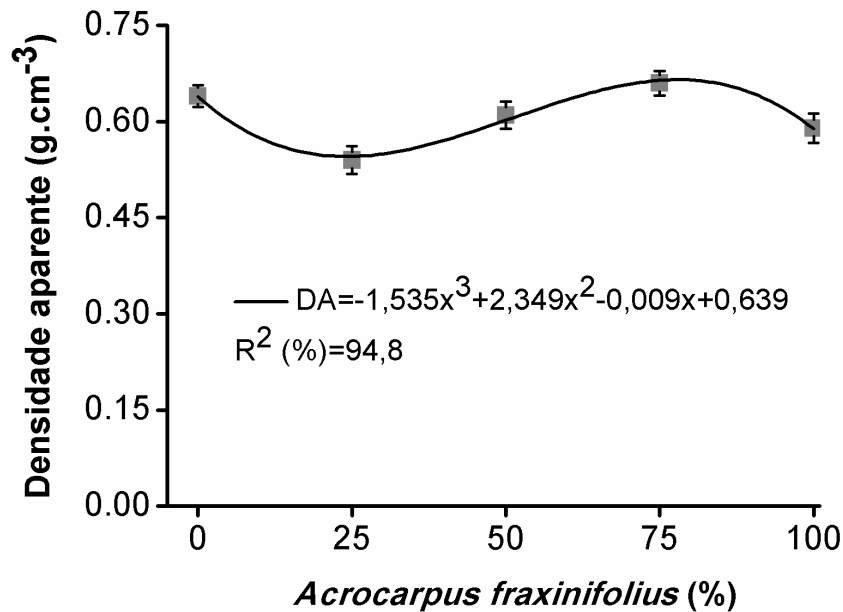


Figura 2. Densidade aparente dos painéis com diferentes quantidades de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius*

A variação na densidade aparente dos painéis influencia nas suas propriedades mecânicas, uma vez que existe correlação positiva entre essas propriedades e já são bastante elucidadas na literatura (NISGOSKY et al., 2012). Em razão disto, é esperado que ocorram diferenças nos resultados das avaliações mecânicas de cada tratamento em questão. Entretanto, apesar dessa variação de densidade, somente o tratamento AF_25% é classificado como painel de baixa densidade, já os tratamentos restantes são classificados como de média densidade.

O comportamento das propriedades mecânicas módulo de ruptura, módulo de elasticidade e ligação interna (Figura 3) seguiram a mesma tendência da propriedade densidade aparente. O que indica a forte correlação entre as propriedades em questão. No entanto, podem-se notar através da Figura 3 algumas interações provenientes da variação da quantidade de partícula de *Acrocarpus fraxinifolius*, além da tendência antes comentada, de modo a acentuar ou diminuir alguns picos.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

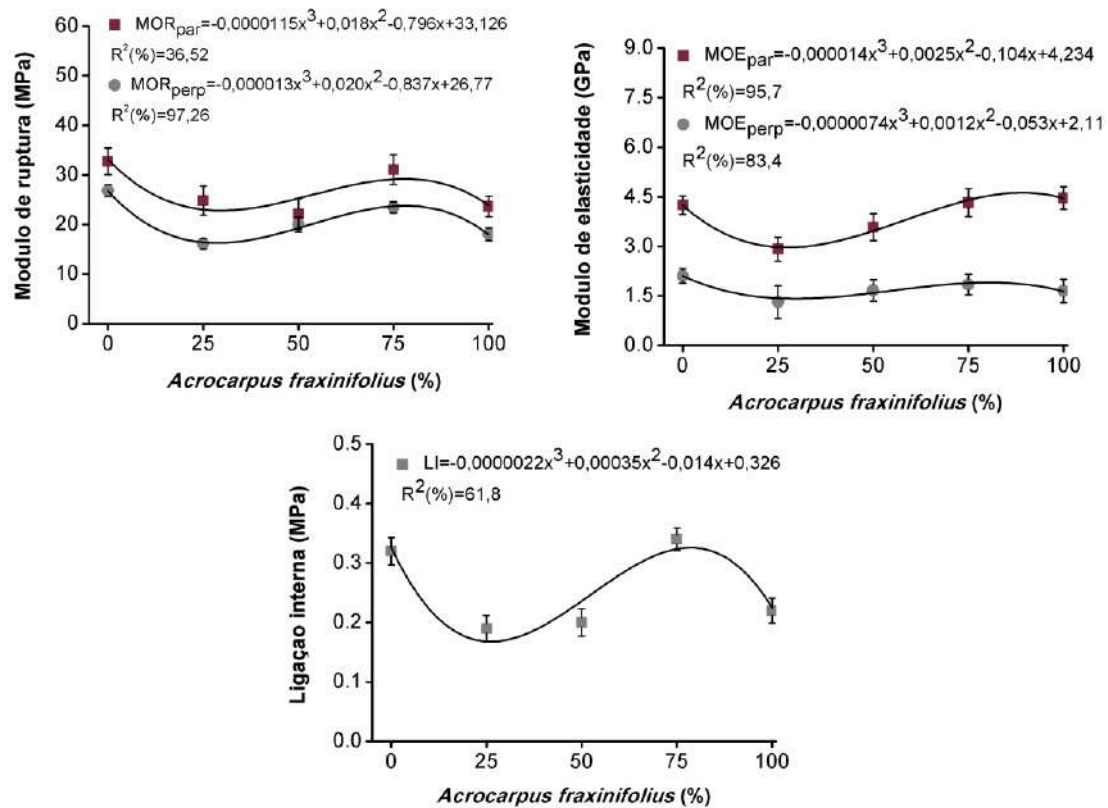


Figura 3. Propriedades mecânicas dos painéis com diferentes quantidades de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius*

Em ambas as propriedades mecânicas avaliadas neste trabalho houve diferenciação estatística. Os valores do módulo de ruptura paralelo e perpendicular variaram de 22,13 a 32,73 MPa e 16,12 a 26,85 MPa, respectivamente. Apenas o tratamento AF_50% não atingiu o mínimo exigido pela norma canadense CSA 04337 (CSA, 1993) para o MOR paralelo na categoria 1 que corresponde a 22,90 MPa, no entanto, todos os tratamentos atenderam os requisitos da mesma norma para o MOR perpendicular que é de 9,40 MPa para a mesma categoria.

Os módulos de elasticidade paralelo e perpendicular variaram de 2,92 a 4,46 GPa e 1,31 a 2,12 GPa, respectivamente. Em comparação com a norma CSA 04337 (CSA, 1993), nenhum dos tratamentos atingiram o mínimo para o MOE paralelo na categoria 1 que exige valor mínimo de 4,5 GPa, já o MOE perpendicular dos diferentes tratamentos excedem o mínimo exigido pela norma, de 1,2 GPa.

Quanto a ligação interna dos painéis, os tratamentos variaram de 0,19 a 0,34 MPa, assim, apenas o tratamento AF_75% atendeu o mínimo exigido pela norma canadense, que exige que os painéis tenham LI de 0,34 MPa ou mais.

Realizando uma avaliação geral das propriedades estudadas neste trabalho, se observa que os painéis não atenderam os requisitos mínimos de resistência mecânica. Provavelmente, pela perda de matéria prima na produção dos painéis, como indicado pela Figura 2, na literatura alguns trabalhos utilizando a madeira de *Acrocarpus fraxinifolius* na confecção de diferentes tipos de painéis apresentam

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ótimos resultados em comparação com a madeira de pinus (TRIANOSKI et al., 2011; TRIANOSKI et al., 2013). Sendo necessários novos estudos que visem avaliar as propriedades desta espécie na produção de painéis OSB.

4. CONCLUSÕES

Os painéis produzidos obtiveram densidades aparentes distintas para os diferentes tratamentos avaliados. As propriedades mecânicas obtiveram comportamento parecido com a tendência da densidade aparente. Indicando a interferência desta propriedade na resistência mecânica dos painéis.

No geral, as propriedades mecânicas obtiveram valores inferiores aos relatados em literatura e exigidos pela normatização utilizada como parâmetro de comparação. Assim, as espécies estudadas não são aptas para produção de painéis OSB, se produzidos nas mesmas condições laboratoriais descritas neste estudo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, a CAPES, ao CNPq, a Rede Brasileira de Pesquisa em Compósitos Lignocelulósicos e Nanocompósitos e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Biomateriais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, V. C. S.; SÁ, V. A.; BUFALINO, L.; MENDES, L.M.; ALMEIDA, N. A. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis compensados de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*. CERNE, v. 1, n. 17, p. 103-108, 2011.

ALMEIDA, R. R.; BORTOLETTO JR, G.; JANKOWSKY, I. P. Produção de lâminas a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. SCIENTIA FORESTALIS, v. 65, p. 49-58, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING - Standard test methods for evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Panel Materials. Philadelphia. ASTM D1037-06a. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 6 p. NBR-11941. 2003.

BARBUTA, C.; CLOUTIER, A.; BLANCHET, P., YADAMA, V.; LOWELL, E. Tailor made OSB for special application. EUROPEAN JOURNAL OF WOOD PRODUCTS, v. 4, n. 69, p. 511–519, 2011.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION - OSB and Waferboard.. Ontario: CSA 0437.0 – 93, 1993. 18 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - Testing of wood chipboards, bending test, determination of bending strength: DIN 52362. Berlin, 1982. 40 p

EFORWOOD. Sustainable Impact Assessment of the Forestry Wood Chain. 2008. Project ID: 518128 Thematic Priority: Global Change and Ecosystems Duration. [online] <<http://www.innovawood.com/eforwood/LinkClick.aspx?fileticket=H6rOD%2FJ730Y%3D&tabid=36&mid=947>> [Consulta: Enero 2017].

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; MILANEZ, A. F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citrodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para produção de celulose sulfato. Piracicaba: Ed. ESALQ/DS. 1975. 82p.

GUIMARÃES JR, J. B.; MENDES, L. M.; MENDES, R. F.; GUIMARÃES, B. M. R.; OLIVEIRA, S. L. Seleção de clones de *Eucalyptus urophylla* para produção de compensados. CERNE, v. 4, n. 18, p. 667-673, 2012.

HONORATO, S. J. A. Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) una opción agroforestal para la sierra Norte del estado de Puebla. INIFAP, 2005, v. 1, 41p. (Folleto Técnico).

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; PRATA, J. G.; BRAZ, R. L.; CASTRO, V. G.; KAZMIERCZAK, S.; PINHEIRO, E.; RANCATTI, H.; SANCHES, F. L. Produção de painéis compensados com lâminas de madeira de *Sequoia sempervirens* e resina uréia-formaldeído. FLORESTA, v. 4, n. 42, p. 809-816, 2012.

IWAKIRI, S.; POTULSKI, D. C.; SANCHES, F. G.; SILVA, J. B.; TRIANOSKI, R.; PRETKO, W. C. Avaliação do potencial de uso da madeira de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevillea robusta*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata* para produção de painéis OSB. CERNE, v. 2, n. 20, p. 277-284, 2014.

IWAKIRI, S.; VARGAS, C. A.; PARCHEN, C. F. A.; WEBER, C.; BATISTA, C. C.; GARBE, E. A.; CIT, E. J.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. FLORESTA, v. 3, n. 41, p. 451-458, 2011.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003.

MALONEY, T. M. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. San Francisco: M. Freeman, 1993. 689 p.

MARTÍNEZ, P. E.; GARCÍA, J. M. M.; SÁNCHEZ, L. H.; PÉREZ, G. O. Cultivo intercalado de cedro rosado y su efecto sobre el contenido de materia orgánica en suelo. REVISTA UDO AGRÍCOLA, v. 1, n. 6, p. 109-113, 2006.

MENDES, L. M., *Pinus* spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). 156 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

NIŠGOSKI, S.; TRIANOSKI, R.; MUÑIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M.; STYGAR, M. Variação radial das estruturas da Madeira de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. FLORESTA E AMBIENTE, v. 19, p. 316-324, 2012.

OKINO, E. Y. A.; TEIXEIRA, D. E.; SOUZA, M. R. de; SANTANA, M. A. E.; SOUSA, M. E. de. Properties of oriented strandboard made of wood species from Brazilian planted forests: Part 1: 80 mm-long strands of *Pinus taeda* L. HOLZ ALS ROH- UND WERKSTOFF, v. 3, n. 62, p. 221-224, 2004.

PINTO, J. A. Análise da viabilidade do uso da madeira de *Cryptomeria japônica* para laminação e produção de painéis compensados. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ROCAS, A. N. Part II – Species Descriptions: *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. p. 266-268, 2010.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; PRATA, J. G. Propriedades físicas e mecânicas de painéis de madeira aglomerada de *Acrocarpus fraxinifolius*, compostos com diferentes percentuais de casca. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 4, n. 23, p. 761-769, 2013.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; PRATA, J. G. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* sem diferentes proporções com *Pinus* spp. para produção de painéis aglomerados. SCIENTIA FORESTALIS, v. 91, n. 39, p. 343-350, 2011.

WHITMORE JL, OTAROLA T. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight, especie de rápido crecimiento inicial, buena forma y madera de usos múltiples. TURRIALBA, v. 2, p. 201-204, 1976.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ADIÇÃO DE NANOFIBRAS DE CELULOSE EM PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA

Douglas Faria¹
Pedro Henrique Canola¹
Thamirys Andrade Lopes¹
Mario Scatolino¹
Thiago De Paula Protásio²
Camila Fonseca³
Lourival Marin Mendes¹
José Benedito Guimarães Júnior³

¹ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

² Universidade Federal Rural da Amazônia

³ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Engenharia



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ADIÇÃO DE NANOFIBRAS DE CELULOSE EM PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes quantidades de nanofibras de celulose branqueada nas propriedades físicas de painéis de cimento-madeira. Foram produzidos painéis com 0, 25 e 50% de nanofibras em substituição a madeira. Os painéis foram confeccionados com densidade aparente nominal de 1,3 g/cm³, prensados com 4 MPa e consolidados a temperatura ambiente. Foram avaliadas as seguintes propriedades físicas dos painéis: absorção de água (AA), inchamento em espessura (IE), ambos após 2 e 24 horas de imersão e densidade aparente (Dad). Os resultados dos testes indicaram que o incremento de nanofibras não influenciou na propriedade IE (2h) e IE (24h), sendo os valores médios de 1,14% e 1,42% respectivamente. O aumento do teor de nanofibras de 25 para 50% provocou um aumento da densidade dos painéis devido a uma maior força de coesão entre elas. O acréscimo de nanofibras de 25 para 50% reduziu a absorção de água após os dois períodos considerados devido ao aumento da cristalinidade do painel. Em geral, a adição de nanofibras contribuiu para uma melhor estabilidade dos painéis cimento-madeira.

Palavras-chave: Inchamento em espessura, densidade, absorção de água.

ADDITION OF CELLULOSE NANOFIBERS IN CEMENT-WOOD PANELS

Abstract: The aim of this work was to evaluate the effect of the addition of different amounts of cellulose nanofibers bleached on the physical properties of cement-wood panels. Panels with 0, 25 and 50% nanofibers were produced instead of wood. The panels were made with nominal apparent density of 1.3 g / cm³, pressed at 4 MPa and consolidated at room temperature. The following physical properties of the panels were evaluated: water absorption (AA), thickness swelling (IE), both after 2 and 24 hours immersion and apparent density (Dad). The results of the tests indicated that the increment of nanofibers did not influence IE (2h) and IE (24h), with mean values of 1.14% and 1.42%, respectively. The increase in the nanofiber content from 25 to 50% caused an increase in the density of the panels due to a greater cohesive force between them. The addition of nanofibers from 25 to 50% reduced the water absorption after the two periods considered due to the increased crystallinity of the panel. In general, the addition of nanofibers contributed to a better stability of cement-wood panels.

Key words: Thickness swelling, density, *water absorption*.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil mostra uma crescente receptividade a novas tecnologias, produtos e métodos construtivos que tenham condições de substituir com vantagens os produtos e técnicas tradicionais há muito colocados em uso, visto que por vezes, estes mostram-se obsoletos, com alto custo de produção e de algum modo acarretam altos impactos ambientais (MACHADO et al., 2015).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Dentro deste contexto, surgem os painéis de cimento-madeira que podem ser uma opção viável e de menor impacto ao meio ambiente por fazer uso de um recurso renovável, que é a madeira. Este painel já é bastante usado em países da Europa e Ásia em virtude de suas características apresentadas como: maior durabilidade em relação aos outros painéis, difícil combustão, maior resistência às intempéries, além de ser resistente também ao ataque de agentes degradadores da madeira (xilófagos) como cupins, insetos e fungos. Esses fatores contribuem para que o painel de madeira-cimento possa vir a se tornar um produto de destaque no mercado de produtos derivados da madeira.

A celulose nanofibrilar é um material que despertou muito interesse ao longo da última década devido às suas propriedades únicas, associadas à dimensão nanométrica. Tais propriedades, como elevada cristalinidade, rigidez (módulo de Young), resistência à tração, superfície específica e transparência, bem como a sua abundância e o fato de ser um material biodegradável e renovável tem conduzido a imensos estudos de aplicação como material de reforço nas mais diversas áreas, como por exemplo eletrônica, alimentar, têxtil, medicina e espacial (NUNES, 2014).

As nanofibras celulósicas têm despertado o interesse de diversos setores pelas várias possibilidades de aplicações. Acredita-se que as nanofibras de celulose sejam mais efetivas para reforço do que suas equivalentes em macro escala, devido às interações entre os elementos em nano escala que formam uma rede percolada conectada por ligações de hidrogênio (ANGLÈS, DUFRESNE, 2001; NAKAGAITO et al., 2005).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão de nanofibras de celulose sobre a estabilidade dimensional em painéis de cimento-madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a produção dos compósitos minerais utilizou-se nanofibras de celulose e madeira de *Eucalyptus grandis*.

O cimento utilizado para produção dos painéis de cimento-madeira foi o CPV-ARI.

2.1 Obtenção das nanofibras de celulose

Polpa Kraft comercial branqueada de eucalipto (híbrido: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) foi utilizada para a obtenção das nanofibras de celulose. As nanofibras foram obtidas através de um desfibrilador mecânico (Super Masscolloider, Massuko Sangyo, modelo MKCA6-2) conforme sugerido por Guimarães Júnior. et al. (2015a) e Bufalino et al. (2015). Soluções contendo 1,0% (m/v) de polpa celulósica, saturadas em água durante 48 h e posteriormente agitadas a 2000 rpm durante 1 h, foram processadas no desfibrilador mecânico com velocidade de 1500 rpm, com distância de 0,01 mm entre a pedra rotativa e a fixa, ambas de carbetto de silício. A suspensão com aspecto gelatinoso foi obtida após 35 passagens pelo desfibrilador (com auxílio da microscopia óptica, foi verificado que a partir de 35 passagens ocorreu a desfibrilação da polpa de celulose) e o excesso de água foi removido por filtração (Figura 1).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

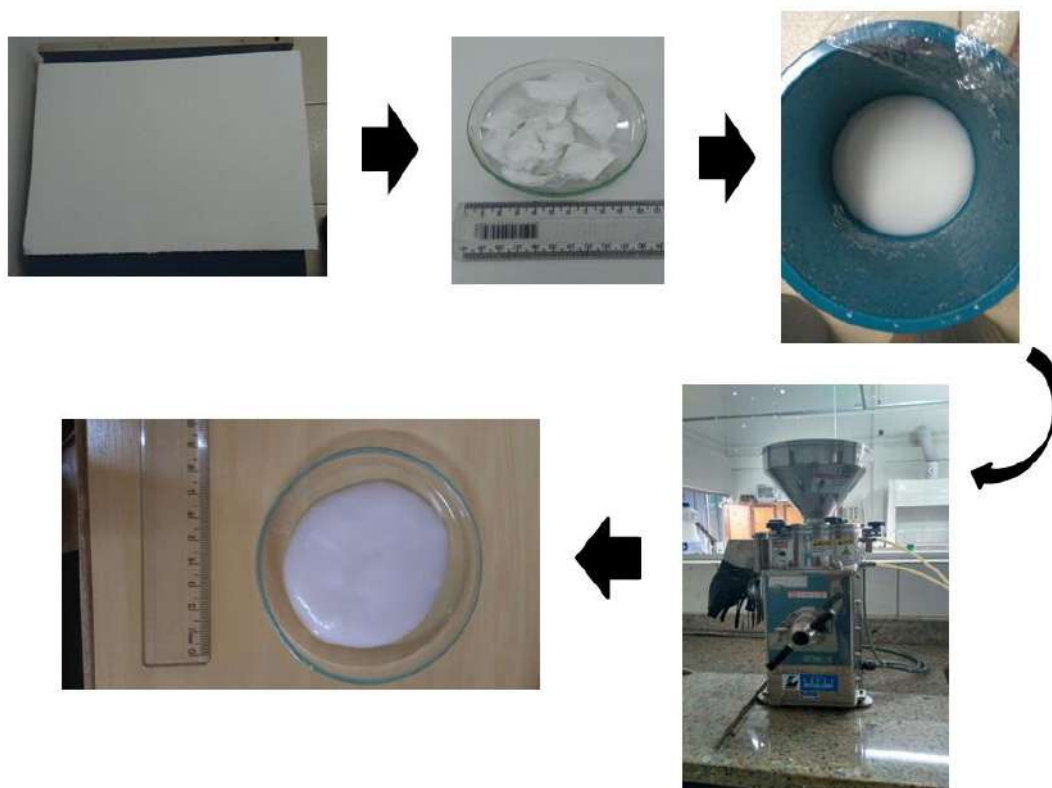


Figura 1. Processo de obtenção das nanofibras de celulose

2.2 Obtenção das partículas de Eucalipto

A madeira de *Eucalyptus grandis*, com 25 anos de idade e densidade básica de $0,503 \pm 0,079 \text{ g/cm}^3$, foi coletada no campus da Universidade Federal de Lavras na cidade de Lavras – Minas Gerais. As toras foram laminadas em escala laboratorial e aquelas lâminas que apresentaram qualidades impróprias para produção de painéis compensados foram transformadas em partículas do tipo *sliver* em moinho martelo. Posteriormente as partículas foram peneiradas para retirada de finos (Figura 2).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

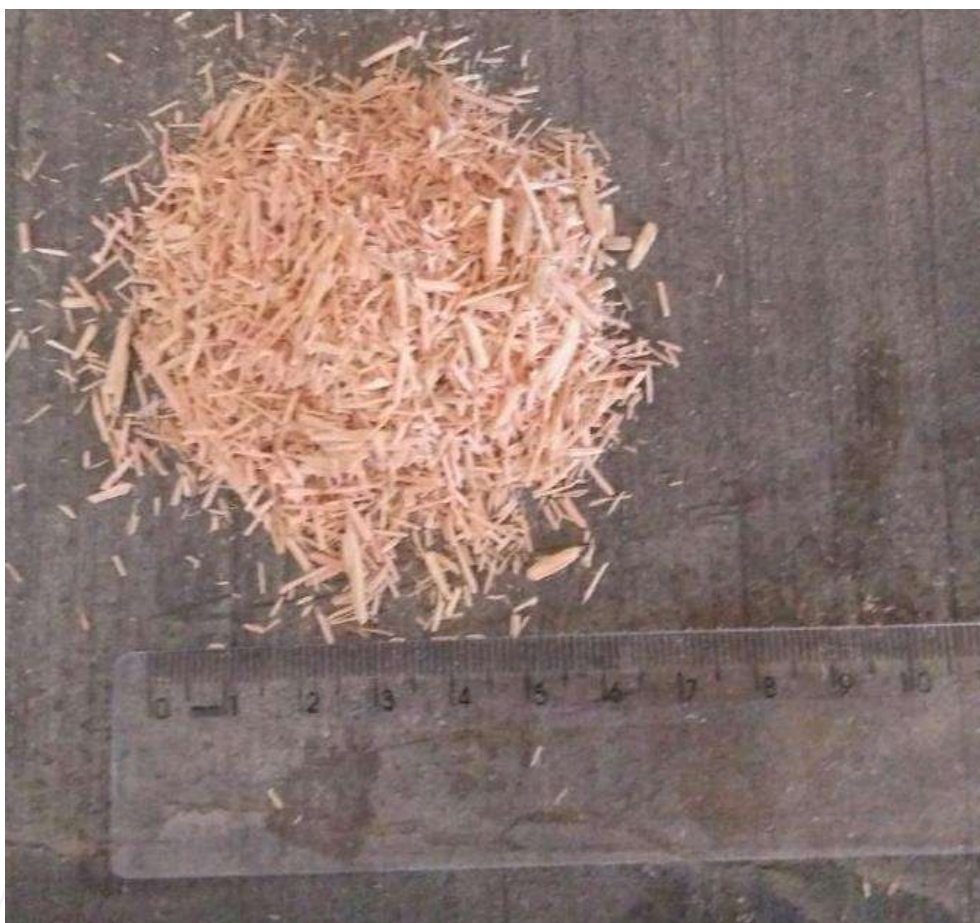


Figura 2. Partículas sliver de *Eucalyptus grandis*

2.3 Confeção dos painéis

Para produção dos compósitos, as proporções utilizadas de nanofibras de celulose em relação a madeira de eucalipto foram respectivamente: 0/100, 25/75 e 50/50. A Tabela 1 apresenta os parâmetros de produção dos painéis.

Tabela 1: Parâmetros de produção dos painéis de madeira-cimento.

Parâmetro	Valor
Dimensões	30 x 30 x 1,5cm
Relação madeira-cimento	1 : 2,75
Relação água-cimento	1 : 4
Aditivo (CaCl ₂)	6 %
Densidade	1,3 g/cm ³

Após a pesagem de cada componente, eles foram misturados de forma manual até a obtenção de massa homogênea. A massa de cada painel foi devidamente

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

separada, pesada e distribuída em caixas formadoras do colchão, untadas com óleo diesel, para facilitar a retirada do painel após sua prensagem e grampeamento. O controle da espessura dos painéis foi determinado por barras de ferro com espessuras de 1,5cm. Após o carregamento dos painéis, a prensa foi fechada com pressão específica de 4 MPa a temperatura ambiente, realizando-se em seguida o grampeamento dos painéis, forma em que permaneceram por um período de 24 horas. Após esse período, os grampos foram retirados e os painéis foram acondicionados em câmara climatizada à temperatura de $19 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 3\%$ durante 28 dias. Posteriormente os painéis foram cortados em serra circular para a retirada dos copos de prova para realização dos testes físicos.

2.4 Propriedades avaliadas e análise estatística

Foram avaliadas as seguintes propriedades físico-mecânicas dos painéis: absorção de água (AA), inchamento em espessura (IE), ambas após 2 e 24 horas de imersão e densidade aparente (DAd) de acordo com a norma ASTM D1037 (ASTM, 2006).

Os dados dos testes físicos foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott, ambos a 5% de significância. A análise estatística foi realizada com auxílio do software SISVAR®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estatísticos das propriedades físicas se encontram na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo do quadro das análises de variância para as propriedades físicas

		Dad	AA (2h)	IE (2h)	AA (24h)	IE (24h)
FV	GL	QM				
Tratamento	2	0,1037*	147,0195*	0,0412 ^{NS}	161,7536*	0,0104 ^{NS}
Erro	14	0,9124	48,3864	0,2299	33,3009	0,2036
Média geral		1,108	21,520	1,140	23,768	1,4158
CV (%)		10,05	32,32	42,06	24,28	31,87

(*) = Significativo a 5% de significância. (NS) = Não significativo a 5% de significância. QM = Quadrado Médio. FV = Fonte de variação. CV= Coeficiente de variação.

O aumento da porcentagem de nanofibras não influenciou na propriedade de inchamento em espessura nos dois períodos considerados, uma vez que suas médias foram estatisticamente iguais em todos os tratamentos (Figura 3). O processo Bison Wood-Cement Board estabelece como valor máximo de inchamento em

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

espessura após 24 horas de imersão de 1,2 a 1,5%, logo, todos os painéis atenderam aos valores exigidos pela norma.

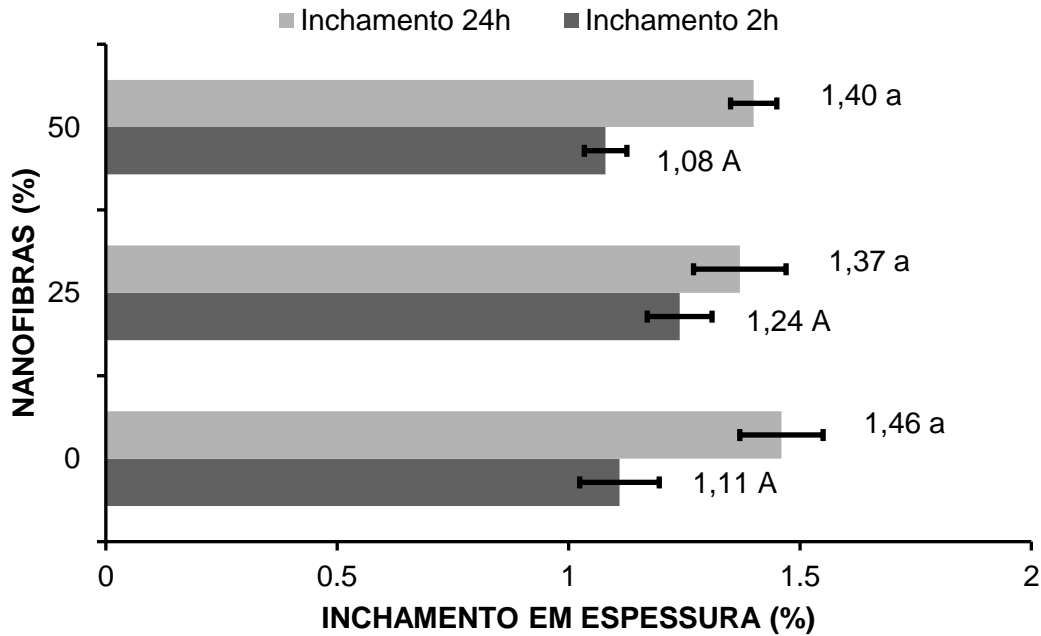


Figura 3. Valores médio de inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão; médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; letras minúsculas para inchamento 24h e letras maiúsculas para inchamento 2h

Os valores médios de densidade aparente (Dad) comparados pelo teste de Scott-Knott estão apresentados na Figura 4.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

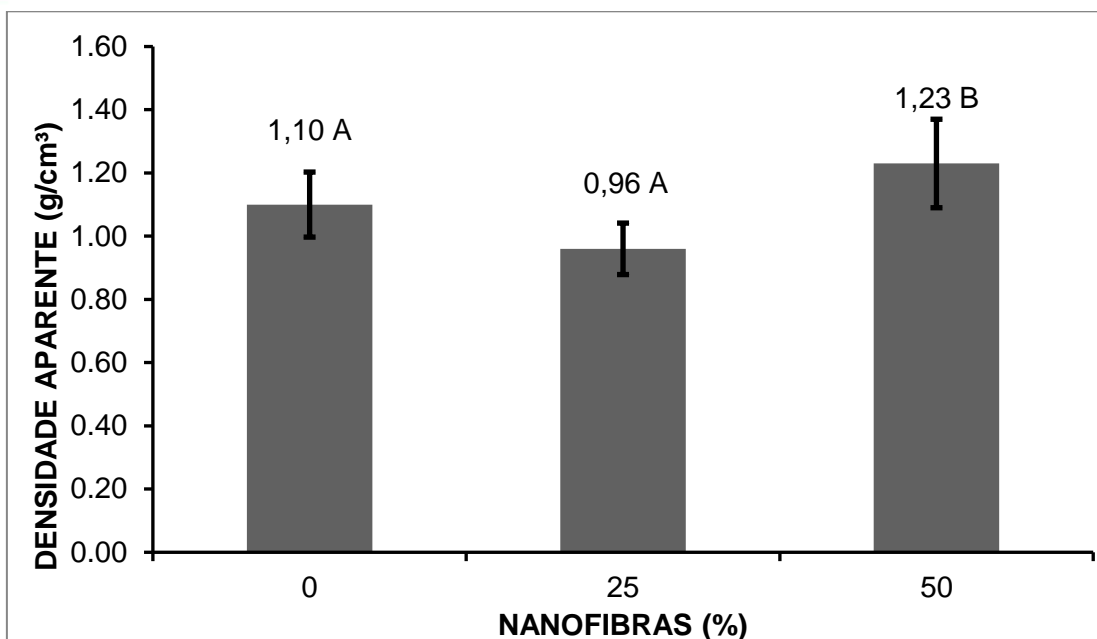


Figura 4. Valores médios de densidade aparente; médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

O painel testemunha e o painel com inclusão de nanofibras no teor de 25% apresentaram valores médios de Dad estatisticamente iguais, enquanto que o maior valor médio significativo (1,23 g/cm³) correspondeu ao painel com 50% de nanofibras. A elevada área específica das nanofibras pode ter ocasionado uma ligação mais coesa entre elas, quando se aumenta o teor destas, diminuindo assim os espaços vazios, resultando em uma maior densidade dos painéis. Esses valores de densidade não correspondem à meta do trabalho e pode ter sido ocasionado por problemas de laboratório como ausência de dosadores e perda de partículas durante o manuseio.

Os valores médios de absorção de água estão apresentados na Figura 5.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

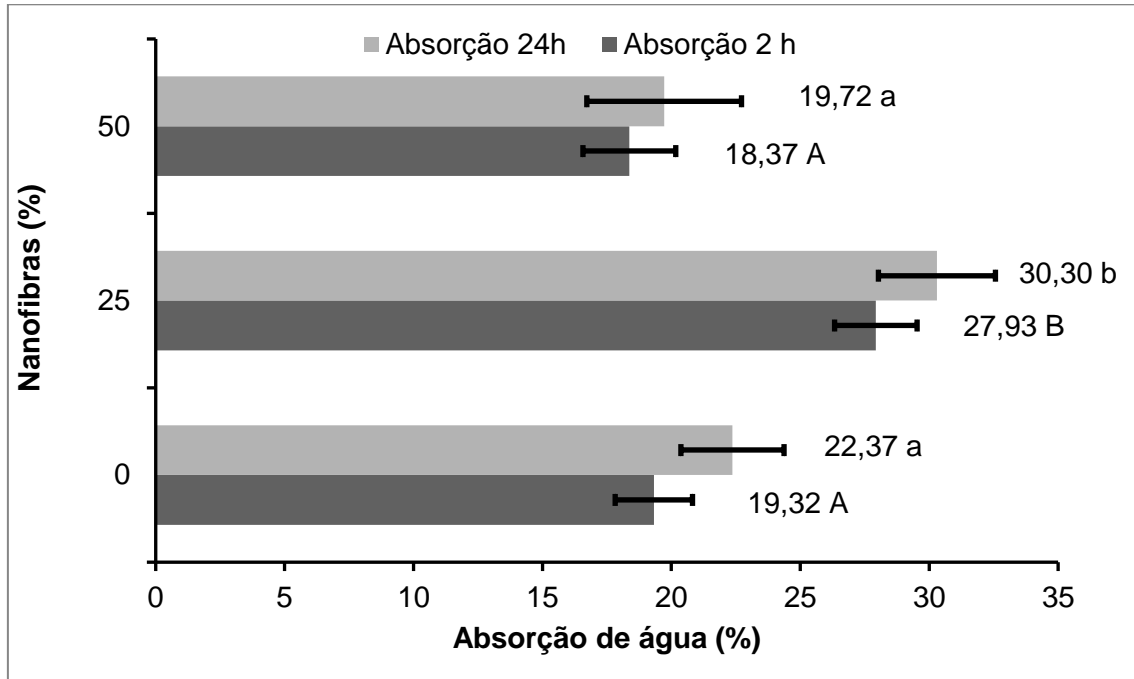


Figura 5. Valores médios de absorção de água após 2 e 24 horas de imersão; médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; letras minúsculas para inchamento 24h e letras maiúsculas para inchamento 2h

O acréscimo de nanofibras promoveu aumento da absorção de água até o limite de 25%. Compósitos reforçados com nanofibras não são capazes de resistir a umidades elevadas, devido à sua natureza hidrofílica (AULIN et al., 2010). Já o aumento do teor de nanofibras de 25 para 50% diminuiu a absorção de água após 2 e 24 horas de imersão. Esse fato pode ter ocorrido devido ao aumento da cristalinidade do painel que provocou a redução dos valores de absorção de água, uma vez que as nanofibras são branqueadas, apresentando maior cristalinidade quando comparadas às partículas de madeira. Segundo Ghanbarzadeh e Almasi (2011) o alto índice de cristalinidade das nanofibras diminui a absorção de água dos compósitos.

4. CONCLUSÕES

O aumento do teor de nanofibras de 25 para 50% resultou no aumento de densidade dos painéis devido a elevada área superficial das mesmas aumentando assim a força de coesão entre elas que diminui os espaços vazios promovendo maior densificação.

A inserção das nanofibras provocou a diminuição na absorção de água devido a um maior grau de cristalinidade das mesmas em relação a madeira de eucalipto.

A propriedade de inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água não foi influenciada pela inclusão de nanofibras. Todos os painéis atenderam ao processo Bison Woods-cement board que exige um valor máximo de inchamento em espessura a 24 horas de 1,2 a 1,5%.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A adição de nanofibras provocou uma melhora na estabilidade dos painéis de acordo com as propriedades avaliadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1037: standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. Philadelphia, 2006.

ANGLÈS, M.N.; DUFRESNE, A. Plasticized starch/tunicin whisker nanocomposites. 2. Mechanical behaviour. *MACROMOLECULES*, v. 34, p. 2921-2931, 2001.

AULIN, C.; GÄLLSTEDT, M.; LINDSTRÖ, M.T. Oxygen and oil barrier properties of microfibrillated cellulose films and coatings. *CELLULOSE*, v. 17, p. 559-574, 2010.

BISON WOOD-CEMENT BOARD. Bison-report, 1978. 10 p.

BUFALINO, L. et al. How the chemical nature of Brazilian hardwoods affects nanofibrillation of cellulose fibers and film optical quality. *CELLULOSE* v. 22, p. 1-16, 2015.

GHANBARZADEH, B.; ALMASI, H.; Physical properties of edible emulsed films based on carboxymethyl cellulose and oleic acid. *INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGICAL MACROMOLECULES*, v. 48, p. 44-49, 2011.

GUIMARÃES JR., M. et al. Preparation of cellulose nanofibrils from bamboo pulp by mechanical defibrillation for their applications in biodegradable composites. *JOURNAL OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY*, v. 15, p. 6751-6768, 2015a.

MACHADO, L. et al. Manufatura de painéis cimento-madeira utilizando a espécie *Melia azedarach*. V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, CONBREPPO, Ponta Grossa, 2015.

NAKAGAITO, A.; IWAMOTO, S.; YANO, H. Bacterial cellulose: the ultimate nano-scalar cellulose morphology for the production of high-strength composites. *APPLIED PHYSICS A*, v. 80, p. 93-97, 2005.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

NUNES, T. F. G. Produção, caracterização e aplicação de nanofibras de celulose. 2014. 105p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Química) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ADSORVENTES DERIVADOS DE LODO DE ESGOTO PARA REMOÇÃO DE QUATRO COMPOSTOS DE EXTRATIVOS DA MADEIRA

Maria Naruna Felix de Almeida¹
Poliana Camila Alves de Oliveira¹
Tatiane Rodrigues de Abreu¹
Flaviano Silvério¹
Gevany Paulino de Pinho¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrárias



ADSORVENTES DERIVADOS DE LODO DE ESGOTO PARA REMOÇÃO DE QUATRO COMPOSTOS DE EXTRATIVOS DA MADEIRA

Resumo: O lodo de esgoto é um subproduto sólido das estações de tratamento de esgoto e tem sido utilizado na agricultura e também no preparo de adsorventes. Contudo, nenhum dos adsorventes relatados na literatura tem sido avaliado na remoção de compostos lipofílicos da madeira. Estes compostos, durante a extração da polpa celulósica nas indústrias de papel e celulose, podem se acumular e gerar um material pegajoso conhecido como *pitch*. Diante deste cenário, o objetivo deste estudo foi preparar adsorventes a partir de dez amostras de lodo de esgoto e avaliar a eficiência desses na remoção de quatro compostos presentes nos extrativos da madeira e que representam as principais classes químicas presentes no *pitch*: dodecan-1-ol, ácido hexadecanoico, tetracosano e β -sitosterol. Os adsorventes foram preparados em forno mufla a 700°C por 30 min. Foi realizado um estudo de adsorção, e a análise quantitativa dos compostos, antes e após adsorção, foi realizada por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização em chamas. A porcentagem de remoção destes compostos pelos adsorventes foi superior a 70%. As melhores taxas de adsorção (acima de 85%) foram obtidas pelos adsorventes a partir do lodo de esgoto das cidades de Belo Horizonte, Bom Despacho, Corinto, Curvelo e Montes Claros.

Palavras-chave: adsorção, *pitch*, compostos lipofílicos, polpa e papel

SEWAGE SLUDGE ADSORBENTS FOR REMOVAL OF FOUR COMPOUNDS FROM WOOD EXTRACTIVES

Abstract: Sewage sludge is a solid byproduct of sewage treatment plants and has been used in agriculture and also in the preparation of adsorbents. However, none of the adsorbents reported in the literature has been evaluated for the removal of lipophilic compounds from wood. These compounds, during the extraction of the cellulosic pulp in paper and cellulose industries, can accumulate and generate a sticky material known as pitch. In this scenario, the objective of this study was to prepare adsorbents from ten sewage sludge samples and to evaluate their efficiency in the removal of four compounds present in the extractives of the wood and representing the main chemical classes present in the pitch: dodecan-1-ol, hexadecanoic acid, tetracosan and β -sitosterol. The adsorbents were prepared in a muffle furnace at 700°C for 30 min. An adsorption study was performed, and the quantitative analysis of the compounds, before and after adsorption, was performed by gas chromatography coupled to the flame ionization detector. The percentage of removal of these compounds by adsorbents was greater than 70%. The best adsorption rates (above 85%) were obtained by adsorbents from sewage sludge from the cities of Belo Horizonte, Bom Despacho, Corinto, Curvelo and Montes Claros.

Keywords: adsorption, *pitch*, lipophilic compounds, pulp and paper.

1. INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um subproduto sólido do processo de tratamento de efluentes nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). A disposição inadequada desse subproduto pode constituir fontes secundárias de poluição ambiental e danos à saúde humana, sendo importante o estudo de alternativas que minimizem esses impactos (SINGH, AGRAWAL, 2008).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Dessa forma, a produção de adsorventes a partir do lodo de esgoto surge como uma tendência mundial devido ao seu caráter sustentável. O lodo é rico em argilas e metais, o que o torna, após modificações que promovam a remoção do material volátil e a ativação de sítios ativos em sua superfície, apropriado para ser utilizado como adsorvente. Adsorventes preparados a partir do lodo de esgoto já foram utilizados para remoção de metais, corantes têxteis, fármacos, poluentes orgânicos, sulfetos, entre outros (SMITH et al., 2009; FONTS et al., 2012). Contudo, esses adsorventes ainda não foram avaliados na remoção de compostos lipofílicos presentes na madeira.

A madeira utilizada para extração da polpa celulósica é constituída de celulose, hemicelulose, lignina, extrativos e cinzas (Cruz et al., 2006; EK et al., 2009). Durante o processo de polpação kraft parte dos extrativos e de alguns aditivos do processo, mesmo após as lavagens, podem se aglomerar formando depósitos de impurezas e manchas na polpa e no papel frequentemente denominados *pitch* (Kekkonen et al., 2001).

Semelhante aos extrativos da madeira, o *pitch* é constituído majoritariamente de ácidos graxos, podendo ainda ser encontrados hidrocarbonetos, esteroides e alcoóis graxos (Gutiérrez et al., 2005; Cruz et al., 2006). Este depósito é responsável pela redução da produção, pelo aumento do custo de manutenção dos equipamentos e pelo aumento de imperfeições no produto final (Hube et al., 2006; Stack et al., 2014).

Alguns procedimentos são utilizados pela indústria de celulose e papel para a remoção do *pitch*, como os métodos biológico e enzimático, o melhoramento genético dos clones e a utilização de materiais surfactantes, dispersantes e adsorventes, como o talco. Entretanto, a implantação de algumas dessas metodologias encontra barreiras como operacionalização e custo (Gribble et al., 2010; Gutierrez et al., 2001; Gutiérrez et al., 2009; Liu et al., 2012; Xiao et al., 2014).

Dessa forma, e considerando a posição de destaque da indústria de papel e celulose no Brasil, o objeto deste trabalho foi preparar adsorventes a partir do lodo de esgoto oriundos de estações de tratamento de esgoto diferentes e avaliar a eficiência desses na adsorção de quatro compostos representativos das principais classes químicas presentes no *pitch* (dodecan-1-ol, ácido hexadecanoico, tetracosano e β -sitosterol).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Materiais

As amostras de lodo de esgoto utilizadas para o preparo dos adsorventes foram coletadas nas Estações de Tratamento de Esgoto das cidades: Bambuí, Belo Horizonte, Bom Despacho, Claro dos Poções, Corinto, Curvelo, Janaúba, Montes Claros, Porteirinha e Taiobeiras (Figura 1).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



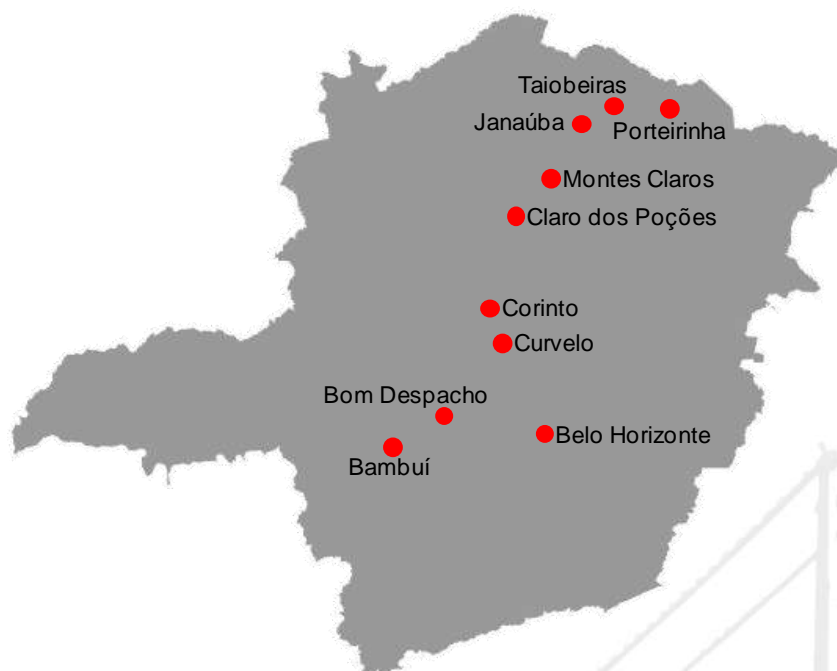


Figura 1. Ilustração do mapa de Minas Gerais e, em destaque, as cidades em que foram coletadas as amostras de lodos de esgoto.

Fonte: Os autores.

2.2. Equipamentos

Para o preparo dos adsorventes foi utilizado forno mufla (microprocessador – Infogel/Fornos Genga), e para avaliação da adsorção foi empregado o agitador magnético tecnal (TE-0851), Banho Maria Dubnoff 304 TPA da Nova Ética (São Paulo, Brasil), evaporador rotativo da BUCHI (Rotavapor® R-100, São Paulo, Brasil), centrífuga (Kindly, São Paulo, Brasil) e balança analítica Shimadzu (modelo AUW220D).

2.2. Preparo do adsorvente

Amostras de 10,0000 g do lodo de esgoto foram calcinadas em forno mufla, permanecendo na temperatura final de 700°C por 0,5 hora.

Após a calcinação, a massa de amostra remanescente foi lavada com solução de NaOH 0,4% (m/v) numa proporção de 25 mL de solução por grama de material, e seca em estufa por 20 horas a 60°C. Posteriormente, o material obtido, a partir dessa etapa denominado adsorvente, foi triturado e peneirado em tamis com tela de 32 *mesh*. Os adsorventes preparados foram identificados com o nome da cidade de origem da estação onde o lodo foi coletado.



2.3. Experimentos de adsorção

Foi preparada uma solução estoque em THF (Tetraidrofurano) utilizando os padrões dos compostos dodecan-1-ol, ácido hexadecanoico, tetracosano e β -sitosterol, na concentração de 2 g L^{-1} de cada composto.

Para compor a suspensão de adsorbato, uma alíquota da solução estoque foi adicionada à solução de NaOH (0,4 % m/v), resultando numa concentração final de 20 mg L^{-1} . Esse sistema foi homogeneizado em chapa de agitação magnética por uma hora a 40°C .

Amostras de 0,2 g de adsorvente e 10 mL do adsorbato foram agitados a 100 rpm em banho-maria com agitação a 25°C , durante 30 min. O procedimento foi realizado em triplicata, e, para cada conjunto de experimentos, uma triplicata de amostras de suspensão de adsorbato sem adsorvente foi realizada. Em seguida, o sistema foi centrifugado a 3000 rpm, por dez minutos. A fase líquida foi recolhida e acidificada com solução de HCl 2 mol L^{-1} até atingir $\text{pH} \sim 1$ e submetida à extração líquido-líquido com clorofórmio ($3 \times 10 \text{ mL}$). A fase orgânica combinada foi seca com sulfato de sódio anidro, filtrada e recuperada em evaporador rotativo, sob pressão reduzida.

O resíduo obtido após o processo de adsorção foi derivatizado com $60 \mu\text{L}$ de piridina e $100 \mu\text{L}$ de BSTFA (N,O-Bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida). O sistema foi aquecido a 70°C por 30 minutos. A análise quantitativa dos compostos, antes e após adsorção, foi realizada por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização em chamas. A sequência dos procedimentos realizados é ilustrada na Figura 2.

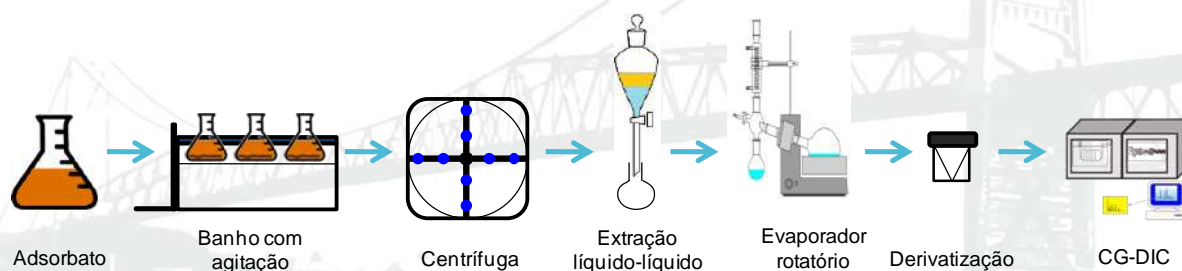


Figura 2. Sequência de etapas do processo de adsorção dos quatro compostos.
Fonte: Os autores.

2.4. Análise cromatográfica

As análises cromatográficas foram realizadas em cromatógrafo a gás da Agilent Technologies (GC 7820A) acoplado com detector por ionização de chama. A coluna capilar HP-5 (Agilent Technologies) com fase estacionária 5% fenil e 95% dimetilpolisiloxano (30 m comprimento x 0,32 mm diâmetro interno x 0,25 μm espessura do filme interno).

Para os gases de alimentação do detector foram utilizados os fluxos de 35 mL min^{-1} de H_2 e 400 mL min^{-1} de ar sintético. O nitrogênio foi utilizado como gás de arraste a uma taxa de $1,5 \text{ mL min}^{-1}$. O injetor foi mantido a 290°C . A programação de temperatura iniciou-se em 80°C , com rampa de aquecimento $32,5^\circ\text{C min}^{-1}$ até 210°C , imediatamente foi iniciada rampa de aquecimento de $30^\circ\text{C min}^{-1}$ até 300°C e permanência por 7 min. O volume da amostra injetado foi de $1 \mu\text{L}$ no modo de injeção com divisão de fluxo (*split*) a uma razão de 1:10. A interface foi mantida a 290°C .



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a calcinação, foram obtidos dez adsorventes com coloração amarronzada, como pode ser observado na Figura 3. Foi verificada redução da massa inicial do lodo em aproximadamente 60%. Isso acontece devido à volatilização de compostos orgânicos, que são liberados da matéria orgânica deixando espaços (poros) livres para a adsorção (NIEDERSBERG, 2012).



Figura 3. Fotografia dos adsorventes preparados a partir do lodo de esgoto coletado em ETES de dez cidades.

A Figura 4 apresenta as porcentagens de adsorção de cada composto pelos adsorventes preparados a partir do lodo de esgoto das dez cidades. Os adsorventes apresentaram porcentagens de adsorção superiores a 70%, exceto a adsorção do tetracosano pelo adsorvente 4, oriunda do lodo da cidade de Claro dos Poções (51%).

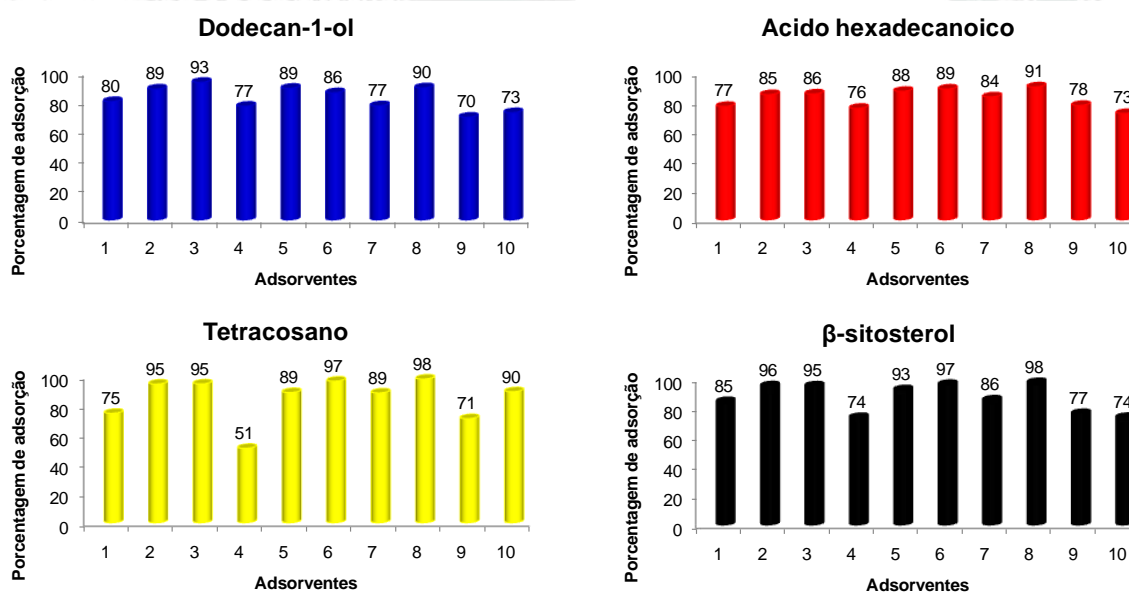


Figura 4. Porcentagem de adsorção dos compostos pelos adsorventes preparados a partir do lodo de esgoto coletado nas ETES de dez cidades. Os números dos adsorventes se referem a 1 - Bambuí; 2 - Belo Horizonte; 3 - Bom Despacho; 4 - Claro dos Poções; 5 - Corinto; 6 - Curvelo; 7 - Janaúba; 8 - Montes Claros; 9 - Porteirinha, 10 - Taiobeiras.



Os adsorventes oriundos dos lodos de esgoto das cidades de Belo Horizonte, Bom Despacho, Corinto, Curvelo e Montes Claros se destacaram com porcentagens de adsorção dos compostos sempre acima de 85%.

Estudos anteriores utilizando adsorventes produzidos a partir de lodo de esgoto relatam remoção de compostos orgânicos em água de cerca de 50% da fração hidrofóbica (PAN et al., 2011) e adsorção de aproximadamente 95% de fenóis em tratamento de água (MARTIN et al., 2004). Esses valores evidenciam a afinidade desses adsorventes com substâncias pertencentes à esses grupos químicos, o que corrobora com as porcentagens de adsorção obtidas nessa pesquisa. Entretanto estes adsorventes foram submetidos à ativação química com ácido sulfúrico e tempo de preparação de 73 horas, o que aumenta os custos para o preparo dos adsorventes.

As diferentes porcentagens de adsorção de cada composto podem ser explicadas pela competitividade entre as moléculas pelos sítios de adsorção e pela afinidade dessas pelos adsorventes, uma vez que o estudo foi realizado com uma solução contendo as quatro substâncias. Para uma elucidação detalhada do comportamento das moléculas durante a adsorção é necessária a construção e análise de isotermas de adsorção, sendo que com essas seria possível inferir o tipo e a quantidade de camadas de adsorção baseado na interação adsorvente-adsorbato.

Os compostos β -sitosterol e ácido hexadecanoico foram adsorvidos em elevadas porcentagens, reforçando a eficiência desses adsorventes na remoção das principais classes de extrativos da madeira. O composto β -sitosterol está presente em todas as espécies de madeira estudadas, e os esteroides são os principais compostos encontrados em depósito de *pitch* durante o processo de produção do papel (RENCORET et al., 2007). Desse modo, os altos níveis de remoção desse composto dos adsorbato evidenciam a eficiência desses adsorventes na remoção de compostos potenciais formadores do *pitch* (Belo Horizonte: 96%, Bom Despacho: 95%, Corinto: 93%, Curvelo: 97% e Montes Claros: 98%).

4. CONCLUSÕES

Os adsorventes obtidos a partir do lodo de esgoto foram eficientes na adsorção do ácido hexadecanoico, dodecan-1-ol, tetracosano e β -sitosterol, nas condições estudadas neste trabalho.

Os adsorventes obtidos a partir do lodo de esgoto das dez cidades apresentam eficiências de adsorção muito semelhantes.

Novos estudos envolvendo esses adsorventes devem ser realizados visando a caracterização física e química.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig, à Capes e a Copasa pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





CRUZ, M. P. et al. Caracterização química do “pitch” em indústria de celulose e papel de *Eucalyptus*. QUÍMICA NOVA, v. 29, n. 3, p. 459-466, 2006.

EK. M. et al. Pulp and Paper Chemistry and Technology: Wood Chemistry and Wood Biotechnology. Berlim, Alemanha. Ed. de Gruyter, 2009, v. 1, 308p.

FONTES, I. et al. Sewage sludge pyrolysis for liquid production: A review. RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, v. 16, p. 2781-2805, 2012.

GRIBBLE, C. M. et al. Adsorption of surfactant-rich stickies onto mineral surfaces. JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE, v. 352, p. 483-490, 2010.

GUTIEÉRREZ, A. et al. The biotechnological control of pitch in paper pulp manufacturing. TRENDS IN BIOTECHNOLOGY, v. 19, p. 340-348, 2001.

GUTIEÉRREZ, A.; DEL RIO, J. C. Chemical characterization of pitch deposits produced in the manufacturing of high-quality paper pulps from hemp fibers. BIORESOURCE TECHNOLOGY, v. 96, p. 1445-1450, 2005.

GUTIÉRREZ, A. et al. Microbial and enzymatic control of pitch in the pulp and paper industry. APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY, v. 82, p. 1005-1018, 2009.

HUBBE, M. A. et al. Control of tacky deposits on paper machines – A review. Nordic Pulp and Paper Research Journal, v. 21, p. 154-171, 2006.

KEKKONEN, J et al. Adsorption of polymeric additives and their effect on the deposition of wood materials in paper production. COLLOIDS AND SURFACES A: PHYSICOCHEMICAL AND ENGINEERING ASPECTS, v. 190, p. 305–318, 2001.

LIU, K. et al. Immobilization of lipase on chitosan beads for removal of pitch particles from whitewater during papermaking. BIORESOURCES, v. 7, n. 4, p. 5460-5468, 2012.

MARTIN, M. J. et al. Carbonaceous adsorbents from sewage sludge and their application in a combined activated sludge-powdered activated carbon (AS-PAC) treatment. CARBON, v. 42, p. 1389–1394, 2004.

NIEDERSBERG, C. Ensaio de adsorção com carvão ativado produzido a partir da casca do tungue (*Aleurites fordii*), resíduo do processo de produção de óleo. 2012. 65p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Área de Concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, 2012.

PAN, Z. et al. Characteristics of adsorbents made from biological, chemical and hybrid sludges and their effect on organics removal in wastewater treatment. WATER RESEARCH, v. 45, p. 819- 827, 2011.

RENCORET, J. et al. Lipid and lignin composition of woods from different eucalypt species. HOLZFORSCHUNG, v. 61, p. 165-174, 2007.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SING, R. P.; AGRAWAL, M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *WASTE MANAGEMENT*, p. 347-358, 2008.

SMITH, K. M. et al. Sewage sludge-based adsorbents: A review of their production, properties and use in water treatment applications. *WATER RESEARCH*, v. 43, p. 2569-2594, 2009.

STACK, K. et al. Complex formation and stability of colloidal wood resin pitch suspensions with hemicellulose polymers. *COLLOIDS AND SURFACES A*, v. 441, p. 101-108, 2014.

XIAO, H. et al. Hydrophobically associating polyethylenimine for controlling dissolved and colloidal substances of alkaline peroxide mechanical pulp. *BIORESOURCES*, v. 9, n. 1, p. 1121-1131, 2014.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Agentes Biodeterioradores da Madeira

Wesley Candido Oliveira¹
Manolo Trindade Quintilhan¹
ADRIANNA AMORIM DE SOUSA PINTO¹
Aylson Costa Oliveira¹
Bárbara Luísa Corradi Pereira¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso



AGENTES BIODETERIORADORES DA MADEIRA.

Wesley Candido de **Oliveira**¹; Manolo Trindade **Quintilhan**¹; Adrianna Amorim de Souza **Pinto**¹; Aylson Costa **Oliveira**¹; Bárbara Luísa Corradi **Pereira**¹

¹ Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Resumo: A madeira, por ser um material orgânico, é susceptível a diferentes agentes biodeterioradores, como fungos e bactérias, insetos e perfuradores marinhos. Denominados de organismos xilófagos, os agentes bióticos são os principais responsáveis pelos danos tidos na madeira. Dentre os fungos, existem os da podridão parda, podridão branca, podridão mole, além dos manchadores, variando em função da deterioração dos diferentes compostos da madeira. Os insetos são divididos em Isoptera (térmitas), Coleoptera (coleobrocas) e, em menor escala Himenóptera (vespas e formigas). Entre os perfuradores marinhos estão enquadrados as algas, esponjas, crustáceos, moluscos e equinodermos. Visto os diversos agentes biodeterioradores e os danos causados por estes, é importante conhecer e fornecer informações básicas a respeito, para melhor utilização da madeira em diferentes condições de exposição a agentes biodeterioradores.

Palavras-chave: organismos xilófagos, deterioração, lenho.

BIODETERIORATING AGENTS OF WOOD.

Abstract: Wood as an organic material is susceptible to different biodeteriorating agents such as fungi and bacteria, insects and marine borers. Named as xylophagous organisms, biotic agents are primarily responsible for damage to wood. Among the fungi there are those of brown rot, white rot, soft rot, as well as staining, varying in function of the deterioration of the different wood compounds. The insects are divided in Isoptera (termites), Coleoptera (coleobrocas) and in smaller scale to Himenóptera (wasps and ants). Among the marine perforators are algae, sponges, crustaceans, mollusks and echinoderms. In view of the various biodeteriorating agents and the damage caused by these, it is important to know and provide basic information about, for better use of Wood, under different conditions of exposure to biodeteriorating agents.

Keywords: xylophagous organisms, deterioration, timber.

1. INTRODUÇÃO

Por ser um material biológico a madeira está sujeita ao ataque de agentes biodeterioradores que a decompõem para utilizar seus constituintes como fonte de energia e abrigo, atuando em conjunto com agentes físicos e químicos que aceleram o processo de deterioração (VIVIAN *et al.*, 2014). Durante o processo de biodeterioração, os agentes biodeterioradores têm interesse por 3 compostos fundamentais da estrutura da madeira: celulose, hemiceluloses e lignina. Materiais nitrogenados, amido, açúcares, entre outros, que se encontram em menores quantidades, também podem servir de alimento para estes microrganismos (REMADE, 2013).

A instalação e o ataque de agentes biodeterioradores à madeira depende de condições ambientais favoráveis como temperatura, oxigênio e umidade, assim como do teor de umidade da própria madeira (Melo *et al.*, 2010). Dependendo da aptidão de cada organismo,



pode ocorrer o ataque isolado ou em conjunto com vários tipos de organismos concomitantemente.

Os organismos que atacam a madeira são conhecidos como “xilófagos”. Os organismos xilófagos podem ser divididos em 3 grupos: fungos e bactérias, insetos e perfuradores marinhos, que liberam enzimas escavando e deteriorando o lenho da madeira, respectivamente (MENDES e ALVES, 1988).

A deterioração da madeira é mais expressiva quando atacada por fungos, estes organismos têm a capacidade de alterar as propriedades físicas e químicas da madeira, assim como sua estrutura anatômica e como consequência há uma grande diminuição da resistência da madeira (OLIVEIRA *et al.*, 2005). Os fungos se relacionam com a madeira de diferentes formas, podendo apenas manchá-la, ou decompô-la totalmente, sendo classificados como manchadores, emboloradores e apodrecedores (MOTTA *et al.*, 2013).

A ação das bactérias, ocorre durante o estado úmido da madeira. Geralmente esta condição ocorre quando a madeira é recém cortada e transformada em tora, após o processamento industrial primário quando ainda está úmida na forma de peças e lâminas, quando submersa em água ou, caso ela venha a readquirir umidade (MORESCHI, 2013).

Entre os insetos, as principais ordens a se alimentarem da madeira são: Isoptera (térmitas), Coleóptera (coleobrocas) e, em menor escala, Himenóptera (vespas e formigas) (TREVISAN, 2006). Segundo Gonçalves *et al.* (2013), os insetos denominados de coleobrocas destacam-se entre os prejudiciais à madeira, sendo altamente importantes devido aos grandes danos que causam às espécies de plantios florestais, sendo as do gênero *Eucalyptus* as principais afetadas.

Para os perfuradores marinhos é atribuído um grande número de organismos de diversos grupos tais como, algas, esponjas, crustáceos, moluscos e equinodermos. O ambiente marinho é o mais agressivo em relação à utilização de madeiras, onde vários são os grupos de organismos que causam a biodeterioração com consequente destruição das estruturas construídas em madeira (MONTANA QUÍMICA, 2017).

Sendo assim, o conhecimento do desenvolvimento e comportamento dos diferentes organismos xilófagos torna-se imprescindível, de forma a buscar eliminar ou mitigar os danos aos produtos madeireiros, potencializando seus usos.

2. AGENTES BIODETERIORADORES

2.1 Fungos Xilófagos

Segundo Moreschi (2013), dentre os grupos mais importantes responsáveis pela maior perda de massa nos vários tipos de produtos florestais, estão os fungos. A classe Basidiomicetos é a responsável pelo apodrecimento da madeira, dividida entre os fungos de podridões parda, branca e mole, que possuem características enzimáticas próprias em relação à decomposição dos elementos primários da madeira (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

A ação desses fungos se dá através da penetração de suas hifas pelo lúmen das células, e assim que instalados, produzem uma variedade de metabólitos extracelulares que atuam deteriorando os componentes presentes na parede celular do vegetal (ARANTES e MILAGRES, 2009).

A produção de metabólitos extracelulares durante o processo de deterioração da parede celular é influenciada de acordo com o fungo atuante. As enzimas responsáveis pela



deterioração da celulose e das polioses são hidrolases, que apresentam certa particularidade a um relativo substrato, enquanto as enzimas envolvidas na deterioração da lignina são oxidases, estas geralmente são pouco específicas (ARANTES; MILAGRES, 2009).

Oliveira (2016) descreve que o processo de deterioração da madeira ocorre em estágios graduais e contínuos, e que dependem do fungo que está se desenvolvendo na madeira. O primeiro estágio tem início na liberação de enzimas para a colonização logo após penetrar a superfície da madeira sem a ocorrência de evidências macroscópicas da infecção. Com o decorrer da deterioração notam-se alguns sinais da infecção, esta etapa é caracterizada como recente. Na etapa seguinte, chamada de intermediária, começa a se observar mudanças na textura e na coloração, porém sua estrutura ainda permanece intacta. No último estágio, a madeira é totalmente desestruturada. Zabel e Morrell (1992) afirmam que todas as etapas de deterioração são semelhantes para os diversos microorganismos, mas a intensidade de deterioração é variável.

Segundo Arantes e Milagres (2009), baseado nestas mudanças geradas em estágios mais avançados de degradação da madeira por diferentes fungos, são sugeridos três tipos de degradação: branca, parda (ou marrom) e macia (mole). As decomposições branca e parda são causadas pelos fungos basidiomicetos, apesar de alguns ascomicetos serem classificados também como fungos de decomposição branca. Assim, na maior parte dos casos, os fungos de decomposição parda são associados com coníferas (gimnospermas), e os de decomposição branca com folhosas (angiospermas).

2.1.1 Fungos da Podridão Branca

Os fungos da podridão branca, representam cerca de 94% dos Basidiomicetos, sendo um dos representantes do pequeno grupo de organismos que possuem a capacidade de despolimerizar, degradar e mineralizar todos os componentes da parede celular vegetal incluindo a celulose, hemiceluloses e lignina, que é a mais recalcitrante deles (KERSTEN e CULLEN, 2007).

Em estágios iniciais, os fungos podem apresentar certa preferência alimentar, tanto para os constituintes químicos quanto para a região da parede celular. Em geral, estes fungos causam maior grau de deterioração nas madeiras de folhosas (SCHWARZE, 2000).

Macroscopicamente, a madeira atacada pelos fungos da podridão branca, tende a perder seu aspecto lustroso e a sua cor natural, tornando-se assim esbranquiçada, como resultado da destruição dos pigmentos, adquirindo uma consistência esponjosa e linhas escuras que demarcam a área atacada (SANTINI, 1988).

Rowell (2005) afirma que, baseado nas características macroscópicas de deterioração, a podridão branca pode ser classificada como: bolsas brancas; branco- mosqueada; e branco-fibrosa.

Microscopicamente, em certas ocasiões, nota-se um gradativo afinamento da parede secundária das células atacadas. Nos estágios iniciais, as hifas colonizam intensivamente os raios e vasos (folhosas), penetrando nas fibras e traqueídeos apenas em estágios mais avançados. A produção de enzimas no topo e na superfície das hifas forma perfurações que em estágios avançados de deterioração podem ser ampliadas, passando de célula para célula, através da penetração na parede celular. As hifas permanecem no lume da célula em



tecidos lignificados, deteriorando a parede celular de dentro pra fora, provocando assim o gradativo afinamento da parede celular (OLIVEIRA, 1986).

Moreschi (2013) ressalta que além do aspecto visual da madeira atacada, ocorre uma crescente perda de peso, e resistência da madeira, pelo constante consumo da celulose, hemiceluloses e lignina.

2.1.2 Fungos da Podridão Parda

Nos fungos da podridão parda a degradação orienta a mineralização dos polissacarídeos, porém a lignina não é solubilizada, permanecendo como um resíduo amorfo (AGUIAR e FERRAZ, 2007).

Analisando a madeira macroscopicamente, Mendes e Alves (1988) citam que a madeira deteriorada por fungos da podridão parda apresenta aspecto de estar levemente queimada, adquirindo coloração parda. A mudança no aspecto da madeira se deve à contínua deterioração da celulose e hemiceluloses, deixando a lignina praticamente intacta, mantendo a estrutura original da madeira enquanto o material permanece com umidade. Depois que a madeira seca, a estrutura mantida pela lignina sofre colapso com facilidade, e acontece a separação em blocos pelo desenvolvimento de fissuras paralelas e perpendiculares na direção da grã da madeira, sucedendo uma proporcional perda de peso e um decréscimo na sua resistência pelo consumo da celulose e hemiceluloses (MORESCHI, 2013).

Santini (1988), descreve que microscopicamente, a lignina residual mantém a estrutura da célula, o que impede a deterioração da célula na direção da lamela média como na podridão branca. A hifa do fungo, situada no lume, secreta enzimas que se disseminam através da parede celular, destruindo carboidratos. Assim que a lignina residual não resiste à força da difusão das enzimas, ocorre o colapso da parede celular, o ataque ocorre de forma não uniforme nas células da mesma região, o que resulta em áreas colapsadas da madeira com podridão parda.

2.1.3 Fungos da Podridão Mole

Oliveira *et al.* (1986) afirmam que em geral, esta classe de fungos engloba microrganismos com capacidade limitada de degradação, uma vez que seu desenvolvimento ocorre na superfície da madeira, dificilmente penetrando mais que 2cm de profundidade. No estado úmido, a madeira atacada pelo fungo da podridão mole, apresenta superfície amolecida, e ao secar, a superfície apresenta uma coloração mais escura, áspera e com várias fissuras no sentido das fibras (MORESCHI, 2013).

2.1.4 Fungos Machadores

Madeiras sob ataque de fungos machadores, adquirem colorações que desvalorizam seu valor comercial dependendo da finalidade, entretanto, estes fungos não causam perda de massa nem mudanças nas propriedades mecânicas de forma expressiva. Devido a isto, estes fungos são classificados como deterioradores secundários da madeira (MORESCHI,



2013). Segundo Eaton (1993), a descoloração da madeira pelo material pigmentado nas cavidades celulares, a torna impermeável devido a obstrução das pontuações pelas hifas do fungo, tal efeito é considerado negativo durante a secagem ou quando se deseja impregnar alguma solução química na madeira.

2.2 Insetos

Os insetos pertencem à classe *Insecta* do filo *Arthropoda*. Essa classe é dividida em mais de trinta ordens, dentre elas, para deterioração de madeira são consideradas mais importantes: *Isóptera*, *Coleópteras* e *Himenópteras*. Os cupins (térmitas), são vistos dentre os insetos xilófagos, como maiores causadores de danos (PAES e VITAL, 2000). No que se refere as térmitas, existem mais de 281 gêneros e mais de 2.600 espécies, sendo encontrados no Brasil cerca de 200 espécies, onde a *Cryptotermes brevis*, é a mais importante devido aos danos causados à madeira (GONÇALVES et al., 2013).

Dentre os grupos mais importantes com relação à destruição de materiais celulósicos, são incluídas as térmitas ou cupins pertencentes à ordem *Isóptera*. Estes insetos apresentam características sociais, vivem em colônias com atividades distribuídas pelas castas com funções definidas: reprodutores, soldados e operários. Podem ser encontrados em uma ampla faixa do meio ecológico, distribuídos pelas regiões mais quentes do mundo, de modo geral as espécies que atacam a madeira podem ser divididas em subterrâneas e de madeira seca (TREVISAN, 2006).

Dentre os insetos xilófagos, os cupins são os mais severos agentes destruidores da madeira, e dentre os cupins xilófagos, os cupins de solo ou subterrâneos são os responsáveis pelos maiores volumes de perda de madeira no mundo (RICHARDSON, 1993). As colônias são localizadas no solo, compostas por milhares de indivíduos, sua ocorrência pode ser evidenciada pela presença de túneis de terra sobre a madeira (CAVALCANTE, 1985). Os cupins xilófagos penetram pelas raízes das árvores atacando basicamente o seu cerne, tornando-as ocas em estágio avançado de colonização, com a construção de túneis e a presença de rachaduras na casca, presença de feridas e reentrâncias (AMARAL, 2002).

Os cupins alimentam-se exclusivamente de celulose, normalmente iniciam a deterioração da madeira pelo lenho mais mole. Em seguida, quando o lenho mais mole se torna insuficiente, passam a atacar a parte do lenho mais dura (MORESCHI, 2013).

Os *Coleópteras* constituem a maior ordem de insetos, compreendendo mais de 40% dos insetos conhecidos, com cerca de 350.000 espécies descritas. Variam de tamanho, desde aqueles menores que 1,0 mm, até 200 mm de comprimento, podendo ser encontrados em todos os ambientes habitados por outros insetos (COSTA et al., 2008). Podem ser encontrados em todos os estágios de desenvolvimento da floresta causando danos às árvores, como desfolhadores ou xilófagos, dependendo da idade da árvore atacada e de sua capacidade de recuperação ao dano, o ataque destes insetos pode leva-la à morte (TREVISAN, 2006).

Os *Coleópteras* são dominantes nos trópicos e responsáveis pelos principais prejuízos em essências florestais, porque desempenham papel importante na deterioração da madeira. Em geral, são considerados de importância secundária, porque só atacam ou tem preferência em atacar árvores que apresentem alterações fisiológicas (HOSKING, 1977).



Segundo Oliveira et al. (1986), as brocas possuem hábito alimentar rigorosamente relacionado com o teor de umidade da madeira, atacando apenas sob as seguintes formas: madeira com teor de umidade abaixo de 30%; madeira em fase de secagem, árvores recém-abatidas, com alto teor de umidade e liberando compostos químicos e, por fim, a faixa que compreende desde árvores vivas até troncos em adiantada decomposição.

2.3 Perfuradores Marinhos

Agentes xilófagos que atacam a madeira no meio marinho são conhecidos como “brocas marinhas”. São amplamente distribuídos pelo mundo, e o ataque destes organismos tem maior frequência em regiões onde a temperatura da água é mais elevada (MORESCHI, 2013). A ocorrência do ataque de perfuradores marinhos é muito intensa em regiões tropicais, podendo ocorrer durante todo o ano, tanto no fundo quanto na superfície da água, mas com maior incidência na região das marés (MONTANA QUÍMICA, 2017).

Os danos causados pelo ataque de brocas marinhas podem ou não apresentar aspectos visíveis na superfície da madeira. Logo, o tipo de dano causado, será relativo ao tipo de agente marinho e a forma com que ele ataca (MORESCHI, 2013). O mesmo autor divide em dois grupos os perfuradores marinhos baseado em seu modo de vida. Estes organismos marinhos podem ser crustáceos ou moluscos.

Os organismos incrustantes se fixam à superfície de um substrato durante os estágios iniciais de desenvolvimento, onde permanecem até o final de suas vidas. Entre as várias espécies de animais que incrustam em estruturas de madeira, as cracas são as que ocorrem com maior frequência (MONTANA QUÍMICA, 2017). Segundo Moreschi (2013), o constante ataque na superfície da madeira causado por estes organismos, a tornam friável e facilmente removida pela ação das ondas ou de outras ações mecânicas, forçando estes organismos a continuar a escavar a madeira de forma progressiva em maiores profundidades.

Já os moluscos, atacam a madeira em forma de larvas, penetrando na madeira pelos pequenos espaços existentes na superfície, aumentando a profundidade conforme seu desenvolvimento e aumento de tamanho. Assim, seu ataque pode destruir uma peça de madeira sem, contudo, apresentar danos à superfície. Dessa forma, os danos causados por estes organismos tendem a ser mais severos quando comparados aos crustáceos (MORESCHI, 2013).

Todos estes representantes possuem habilidade para perfurar os mais variados tipos de materiais como conchas, rochas, recifes de corais, madeira e outros. A maioria deles penetra no substrato que estão perfurando para sua proteção (MONTANA QUÍMICA, 2017).

3. Referências Bibliográficas

AGUIAR, A.; FERRAZ, A. Fe³⁺ and Cu²⁺ -reduction by phenol derivates associated with Azure B degradation in Fenton-like reactions. **Chemosphere**, Oxford, v.66, n.5, p.947-954, Jan. 2007.



AMARAL, R.D.A.M. **Diagnóstico da ocorrência de cupins xilófagos em árvores urbanas do bairro de Higienópolis na cidade de São Paulo**. 2002. 71p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ARANTES, V.; MILAGRES, A. M. F. Relevância de compostos de baixa massa molar produzidos por fungos e envolvidos na biodegradação da madeira. **Química Nova**, v.32, n.6, p.1586-1595, 2009.

CAVALCANTE, M. S. Métodos para aumentar a durabilidade da madeira. **Boletim da ABPM**. n. 36, p.159-170, 1985.

COSTA, E. C.; D'AVILA, M.; CANTARELLI, E. B.; MURARI, A. B.; MANZONI, C. G. **Entomologia florestal**. Santa Maria: Editora UFSM, 2008. 239p.

EATON, R. A.; HALE, M. D. C. **Wood: decay, pests and protection**. London: Chapman & Hall, 1993. 546 p.

GONÇALVES, F. G.; PINHEIRO, D. T. C.; PAES, J. B.; CARVALHO, A. C.; OLIVEIRA, G. L. Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras ao ataque de cupim de madeira seca. **Floresta e Ambiente**. 2013, v. 20, nº. 1, p 110-116.

HOSKING, G. P. *Xyleborus saxeseni*, its life-history and flight behaviour in New Zealand. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 3, n. 1, p. 37-53, 1977.

KERSTEN, P.; CULLEN, D. Extracellular oxidative systems of the lignin-degrading Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. **Fungal Genetics and Biology**, Orlando, v.44, n.2, p.77-87, Apr. 2007.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D.A.; SUSIN, F. Durabilidade da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 357-365, 2010.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília, IBDF/DPq – LPF, 1988. 58p.

MONTANA QUÍMICA S. A. **Guia da Madeira: Agentes biodeterioradores da madeira – Perfuradores marinhos**. 2017. Disponível em <<http://www.montana.com.br/Guia-da-Madeira/Tratamento/Agentes-Biodeterioradores/Perfuradores-Marinhos>>. Acessado no dia 10/05/2017.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MORESCHI, J.C. **Biodegradação e preservação da madeira.** Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal – UFPR; 1 (4): abril. 2013.

MOTTA, P. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ALVES, R. C.; DAMBROZ, G. B. V. Resistência natural da madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório. **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, p 1393-1398. 2013.

OLIVEIRA, E. M. **Avaliações não destrutivas para o monitoramento de madeiras submetidas a fungos apodrecedores.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Distrito Federal, DF, 2016.

OLIVEIRA, J. T.; TOMASELLO, M.; SILVA, J. D. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.993- 998, 2005.

OLIVEIRA, A.M.F.; LELIS, A.T.; LEPAGE, E.S.; LOPEZ, G.A.C.; OLIVEIRA, L.C.S.; CANEDO, M.D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S (Coord.) **Manual da preservação de madeiras.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1986, v. 1., p. 99-256.

PAES, J. B.; VITAL, B. R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos em testes de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 1-6, 2000.

REVISTA DA MADEIRA (REMADE). 2013. Edição 134. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeiramateria.php?num=1652&subject=Preservante&title=Principais+agentes+deterioradores+de+madeiras>. Acessado no dia 10/05/2017.

RICHARDSON, B. A. **Wood preservation.** 2 ed. London: E & FN SPON, 1993. 226p.

ROWELL, R.M. **Wood chemistry and wood composites.** Boca Raton: CRC Press, 2005. 473p.

SANTINI, E.J. **Biodeterioração e preservação da madeira.** Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1988. 125p.

SCHWARZE, F.W.M.R. Resistance of fibre regions in wood of *Acer pseudoplatanus* degraded by *Armillariamellea*. **Mycological Research**, v.104, p.1126-1132, 2000.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





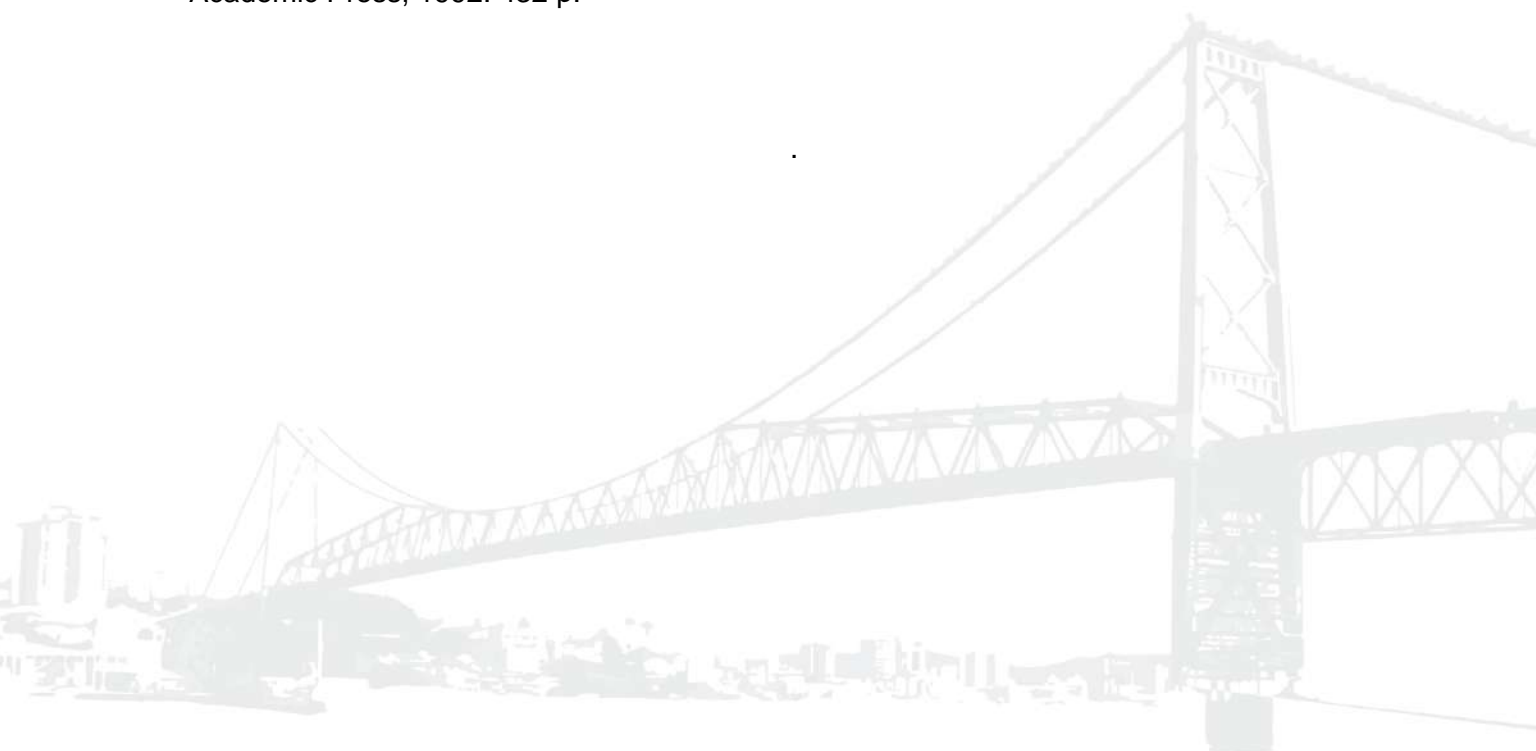
III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

TREVISAN, H. **Degradação natural de toras e sua influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais.** 2006. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Florestas, Rio de Janeiro, 2006.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; CARVALHO, D. E.; MORAIS, W. W. C. Resistência biológica da madeira tratada de duas espécies de *Eucalyptus* em ensaio de campo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 425-433, 2014.

ZABEL, R. A.; MOREEL, J. J. **Wood microbiology decay and its prevention.** New York: Academic Press, 1992. 432 p.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ALTERNATIVA PARA USO DE MADEIRA DECORRENTE DE SUPRESSÃO VEGETAL

Jéssica Carneiro Salgado¹
Ana Paula Garcia de Lima²
Hestan Lima Alves³
Cleber Moreira Almeida⁴
SELMA LOPES GOULART²

¹ Engenharia Florestal / Ciências Agrárias / Universidade Federal Rural da Amazônia

² Universidade Federal Rural da Amazônia

³ Programa de Pós Graduação / Instituto de Ciências Exatas e Naturais / Universidade Federal do Pará

⁴ Programa de Mestrado Profissional / Instituto Tecnológico Vale / Instituto Tecnológico Vale



ALTERNATIVA PARA USO DE MADEIRA DECORRENTE DE SUPRESSÃO VEGETAL

Resumo: A instalação de grandes empreendimentos em determinados ambientes acarreta em consideráveis modificações ambientais, na maioria das vezes a supressão vegetal é o ponto de partida para essas mudanças, gerando conseqüente impacto social e econômico para uma região. Por vezes, o maior impasse encontrado por parte dos grandes empreendimentos é a maneira mais adequada de destinação do material decorrente de supressão da vegetação. O objetivo deste trabalho é propor alternativas de uso de madeiras decorrentes de supressão vegetal para aproveitamento em recuperação de áreas degradadas. Realizado na instalação do Ramal Ferroviário S11D, as alternativas de uso de madeira foram a trituração recuperação de áreas degradadas e enriquecimento de áreas em estágio médio de regeneração com a transposição de galharias para abrigos de fauna. As alternativas de transposição de galharias para deposição de abrigos de fauna e a trituração para cobertura do solo e fonte de matéria orgânica tornam-se excelentes devido a simplicidade em aplicação das técnicas e encaixarem dentro dos parâmetros legais relacionados.

Palavras-chave: trituração, galharias, destinação.

ALTERNATIVE FOR USE OF WOOD FROM PLANT SUPPRESSION

Abstract: The installation of large enterprises in certain environments leads to considerable environmental changes, most often the suppression of vegetation is the starting point for these changes, resulting in a social and economic impact for a region. At times, the greatest impasse found by large enterprises is the most appropriate way of disposing of the material resulting from suppression of vegetation. The objective of this work is to propose alternatives for the use of wood resulting from plant suppression for recovery in degraded areas. Carried out in the installation of the S11D railroad branch, the alternatives for the use of the wood were the crushing of the recovery of degraded areas and the enrichment of areas in the middle stage of regeneration with the transposition of wood for animal shelters. The alternatives of transposing the woods for deposition of fauna shelters and the crushing to cover the soil and source of organic matter become excellent due to the simplicity in applying the techniques and fit within the related legal parameters.

Key-words: crushing, woods, destination.

1. INTRODUÇÃO

A instalação de grandes empreendimentos em determinados ambientes acarreta em consideráveis modificações ambientais, na maioria das vezes a supressão vegetal é o ponto de partida para essas mudanças, gerando conseqüente impacto social e econômico para uma região. Para que tais procedimentos ocorram de forma controlada, é necessário que se cumpra alguns parâmetros legais no intuito de minimizar o impactos ambientais negativos que essa intervenção pode causar na localidade.

Criado pela Lei n. 6.938/1981, o licenciamento ambiental é a principal ferramenta na conservação e preservação do meio ambiente no Brasil, além desta lei a constituição no artigo 225 §1º inciso IV estabelece que para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente há exigência de estudo prévio de



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

impacto ambiental, que posteriormente foi parametrizado pela Resolução do CONAMA 237/1997, que dispõe sobre os ritos a serem seguidos no processo de licenciamento.

Dentre as diversas medidas existentes no processo de licenciamento, temos as que tratam sobre a supressão vegetal. A Instrução Normativa nº 06/2009, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), dispõe sobre a emissão da Autorização de Supressão de Vegetação (ASV) e a respectiva Autorização de Utilização de Matéria-Prima Florestal (AUMPF) nos empreendimentos licenciados pela Diretoria de Licenciamento Ambiental do IBAMA que envolvam essa atividade.

Por vezes, o maior impasse encontrado por parte dos grandes empreendimentos é a maneira mais adequada de destinação do material decorrente de supressão da vegetação, que, a depender da licença, haverá a condicionante de destinação do material lenhoso para fins econômicos. Para isso, o empreendedor detentor da ASV deve solicitar a AUMPF junto ao órgão responsável, onde o material deve ser aproveitado apenas no município de origem e dentro das legislações aplicadas.

No Pará, a dificuldade de destinação econômica torna-se ainda maior devido à falta de organizações legalizadas para o uso desse material. Segundo dados levantados por Santana (2010), o comércio de madeira ilegal chega a mais de 90% em alguns municípios do Estado do Pará. Portanto, apesar dos avanços com a redução do desmatamento na Amazônia, muitas serrarias ainda não trabalham de maneira legal na região, diminuindo as opções de destinação econômica no Estado.

A destinação dos resíduos da supressão para a recuperação de áreas degradadas é uma alternativa interessante, principalmente para grandes empresas, que precisam cumprir condicionantes ambientais, sendo a galharia bastante utilizada nesse processo, pois possibilita o avanço da recuperação através de sementes dispersas por animais atraídos pelos resíduos, servindo ainda como fonte de matéria orgânica para o solo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é propor alternativas de uso de madeiras decorrentes de supressão vegetal para aproveitamento em recuperação de áreas degradadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

1.1. Área de estudo

O presente estudo foi realizado na instalação do Ramal Ferroviário S11D (RFS11D), localizado nos municípios de Canaã dos Carajás e Parauapebas, Estado do Pará. O empreendimento possui cerca de 100 km, saindo de um município ao outro.

O clima da região segundo classificação de Köppen é do tipo “Am” no limite de transição para o “Aw”, que se caracteriza por apresentar inverno seco bem definido, ocorrendo entre os meses de junho a outubro, e precipitação média anual de 1638 mm (ROCHA, 2015).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



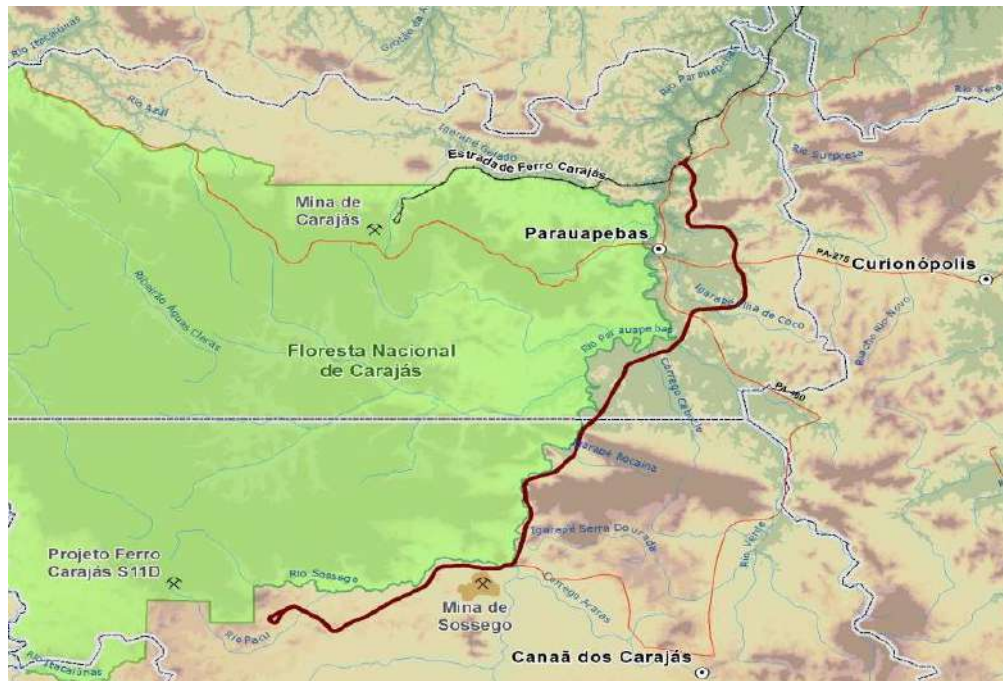


Figura 1. Mapa da localização do ramal ferroviário.
Fonte: a empresa.

1.2. Coleta de dados

Para a realização da obra foi necessária a supressão vegetal de 819,66 ha, resultando em 7.656,02 m³ de madeira seccionada, romaneada e empilhada ao longo da faixa de servidão da ferrovia.

As equipes de romaneio procederam com a mensuração das variáveis dendrométricas das toras ($DAP \geq 30$ cm) e das lenhas ($10 \text{ cm} \leq DAP < 30$ cm). Destaca-se que foi considerado como lenha as seções superiores dos troncos das árvores (galhadas) e fustes com DAP entre $10 \text{ cm} \leq X < 30$ cm. Os dados coletados foram anotados no formulário de romaneio para posterior cálculo da volumetria.

Um identificador botânico com conhecimento das espécies nativas locais acompanhou a tarefa de separação no momento do empilhamento, para a identificação de cada uma das espécies. A identificação da madeira após o romaneio foi procedida de duas formas, onde nas toras com diâmetro ≥ 30 cm foram fixadas plaquetas de alumínio em uma das extremidades, contendo o número da árvore, o comprimento da tora e as circunferências da base e ponta.

Foram adicionadas letras após o número da árvore para identificar o sequenciamento de toras gerado após o seccionamento do fuste conforme Figura 1 A. Para as toras de espécies potencialmente serráveis foi acrescentada a letra X na plaqueta, para serem diferenciadas das espécies não comerciais.

Os toretes das pilhas de lenha (diâmetro < 30 cm) não foram identificados individualmente. Neste caso, procedeu-se apenas com a identificação das pilhas com placas, onde foram descritos o número da pilha, classe de uso (Classe 1: Toras de espécies potencialmente serráveis com diâmetro ≥ 30 cm; Classe 2: toras de espécies sem potencial madeireiro com diâmetro ≥ 30 cm; Classe 3: toras de espécies mistas com diâmetro < 30 cm), trecho de onde foi proveniente conforme figura 1 B. A mensuração do volume de madeira na pilha foi obtida pelo método do volume estéreo, com fator de empilhamento estimado igual a 0,6.

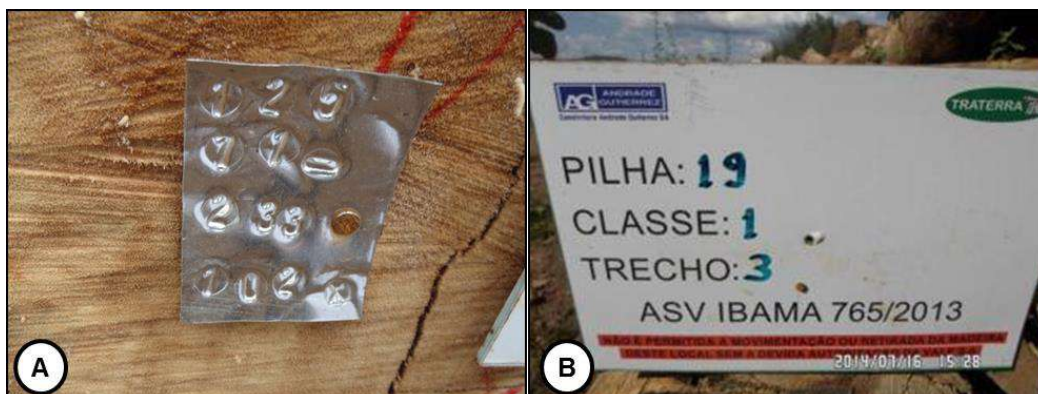


Figura 2. A. Plaqueta de alumínio para identificação de toras. B. Placa para identificação de pilhas de lenha.
Fonte: a empresa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se neste empreendimento um baixo quantitativo de madeira suprimida (7.656,02 m³) quando comparado ao quantitativo de área suprimida (819,66 ha), este acontecimento está relacionado à antropização das terras onde está inserido RFS11D, uma vez que 69% das áreas já haviam sido intervindas em outras épocas, seja para o pastoreio do gado, cultivos agrícolas e/ou implantação de áreas residenciais e/ou industriais (EIA, 2011).

De toda madeira suprimida, apenas 1.853,60 m³ possuía valor comercial para serraria, restando 5.802,42 m³ para outros usos. Para atender a prerrogativa de aproveitar o material apenas nos municípios de origem e dentro das legislações aplicadas, a empresa responsável pela ASV buscou nos municípios de Canaã dos Carajás e Parauapebas empresas licenciadas que pudessem receber o material gerado. Entretanto, esbarrou na vasta ilegalidade das empresas ligadas ao setor madeireiro, buscando, em seguida, alternativas junto às prefeituras municipais, voltando para problemática inicial, devido às prefeituras não possuírem locais próprios para destinação.

Em reuniões com os órgãos ambientais competentes, a empresa deu entrada na Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará (SEMAS – PA) com o pedido de uma AUMPF com as alternativas de uso de madeira triturada na recuperação de áreas degradadas (Figura 2, A, B e C), e enriquecimento de áreas em estágio médio de regeneração com a transposição de galharias para abrigos de fauna (Figura 3, A, B, C e D).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

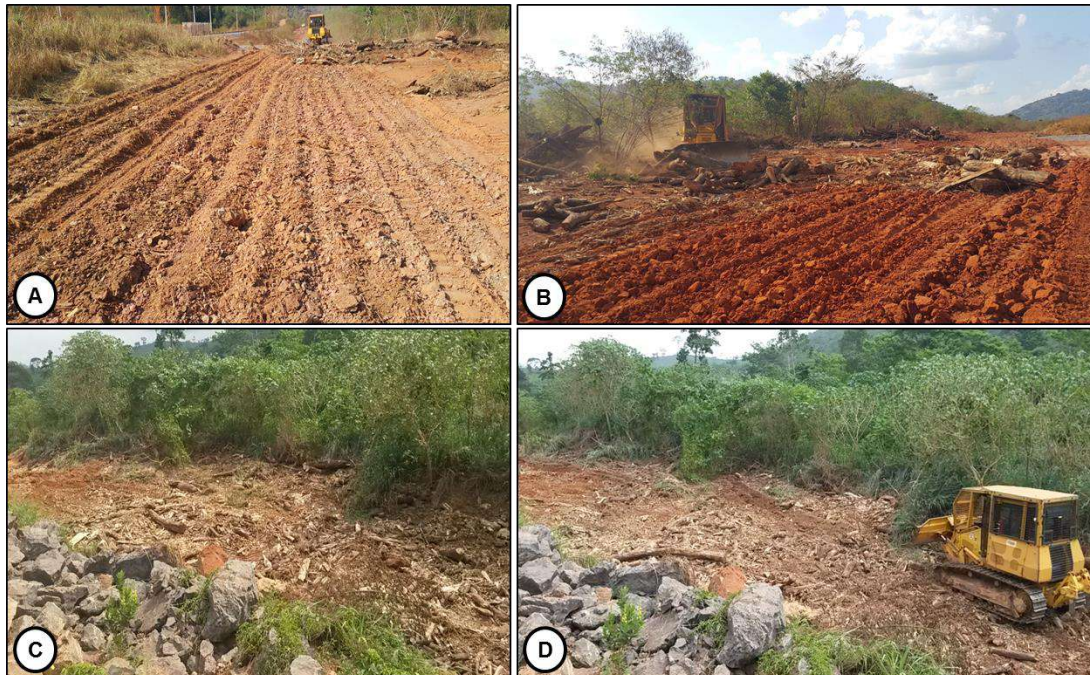


Figura 3. A, B, C e D aplicação do recurso madeireiro como fonte de matéria orgânica para recuperação de área degradada.
Fonte: a empresa.



Figura 4. Carregamento, transporte e descarregamento da madeira para formação dos núcleos.
Fonte: a empresa.

A utilização de resíduos de madeira foi proposta por Monteiro *et al* em 2010, quando verificou que a prática de utilização de resíduos orgânicos como cobertura no solo, pode indicar uma nova forma de manejo dos solos Amazônicos. O mesmo foi verificado por Filho

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





et al (2014), indicando que a cobertura do solo com resíduos vegetais pode influenciar benéficamente plantios em áreas degradadas.

A Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo publicou em 2011 um livro sobre técnicas de recuperação de áreas degradadas, dentre elas está a nucleação, onde são criadas condições para a regeneração natural, como a chegada de espécies vegetais, animais e microrganismos e a formação de uma rede de interações entre eles. No mesmo ano, Silva (2011), constatou que a decomposição de matéria orgânica de galharias atrai fauna para a área em recuperação, inibindo gramíneas invasoras, além de ser fonte de alimento para decompositores, como fungos e cupins, potencializando o resgate de maneira sequencial das funções ecológicas da área.

Na figura a seguir, observa-se que com menos de seis meses depositada na Fazenda Bocaina para os abrigos de fauna, área destinada ao plantio compensatório em função da implantação do empreendimento, a madeira já se apresenta incorporada ao meio, com presença de fungos e regeneração natural.



Figura 5. Presença de fungos (A) e regeneração natural (B) em um dos núcleos depositados na Fazenda Bocaina.

Fonte: a empresa.

Quanto aos resíduos triturados, Marcuzzo et al. (2013), analisando diferentes técnicas de nucleação para recuperação de uma área degradada em Porto Alegre, identificaram que a abundância de plântulas foi maior nos tratamentos contendo resíduo triturado. Isso ocorre pois os resíduos promovem a cobertura do solo, impedindo a ocorrência de processos erosivos, evitando a perda de matéria orgânica e consequentemente promovendo o seu acúmulo e propiciando um microclima mais adequado para a germinação e desenvolvimento das plantas.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos em estudos relacionados e capacidade de recuperação de uma área degradada, as alternativas de transposição de galharias para deposição de abrigos de fauna e a trituração para cobertura do solo e fonte de matéria orgânica tornam-se excelentes devido a simplicidade em aplicação das técnicas e encaixarem dentro dos parâmetros legais relacionados.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado, 1988.

BRASIL. Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.º 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.

EIA. Estudo de Impacto Ambiental – Ramal Ferroviário Sudeste do Pará – Volume II. Arcadis Tetraplan, 2011.

FILHO, N. L.; ALENCAR, R. M.; GRIBEL, R. L. R.; NETO, A. G. M. Efeito da cobertura com resíduos vegetais sobre o desenvolvimento de plantios em áreas degradadas na região de Urucu, AM. CTPetro, 2014.

ICMBIO. Instrução Normativa n.º 06, de 01 de dezembro de 2009. Dispõe sobre o processo e os procedimentos para apuração de infrações administrativas por condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

MARCUZZO, S. B.; GANADE, G.; ARAÚJO, M. M.; MUNIZ, M. F. B. Comparação da eficácia de técnicas de nucleação para restauração de área degradada no Sul do Brasil. FLORESTA, Curitiba, 2013.

MONTEIRO, K. F. G.; KERN, D. C.; RUIVO, M. L. P.; RODRIGUES, T. E.; COMETTI, J. L. S. Uso de resíduos de madeira como alternativa de melhorar as condições ambientais em sistema de reflorestamento. ACTA AMAZONICA, 2010.

ROCHA, J. E. C. Capacidade Produtiva de Plantios Clonais de *Eucalyptus* sp. em Função de Fatores Edafoclimáticos e Fisiográficos, no Estado do Pará. 2015. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SANTANA, A. C. (Coord.); SANTOS, M. A. S.; OLIVEIRA, C. M. Preço da madeira em pé, valor econômico e mercado de madeira nos contratos de transição do Estado do Pará. Belém: UFRA, ISARH, IDEFLOR e FUNPEA, 2010.

SILVA, I. A. Avaliação das técnicas de nucleação para restauração ecológica das matas ciliares do córrego Santo Antônio. Monografia Faculdade de Tecnologia de Jahu. Jahu, 2011.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE COMPARATIVA DA CONSTITUIÇÃO ANATÔMICA DE FIBRAS DO FUSTE E GALHOS DA *Qualea grandiflora* MART. VOCHYSIACEAE

REGINALDO ARTHUR GLORIA MARCELINO¹

Camila Barbosa Alves²

Jianne Rafaela Mazzini de Souza.²

Livia Ferreira da Silva³

Laura Fonseca Duarte²

Gilberto do Amaral Pacheco⁴

Nayara Felicio²

Ana Flávia Neves Mendes Castro²

¹ INTERDISCIPLINAR EM BIOSISTEMAS / Universidade Federal de São João del Rei MG / Universidade Federal de São João del-Rei

² Universidade Federal de São João del-Rei

³ Campus Sete Lagoas / UFSJ / Universidade Federal de São João del-Rei

⁴ Universidade Federal de São João del-Rei / Universidade Federal de São João del-Rei



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE COMPARATIVA DA CONSTITUIÇÃO ANATÔMICA DE FIBRAS DO FUSTE E GALHOS DA *Qualea grandiflora* MART. VOCHYSIACEAE

Resumo: A *Qualea grandiflora* Mart. pertencente a família Vochysiaceae, possui ocorrência em mata de galeria, cerrado e cerradão, considerada símbolo dos cerrados. Assim é extremamente importante realizar práticas que auxiliem na manutenção dessas espécies, sem a necessidade de suprimir o indivíduo. Portanto, este trabalho teve como objetivo analisar as características anatômicas das fibras dos fustes e galhos. Foram coletados cinco indivíduos de *Q. grandiflora*, de forma aleatória, em uma área de cerrado pertencente à UFSJ, no município de Sete Lagoas. De cada árvore foram retirados toretes, de aproximadamente 30 cm de comprimento, na altura do DAP, e galhos, a partir da porção conectada ao tronco em três especificações: três finos, médios e grossos. Fizeram-se discos e cunhas de 10 cm, e retiraram-se filetes englobando cerne e alburno. Posteriormente, os macerados foram preparados de acordo com o método de NICHOLLS & DADSWELL. Para a observação dos aspectos anatômicos das fibras, teve auxílio da câmera AxionCam ERc5s, Zeiss, utilizando o modelo de *software* Axion Vision Documentation. Foi realizado a ANOVA e aplicação do teste de Dunnett à $\alpha=0,05$. Os indivíduos apresentaram variações médias nas fibras, sendo que o comprimento variou entre 600 a 800 μm , o diâmetro de 5 a 15 μm , a largura de 15 e 25 μm e a espessura das paredes entre 3 e 7 μm . Ao comparar a composição anatômica das fibras do fuste e dos galhos, o tratamento com galhos finos foram estatisticamente semelhantes ao fuste, em contrapartida dos galhos grossos apresentaram grandes diferenças.

Palavras-chave: *Qualea grandiflora* Mart., Fibras, Cerrado.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ANATOMICAL CONSTITUTION OF FIBERS OF THE STEM AND TWIGS OF THE *Qualea grandiflora* MART. VOCHYSIACEAE

Abstract: The *Qualea grandiflora* Mart. Belonging to the family Vochysiaceae, has an occurrence in forest of gallery, cerrado and cerradão, considered symbol of the cerrado. Thus, it is extremely important to carry out practices that assist in the maintenance of these species, without the need to suppress the individual. Therefore, this work had as objective to analyze the anatomical characteristics of the fibers of the stems and branches. Five individuals of *Q. grandiflora* were collected randomly in a cerrado area belonging to the UFSJ, in the municipality of Sete Lagoas. From each tree were harvested, approximately 30 cm long, at the height of the DAP, and branches, from the portion connected to the trunk in three specifications: three fines, medium and thick. 10 cm discs and wedges were made, and fillets comprising core and sapwood were removed. Subsequently, macerates were prepared according to the method of NICHOLLS & DADSWELL. In order to observe the anatomical aspects of the fibers, AxionCam ERc5s, Zeiss, using the Axion Vision Documentation software model was used. ANOVA and Dunnett's test at $\alpha = 0.05$ were performed. The individuals presented mean variations in the fibers, ranging in length from 600 to 800 μm , diameter from 5 to 15 μm , width of 15 and 25 μm and thickness of walls between 3 and 7 μm . When comparing the anatomical composition of the fibers of the stem and the branches, the treatment with thin branches were statistically similar to the stem, in contrast the thick branches presented great differences.

Keywords: *Qualea grandiflora* Mart., Fibras, Cerrado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1.0 INTRODUÇÃO

O cerrado conhecido também como a vegetação de savana brasileira cobre cerca de 2 milhões de km² do Brasil Central, representando cerca de 20 a 25% da superfície terrestre do país (RATTER et al. 1997), sendo considerado o segundo maior bioma do Brasil. O clima natural dessa região é estacional, onde um período chuvoso, que dura de outubro a março, geralmente é seguido por um período seco, de abril a setembro aproximadamente. E sua precipitação média anual é de 1.500mm com temperaturas geralmente amenas ao longo do ano, variando entre 22°C e 27°C em média (RIBEIRO et al., 1981).

O cerrado possui uma das mais ricas e diversas floras do mundo, com cerca de 11.627 espécies vasculares de plantas superiores nativas (MENDONÇA et al., 2008). Neste bioma destaca-se a família Vochysiaceae como uma das famílias mais relevantes, sendo a *Qualea grandiflora* Mart., uma espécie pertencente a esta família, de ocorrência em mata de galeria, cerrado e cerradão, considerada símbolo dos cerrados (ALMEIDA, 1998), conhecida popularmente como pau-terra, pau-terra-do-campo, pau-terra-do-cerrado, pau-terra-da-folha-larga, entre outros.

A *Q. grandiflora* Mart. ocorre nos cerrados da Amazônia, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, tanto em solos distróficos como mesotróficos (ARAÚJO E HARIDASAN, 1988), é uma árvore de até 15 m aproximadamente, com tronco (fuste) tortuoso de casca escura e rugosa, pouco espessa (SILVA JÚNIOR ET AL., 2005), sendo classificada como uma espécie heliófita, pioneira, decídua, ocorrendo tanto em formações primárias como secundárias (LORENZI, 1992), com ocorrência comum na região Central de Minas Gerais. (RATTER et al., 1996), ao analisar trabalhos de levantamentos florísticos em áreas de cerrado, observou-se que essa espécie foi a mais amplamente distribuída na parte central de Minas Gerais, estando tanto em áreas de cerrado sensu stricto, cerradão e campo cerrado.

O processo de ocupação territorial de Minas Gerais ocasionou a substituição de amplas áreas de Cerrado por culturas agrícolas, implantação de pastagens para a pecuária ou a própria utilização da vegetação como matéria prima para as carvoarias que abastecem as siderúrgicas. Em decorrência deste modelo de desenvolvimento, a cobertura vegetal deste bioma reduziu-se de maneira drástica, acarretando a perda de ampla diversidade e, conseqüentemente, favorecendo o processo de extinção de espécies. (FONSECA et al 2010.)

Dessa forma é extremamente importante realizar práticas que auxiliem na manutenção dessas espécies. Analisar a madeira sem que seja necessário suprimir o indivíduo, mas também devido a importante relevância da *Q. grandiflora* Mart. para o bioma cerrado no estado de Minas Gerais na região Central. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a comparação anatômica das fibras dos fustes e galhos estes classificados como finos médios e grossos.

2.0 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Componentes Químicos e Anatômicos da Madeira da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) do campus de Sete Lagoas (CSL).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Em uma área de cerrado pertencente à UFSJ, foram coletados cinco indivíduos de *Q. grandiflora* Mart, de forma aleatória, buscando sempre árvores bifurcadas para evitar o abatimento dos indivíduos. De cada árvore foram retirados toretes, de aproximadamente 30 cm de comprimento, na altura do DAP (1,3 m). Os galhos também foram coletados, sendo retiradas porções de aproximadamente 30 cm de comprimento, a partir da porção conectada ao tronco.

Os galhos foram classificados, de acordo com sua espessura com casca, em três classes: galhos finos (<3,0 cm), médios (3,0 a 4,9 cm) e grossos (>5,0 cm), com diâmetros representados na Tabela 1, e para cada classe de galhos, foram coletadas três repetições.

Tabela 1. Diâmetro de fuste e galho de *Q. grandiflora* Mart.

Árvo res	Fust		GF		GM		GG	
	e S/C (cm)	e C/C (cm)	S/C (cm)	C/C (cm)	S/C (cm)	C/C (cm)	S/C (cm)	C/C (cm)
Q1	7,38	9,01	1,90	2,24	2,07	3,07	3,45	5,04
Q2	6,72	8,72	2,24	2,91	2,36	3,62	3,20	5,01
Q3	6,06	9,36	2,19	2,91	2,53	3,52	4,12	6,22
Q4	7,93	9,93	1,95	2,40	2,43	3,78	4,01	5,43
Q5	12,7	16,9	2,16	2,86	2,88	4,01	3,92	5,40

GF = galhos finos; GM = galhos médio; GG = galhos grossos; S/C = Sem Casca; C/C = Com Casca.

Os toretes foram descascados e seccionados em discos de 10 cm, sendo utilizados os discos mais próximos ao DAP e dos galhos os discos de 10 cm mais próximos à incisão no tronco.

Os discos do fuste foram seccionados em cunhas, sendo utilizadas para a obtenção das fibras somente uma das cunhas. Foram retirados filetes em toda a extensão das cunhas e dos discos dos galhos de modo a contemplar a variação existente entre cerne e alborno.

Os macerados foram preparados de acordo com o método de NICHOLLS & DADSWELL, descrito por RAMALHO (1987), uma solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético glacial na proporção (1:1). Em seguida foram levados para uma estufa do modelo SOLAB com circulação e renovação de ar SL 102, numa temperatura de 60°C (+2°C), por um período de 48 horas.

Posteriormente as amostras foram lavadas em água destilada para retirar a solução. Procedeu-se então a coloração, utilizando os corantes azul de astra e fucsina básica a 0,05% em solução alcoólica por uma hora. Em seguida, realizou-se a montagem das lâminas para a observação dos aspectos anatômicos das fibras. Com auxílio do microscópio óptico acoplado à câmera de modelo (AxionCam ERc5s, Zeiss), obteve-se imagens, nas quais foram realizadas medições das dimensões das fibras, utilizando o software Axion Vision Documentation do Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) do campus de Sete Lagoas (CSL).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A medição das dimensões das fibras foi feita de acordo com a norma IAWA (1989), sendo que a medição do comprimento foi realizada com a objetiva de 10 vezes já o diâmetro do lume e largura das fibras foi realizada com a objetiva de 40 vezes.

Para cada dimensão foram avaliadas 90 fibras. A ANOVA foi realizada através do teste F seguido do teste de Dunnett, quando houve significância pelo teste F, sendo o Fuste utilizado como testemunha (controle), isso, com $\alpha=0,05\%$ para os dois testes respectivamente. A espessura da parede das fibras foi estimada, através da seguinte fórmula (Equação 1).

$$\text{Eq1: } EP = \frac{L-DL}{2}$$

Em que:

EP- espessura da parede (μm);

L- largura (μm);

DL- diâmetro do lume (μm).

Foi realizado a ANOVA para cada variável anatômica avaliada e aplicada o teste de Dunnett à $\alpha=0,05$, visando comparar tais variáveis dos galhos finos, médios e grossos às variáveis dos fustes.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para as dimensões das fibras de *Q. grandiflora* estão apresentados na Tabela 2.

Observa-se na Tabela 2 que os indivíduos da *Q. grandiflora* Mart. apresentaram variações médias, de comprimento entre 600 a 800 μm , já o diâmetro das fibras de 5 a 15 μm , a largura das fibras entre 15 e 25 μm e a espessura das paredes variando entre 3 e 7 μm .

Tabela 2: Representação média de todas as classificações (μm) das Fibras na *Q. grandiflora* Mart. pertencente aos indivíduos Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5.

Média Geral das Fibras dos Indivíduos (μm)				
Classificação	Galhos finos	Galhos médios	Galhos grossos	Fuste
Comprimento	697,48	729,06	799,22	663,60
Largura	18,32	18,94	18,39	19,76
Diâmetro do Lumen	8,56	8,44	7,35	9,53
Espessura da Parede	4,88	5,25	5,52	5,11

Na Figura 1, pode ser observado as fibras da *Q. grandiflora* Mart., da região de cerrado de Sete Lagoas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

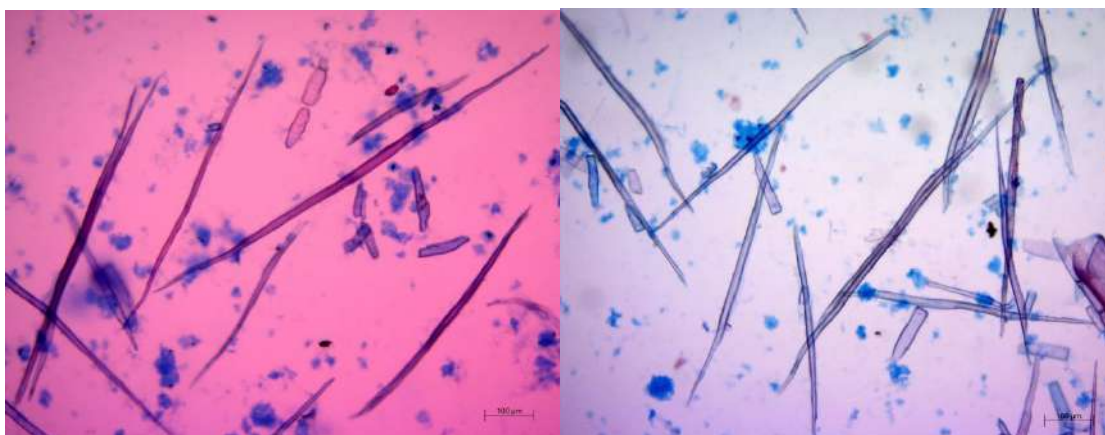


Figura 1: Representação das fibras da *Q. grandiflora* Mart.

Faria (2016) estudando a madeira de *Q. grandiflora* observou o comprimento médio das fibras de $1140,2 \pm 137,5 \mu\text{m}$, para indivíduos coletados na região de cerrado de Goiás. Nota-se que esse resultado foi superior ou encontrado no presente trabalho, o que pode estar relacionado ao local, a idade, clima, entre outras características.

Entretanto, Sonsin et al. (2014) estudando as características da madeira de *Q. grandiflora* na região de São Paulo, encontraram comprimento médio das fibras de $590 \pm 130 \mu\text{m}$, sendo esse valor inferior ao encontrado no presente trabalho. Dessa forma, fica notório o quanto o comprimento das fibras pode variar em diferentes regiões, onde características externas geram significativas mudanças.

Para Dias-Leme (1994), envolvendo estudos anatômicos do lenho de raiz, caule e ramo de espécies de Euphorbiaceae da região de mata atlântica foram verificados maior comprimento das fibras para os caules.

A variação do comprimento das fibras da *Q. grandiflora* em função da posição na árvore está apresentada na Figura 2.

No estudo de Paula et al. (2000), estudando a anatomia da madeira para a *Qualea dichotoma* ocorrentes em matas ciliares do centro-oeste brasileiro, encontrou para o comprimento de fibras um valor de $1570 \mu\text{m}$, apresentando um maior valor do que o encontrado neste trabalho.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

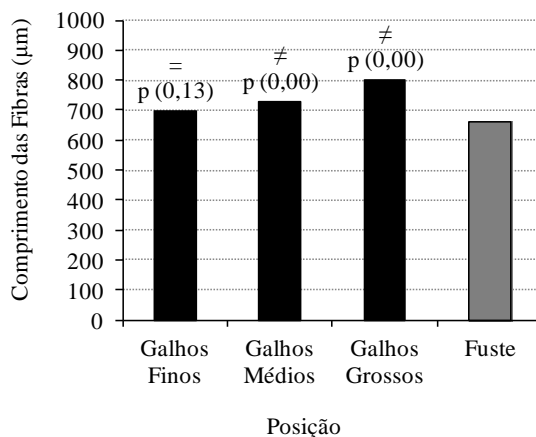


Figura 2 - Comprimento das fibras da madeira de *Qualea grandiflora* em diferentes posições da árvore.

“=” indica igualdade da variável em relação ao fuste e “≠” indica diferença em relação ao fuste, ambos a 5% de significância, pelo teste Dunnett.

Observa-se na Figura 2 que houve diferença significativa entre os tratamentos. Apenas os galhos finos apresentam valores estatisticamente iguais ao fuste.

Na Figura 3 apresenta-se a variação da largura das fibras da madeira de *Q. grandiflora* em função da posição na árvore.

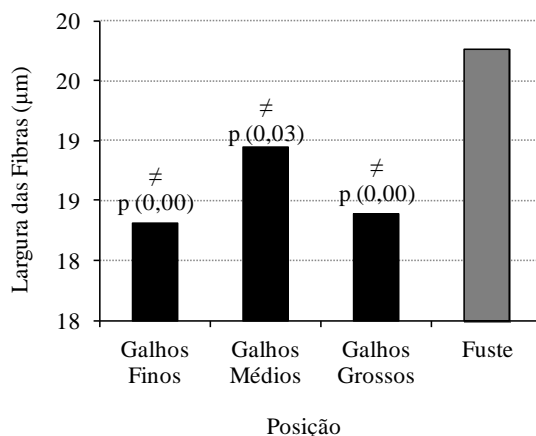


Figura 3 - Largura das fibras da madeira de *Qualea grandiflora* em diferentes posições da árvore.

“=” indica igualdade da variável em relação ao fuste e “≠” indica diferença em relação ao fuste, ambos a 5% de significância, pelo teste Dunnett.

Verifica-se na Figura 3 que houve diferença significativa entre os tratamentos para a largura das fibras. De modo geral, a largura média das fibras dos indivíduos da *Q. grandiflora* Mart., variou de 16 a 21 µm. Esse resultado está de acordo com o observado por Faria (2016), que encontrou um valor médio para largura, 20,0 µm, para indivíduos coletadas na região de cerrado de Goiás.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Paula et al. (2000), estudando a anatomia da madeira para a *Qualea dichotoma* ocorrentes em matas ciliares do centro-oeste brasileiro, encontrou para a largura de fibras um valor de 21 μm , estando de acordo com o encontrado neste trabalho.

A Figura 4 apresenta a variação do diâmetro do lume observado para as fibras da madeira de *Qualea grandiflora* em função da posição na árvore.

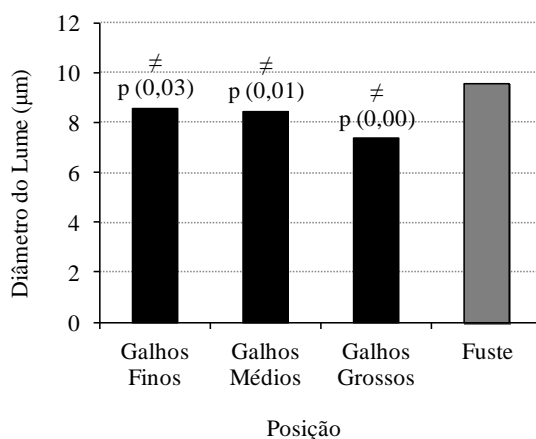


Figura 4 - Diâmetro do lume das fibras da madeira de *Qualea grandiflora* em diferentes posições da árvore.

“=” indica igualdade da variável em relação ao fuste e “ \neq ” indica diferença em relação ao fuste, ambos a 5% de significância, pelo teste Dunnett.

É possível verificar, na Figura 4, que houve diferença significativa entre os tratamentos, para o diâmetro do lume. De maneira geral, a variação, para essa variável, foi de 5 a 9 μm . Esse resultado foi superior ao encontrado Faria (2016,) que observou, para a madeira de *Q. grandiflora* no cerrado de Goiás, o valor médio de diâmetro do lume de 4,0 (1,6) μm .

Os resultados da variação da espessura da parede das fibras da madeira de *Qualea grandiflora* estão apresentados na Figura 5.

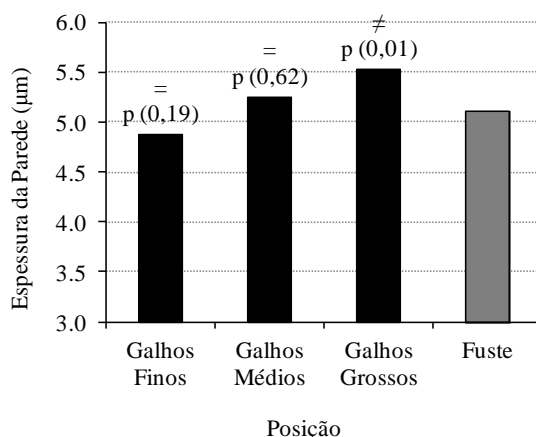


Figura 5 - Espessura da parede das fibras da madeira de *Qualea grandiflora* em diferentes posições da árvore.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

“=” indica igualdade da variável em relação ao fuste e “≠” indica diferença em relação ao fuste, ambos a 5% de significância, pelo teste Dunnett.

Verifica-se que, para a espessura de parede, houve diferença significativa entre os tratamentos, somente para galhos grossos. Os galhos finos e médios foram estatisticamente iguais ao fuste. Observou-se que a variação da espessura da parede foi de 4 a 7 μm , estando de acordo com resultados encontrados por Faria (2016) que obteve espessura de parede de 8,0 μm .

Esse valor também foi semelhante ao observado por Sonsin et al. (2014), no qual a espessura de parede média foi de 6 μm , para indivíduos coletados na região de São Paulo. Também de acordo com Paula et al. (2000), em que estudou a anatomia da madeira para a *Qualea dichotoma* ocorrentes em matas ciliares do centro-oeste brasileiro, encontrou para a espessura da parede das fibras um valor de 6,9 μm .

Contudo Goulart (2015), estudando a anatomia do lenho de raiz, tronco e galho de barbatimão, *Stryphnodendron adstringens* em área de cerrado, no município de Lavras, MG encontrou diferença para espessura das paredes das fibras, em que o galho apresentou a menor espessura.

Na Figura 6, pode se observar as fibras presentes nos Ramos Finos dos cinco indivíduos sendo eles, Q1, Q2, Q3, Q4, e Q5, respectivamente todas as fotografias em objetiva de 10x da *Q. grandiflora* Mart.

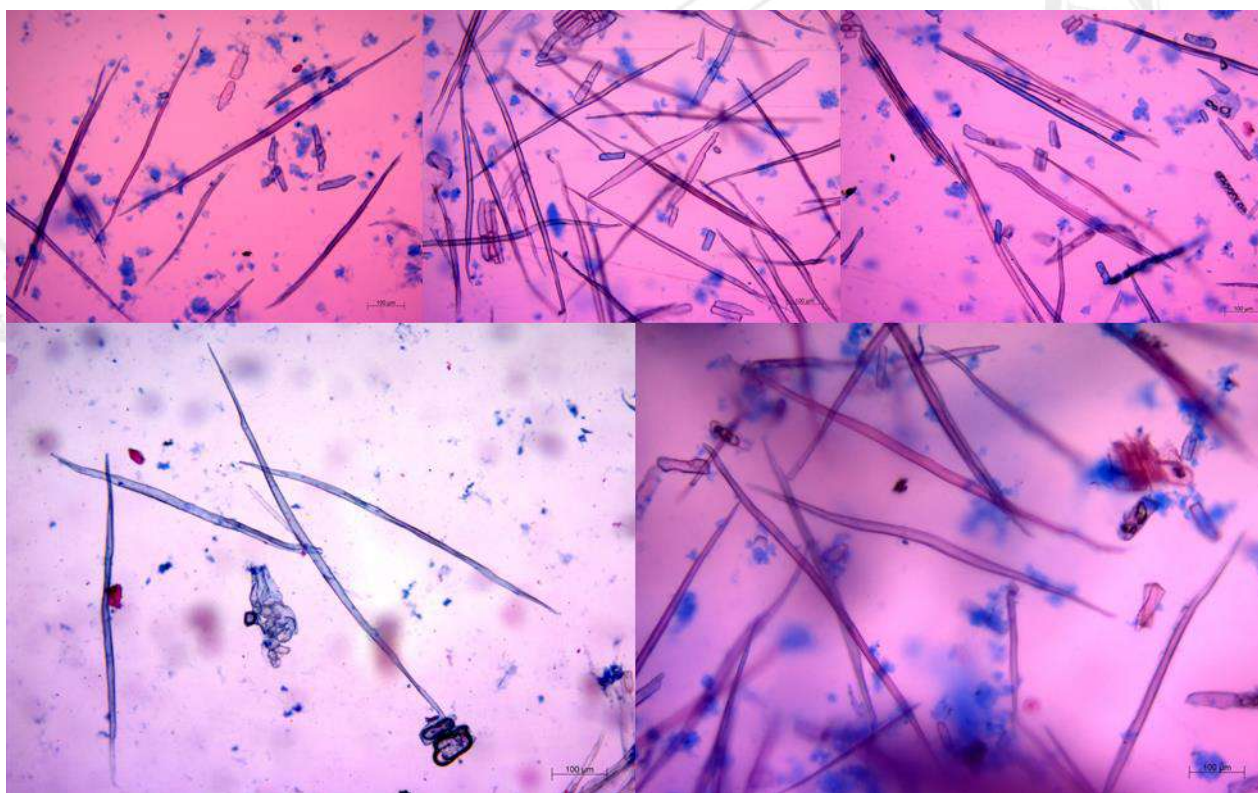


Figura 6: Representação das fibras presentes na madeira da *Q. grandiflora* Mart. para os cinco indivíduos amostrados respectivamente.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Através das comparações entre as médias de tratamentos, por indivíduos, da *Q. grandiflora* Mart., sendo eles Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5 pelo teste de Dunnett, em $\alpha=0,05$, pode-se inferir que a média de tratamento para Ramos Finos se aproximam do Fuste, apresentando resultados estatisticamente satisfatórios, sendo que esse aspecto experimental pode ser observado nos indivíduos Q1, Q3, Q4 e Q5 e nos indivíduos Q1, Q3 e Q5 para ramos médios.

Analisado o exposto acima, nota-se que, de maneira geral, existem diferenças entre as características das fibras da madeira do fuste e dos galhos. Entretanto, os galhos finos foram os que apresentaram estatisticamente características mais semelhantes ao fuste.

4.0 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que existem diferenças entre as características das fibras da madeira no fuste e nos galhos.

As fibras dos galhos finos apresentaram maior semelhança com as fibras do fuste. Com destaque aos galhos médios que apresentaram resultados satisfatórios para espessura da parede.

Quando não é possível realizar a supressão das árvores, é aceitável utilizar os galhos finos para análises das fibras da madeira de *Qualea grandiflora* Mart. na região de Sete Lagoas - MG.

5.0 AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) do campus de Sete Lagoas, Minas Gerais, e a FAPEMIG, por todo apoio e incentivo.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; Cerrado: espécies vegetais úteis, EMBRAPA-CPAC: Distrito Federal, 1998.

ALVES R. C., OLIVEIRA J. T. S., MOTTA J. P., PAES J. B.. Caracterização Anatômica Macroscópica de Madeiras Folhosas Comercializadas no Estado do Espírito Santo. Floresta e Ambiente 2012; 19(3):352-361, 2012.

ARAÚJO, G. M e HARIDASAN, M. Aluminium-accumulating species in two forest communities in the cerrado region of central Brazil. Journal Forest Ecology and Management, v. 24, p. 15-26, 1988.

DIAS-LEME, C. L. Anatomia comparada do lenho do caule, raiz e ramo de algumas espécies de Euphorbiaceae da Mata Atlântica. 1994. 70 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

FARIA M. C. G. Potencial madeireiro de 22 espécies arbóreas do Cerrado: caracterização anatômica, física e energética. 2016. 106f. Dissertação (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE VEGETAL) - Universidade Federal De Goiás, Goiás, GO, 2016.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

FONSECA, M. B.; FRANÇA, M. G. C.; ZONTA, E.; GIORNI, V. Crescimento inicial de *Dimorphandra wilsonii* (Fabaceae - Caesalpinioideae) em diferentes condições de fertilidade em solo de cerrado. *Acta Botanica Brasilica*, v.24, n.2, p.322-327, 2010.

GOULART S. L., RIBEIRO A. O., MORI F. A., ALMEIDA N. F., ASSIS C. O. ANATOMIA DO LENHO DE RAIZ, TRONCO E GALHO DE BARBATIMÃO (*Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville). *CERNE* | v. 21 n. 2 | p. 329-327 | 2015.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 352p. 1992.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T., SILVA, Jr. M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do cerrado: Checklist com 12.356 espécies. In: *Cerrado: ecologia e flora*, 2008, Planaltina, ed. EMBRAPA-CPAC, p. 417-1279. 2008.

PAULA J. E. JÚNIOR F. G. S. SILVA A. P. P. Caracterização anatômica de madeiras nativas de matas ciliares do centro-oeste brasileiro. *SCIENTIA FORESTALIS* n. 58, p. 73-89, dez. 2000

RATTER, J. A. et al. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany, Oxford*, v. 80, n. 3, p. 223-230, 1997.

RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; ATKINSON, R.; RIBEIRO, J.F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. *Edinburgh Journal of Botany*, v.53, n.2, p.153-180, 1996.

RIBEIRO, J.F., S.M. SANO e J.A. da SILVA. 1981. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado. pp. 124-133 In: *Anais do XXXII Congresso Nacional de Botânica*. Sociedade Botânica do Brasil, Teresina, Brasil.

SILVA JÚNIOR, M.C.; SANTOS, G.C.; NOGUEIRA, P.E.; MUNHOZ, C.B.R.; RAMOS, A.E. 100 Árvores do Cerrado. Guia de campo. Brasília: Rede de sementes do Cerrado. 278 p. 2005.

SONSIN, J.; GASSON, P. E.; BARROS, C. F.; MARCATI, C. R. A Comparison of the wood anatomy of 11 species from two Cerrado habitats (Cerrado s.s. and adjacent gallery forest). *Botanical Journal of the Linnean Society, Londres*, v. 170, p. 257–276, 2012.

VALE A. T.; BRASIL M. A M.; LEÃO A. L. Energetic quantification and characterization of wood and bark of species of “cerrado”. *Ciência Florestal, Santa Maria*, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE LENHO ANORMAL DE COMPRESSÃO EM *Pinus taeda*

Reny Aldo Henne¹
Martha Andreia Martha Brand¹
Alexsandro Bayestorff da Cunha¹
Leonardo Seibert Kuhn¹
Guilherme Giesel¹
RICARDO BARNASKY¹
Nayara Bergamo Casagrande¹
Camila Ramos Avila¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE LENHO ANORMAL DE COMPRESSÃO EM *PINUS TAEDA*

Reny Aldo **HENNE**¹; Martha Andreia **BRAND**¹; Alexsandro Bayestorff da **CUNHA**¹;
Leonardo **KUHN**¹; Guilherme **GIESEL**¹; Ricardo **BARNASKY**¹; Nayara Bergamo
CASAGRANDE¹; Camila **ÁVILA**¹.

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina,
UDESC, Brasil

Resumo: O *Pinus taeda* mostrou excelente adaptação no sul do Brasil, principalmente nos Estados do Paraná e Santa Catarina. O setor de base florestal catarinense tem grande importância econômica para o Estado. Durante vários anos a produção florestal se deu relativamente livre de problemas, porém nos últimos tempos vem sendo relatada a ocorrência de uma estranha forma de lenho anormal compressão, que ocorre em condições não usuais, como sítios de alta qualidade e principalmente, planos. Esta alteração de qualidade recebeu a nomenclatura de "lenho anormal de compressão" (LAC). Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a variação na composição química da madeira de *Pinus taeda* com e sem a ocorrência de lenho anormal de compressão. Na região de Ponte Alta do Norte – SC foram selecionadas seis árvores sob as mesmas condições de cultivo, com idade de 18 anos, sendo três sem LAC e três apresentando LAC. A qualidade da madeira foi avaliada com base na determinação quantitativa dos extrativos, lignina e teor de cinzas da madeira. Nas árvores que ocorreram lenho anormal de compressão apresentaram diferenças químicas em relação às árvores que apresentaram lenho normal.

Palavras-chave: extrativos, lenho anormal de compressão, análise química.

ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF COMPRESSION WOOD IN *PINUS TAEDA*

Abstract: *Pinus taeda* showed excellent adaptation in southern Brazil, mainly in the states of Paraná and Santa Catarina. The forest-based sector of Santa Catarina has great economic importance for the State. For several years the forest production has been relatively free of problems, but in recent times has been reported the occurrence of a strange form of abnormal wood compression, which occurs in unusual conditions such as sites of high quality and mainly, plans. This quality change has received the nomenclature of "abnormal compression wood" (LAC). Thus, the objective of this work was to verify the variation in the chemical composition of *Pinus taeda* wood with and without the occurrence of abnormal wood of compression. In the region of Ponte Alta do Norte - SC, six trees under the same cultivation conditions were selected, with age of 18 years, three of them without LAC and three with LAC. The quality of the wood was evaluated based on the quantitative determination of the extractives, lignin and ash content of the wood. In the trees that occurred abnormal wood of compression presented chemical differences in relation to the trees that presented / displayed normal wood.

Keywords: extractives, abnormal wood compression, chemical analysis.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O *Pinus taeda* é a mais importante dentre as espécies de pinus plantadas comercialmente no Sul e Sudeste dos Estados Unidos (AGUIAR *et al.*, 2013). Ela ocorre em toda a região, desde o Delaware, no Nordeste, até o Texas, no Oeste e, ao Sul, até a região Central da Flórida. A cobertura florestal com esta espécie, nos Estados Unidos, é estimada em 11,7 milhões de hectares (SHIMIZU, 2017).

Introduzido no Brasil, o *Pinus taeda* mostrou excelente adaptação no sul do país, principalmente nos Estados do Paraná e Santa Catarina. Ao lado do *Pinus elliottii* foi largamente utilizado no reflorestamento visando à produção de fibras longas em substituição à *Araucária angustifólia*. Nas plantações estabelecidas com *Pinus taeda* nessa região, tem-se verificado altas variações entre elas, sugerindo a possibilidade de que essas discrepâncias eram devidas principalmente a diferentes procedências de sementes, na década de 1970 (BARRICHELO, *et al.*, 1977). A partir destas constatações, programas de melhoramento genético e importação de sementes melhoradas impulsionaram ainda mais a produtividade e qualidade das florestas brasileiras até os dias de hoje.

Atualmente, o estado de Santa Catarina é um dos maiores destaques, pois tem a segunda maior área reflorestada de *Pinus* no país (IBA, 2015), com área correspondente a mais de 5% da área total do estado, valor equivalente a 539.377ha. A maior área reflorestada com o gênero pertence ao estado do Paraná, que possui 619.731ha, que corresponde a pouco mais de 3% da área do estado (SCHWEITZER, 2016).

Usos cada vez mais nobres foram desenvolvidos para esta madeira, vem despontando no setor moveleiro, tanto na forma sólida, aparente ou revestida, como em painéis compensados, chapas de fibra ou mesmo lâminas. Podem ser citados desde os móveis de custo relativamente baixo, confeccionado em madeira aglomerada, até o desenvolvimento posterior, em qualidade, desempenho e design (SABLOWSKI 2003).

Atualmente o setor de base florestal catarinense é responsável pelo abastecimento de diversas empresas, que utilizam a madeira como matéria prima, com toras dos mais variados diâmetros e de alta qualidade. Durante vários anos a produção se deu relativamente livre de problemas, contudo nos últimos anos vem sendo relatada a ocorrência de uma estranha forma de lenho de compressão, que ocorre em condições não usuais, como sítios de alta qualidade e principalmente, planos. Devido a isso este lenho recebeu a nomenclatura de “lenho anormal de compressão” (LAC) (SCHWEITZER, 2016).

Dentre os fatores que levam à formação da madeira de compressão citam-se como principais: (i) as características de crescimento, das espécies relacionadas ao seu genótipo, como tortuosidade do tronco, formação da copa, ramos, etc.; (ii) técnicas de formação e manejo florestal, como a qualidade das mudas, espaçamento, desbaste, desrama, etc.; (iii) a incidência de agentes externos, principalmente os ventos, atuando em um dos lados do tronco ou da árvore; (iv) o estímulo da atividade cambial, pelos hormônios de crescimento, como o AIA, na face do tronco oposta à inclinação (TOMAZELLO FILHO, 1987). Além disso, a origem da semente é de grande importância, para obter rastreabilidade do sistema e completo domínio da cultura.

Estudos já desenvolvidos como de Schweitzer (2016), vem indicando que esta alteração nas características da madeira pode ser devido a fatores genéticos,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

produzidos durante os programas de melhoramento e também ao tipo de manejo das florestas. Pois nos relatos das ocorrências do defeito, as empresas afirmam que o problema é mais evidente em árvores oriundas das sementes importadas da África do Sul e em áreas em que foram realizados desbastes e podas.

Considerando esses aspectos, o presente trabalho teve como objetivo analisar as variações ocorridas na composição química da madeira de árvores de *Pinus taeda* com lenho normal de compressão em relação à ocorrência do lenho anormal de compressão (LAC).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas seis árvores para o estudo, sendo três árvores apresentando lenho anormal de compressão (LAC) identificadas com os números 1, 2 e 5 e três árvores não apresentando lenho anormal de compressão identificadas pelos números 3, 4 e 6. Todas sob as mesmas condições de cultivo em área e com 18 anos de idade. A identificação da presença do lenho de reação foi feita através da forma da árvore, pela conicidade acentuada, e internamente, após a derrubada pela diferença de coloração da madeira que no lenho anormal apresenta cor avermelhada. As árvores foram colhidas em plantio comercial, localizado no município de Ponte Alta do Norte – SC. no Planalto Serrano de Santa Catarina.

As Metodologias da caracterização química foram realizadas conforme normas apresentadas na Tabela 1 e descrição complementar.

Tabela 1 – Análises realizadas em madeira de lenho normal e lenho anormal de compressão em *Pinus taeda*

Análise	Norma
Amostragem e preparação para análise	ABNT NBR 14660
Teor de lignina insolúvel em ácido	ABNT NBR 7989
Solubilidade em água	ABNT NBR 14577
Teor de cinzas	ABNT NBR 13999

2.1 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO PARA ANÁLISE

Após a seleção das amostras a serem estudadas foram usados discos de 5 cm retirados do DAP das seis árvores, as peças de madeira foram serradas no laboratório de usinagem, em pequenas lâminas, utilizado formão para transformar em cavacos em e seguida encaminhado para moagem em moinhos de facas.

Assim que moídos os materiais de amostragem, foram respectivamente despejados em peneiras que efetuou as separações das frações que passaram pela peneira de 40 Mesh e que ficaram retidas pela peneira de 60 Mesh, identificados e adicionados os materiais em sacos plásticos de forma hermética logo após o momento das respectivas análises.

2.2 EXTRATIVOS EM ETANOL TOLUENO 1:2

Das amostras foram pesadas 2,0000 gramas secas, em balança analítica acondicionada em cartucho e em seguida encaminhada amostra para a bancada de extração onde foram acondicionados cartuchos nos soxhlets conectados aos balões pesados, posteriormente ligada extração pelo período de 6 horas. Após

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

estes procedimentos, foi recuperado o solvente e retirado os balões, sendo encaminhado para estufa secando por 24 horas, depois de retirados e resfriados em dessecador foi feita a pesagem final e identificado o teor de extrativos solúveis em etanol-tolueno.

2.3 EXTRATIVOS EM SOLVENTE ÉTER ETÍLICO

Determinar o teor de substâncias extraíveis da madeira através de solvente éter etílico foi pesado 2,0000 gramas secos, em balança analítica. Os cartuchos com o material para extração foram encaminhados para a bancada de extração, logo após foi colocado no aparelho soxhlet e ligado aos balões previamente preparados e pesados. Ligada a bancada de extração por um período de 8 horas e após o término, foi recuperado o solvente e desligado a bancada de extração. Concluídos estes procedimentos o balão foi colocado em estufa e deixado secar por 24 horas. Então retirados os balões da estufa e colocados em dessecador para esfriar, após o resfriamento foram pesados e os valores de extrativos calculados.

2.4 EXTRATIVOS EM ÁGUA QUENTE

Determinar o teor de substâncias extraíveis da madeira em água quente, pesado 2,0000 gramas secos, em balança analítica. Os cartuchos com o material para extração foram encaminhados para bancada de extração, colocados no aparelho soxhlet e ligado aos balões previamente preparados e pesados. Ligada a bancada de extração por um período de 8 horas. E após o término deste período ocorreu a retirada da água e desligado a bancada de extração. Colocado os balões em estufa e deixado secar por 24 horas; a seguir retirados os balões da estufa e colocado em dessecador para esfriar, após o resfriamento pesado e calculados os valores dos extrativos em água quente.

2.5 EXTRATIVOS EM ÁGUA FRIA

Determinar o teor de substâncias extraíveis da madeira em água fria, então sendo pesado 2,0000 gramas secos, em balança analítica e transferido todo o material para um Becker de 500 ml adicionado 300 mL de água destilada, mantendo durante 48 horas a temperatura ambiente e agitando frequentemente. Com a balança analítica foram pesados os cadinhos filtrantes devidamente preparados. Depois de 48 horas, as amostras foram transferidas juntamente com a água para o cadinho filtrante, e com auxílio de bomba de vácuo, filtradas as amostras. Foi levado o cadinho filtrante para estufa, durante 24 horas até atingir peso constante, sendo em seguida retirados os cadinhos da estufa, colocando-os em dessecador para esfriar e efetuada as pesagens dos cadinhos em balança analítica e calculados o teor de extrativos.

2.6 TEOR DE LIGNINA

Após os passos de extrações, foi pesada 1,0000 grama de cada amostra seca em balança analítica, em seguida foram preparados e pesados os beckers de 50 ml e adicionadas estas amostras junto com 15 ml de ácido sulfúrico 72%, a cada 15 minutos estas amostras foram agitadas durante o período de duas horas. Em seguida com beckers de 500ml foram adicionadas as amostras preparadas em ácido e colocado 400 ml de água destilada em cada becker respectivamente. Foram levados em banho Maria durante 4 horas. Logo preparados e pesados cadinhos filtrantes com fibra de vidro, e então efetuadas as filtrações dos 400ml da amostra auxiliado por uma bomba de vácuo e kitasato, seguindo a adição de 200 ml de água destilada nos beckers e cadinhos filtrantes respectivamente. Os cadinhos filtrantes foram deixados

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

por 24 horas em estufa a 104°C, após este período foi calculadas as concentrações de lignina de cada amostra.

2.7 TEOR DE CINZA

O teor de cinzas identifica a quantidade de material inorgânico presente na amostra na forma de óxidos. Os cadinhos de porcelana devidamente preparados e pesados em balança analítica, seguindo da preparação das amostras de 2,0000 gr., levadas a mufla e incineradas a 525°C ± 25°C por 60 minutos. Após a retirada das amostras estas foram encaminhadas para dessecador para resfriamento por 60 minutos. Foram efetuadas as pesagens das amostras em balança analítica, e calculado os teores de cinzas.

2.8 EXTRATIVOS TOTAIS

Com os passos de extrações efetuados nas amostras em bancada, foram encontradas as concentrações em Etanol-Tolueno 1:2, Éter-Etilico e Água quente, em seguida foram calculados os valores de extrativos totais.

2.9 ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados considerando as variações entre as árvores e entre os grupos de árvores com e sem lenho anormal de compressão. Os dados foram submetidos à ANOVA e ao teste de médias de Scott-knott a um nível de probabilidade de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações ocorridas na qualidade da madeira entre as árvores analisadas podem ser vistas na Tabela 2, enquanto as variações entre os grupos de árvores com e sem lenho de reação são observadas na Tabela 3.

Tabela 2 – Variação na composição química da madeira das árvores analisadas no estudo

Árvore	Etanol-tolueno (%)	Etanol (%)	Água quente (%)	Água fria (%)	Teor de Lignina (%)	Teor de cinzas (%)
1	2,90 c	0,66 a	2,36 a	0,99 c	33,21 a	0,29 c
2	1,58 d	0,47 b	1,78 c	0,90 c	29,81 a	0,31 c
3	3,09 b	0,48 b	1,82 c	1,19 a	32,29 a	0,36 a
4	2,85 c	0,43 c	0,96 d	1,09 b	30,89 a	0,34 a
5	2,99 c	0,49 b	1,95 b	0,18 e	31,46 a	0,32 b
6	3,24 a	0,41 c	2,07 b	0,33 d	31,58 a	0,33 b
Média	2,77	0,49	1,82	0,78	31,54	0,33
CV (%)	2,69	6,49	6,43	6,61	2,73	3,32

Nota: Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de médias de Scott-knott a um nível de probabilidade de 95%.

Tabela 3 – Variações na composição química do grupo de árvores que apresentaram e não apresentaram lenho anormal de compressão

Lenho de reação	Etanol-tolueno	Etanol (%)	Água quente (%)	Água fria (%)	Teor de Lignina (%)	Teor de cinzas
-----------------	----------------	------------	-----------------	---------------	---------------------	----------------

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

	LAC (%)		LNC (%)		Média		CV (%)					
LAC	2,49	b	0,54	a	2,03	a	0,69	a	31,49	a	0,31	b
LNC	3,06	a	0,44	b	1,62	a	0,87	a	31,59	a	0,34	a
Média	2,77		0,49		1,82		0,78		31,54		0,33	
CV (%)	18,11		14,94		22,65		51,35		4,28		5,11	

Nota: LAC= lenho anormal de compressão; LNC= lenho normal de compressão.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de médias de Scott-knott a um nível de probabilidade de 95%.

Os solventes orgânicos extraem da madeira compostos insolúveis, como carboidratos de baixa massa molecular, sais e outras substâncias solúveis em água. Os componentes da madeira solúveis em água incluem sais orgânicos, açúcares, polissacarídeos e algumas substâncias fenólicas.

Houve diferença estatística na quantidade de extrativos solúveis em solventes orgânicos e na água, bem como para o teor de cinzas entre as árvores, não havendo relação entre as árvores similares com o fato das mesmas apresentarem ou não lenho anormal de compressão.

Já para o teor de lignina, todas as árvores foram estatisticamente similares. Para a lignina, (FRAGA et. al., 2002), encontraram um valor de 27,5% na madeira do *Pinus taeda*. Os valores observados neste trabalho foram superiores aos da literatura.

O valor de extrativos solúveis em etanol foi maior para a madeira com lenho de reação, com uma diferença de 18,5% a maior nas árvores afetadas pelo LAC, enquanto os extrativos em etanol-tolueno e teor de cinzas foram menores, com uma diferença de 17,90% a menos nas árvores afetadas pelo LAC para os extrativos em etanol-tolueno.

As árvores sem lenho anormal de compressão possuem um teor de compostos inorgânicos mais elevados em 11,4% quando comparado com o da madeira com lenho anormal a compressão (sem LAC). A literatura apresenta um teor de cinzas em torno de 0,5% nas madeiras em geral (FENGEL e WEGENER, 1989).

Em comparação com o estudo de (BASSA, et al., 2007) mostrou que os resultados referente ao teor de lignina em 31,18% sendo ligeiramente mais baixo do que o analisado neste estudo encontrado 31,49% com lenho anormal de compressão e 31,59% sem lenho anormal de compressão.

Os extrativos totais encontrados na madeira com lenho anormal de compressão foi de 5,06%, contra extrativos na madeira com lenho normal de 5,12%, logo no estudo de (YEH, et al., 2006) que encontrou 5,1% de extrativos para madeira juvenil normal no topo da árvore, e para madeira adulta com lenho anormal de compressão na posição média apresentou 3,3% de extrativos totais, mostrando que diferentes alturas diferenciam em relação aos componetes químicos.

4. CONCLUSÕES

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Houve diferença na composição química da madeira entre as árvores analisadas.

Houve diferença na composição química da madeira com e sem ocorrência do lenho anormal de compressão.

A madeira com lenho anormal de compressão apresentou maior quantidade de extrativos solúveis em etanol, porém menos extrativos solúveis em etanol-tolueno e teor de cinzas.

Era esperada uma diferença na quantidade de lignina presente na madeira com lenho de reação, porém este fenômeno não foi observado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14660: Madeira – Amostragem e preparação para análise. Rio de Janeiro, 2004. 7 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13999: determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525 °C. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14577: Pasta celulósica e madeira – Determinação do material solúvel em água. Rio de Janeiro, 2004. 4 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7989: Pasta celulósica e madeira – Determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro, 2010. 6 p.

AGUIAR, Andre; GAVIOLI, Daniela; FERRAZ, André. Extracellular activities and wood component losses during *Pinus taeda* biodegradation by the brown-rot fungus *Gloeophyllum trabeum*. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 82, p. 187-191, 2013.

BARRICHELO, Luiz Ernesto G. et al. Estudos de procedências de *Pinus taeda* visando seu aproveitamento industrial. **Ipef, Piracicaba**, v. 15, p. 1-14, 1977.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. Ano base 2015, Brasília: 2015. <http://iba.org/pt/sustentabilidade/florestas-sustentaveis>

SHIMIZU, J. Y. Cultivo do pinus. Disponível em:

https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemas_deproducao1f6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3715&p_r_p_-996514994_topicId=3229. Acesso em: Jul. 2017.

SABLOWSKI, Alexander Rudolph Marin. Sistema de Gestão Ambiental no Setor Florestal. 2003. Revista Madeira, 2003.

SCHWEITZER, Vinicius Rosa. Origem do " lenho anormal de compressão" e efeitos sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* da Região Serrana de Santa Catarina. 2016.

TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, D. A. Formação e caracterização da madeira de compressão em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Boletim técnico IPEF**, v. 37, p. 51-59, 1987.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Análise da consideração da ação do vento em uma cobertura com estrutura de madeira

Débora Thomé Miranda¹
Gustavo Savaris²

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Coordenação do Curso de Engenharia Civil



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DA CONSIDERAÇÃO DA AÇÃO DO VENTO EM UMA COBERTURA COM ESTRUTURA DE MADEIRA

Resumo: O uso da madeira na construção civil pode desempenhar desde funções estéticas até estruturais, como em móveis e coberturas de edificações respectivamente. A respeito desta última, a estrutura em forma das treliças do tipo Howe, Pratt e Belga são as mais utilizadas, sendo que suas principais atribuições são receber e descarregar as cargas atuantes nos apoios. O presente estudo apresenta uma análise da consideração da ação do vento no dimensionamento de uma cobertura de madeira, para um galpão industrial, que será implantado na cidade de Toledo-PR. Adotada treliça do tipo Howe com vãos variando entre 5, 10 e 20 metros, considerou-se como variável a velocidade básica do vento atuante na edificação, iguais a 0, 24 e 48 m/s. Com o intuito de comparar o volume demandado pelas barras que compõem a tesoura, foram considerados dois casos de dimensionamento: um calculando-se as menores seções transversais possíveis e outro considerando as dimensões mínimas recomendadas pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Os resultados obtidos demonstraram que ao se adotar as recomendações da norma, a variação do volume demandado entre as velocidades básicas do vento extremas (isto é, 0 e 48 m/s) é maior quanto maior o vão da cobertura, sendo que para o vão de 5 m, essa variação é nula. Logo, concluiu-se que deve-se seguir as orientações da norma a fim de garantir a segurança da edificação e evitar desastres causados pela ação do vento.

Palavras-chave: cobertura de madeira, treliça Howe, ação do vento.

ANALYSIS OF THE CONSIDERATION OF THE WIND ACTION IN A ROOF WITH WOOD STRUCTURE

Abstract: The use of wood in construction can perform from aesthetic to structural functions, such as furniture and building roofs respectively. Regarding the latter, structure in the form of Howe, Pratt, and Belgian type trusses are the most used, and their main attributions are to receive and to unload the acting loads. The present study refers to the analysis of the consideration of the wind action in the design of a wood roof for an industrial shed that will be implanted in Toledo-PR. Using a Howe type truss with spans varying between 5, 10 and 20 meters, the basic wind speed in the building was considered as variable, being equal to 0, 24 and 48 m/s. In order to compare the required volume by the bars of the truss, two cases of design were considered: one calculating the smaller transversal dimensions and another considering the minimum transversal dimensions recommended by the Brazilian Code NBR 7190 (ABNT, 1997). The results obtained showed that when adopted the recommendations of the code, the variation of the volume required between the extreme wind speeds (0 and 48 m/s) is greater the larger the span of the roof, and to the span with 5 meters, this variation is null. Therefore, it was concluded that it should be followed the guidelines of the code in order to guarantee the safety of the building and to avoid disasters caused by the action of the wind.

Keywords: wood roof, Howe truss, wind action.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material natural amplamente encontrado no Brasil, seja em florestas nativas, como na região Norte, e também em áreas de reflorestamento como nas regiões Sul e Sudeste, nas quais as reservas de eucalipto e pinus prevalecem.

Devido à versatilidade e facilidade de manuseio, sendo usada por exemplo como móveis, meio de transporte e utensílio doméstico, a madeira é largamente empregada na construção civil paralelamente ao aço e ao concreto. Por ser também um material combustível, os projetos com estruturas em madeira ficam restringidos em razão dos riscos relacionados a incêndios. No entanto, essa circunstância é produto do desconhecimento do comportamento desse material quando exposto ao fogo, uma vez que sua seção transversal se reduz lentamente, assegurando a estabilidade da estrutura por mais tempo (ANASTÁCIO, 2010; FIGUEROA e MORAES, 2009).

Ao realizar os processos de produção e manutenção de forma adequada, essa matéria-prima de origem vegetal dura 50 anos ou mais (CALIL JUNIOR et al., 2006), destaca-se o templo budista Horyu-ji, situado no Japão, que é considerado uma das construções em madeira mais antigas do mundo, sendo o projeto original datado de 670 d.C. Embora o fogo tenha destruído parte do edifício, este foi reconstruído nos primeiros anos do século VIII (UNESCO, s.d.).

Um dos principais usos da madeira pode ser visto nas estruturas de coberturas de edificações, as quais devem ser projetadas de modo a garantir segurança e confiabilidade. No Brasil, a norma NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997) recomenda que no dimensionamento de uma estrutura sejam consideradas todas as ações que a estrutura possa ser submetida, como cargas permanentes e acidentais verticais, impactos vertical e lateral e o vento. Entre esses, destaca-se a consideração da ação do vento em edificações, que pode acrescentar uma sobrecarga sobre a estrutura ou gerar sua sucção.

Todavia, há uma constante busca por maneiras de reduzir a quantidade de materiais para diminuir o custo da obra. Uma dessas possíveis formas é menosprezar a ação do vento nos projetos de cobertura para tentar economizar no volume de madeira. Posto isso, o estudo propôs analisar se a consideração da ação do vento em uma tesoura de cobertura influencia significativamente no volume de madeira, por meio de um estudo de caso avaliando um galpão que será implantado na cidade de Toledo-Paraná, considerando como variáveis os vãos e as velocidades básicas do vento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Especificações da edificação

A edificação objeto deste estudo consistiu em um galpão comercial com comprimento de 20 m e largura variando entre 5, 10 e 20 m, que será localizada na cidade de Toledo, Paraná, com pé direito de 4,00 m, vedação em blocos de alvenaria estrutural e cobertura aparente - sem forro.

As aberturas consideradas foram: uma porta (4,00 x 3,00 m) centralizada em cada um dos menores lados e cinco janelas (2,00 x 1,00 m) distribuídas ao longo de cada um dos outros dois lados, conforme planta baixa apresentada na Figura 1. Admitiu-se que a



construção será hermeticamente fechada, ou seja, sem a influência das frestas entre a alvenaria e a cobertura.

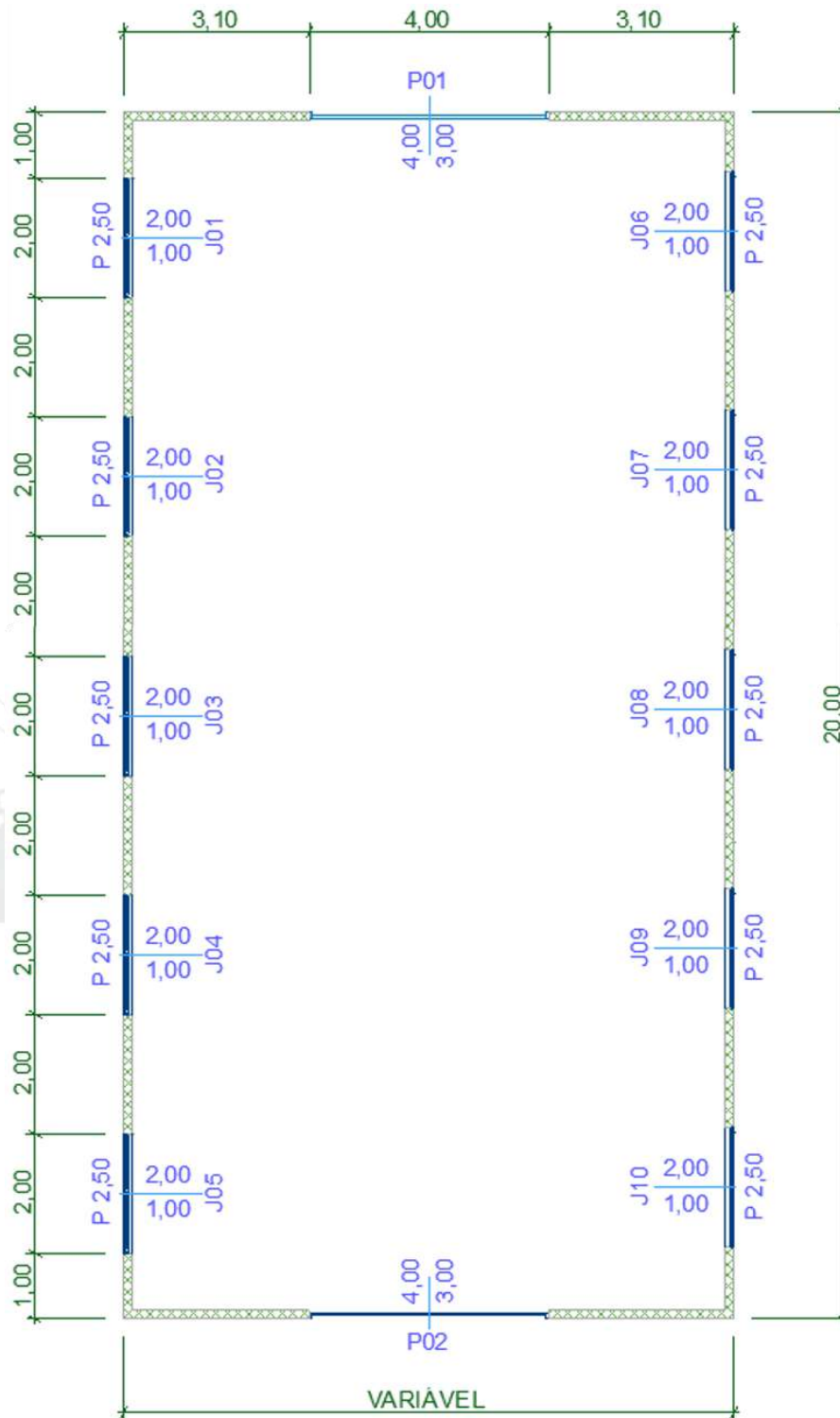


Figura 1. Planta baixa do projeto do galpão industrial (dimensões em metros).

Fonte: elaborado no software ArchiCAD.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





A estrutura de cobertura consistiu em tesouras espaçadas de 3,98 m do tipo Howe, sendo adotada madeira da espécie *Araucaria angustifolia*, por se tratar de uma conífera conhecida na região de Toledo-PR. As propriedades mecânicas desta espécie de madeira são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios da madeira considerada no estudo

Nome comum	ρ_{ap} (12%) (kg/m ³)	f_{c0} (MPa)	f_{t0} (MPa)	f_v (MPa)	E_{c0} (MPa)
Pinho do Paraná	580	40,9	93,1	8,8	15 225

ρ_{ap} (12%) = massa específica aparente a 12% de umidade; f_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras; f_{t0} = resistência à tração paralela às fibras; f_v = resistência ao cisalhamento; E_{c0} = módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.

Fonte: adaptado da norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

O telhado foi formado por duas águas com inclinação de 15° e beiral de 15 cm, sendo utilizada telha ondulada de fibrocimento, com espessura de 5 mm e vão livre máximo de 1,15 m.

2.2 Cargas atuantes

Como carga permanente atuante, foi considerado o peso próprio da estrutura, estimado multiplicando-se a área da seção transversal pelo comprimento de cada barra, adotando-se as dimensões mínimas especificadas no subitem 10.2.1 da norma NBR 7190 (ABNT, 1997), ou seja, espessura e área mínimas de 5 cm e 50 cm² respectivamente.

As telhas de cobertura foram consideradas apoiadas em terças que, por serem peças secundárias, foram consideradas com espessura e a área mínimas de 2,5 cm e 18 cm² respectivamente.

O peso das telhas, que também se trata de uma carga permanente, foi considerado como 16 kg/m², conforme especificado pelo fabricante (BRASILIT, 2014).

As cargas acidentais que foram consideradas são: a ação do vento, obtida a partir da velocidade básica do vento estimada de acordo com o mapa das isopletas presente na norma NBR 6123 (ABNT, 1988) para a região de Toledo-PR (Figura 2), e uma carga de manutenção, adotada a partir da norma NBR 6120 (ABNT, 1980) que sugere o valor de 0,5 kN/m².



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

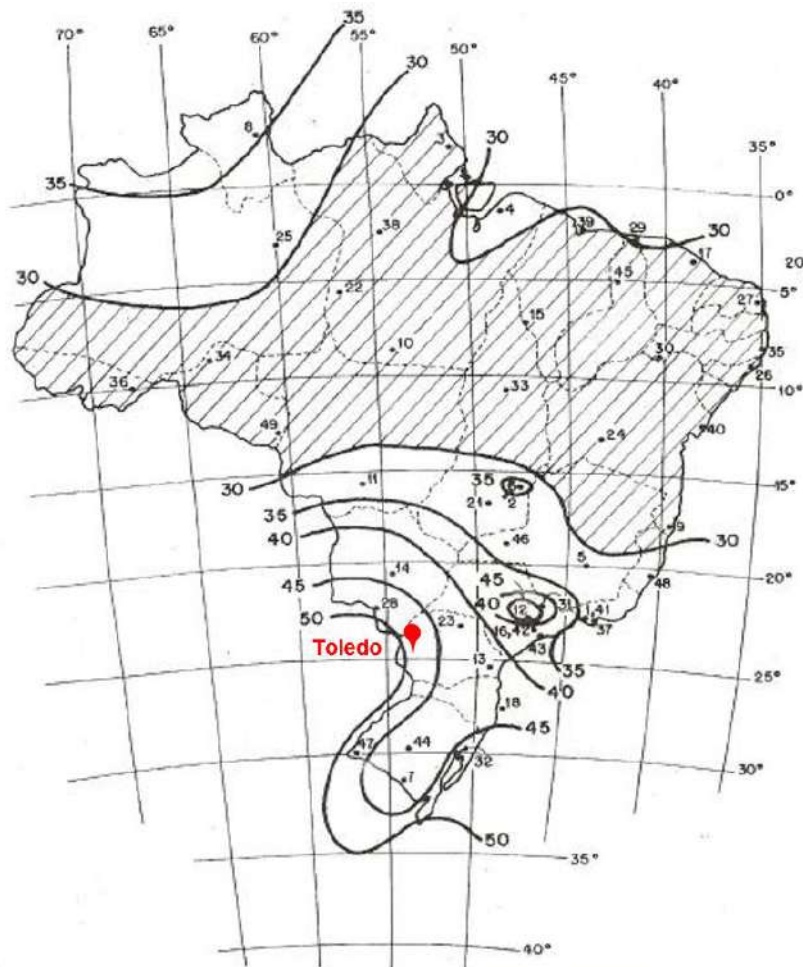


Figura 2. Região da cidade de Toledo (PR) indicada no mapa de isopletas.
Fonte: adaptado da norma NBR 6123 (ABNT, 1988).

Nota-se na Figura 2 que a velocidade básica do vento para a região em estudo está entre 45 e 50 m/s, logo, adotou-se o valor de 48 m/s. Como variáveis da pesquisa, também foi analisado o efeito do vento considerando uma velocidade básica de 0 m/s e uma intermediária de 24 m/s. Todo o procedimento para obtenção das forças do vento atuantes sobre a estrutura foi realizado por meio da norma NBR 6123 (ABNT, 1988).

2.3 Dimensionamento da estrutura

O cálculo da estrutura de cobertura foi realizado a partir das tesouras dispostas no meio da edificação, visto que esta recebe maior carga se comparada à tesoura da extremidade. Logo, a área de influência foi obtida a partir da metade do vão entre as tesouras multiplicada pela largura que varia entre 5, 10 e 20 m.

As cargas atuantes na área de influência foram distribuídas pontualmente nos nós de acordo com a faixa de influência de cada um, sendo que para as cargas de telha, ventos e uso e ocupação foi acrescida a largura (b) do beiral nos nós das extremidades.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Uma vez que as cargas referentes ao peso da terça, telha e ventos eram inclinadas, essas foram decompostas nas direções x e y. As forças referentes ao peso da tesoura e ao uso e ocupação eram verticais, ou seja, atuavam somente na direção y.

2.3.1 Verificação das terças

Posto que as terças recebem as cargas de vento, das telhas e acidental, foi necessário verificar se suas dimensões atendiam às condições de segurança de flexão oblíqua, cisalhamento e flecha. Para isso, utilizou-se como referência a NBR 7190 (ABNT, 1997) e Moliterno (2010).

Para a definição dos coeficientes de modificação (k_{mod}), considerou-se que: a madeira é do tipo serrada e estará sujeita a carregamento de longa duração ($k_{mod1} = 0,70$), exposta em um ambiente com umidade relativa entre 70 e 75% ($k_{mod2} = 1,0$) de acordo com Prefeitura Municipal de Toledo (2007) e é de segunda categoria ($k_{mod3} = 0,8$).

2.3.2 Dimensionamento das barras das tesouras

O dimensionamento da tesoura foi realizado com o auxílio do software Microsoft Excel® e da ferramenta computacional Ftool. Seguiram-se as recomendações da norma NBR 7190 (ABNT, 1997), calculando-se as possíveis combinações atendendo o estado limite último (E.L.U.) dado pela Equação (1).

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{Gi} \cdot F_{Gi,k}) + \gamma_Q \cdot \left[F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{Oj} F_{Qj,k}) \right] \quad (1)$$

Em que:

F_d = valor de cálculo da combinação, em Newton (N);

γ_{Gi} = coeficiente de ponderação das ações permanentes;

$F_{Gi,k}$ = valor característico das ações permanentes, em Newton (N);

γ_Q = coeficiente de ponderação da ação variável considerada como principal;

$F_{Q1,k}$ = valor característico da ação variável considerada como principal, em Newton (N);

$\psi_{Oj} F_{Qj,k}$ = valores reduzidos de combinação das demais ações variáveis, em Newton (N).

No total, foram consideradas oito combinações (C_i) envolvendo peso próprio da tesoura (p_{tes}), peso das terças (p_{ter}), peso das telhas (p_{tel}), força do vento de sobrepressão (v_1), força do vento de sucção (v_2) e ação vertical do uso e ocupação (u.o.).

a) C_1 : $p_{tes} + p_{ter} + p_{tel}$;

b) C_2 : $p_{tes} + p_{ter} + p_{tel} + v_1$;

c) C_3 : $p_{tes} + p_{ter} + p_{tel} + u.o.$;

d) C_4 : $p_{tes} + p_{ter} + p_{tel} + v_2$;



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

e) $C_5: p_{tes} + p_{ter} + p_{tel} + V_1 + u.o.$;

f) $C_6: p_{tes} + p_{ter} + p_{tel} + V_2 + u.o.$;

g) $C_7: p_{tes} + p_{ter} + p_{tel} + u.o. + V_1$;

h) $C_8: p_{tes} + p_{ter} + p_{tel} + u.o. + V_2$.

A partir das combinações, foram obtidas as maiores forças de tração (+) e compressão (-) a que cada barra estava submetida de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT,1997).

2.3.3 Dimensionamento das barras das tesouras

Segundo as recomendações da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) para o dimensionamento de barras tracionadas e comprimidas foram determinadas as áreas das seções transversais mínimas que, multiplicadas por seus respectivos comprimentos, resultaram no volume de madeira demandado em cada caso.

Ressalta-se que a norma NBR 7190 (ABNT, 1997) recomenda dimensões mínimas de espessura e área da seção transversal. Entretanto, inicialmente foi realizado o dimensionamento da tesoura considerando as menores dimensões possíveis de acordo com as condições de segurança com o intuito de comparar o volume demandado em cada situação. Posteriormente, foram avaliadas as dimensões mínimas da referida norma e comparadas com os resultados obtidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Carga atuante do vento

Devido à geometria da edificação, foram obtidas duas pressões de vento atuantes para cada vão, uma de sobrepressão (+) e outra de sucção (-), conforme valores apresentados na Tabela 2, sendo que quando a velocidade básica do vento é 0 m/s, a pressão é nula.

Tabela 2. Pressões do vento (em kN/m²) de acordo com a velocidade básica do vento (V_0) e o vão da cobertura

Velocidade básica do vento	Vão		
	5 m	10 m	20 m
24 m/s	0,024	0,025	0,026
	-0,242	-0,248	-0,260
48 m/s	0,097	0,099	0,104
	-0,967	-0,993	-1,039

Observa-se que, em todos os casos, as pressões geradas pelos ventos de sucção são aproximadamente dez vezes superiores aos valores obtidos para sobrepressão.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





3.2. Seção transversal das terças

As dimensões obtidas para as terças, considerando as cargas de peso próprio, carga acidental e de vento, correspondente às combinações de estado limite último e estado limite de serviço, são apresentadas na Tabela 3. Verificou-se que todas as dimensões atenderam aos requisitos da norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

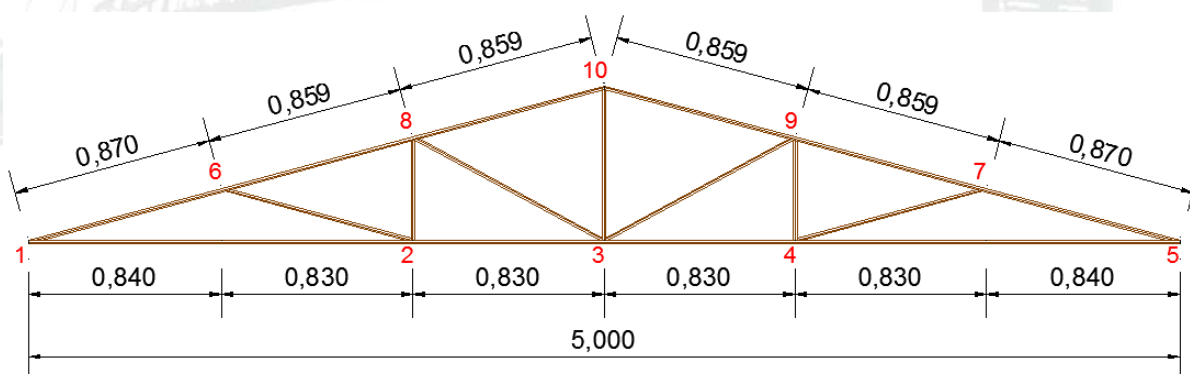
Tabela 3. Seção transversal (em cm) das terças de acordo com o vão da cobertura e a velocidade básica do vento

Vão	Velocidade básica do vento		
	0 m/s	24 m/s	48 m/s
5 m	7,5 x 10,0	7,5 x 10,0	8,0 x 10,0
10 m	7,5 x 11,0	7,5 x 11,0	7,5 x 12,0
20 m	7,5 x 11,0	7,5 x 11,0	7,5 x 12,5

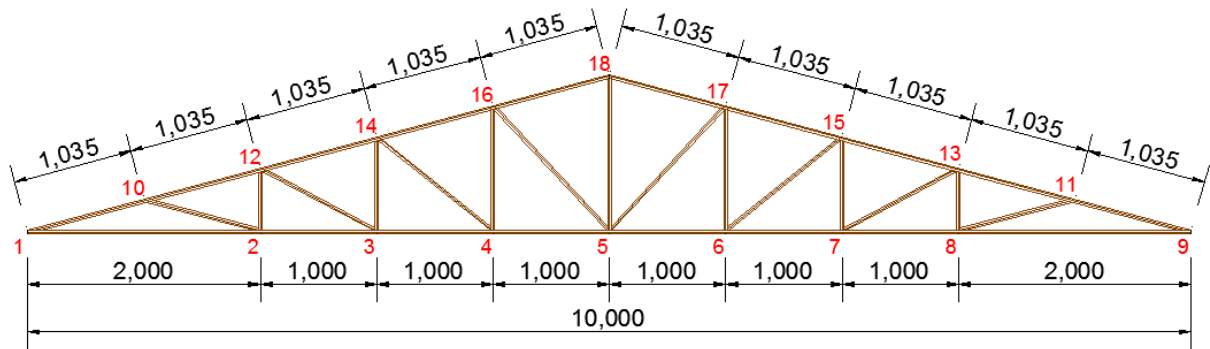
Observou-se que houve uma diferença de cerca de 6 a 12% na área das seções transversais das terças considerando as velocidades básicas do vento extremas, ou seja, 0 e 48 m/s.

3.3. Volume de madeira considerando seção calculada

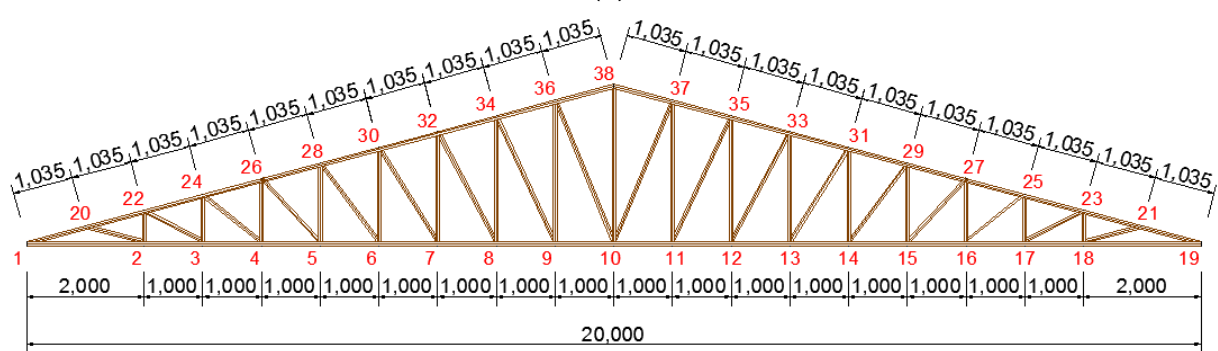
A Figura 3 apresenta a numeração dos nós das tesouras em estudo de acordo com os vãos, sendo as dimensões em metro.



(a)



(b)



(c)

Figura 3. Numeração dos nós das tesouras para vão de: (a) 5 m, (b) 10 m e (c) 20 m.

Aplicando os carregamentos nos nós com as velocidades básicas do vento iguais a 0, 24 e 48 m/s, foram obtidas as menores seções transversais para as quais as tensões solicitantes eram iguais às resistências da madeira e, multiplicadas pelo comprimento das barras, foram encontrados os volumes de madeira para as tesouras, conforme apresentado na Figura 4. Ressalta-se que a verificação do estado limite de serviço para deslocamento vertical no meio do vão da tesoura foi atendido para todos os casos.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

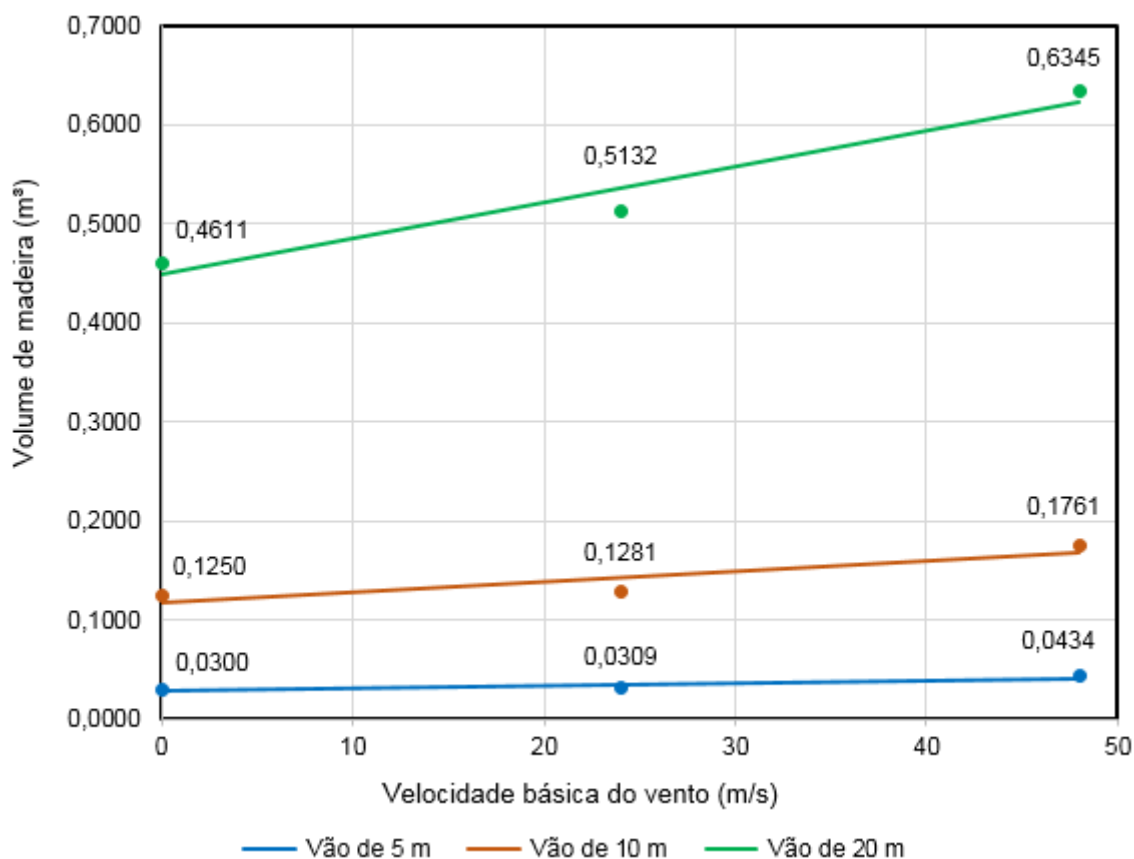


Figura 4. Volume de madeira x velocidade básica do vento para os vãos estudados considerando as seções transversais calculadas.

Verificou-se que o aumento da velocidade básica do vento de 0 para 48 m/s resultou em maiores volumes de madeira para a produção das tesouras, com aumentos de aproximadamente 31% e 29% para os vãos de 5 e 10 metros respectivamente. Já a tesoura com vão de 20 metros apresentou uma variação menor no volume de madeira entre as mesmas velocidades: cerca de 27%.

3.4. Volume de madeira considerando seção mínima da norma

A norma NBR 7190 (ABNT, 1997) considera que a seção mínima para barras simples de treliça deve ser igual a 5 cm com área não inferior à 50 cm². Desta forma, as barras que apresentaram valores inferiores à estas dimensões foram redimensionadas, visando atender a recomendação da norma.

Na Figura 5 são apresentadas as variações dos volumes de madeira para os vãos de 5, 10 e 20 metros nas condições de vento estudadas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

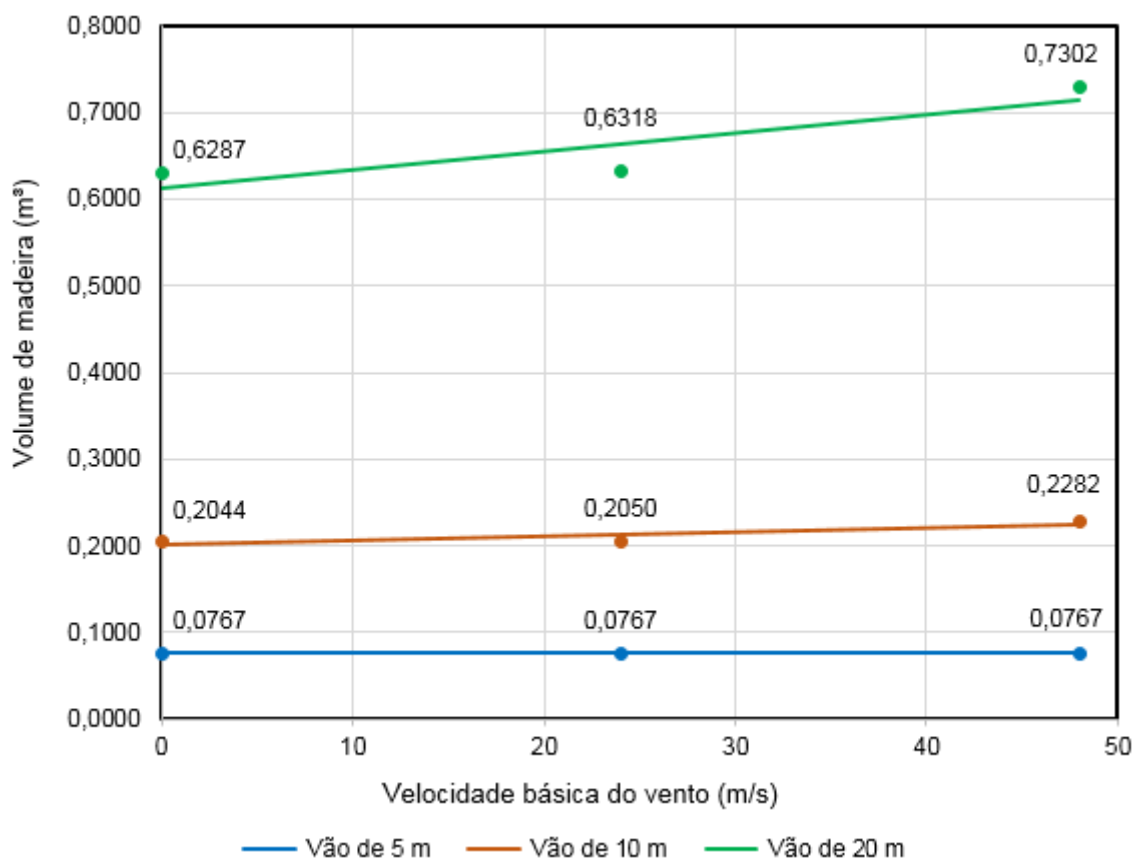


Figura 5. Volume de madeira x velocidade básica do vento para os vãos estudados considerando dimensões mínimas de norma.

Constatou-se que, atendendo as recomendações da norma, a diferença entre os volumes de madeira em tesoura com vão igual a 5 metros para as três condições de vento foi nula, não justificando a desconsideração do efeito do vento em edificações quando o vão é relativamente pequeno.

No caso da tesoura com vão de 10 m, observou-se uma variação de cerca de 10% no volume de madeira entre a desconsideração da ação do vento e a utilização da velocidade básica do vento máxima para a região em estudo.

Para a tesoura com vão de 20 metros, a variação no volume de madeira entre as velocidades básicas do vento de 0 e 48 m/s foi de aproximadamente 14%.

Em suma, a Figura 6 exibe a comparação entre os volumes de madeira mínimos calculados e considerando as seções mínimas estabelecidas pela norma.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



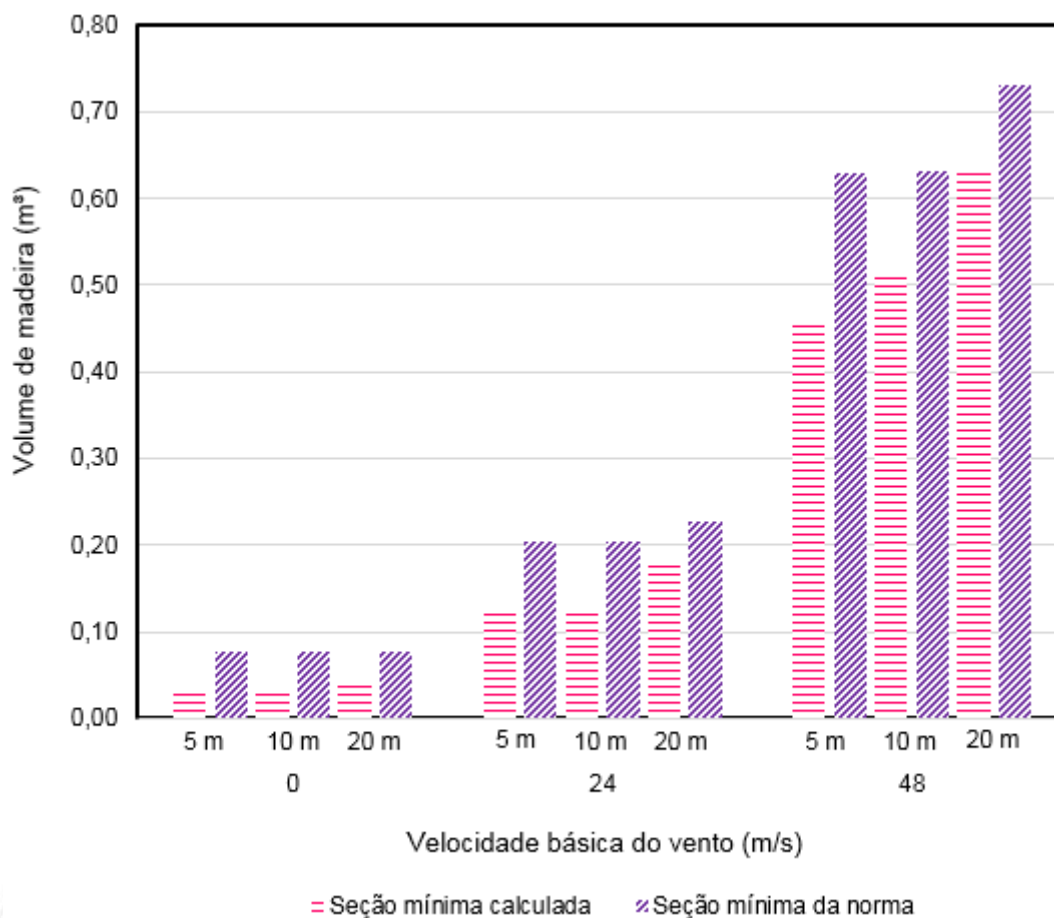


Figura 6. Volume de madeira x velocidade básica do vento para os vãos estudados considerando as dimensões mínimas calculadas e as de norma

Verificou-se que a diferença de volume considerando os valores extremos de velocidade básica do vento foi maior entre as dimensões mínimas calculadas do que as dimensões segundo a norma.

4. CONCLUSÕES

Na análise do efeito do vento no dimensionamento das terças, concluiu-se que para os vãos em estudo só houve diferença nas dimensões entre as velocidades básicas do vento de 24 e 48 m/s (até 12%).

Com relação às tesouras, a partir dos resultados obtidos inicialmente, observou-se que houve uma diferença significativa (cerca de 30%) no volume de madeira necessário ao considerar os valores extremos de velocidade básica do vento, ou seja, 0 e 48 m/s. Entretanto, um projeto deve garantir segurança e confiabilidade, e, desta forma, seguir recomendações normativas.

Logo, as seções transversais adotadas neste estudo foram as que respeitam as dimensões mínimas da norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Entre essas, notou-se que a diferença no volume de madeira demandado foi menor (inferior a 15%) ao considerar os



valores extremos de velocidade básica do vento (0 e 48 m/s), sendo que quanto menor o vão, menor essa diferença.

Portanto, concluiu-se que, por mais que demande maior volume de madeira ao considerar em um projeto a ação do vento atuando sobre uma edificação, essa consideração é de suma importância para garantir a segurança da obra e para evitar maiores desastres causados pelo efeito do vento, como ruínas parcial e total da edificação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANASTÁCIO, R. S. A. Especificação de proteção fogo para estruturas de madeira. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado em Construções Civis) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. 5 p. Rio de Janeiro, 1980.

_____. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. 66 p. Rio de Janeiro, 1988.

_____. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. 107 p. Rio de Janeiro, 1997.

BRASILIT. Guia Técnico de Telhas de Fibrocimento e Acessórios para Telhado. 2014. Disponível em: <http://www.brasilit.com.br/sites/default/files/catalogos_folhetos/Cat%C3%A1logo-TelhasDeFibrocimento-Brasilit_2.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2017.

CALIL JUNIOR, C. et al. Manual de projeto e construção de pontes de madeira. São Carlos: Suprema, 2006. 252 p.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. Comportamento da madeira a temperaturas elevadas. 2009. Ambiente Construído, v. 9, n. 4, p. 157-174, 2009.

MOLITERNO, A. Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TOLEDO. Plano Integrado Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Toledo. 1ª ed. Toledo, 2007. 136 p.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Buddhist Monuments in the Horyu-ji Area. Disponível em: <<http://whc.unesco.org/en/list/660/>>. Acesso em: 02 mai. 2017.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DA CRISTALINIDADE DA POLPA COMERCIAL DE CELULOSE INCUBADAS POR DIFERENTES TEMPOS EM DIGESTATO ANAERÓBIO

Maressa Mendonça¹
Maryella Júnna Ferreira e Silva¹
Kevin M. Holtman²
Greg Glenn³
Delilah Wood²
Tina Williams⁴
William J. Orts²
Gustavo Henrique Denzin Tonoli⁵

¹ Universidade Federal de Lavras

² Bioproducts Research Unit / United States Department of Agriculture

³ Bioproducts Research Unit

⁴ United States Department of Agriculture

⁵ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

ANÁLISE DA CRISTALINIDADE DA POLPA COMERCIAL DE CELULOSE INCUBADAS POR DIFERENTES TEMPOS EM DIGESTATO ANAERÓBIO

Resumo: O objetivo deste trabalho foi analisar a influência da incubação de fibras de polpa celulósica de eucalipto em digestato anaeróbico (AD-sobrenadante) sobre a cristalinidade da fibra de celulose. A polpa foi incubada em sobrenadante de AD durante 5, 10 e 20 dias. Foram determinadas as bactérias no sobrenadante por análise de 16 S, sendo *Bacteroides graminisolvens* (66%) e *Parabacteroides chartae* (28%). As enzimas dos microrganismos removeram parcialmente os componentes amorfos e aumentaram a cristalinidade e o tamanho do cristalito do substrato de celulose. Os dados de difração de raios X evidenciam que a porção amorfa da celulose sofreu hidrólise mais rápida que a porção cristalina. Pré-tratamentos para a produção de biocombustíveis, nanofibrilas de celulose ou transformação de celulose em larga escala podem ser feitas utilizando este processo de digestão anaeróbica.

Palavra-chave: paredes celulares de plantas, fibras lignocelulósicas, digestão enzimática, hidrólise.

ANALYSIS OF CRYSTALLINITY OF COMMERCIAL PULP OF CELLULOSE INCUBATED BY DIFFERENT TIMES IN ANAEROBIC DIGESTATO

Abstract: This work aimed to analyze the influence of a microorganism - rich digestate (mesophilic anaerobic liquid – AD-supernatant) on the crystallinity of the eucalyptus cellulose fiber. The pulp was incubated in the AD supernatant for 5, 10 and 20 days. The bacteria were determined in the supernatant by 16 S analysis, being *Bacteroides graminisolvens* (66%) and *Parabacteroides chartae* (28%). The enzymes of the microorganisms partially removed the amorphous components of cellulose and increased the crystallinity and crystallite size of the cellulose substrate. The X-ray diffraction data provided evidence that the amorphous portion of the cellulose underwent hydrolysis faster than the crystalline portion. Production of biofuels, cellulose nanofibrils or large-scale cellulose processing can be done using the anaerobic digestate.

Keywords: plant cell walls, lignocellulosic fibers, enzymatic digestion, hydrolysis.

1. INTRODUÇÃO

Processamento de fibras, polpação (JIMÉNEZ et al. 2000), branqueamento (LIN et al. 2013), aplicações em compósitos reforçados com fibras (CHANLIAUD et al. 2004) e nanocompósitos (HENRIKSSON et al. 2008), matéria prima para biocombustível (LAUREANO-PEREZ et al. 2005), podem ser melhorados através de modificação enzimática. Os microrganismos que isolam enzimas têm o potencial em ser uma poderosa ferramenta em modificação da celulose através de várias reações de degradação (CAO e TAN 2005).

Um fator que influencia na aplicação e no desempenho funcional das fibras vegetais é o grau de cristalinidade (SEGAL et al. 1959). O teor cristalino aumenta com o tratamento enzimático devido à degradação por enzimas nas regiões amorfas (CAO e TAN 2005). O grau de cristalinidade é controlado utilizando tratamentos ácidos ou alcalinos concentrados durante um período de tempo e temperatura controlada. Isto facilita a entrada e hidrólise das regiões amorfas. Tratamentos alcalinos e ácidos geram grandes quantidades de resíduos. Já o enzimático é um processo ambientalmente correto com condições de hidrólises suaves, sem utilização de solventes ou reagentes químicos. (MEYABADI e DADASHIAN 2012).

A decomposição anaeróbia proporciona uma alternativa para a obtenção de fontes de baixo custo que podem modificar substratos celulósicos. A decomposição é feita por um

consórcio de microrganismos que produz uma série de transformações bioquímicas que resultam em dióxido de carbono e metano. As enzimas produzidas reduzem materiais poliméricos em moléculas pequenas para passar através de paredes celulares bacterianas. As bactérias irão se adaptar ao longo do tempo à composição do substrato produzindo as enzimas mais adequadas para decompor o alimento disponível no sistema.

Poucos estudos tem sido relatados usando bactérias anaeróbias em comparação a bactérias aeróbicas para modificação de celulose. Neste trabalho, as fibras de celulose de eucalipto branqueadas foram expostas a um digestor com microrganismos anaeróbios para diferentes períodos de incubação (5, 10 e 20 dias) para determinar o efeito do tratamento quanto à morfologia e cristalinidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Utilizou-se como matéria-prima inicial a celulose branqueada de eucalipto (híbrido: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*). A porção de fração de celulose foi composta por 92,2% em peso de alfa celulose, 6,9% em peso de beta celulose e 0,9% em peso de gama celulose, de acordo com o padrão TAPPI T 203 cm-99 (TAPPI 2009). Os seus teores de hemiceluloses (SCAN STANDARD 1962) e lignina (SCAN STANDARD 1977) foram 13,9% em massa e 0,1% em massa, respectivamente; Enquanto que os conteúdos extrativos (SCAN STANDARD 1962) e cinzas (SCAN STANDARD 1962) foram, aproximadamente, 0,1% em peso e 0,6% em peso, respectivamente.

2.2 Preparação do digestor anaeróbio líquido (sobrenadante AD)

O digestor anaeróbio líquido (sobrenadante AD) foi obtido a partir de um reator anaeróbio de sólidos médios (20% sólidos) mantido em um substrato de polpa de papel obtido de autoclavagem a vapor de resíduos sólidos municipais (MSW). O sistema de digestão anaeróbia era constituído por um frasco de quatro tubuladuras de 5 L equipado com um tubo de retirada submerso, 2 linhas de retorno e uma saída de gás. Foi obtido o digestor anaeróbio líquido (sobrenadante AD) a partir da alimentação de reator anaeróbio sólidos (20% sólidos) com substrato de polpa de celulose. O reator foi concebido para que a população bacteriana ficasse contida num meio de crescimento, de tal modo que apenas o permeado de líquido foi retirado e recirculado. Foi a partir desta linha de recirculação que se obteve o sobrenadante AD contendo as enzimas extracelulares para o tratamento da polpa de celulose. A amostragem deste recirculado proporcionou as enzimas extracelulares para o tratamento da polpa kraft de celulose branqueada.

2.3 Caracterização do sobrenadante de AD

O sobrenadante de AD foi diluído em série e plaqueado em ágar de álcool de feniletilo anaeróbio (APEA), e sobre agar de tripticata de soja (TSA) com 5% de sangue de ovelha (BA), como relatado em Tonoli et al.(2016). As placas foram incubadas sob condições anaeróbicas a 35±1°C durante 72 h. As morfologias de colônias únicas foram contadas e, em seguida, foram isoladas em BA sob condições anaeróbicas. O ADN foi extraído de colônias isoladas. Os iniciadores BSS5 e BSS3 foram utilizados para amplificar o 16S rDNA. Estas sequências nucleotídicas foram comparadas com as do GenBank do National Center for Biotechnology Information. As identificações bacterianas foram finalmente realizadas e apenas foram relatadas as seis espécies bacterianas mais numerosas, juntamente com o meio e a diluição utilizada para a quantificação.

2.4 Tratamento digestor

As fibras de celulose foram submetidas ao moinho de Wiley para passar em uma malha de 0,5 mm de modo a obter partículas de fibra com as suas extremidades mais reativas ao

tratamento enzimático. A polpa moída (controle) foi então colocada em contato direto com o sobrenadante AD numa concentração de cerca de 0,06 g de sólidos por mL de sobrenadante AD e mantida em sistema fechado a 37°C por até 20 dias. As amostras foram retiradas após 5, 10 e 20 dias e centrifugadas para separar as substâncias solubilizadas do material a ser analisado. A fim de estimar a perda de massa durante o tratamento, as amostras foram distribuídas em tubos de diálise de 20 kD, Incubadas durante o mesmo período, calculando-se a diferença de massa entre as quantidades de medidas residuais iniciais e finais.

2.5 Morfologia da fibras

Utilizou-se um microscópio óptico de luz composta (LOM) Leica DM4000B para a investigação inicial da morfologia das fibras moídas (controladas) e tratadas. As suspensões foram previamente coradas com uma gota de solução de etanol-safranina (0,5% v / v) de modo a aumentar o contraste entre as fases. A birrefringência das fibras tratadas foi monitorizada por luz polarizada e tomaram-se micrografias a partir de amostras típicas.

2.6 Difração de raios X (DRX) e densidade verdadeira das fibras

Os padrões de difração de raios X (XRD) foram medidos (em duplicata) para as fibras trituradas e tratadas com um difratômetro de raios-X (Philips DY971), utilizando radiação $\text{CuK}\alpha$ a 45kV e 40mA. Não foram tomadas providências para orientar os cristalitos. A radiação dispersa foi detectada na faixa de $2\theta = 5-40^\circ$, a uma taxa de varredura de $2^\circ/\text{min}$. Esta configuração deu uma largura de pico a meia altura máxima (pwhm) para areflexão (200) de cerca de $2\theta = 2,5^\circ$, o que foi considerado adequado para o nosso propósito. O índice de cristalinidade (IC) foi estimado a partir das alturas do pico (200) $2 \times 22,5^\circ$ e a intensidade mínima entre os picos (110) e (200) (2θ entre 16° e 22°) que está relacionada com a fração amorfa (FRENCH 2014) de acordo com o método Segal estabelecido (SEGAL et al. 1959). Apesar de várias objeções de outros pesquisadores (PARK et al. 2010; AGARWAL et al. 2010), o método Segal continua a ser um método aceito para estimar o grau de cristalinidade para os materiais. Uma segunda amostra controle foi ainda moída mecanicamente em um moinho de bolas por cerca de 3 h para obter um padrão de celulose amorfa (AGARWAL et al. 2010; BERTRAN e DALE 1986).

O tamanho de cristalito (CS) foi estimado através do uso da Equação de Scherrer (1) (CAO e TAN 2005; HEIZE e LIEBERT 2001):

$$CS = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} (1)$$

Onde: CS é o tamanho (em nm) perpendicular ao plano da retícula representado pelo pico relacionado ao plano (200); K é uma constante cristalina ($K = 0,89$); Comprimento de onda do raio X incidente ($1,5425 \text{ \AA}$); θ é o ângulo de Bragg correspondente ao plano (200) (isto é metade do valor 2θ na posição do pico); E β a largura do pico à metade da altura máxima (pwhm, em radianos) da reflexão (200).

Determinou-se também a densidade verdadeira das fibras para monitorizar a influência da exposição ao sobrenadante de AD sobre a estrutura da fibra. Cerca de dez valores de densidade verdadeira para cada tratamento foram medidos utilizando um picnômetro de gás (Hélio) (PycnômetroAccuPyc II 1340 Series, MicromeriticsInstrumentCo.).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Identificação microbiana no sobrenadante AD

Foram isoladas seis espécies bacterianas a partir do sobrenadante de AD. A maioria da população bacteriana foi composta por duas espécies, *Bacteriodes graminsolvens* 78×10^6

CFU/mL e *Parabacteroides chartae* 33×10^6 CFU/mL. As demais espécies foram *Clostridium sartagoforme* 3×10^6 CFU/mL, *Parabacteroides distasonis* 2×10^6 CFU/mL, *Clostridium bifermentans* 1×10^6 CFU/mL e *Clostridium butyricum* 1×10^6 CFU/mL. As espécies bacterianas podem ter sido isoladas de BA e APEA e de várias diluições, mas apenas as placas de diluição que forneceram a maior quantidade estão listadas aqui. Entre as espécies bacterianas identificadas, *Bacteroides graminisolvens* constituiu cerca de 66% da população total na solução de sobrenadante de ADN. *Bacteroides graminisolvens* é notada por sua atividade de enzima hidrolítica em celulose (por exemplo, celulases) e hemiceluloses (por exemplo, xilanases) e seu papel na degradação de lignocelulósicos (McGAVIAN e FORSBERG 1988; CHASSARD et al. 2010).

Parabacteroides chartae e *Parabacteroides distasonis* também foram identificados no sobrenadante de AD. Parabacteroides são principalmente sacarolítico, produzindo ácido acético e ácido succínico como os principais produtos finais da fermentação (TAN et al. 2012). A maioria das espécies do gênero Parabacteroides foi isolada de fezes humanas e espécimes clínicos (SIMMON et al. 2008).

Além disso, foram identificados três membros do gênero Clostridium (*Clostridium sartagoforme*, *Clostridium bifermentans* e *Clostridium butyricum*). A família Clostridia produz uma série de poderosas enzimas extracelulares (ex. desidrogenases e celulases) que estão envolvidas na degradação de materiais lignocelulósicos (WIRTH et al. 2012). Suas trajetórias bioquímicas diversas levam à desagregação e bioconversão de compostos orgânicos como açúcares e moléculas lignocelulósicas a H₂, CO₂, butanol, ácidos orgânicos (por exemplo, ácidos butírico e acético) e acetona (LEJA et al. 2011; EZEJI et al. 2007; NICOLAOU et al. 2010). A isolamento e caracterização do solvente mesófilo (porque é usado para a produção de vários solventes). As cepas clostridianas do rúmen produzindo xilanase isenta de celulase foram relatados em outros trabalhos (MITCHELL et al. 1995; SANKAR et al. 2003). A produção rápida de xilanase isenta de celulase por *Clostridium bifermentans* mesofílico foi relatada por Marichamy et al. (MARICHAMY et al. 2005), e espera-se que sejam úteis no tratamento da corrente de efluentes da indústria de celulose e papel.

3.2 Características morfológicas das fibras

A figura 1 mostra imagens das fibras de polpa de celulose depois de serem moídas. Este processo de moagem reduziu o comprimento médio das fibras significativamente (de ~ 0,7 mm para ~ 0,3 mm), mas aumentou a sua capacidade de dilatação. Este processo de moagem provavelmente aumenta o inchaço por fratura de algumas das fibrilas e aumentando a sua área de superfície disponível. Espera-se que a moagem aumente o acesso enzimático aos componentes da fibra e facilite a degradação enzimática. DASARI et al. (2007).

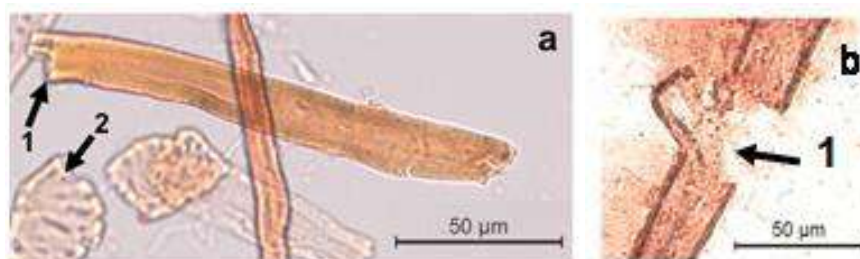


Figura 1. Imagens típicas de microscopia óptica - OM (400x) das fibras de celulose de controle: (a) na luz transmitida; A seta 1 mostra extremidades quebradas das fibras após moagem; A seta 2 mostra um elemento de recipiente; (b) micro / nanofibrilas com ruptura após 20 dias de tratamento.

As mudanças drásticas na morfologia superficial das fibras de polpa de eucalipto antes e depois da incubação no sobrenadante de AD foram observadas usando FESEM. Figura b teve um rompimento causado pela hidrólise enzimática.

3.3 Alterações na cristalinidade por medições de DRX

A Figura 2 mostra os difratogramas de raios X (DRX) das fibras trituradas (controle), de fibras expostas ao digestor anaeróbio líquido durante 5, 10 e 20 dias, e de celulose amorfa padrão (por moagem de bolas). Conforme esperado, o difratograma de raios X de celulose amorfa preparada por moagem de bolas (como mostrado na Fig. 5) revelou apenas um fundo difuso sem qualquer intensidade de pico a partir de $2\theta = 10^\circ$ e $2\theta = 40^\circ$. Os resultados indicam que a amostra moída em bola é completamente amorfa, como também relatado por AGARWAL et al. (2010) usando 2 h de moagem de bolas.

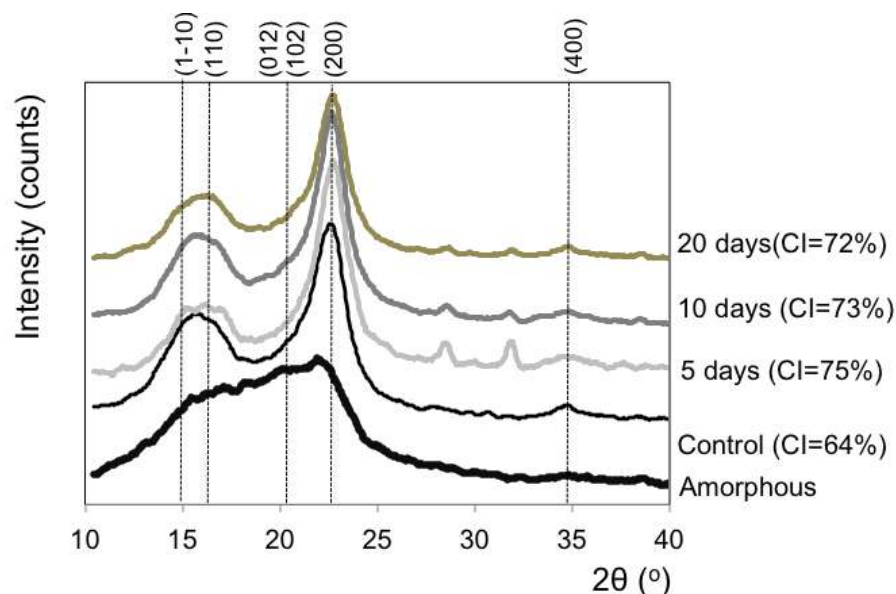


Figura 2. Curvas típicas de difração de raios X (DRX) das fibras moídas (controle), fibras expostas a 5, 10 e 20 dias em AD digestato anaeróbico sobrenadante líquido e celulose amorfa obtida por tratamento com moagem de bolas. O índice de cristalinidade (IC) de celulose amorfa não foi determinado porque não foram detectados picos de difração ou eram muito pequenos para serem medidos.

Os padrões DRX das fibras apresentaram protuberâncias largas amorfas e picos cristalinos que são típicos de materiais semicristalinos. Todas as amostras de fibras exibiram um pico acentuado a $2\theta = 22,6^\circ$, que é atribuído ao plano de rede da celulose (200). Os dados DRX mostraram uma pequena variação na posição do pico da celulose I (200) para as fibras moídas (figura 1), o que foi atribuído a diferenças na geometria da amostra. O pico do plano (200) nas fibras tratadas tornou-se mais nítido do que a fibra original (controle), o que é indicativo de uma maior cristalinidade pelo menos em relação ao plano (200) (CAO e TAN 2004). Os dois picos de difração mais fracos que se sobrepõem a $2\theta = 14,8^\circ$ e $2\theta = 16,3^\circ$ são atribuídos aos planos de celulose I (KLEMM et al. 2005; BESBES et al. 2011), respectivamente (110) e (110).

A celulose I é uma estrutura composta por unidades repetitivas de β - (1 \rightarrow 4) -D-glucopiranosose com blocos de construção de cadeias paralelas de glucano (PAAKKO et al. 2007). Figura 1 mostra que a separação dos picos a $2\theta = 14,8^\circ$ e $2\theta = 16,3^\circ$ torna-se mais distinta para a fibra exposta a hidrólise enzimática durante 5 dias mas menos para 10 e 20 dias, embora o grau de separação seja inferior ao relatado para madeira macia exposta à celulase e endoglucanase (CAO e TAN 2004). A separação destes picos (110 e 110) também foi observada por CHAN et al 2013 com crescente cristalinidade das fibras. O pico em torno de $2\theta = 35^\circ$ corresponder a (004) planos de rede tornou-se menos afiada após a hidrólise, como observado por SATHITSUKANO et al. (2011). No entanto, FRENCH (2014) relatou que este pico em torno de $2\theta = 35^\circ$ pode ser um composto de várias reflexões devido à ausência de orientação preferencial dos cristais. Da mesma forma, o ombro do pico em torno de $2\theta = 20,5^\circ$ correspondente aos planos (012) e (102) tem uma tendência para

aumentar em intensidade por 10 e 20 dias de tratamento enzimático, como relatado por CAO e TAN(2005). FRENCH (2014), espera-se uma pequena contribuição da orientação do cristal para a intensidade em $2\theta = 20,5^\circ$. A partir destes dados, o índice de cristalinidade foi determinado

As fibras expostas ao AD sobrenadante apresentaram um maior índice de cristalinidade (IC) do que o controle devido à ruptura da holocelulose amorfa (hemiceluloses + celulose) envolvendo e incorporando os cristalitos de celulose. Como consequência da ação enzimática dos microrganismos a partir do sobrenadante AD, é importante salientar que este aumento aparente na cristalinidade foi muito provavelmente devido à remoção de domínios amorfos e não devido a um aumento na ordem das regiões menos ordenadas. HASSAN et al. (2014).

A diminuição da cristalinidade com períodos de incubação superiores a 5 dias (ie 10 e 20 dias) é devida à degradação contínua dos domínios amorfo e cristalino com o tempo de exposição. Outra explicação para a cristalinidade inferior é que essas amostras podem ser compostas por cristais menores (FRENCH e CINTRON 2013). Durante a degradação, a energia intramolecular e intermolecular de ligação de hidrogênio diminuem(MANSFIELD e MEDER 2003; CAO e TAN 2004). Espera-se que as enzimas ataquem preferencialmente as regiões amorfas e depois os pequenos cristalitos. Portanto, o tamanho de cristalito(CS) das fibras de celulose aumentou durante a hidrólise para os períodos de incubação mais longos (tabela 2), como também foi relatado anteriormente (CAO e TAN 2005). A acessibilidade das regiões amorfas e cristalinas da estrutura de celulose é uma questão importante (MOXLEY et al. 2008), uma vez que as regiões cristalinas são degradadas quando regiões amorfas não são mais acessíveis. Como resultado, as estruturas de cristais que estavam separadas no período inicial de exposição à hidrólise e são facilmente acessíveis são susceptíveis de degradação mesmo quando regiões de material amorfo menos acessível podem ainda estar presentes.

Tabela 1. Índice de cristalinidade (IC), tamanho de cristalito (CS) e densidade real da fibra controle (polpa moída) e fibras expostas a 5, 10 e 20 dias no digestor anaeróbio líquido (sobrenadante AD).

	Controle	5 dias	10 dias	20 dias
Índice de cristalinidade – CI (%)	64	75	73	72
Tamanho do cristalito – CS (nm)	3.4	4.2	3.9	4.1
Densidade real (g/cm^3)	1.44 ± 0.02	1.48 ± 0.03	1.61 ± 0.02	1.57 ± 0.05

A Tabela 1 mostra também que a densidade verdadeira das fibras de celulose aumenta com o aumento do índice de cristalinidade. Isto proporciona evidência de que as regiões amorfas (estrutura menos empacotada na fibra) foram mais rapidamente e hidrolisadas do que as regiões cristalinas (mais densas).

4. CONCLUSÕES

As espécies bacterianas identificadas reconhecidas no sobrenadante AD proporcionam uma gama de potentes enzimas extracelulares capazes de hidrolisar lignocelulósicos. Em seguida, as propriedades morfológicas e físicas da fibra de polpa de eucalipto foram substituídas por incubação em sobrenadante de AD. A hidrólise enzimática removeu parcialmente os componentes amorfos da fibra de polpa resultando num maior conteúdo cristalino. O aumento do índice de cristalinidade e do tamanho do cristalito da celulose mostrou uma evidência de que a porção amorfa da celulose sofreu hidrólise mais rápida do que a porção cristalina.

5. AGRADECIMENTOS

Por seu apoio financeiro, os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - Processo BEX 14459 / 13-2), Conselho Nacional de

Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq - Processo 484082 / 2013-2 e 506506 / 2013-4), A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Além disso, a Rede Brasileira de Compostos Lignocelulósicos e Nanocompósitos (RELIGAR), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais (UFLA) e Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira (UFLA), Brasil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agarwal UP, Reiner RS, Ralph SA. Cellulose I crystallinity determination using FT-Raman spectroscopy: univariate and multivariate methods. *Cellulose* (2010) V.17, 721–733.

Bertran MS, Dale BE. Determination of cellulose accessibility by differential scanning calorimetry. *J Appl Polym Sci* 1986; v.3, n. 3. 4241-4253.

Besbes I, Vilar MR, Boufi S. Nanofibrillated cellulose from TEMPO oxidized eucalyptus fibres: Effect of the carboxyl content. *Carbohydr Polym* 2011;v.84, n. 3. 975-983.

Cao Y, Tan H. Study on crystal structures of enzyme-hydrolyzed cellulosic materials by X-ray diffraction. *Enzyme Microb Technol* 2005; v.36, n. 2.314-317.

Cao Y, Tan H. Structural characterization of cellulose with enzymatic treatment. *J Molec Struc* 2004; v.705, n.1.189-193.

Chan CH, Zakaria S, Ahmad I, Dufresne A. Production and characterisation of cellulose and nano-crystalline cellulose from kenaf core wood. *BioResources* 2013; v.8, n.1. 785-794.

Chanliaud E, De Silva J, Strongitharm B, Jeronimidis G, Gidley MJ. Mechanical effects of plant cell wall enzymes on cellulose/xyloglucan composites. *The Plant Journal* 2004; v.38. n.1. 27-37.

Chassard, C., Goumy, V., Leclerc, M., Del'homme, C. & Bernalier-Donadille, A. (2007). Characterization of the xylan-degrading microbial community from human faeces. *FEMS Microbiol Ecol* v.61, n. 1. 121–131.

Dasari, Rajesh K., and R. Eric Berson. "The effect of particle size on hydrolysis reaction rates and rheological properties in cellulosic slurries." *Applied biochemistry and biotechnology* (2007): 289-299.

Ezeji TCL, Qureshi N, Blaschek HP (2007). Bioproduction of butanol from biomass: from genes to bioreactors. *Curr. Opin. Biotechnol.* V.18, n.3. 220-227.

French AD, Cintrón MS. Cellulose polymorphy, crystallite size, and the Segal Crystallinity Index. *Cellulose* 2013; v.20, n. 1. 583-588.

Heinze T, Liebert T. Unconventional methods in cellulose functionalization. *Prog Polym Sci* 2001; v.26, n. 9. 1689-762.

Henriksson M, Berglund LA, Isaksson P, Lindstrom T, Nishino T. Cellulose nanopaper structures of high toughness. *Biomacromolecules* 2008; v.9, n.6.:1579-1585.

Hopkins, M. J., Englyst, H. N., Macfarlane, S., Furrie, E., Macfarlane, G. T. & McBain, A. J. (2003). Degradation of cross-linked and noncross-linked arabinoxylans by the intestinal microbiota in children. *Appl Environ Microbiol* v.69, n. 11. 6354–6360.

Jiménez L, Pérez I, García JC, López F, Ariza J. Influence of oxygen bleaching variables of enzyme-treated soda pulp from wheat straw on the quality of black liquor. *Process Biochem* 2000; v.35, n.7. 685-691.

Klemm D, Heublein B, Fink HP, Bohn A. Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material. *AngewChemInt Ed* 2005; v.44, n.22. 2-37.

Laureano-Perez L, Teymouri F, Alizadeh H, Dale B. Understanding factors that limit enzymatic hydrolysis of biomass. *ApplBiochem Biotechnol* 2005; v.124. 1081-1099.

Leja, K.;Czaczyk, K.;Myszka, K. Biotechnological synthesis of 1,3-propanediol using *Clostridium* ssp. *African Journal of Biotechnology* V.10, n. 54, pp. 11093-11101, 19 September, 2011.

Lin X, Han S, Zhang N, HuH, Zheng S, Ye Y, Lin Y. Bleach boosting effect of xylanase A from *Bacillus halodurans* C-125 in ECF bleaching of wheat straw pulp. *Enzyme Microb Technol* 2013; v.52, n. 11. 91-98.

Mansfield SD, Meder R. Cellulose hydrolysis – the role of monocomponent cellulases in crystalline cellulose degradation. *Cellulose* 2003; v.10, n.2. 159-169.

McGavin M., Forsberg C.W. Isolation and Characterization of Endoglucanases 1 and 2 from *Bacteroides succinogenes* S85. *Journal of Bacteriology*, 1988, p. 2914-2922 V.170, N. 7.

Marichamy S, B. Mattiasson B. Rapid production of cellulase-free xylanases by solventogenic *Clostridia* from rumen. *Enzyme and Microbial Technology* v. 37. N.5 (2005) 497–504.

Meyabadi TF, Dadashian F. Optimization of enzymatic hydrolysis of waste cotton fibers for nanoparticles production using response surface methodology. *Fibers Polym* 2012; v.13, n. 3. 313-321.

Moxley GM, Zhu Z, Zhang Y-HP. Efficient sugar release by the cellulose solvent based Mitchell WJ, Albasheri KA, Yazdani M. Factors affecting utilization of carbohydrates by *Clostridia*. *FEMS Microbiol Rev* 1995; v.56 n.17:317–29.

lignocellulose fractionation technology and enzymatic cellulose hydrolysis. *J Agric Food Chem* 2008; v.56, n. 7885-7890.

Nicolaou S, Gaida M, Papoutsakis ET (2010). A comparative view of metabolite and substrate stress and tolerance in microbial bioprocessing: from biofuels and chemicals, to biocatalysis and bioremediation. *Metabol. Eng.* V.12, n. 4. 307-331.

Pääkkö M, Ankerfors M, Kosonen H, Nykänen A, Ahola S, Österberg M, Ruokolainen J, Laine J, Larsson PT, Ikkala O, Lindström T. Enzymatic hydrolysis combined with mechanical shearing and high-pressure homogenization for nanoscale cellulose fibrils and strong gels. *Biomacromolecules* 2007; v.8, n.6.1934-1941.

Park S, Baker JO, Himmel ME, Parilla PA, Johnson DK. Cellulose crystallinity index: measurement techniques and their impact on interpreting cellulase performance. *Biotechnol Biofuels* 2010; v.3, n. 1. 10.

Paster, B. J., Dewhirst, F. E., Olsen, I. & Fraser, G. J. (1994). Phylogeny of *Bacteroides*, *Prevotella*, and *Porphyromonas* spp. and related species. *J Bacteriol* v.176, n. 3. 725–732.

Puri VP. Effect of crystallinity and degree of polymerization of cellulose on enzymatic saccharification. *Biotechnol Bioeng* 1984; v. 26, n. 10. 1219-1222.

TAPPI Useful Method. (2009). T 203cm-99: Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp. (Atlanta, GA, USA).

Tan, H-Q.; Li, T-T; Zhu, C.; Zhang, X-Q.; Wu, M.; Zhu, X-F.. *Parabacteroides chartae* sp. nov., an obligately anaerobic species from wastewater of a paper mill. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2012 vol. 62, n. 11. 2613-2617.

Sankar M, Delgado O, Mattiasson B. Isolation and characterization of solventogenic, cellulase-free xylanolytic *Clostridia* from cow rumen. *Water Sci Technol* 2003; v.48, n. 4. 185–8.

Sathitsuksanoh N, Zhu Z, Wi S, Zhang YHP. Cellulose solvent-based biomass pretreatment breaks highly ordered hydrogen bonds in cellulose fibers of switchgrass. *Biotech Bioeng* 2011; v.108, n. 3. 521-529.

Simmon, K. E., Mirrett, S., Reller, L. B. & Petti, C. A. (2008). Genotypic diversity of anaerobic isolates from bloodstream infections. *J Clin Microbiol* v.46, n. 5. 1596–1601.

SCAN Standard. (1977) C 1:77, Kappa number.

SCAN Standard. (1962) C 7:62, Dichloromethane extract of pulp.

Segal L, Creely JJ, Martin AE, Conrad CM. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-Ray diffractometer. *Text Res J* 1959; v.29, n.10. 786-794.

Wirth, R., Kovács, E., Maróti, G., Bagi, Z., Rákhely, G., Kovács, K.L., 2012. Characterization of a biogas-producing microbial community by short-read next generation DNA sequencing. *Biotechnol. Biofuels* v.5, n. 1. 41.

Zhang Y-HP, Cui J-B, Lynd LR, Kuang LR. A transition from cellulose swelling to cellulose dissolution by o-phosphoric acid: Evidences from enzymatic hydrolysis and supramolecular structure. *Biomacromolecules* 2006; v.7, n.2. 644-648.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE CELULOSE

Carla Talita Pertille¹
Carolina Alves Carvalho¹
Francielle Santos Vieira¹
Alexsandro Bayestorff da Cunha¹
Martha Andreia Martha Brand¹
Jaqueline Valerius²

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina

² Universidade Federal do Paraná



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE CELULOSE

Resumo: O setor brasileiro de papel e celulose ganha destaque nas exportações, sendo considerado o quarto maior produtor mundial, devido principalmente a alta produtividade das florestas e extensas áreas reflorestadas. Diante disso, este trabalho objetivou analisar a dinâmica das exportações de celulose para 5 países: Holanda, China, Estados Unidos, França e Itália nos últimos 10 anos. Os dados utilizados foram os valores monetários totais (US\$) e a quantidade das exportações do Brasil de celulose (código 47.03.29), disponíveis no site da *United Nations Commodity Trade* (UN COMTRADE). Os valores totais obtidos foram deflacionados utilizando o Índice de Preços ao Consumidor Americano (CPI), obtendo-se os valores reais. Os resultados indicam que a crise mundial de 2009 teve forte influência no mercado de celulose, em especial no preço de comercialização. Porém, a partir de 2014, percebe-se um aumento na quantidade exportada. O auge da exportação mundial de celulose ocorreu em 2015, quando se exportou cerca de 56 milhões t. O principal país exportador de celulose é a China com participação de 33%, seguido dos Estados Unidos com 18%, Holanda (17%), e Itália (14%) e França (3%). Em termos nacionais, a Bahia é um dos estados com grande destaque na exportação de celulose com 23%, seguida pelo Espírito Santo (19%) e Mato Grosso do Sul (18%).

Palavras-chave: papel, exportação mundial, produtividade florestal.

ANALYSIS OF BRAZILIAN CELLULOSE EXPORTS

Abstract: The Brazilian pulp and paper sector has been important for the development of Brazil. The objective of this study was to analyze the dynamics of pulp exports to 5 countries: the Netherlands, China, the United States, France and Italy in the last 10 years. The data used were the total monetary values (US \$) and the amount of Brazilian pulp exports (code 47.03.29), available on the United Nations Commodity Trade (UN COMTRADE) website. The total values obtained were deflated using the American Consumer Price Index (CPI), obtaining the actual prices, which were analyzed graphically. The results indicate that the global crisis of 2009 had a strong influence on the pulp market, especially in the marketing price. However, as of 2014, an increase in the amount exported is noticed. The peak of world pulp exports occurred in 2015, when about 56 million tons were exported. The main pulp exporting country is China with a 33% share, followed by the United States with 18%, the Netherlands (17%), Italy (14%) and France (3%). In national terms, Bahia is one of the states with a major highlight in pulp exports with 23%, followed by Espírito Santo (19%) and Mato Grosso do Sul (18%).

Keywords: Paper, world exports, forest productivity.

1. INTRODUÇÃO

As áreas com florestas plantadas no Brasil, são expressivas, principalmente no que diz respeito à reflorestamentos com culturas de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp., que ganham destaque na produção de celulose e papel, correspondendo a cerca de 34% das áreas plantadas. (ACEF, 2016).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Desde 1950 o setor de papel e celulose vem-se desenvolvendo no Brasil. Naquela época, a indústria brasileira supria apenas 28,5% do consumo nacional, dadas as dificuldades para produção de celulose, pois a matéria-prima tradicional (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze ou pinheiro do paraná) são era encontrada em quantidades suficientes em regiões distantes dos centros produtores de papel e celulose. O eucalipto, considerado matéria prima de qualidade inferior, teve a partir do fim de 1950 o desenvolvimento de uma tecnologia específica para sua utiliza o. Com isso, na década de 1960 o Brasil passou a produzir papel com 100% de celulose de eucalipto, e a produ o de celulose de fibra curta superou   de fibra longa (GOMIDE, 1988). Na década seguinte, a política de incentivos fiscais ao reflorestamento, a atua o do Conselho de Desenvolvimento Industrial (CDI) e os investimentos com participa o do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE, hoje BNDES) contribuíram para a expansão da produ o de celulose no Brasil (REZENDE e NEVES, 1988).

O setor brasileiro de papel e celulose tem sido importante para o desenvolvimento do Brasil, pela gera o de renda, emprego, tributos e divisas, com cerca de 220 empresas operando no setor, gerando 100 mil empregos diretos e indiretos nas indústrias e nas florestas e pagamento de R\$ 1,7 bilhão de impostos (BRACELPA, 2004).

Segundo Carvalho et al. (2005), o segmento de celulose, desde o início de suas atividades no Brasil, teve em vista as exporta es e buscou operar em condi es de concorrer com os grandes produtores dos países mais desenvolvidos, em razão desse mercado ser marcado pela competi o internacional. Ao contrário, as serrarias, apesar de possuírem um considerável volume de exporta o, não se encontram no mesmo estágio de desenvolvimento.

Neste aspecto,   esperado que as fábricas de celulose atuem como exportadores mais ativos quando comparadas com as serrarias e, pressupostamente, que estas últimas sejam mais afetadas por oscila es de curto prazo de variáveis como o preço externo e a taxa de câmbio. Entre os motivos que permitem às grandes empresas, neste caso, as fábricas de celulose, suportarem as oscila es do mercado, está a capacidade financeira que origina um número significativo de alternativas diante de condi es adversas.

Dentro desse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica das exporta es brasileiras de celulose para 5 países: Alemanha, China, Estados Unidos, França e Itália nos últimos 10 anos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram séries temporais anuais do período 2006- 2016, para os valores monetários totais (US\$) e a quantidade das exporta es de celulose do Brasil (código 47.03.29), dos países "players" do comércio mundial de madeira tropical, disponíveis no site da *United Nations Commodity Trade* (UN COMTRADE).

Os valores totais obtidos pelo site correspondem aos preços nominais que possuem a infla o embutida em seu valor. Ao compará-los ao longo do tempo,   necessário retirar este efeito da infla o, deflacionando os valores, ou seja, transformando valores nominais em valores reais ou deflacionados. Para isso, deve-se utilizar um deflator que possa expressar a varia o dos preços existentes no produto e no setor analisado. Dessa forma, foi utilizado o  ndice de Preços ao Consumidor Americano (CPI), cujos valores podem ser visualizados na Tabela 1:

REALIZA O



APOIO



ORGANIZA O





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Valores do Índice de Preços ao Consumidor Americano (CPI)

Ano	CPI	Ano	CPI	Ano	CPI	Ano	CPI
2015	237.017	2013	232.962	2011	224.939	2009	214.537
2014	236.712	2012	229.604	2010	218.056	2008	215.303

A correção de valores monetários nominais para valores monetários reais considerando o Índice de Preços ao Consumidor Americano (CPI) foi feita utilizando a Equação 1:

$$Vr_{tb} = \frac{Vc_t * I_{eb}}{I_{et}} \quad (1)$$

Em que:

Vrtb - valor real - preço do tempo t deflacionado para o tempo base b escolhido;

Vct - valor nominal no tempo t.

Ieb - valor do índice escolhido (CPI) no tempo base b escolhido.

Iet - valor do índice escolhido (CPI) no tempo t.

Para fins de cálculo, o tempo base escolhido foi o ano de 2015 e o tempo t corresponde a cada ano da série anual temporal. Para melhor visualizar a evolução histórica anual do comportamento das exportações de celulose, utilizaram-se recursos de análises gráficas desenvolvidas a partir de planilhas eletrônicas e tabelas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na evolução dos valores reais das exportações brasileiras de celulose (US\$) (Figura 1), é possível notar tendência de alta nos valores de 2006. Em 2009 ocorre forte queda, oriunda da crise mundial. Em 2010 há forte retomada dos valores, tornando-se constante até 2015. Em 2016, ocorreu uma queda desses valores.

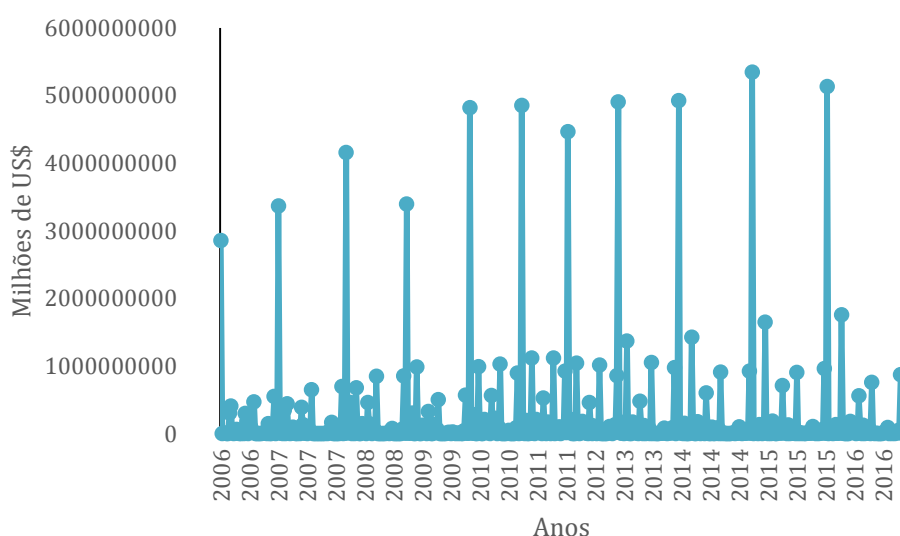


Figura 1. Comportamento das exportações de celulose (US\$) entre 2006 a 2015 em valores reais.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Analisando os dados das exportações para Alemanha, China, Estados Unidos, França e Itália, (Figura 2) percebe-se que, Estados Unidos e Itália apresentaram uma queda em 2009, enquanto que a China teve um significativo aumento, mantendo-se líder nas exportações até os dias atuais.

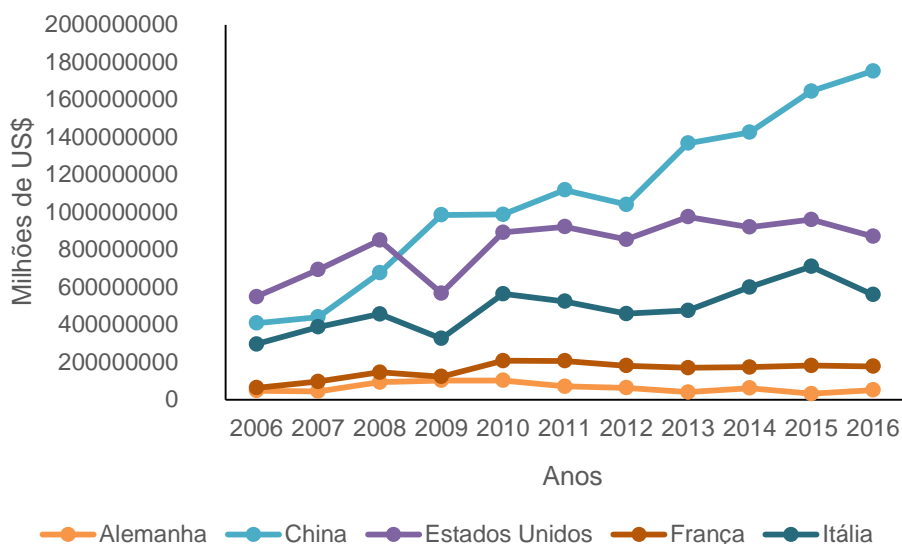


Figura 2. Comportamento das exportações de celulose (US\$) para os países selecionados durante os anos de 2008 a 2016.

Até 2008, ano da crise econômica mundial, os Estados Unidos foi o principal mercado para a celulose do Brasil, até 2008. No entanto, no período pós-crise houve uma retração da economia americana e a China passou a ser o principal mercado para a celulose brasileira. Aparentemente o mercado para este país está em franco crescimento, sendo a mola propulsora para a expansão do parque fabril da celulose brasileira e da conseqüente base florestal necessária. Fato interessante é que, mesmo na forte crise que abalou os números do setor em 2009, os valores monetários de exportação para a China tiveram aumento.

Os Estados Unidos eram o principal mercado para a celulose do Brasil até 2008. Neste ano, após a crise mundial liderada pelos americanos, houve retração em 2009. A partir de 2010 verifica-se a retomada gradual, mas não a ponto de ultrapassar o mercado chinês. A tendência é de alta leve nos volumes exportados e de estabilidade nas receitas de exportação.

A Itália indica uma tendência de sutil alta nos volumes e montantes financeiros até 2013. A partir deste ano, há uma sensível alta nas exportações da celulose brasileira para este país. Por sua vez a França mostrava tendência de alta de 2006 a 2010. A partir deste ano, há uma tendência de leve alta nos volumes exportados e leve baixa nas receitas de exportação. Os volumes de importação pela Alemanha e França mostraram-se tímidos desde 2006, não havendo indicações no histórico de exportação da celulose brasileira de picos, sem confirmação de aumento de demanda nos anos subsequentes.

De acordo com dados da ACR (2016), entre o período 2006-2015, o auge da exportação mundial de celulose ocorreu em 2015, quando se exportou cerca de 56 milhões t. Apesar deste ponto de pico, observa-se certa regularidade no crescimento das exportações, com taxa de crescimento de 2,5% a.a., equivalente a 24,7% entre 2006-2015. Em 2015 exportou-se US\$ 34,4 bilhões, com taxa de crescimento de 49,7% (4,6% a.a.) no período entre 2006-2015. Cerca de 70% da produção mundial de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

celulose foi consumida internamente nos países produtores como insumo na fabricação de papel e o restante foi exportado.

O Canadá é líder no ranking mundial de exportação de celulose, com 18% do total global. Os Estados Unidos e o Brasil seguem com respectivamente 14,9% e 14,7% do total. O Brasil mantém-se nos últimos anos em tal posição, com exportação similar à dos Estados Unidos. Estes três países respondem por praticamente metade (47,5%) da exportação mundial de celulose (Figura 3).

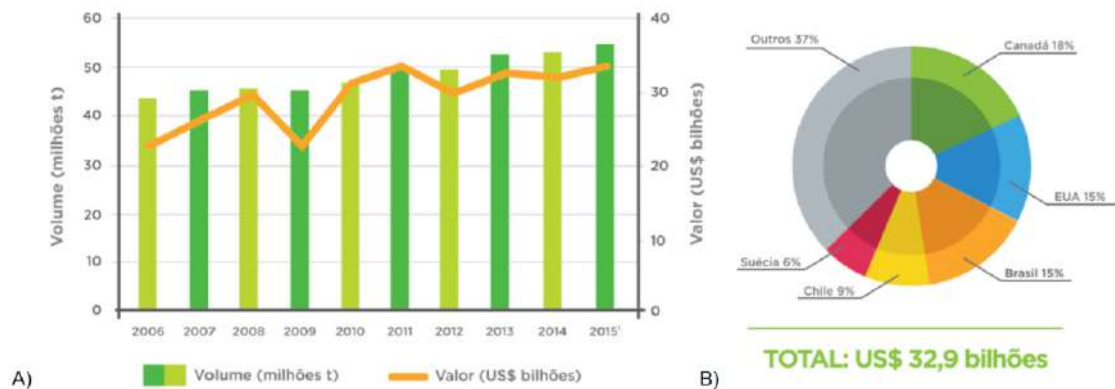


Figura 3. Evolução histórica da exportação mundial de celulose entre 2006 e 2015 (A) e principais países exportadores em 2014 (B). Fonte: FAO (2016), compilado por STCP.

Em 2015, o Brasil exportou 12,0 milhões t (US\$ 5,6 bilhões) tendo como destino principalmente a China (33%) e os Estados Unidos (18%) (Figura 4). A China historicamente é um dos maiores importadores de celulose, com potencial para ampliar essa dependência. Esse país inaugurou recentemente seis fábricas de papel que demandarão grande volume de celulose importada, visto que não tem esta capacidade instalada adicional de produção de celulose de seu mercado interno.

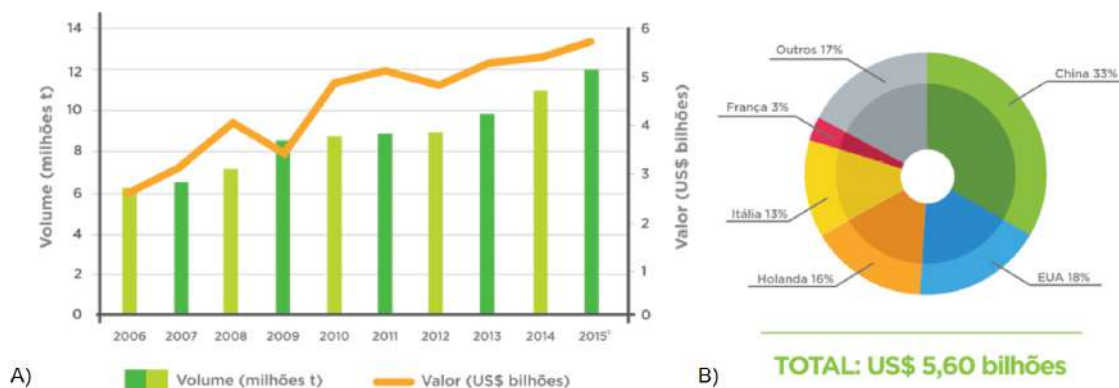


Figura 4. Evolução histórica da exportação brasileira de celulose entre 2006 e 2015 (A) e principais países exportadores em 2015 (B). Fonte: FAO (2016), compilado por STCP.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Segundo o relatório do IBÁ (2016), em 2015, a produção brasileira de celulose, considerando-se processo químico – fibra curta (eucalipto) e longa (pinus) – e pasta de alto rendimento, foi de 17,4 milhões de toneladas, montante 5,5% superior ao de 2014. O volume exportado atingiu 11,5 milhões de toneladas, representando um incremento de 8,6% em relação a 2014. Considerando uma importação de 400 mil toneladas, o volume consumido no mercado interno atingiu 6,3 milhões de toneladas, ficando praticamente estável em relação ao ano anterior. Com esses resultados, o Brasil consolidou sua posição no mercado mundial da *commodity*, ocupando o 4º lugar no ranking de maiores produtores.

Outros pontos importantes a serem debatidos sobre o mercado é a continuidade do incremento da capacidade produtiva brasileira, com um crescimento em 2016 chegando a 18.733 de toneladas. As exportações também seguem caminho de elevação, chegando em 2016 a 12.901 mil toneladas exportadas, porém o mercado continua a enfrentar dificuldade no momento com o preço praticado da tonelada que continua em baixa e com oscilação, se mantém abaixo do mesmo período de 2015 (IBÁ, 2016).

Também é importante ressaltar os fatores de competitividade brasileiros que os tornam como menor custo de produção global, como o clima favorável, a utilização de biotecnologia e de engenharia genética, que favorecem a produtividade brasileira.

Entretanto, tem-se alguns fatores de risco, como o fato de ser cíclico em função do longo período de maturação dos investimentos realizados no setor e o crescimento da produção ocorrer periodicamente e em grandes volumes, ao passo que a demanda não cresce na mesma proporção, ocasionando desequilíbrios. Dessa forma, alterna-se períodos de preços elevados no mercado internacional e fases de margens comprimidas. Além disso a Celulose gira em torno de 1,5 milhão t/ano, que se soma a um endividamento em moeda estrangeira das empresas do setor devido insumos, máquinas e tecnologia sempre de origem exterior.

Por fim temos um crescimento da produção chinesa de papel, tomando mercado brasileiro na Ásia e Europa que pode influenciar ainda mais no preço e até mesmo na demanda por produtos por parte da China.

4. CONCLUSÕES

- A crise mundial de 2009 teve forte influência no mercado de celulose, em especial no preço de comercialização. Porém, a partir de 2014, percebe-se um aumento na quantidade exportada do ano de 2014 em diante. Esse marco está relacionado ao crescimento da produção interna de celulose e à depreciação do real frente ao dólar, fatores que resultaram na expressiva elevação do valor das exportações dessa *commodity*;
- O auge da exportação mundial de celulose ocorreu em 2015, quando se exportou cerca de 56 milhões t.;
- O Brasil consolidou sua posição no mercado mundial da celulose, ocupando o 4º lugar no ranking de maiores produtores;
- O principal país que importa celulose brasileira é a China com participação de 33%, seguido dos Estados Unidos com 18%, Alemanha (17%), e Itália (14%) e França (3%);

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. Números do setor. 2004. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br>>. Acesso em: 26/04/2017.

ACEF - Associação Catarinense de Engenheiros Florestais. Anuário Estatístico de Base Florestal para o estado de Santa Catarina 2016 (ano base 2015). 108 p. 2016.

CARVALHO, R.M.M.A.; SOARES, T.S.; VALVERDE, S.R. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.15, n.1, p.105–118, 2005.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTATS. Disponível em: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/F*/E. Acesso em 20 abr 2017.

GOMIDE, J. L. Situação atual e perspectivas futuras do setor de celulose e papel no Brasil. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR/IBDF, 1988. p. 296-302.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES, IBÁ. Relatório Anual 2016. 100p. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf. Acesso em: 26 mar 2017.

REZENDE, J. L.; NEVES, A. R. Evolução e contribuição do setor florestal para a economia brasileira. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR/IBDF, 1988. p. 214-265.

UNCOMTRADE - *United Nations commodity trade statistics database*. Disponível em: <<http://comtrade.un.org/db/>> Acesso em: 20 mar. 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MADEIRA SERRADA DE CONÍFERAS

Carla Talita Pertille¹
Carolina Alves Carvalho¹
Francielle Santos Vieira¹
Alexsandro Bayestorff da Cunha¹
Martha Andreia Martha Brand¹
Jaqueline Valerius²

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina

² Universidade Federal do Paraná



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MADEIRA SERRADA DE CONIFERAS

Resumo: O crescente comércio de produtos florestais entre diferentes nações e o interesse de diversas organizações pelas florestas evidencia a intensificação da atividade florestal. Com relação ao cenário internacional, a produção da indústria brasileira de madeira serrada de coníferas teve um crescimento acentuado nas duas últimas décadas. Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivo analisar as variações na quantidade exportada entre os anos de 2007 a 2015, de madeira serrada de coníferas comercializada pelo Brasil para 5 países, sendo eles: Arábia Saudita, China, Emirados Árabes, Estados Unidos e México. Os dados utilizados foram os valores monetários (US\$) e a quantidade das exportações brasileiras de madeira serrada de coníferas (código 44.07.10), disponíveis no site da *United Nations Commodity Trade* (UN COMTRADE). Os valores monetários foram deflacionados utilizando o Índice de Preços ao Consumidor Americano (CPI), obtendo-se os valores reais. A partir disso, foi possível visualizar a evolução histórica anual do comportamento das exportações de madeira serrada. Os resultados indicam que a crise econômica global que teve início em 2008 e afetou as exportações de madeira serrada de coníferas, sendo que estas apresentaram uma trajetória de queda até o final de 2009. Além disso, a exportação mundial de madeira serrada apresentou queda de 2,6% entre 2006-2015 e de -0,3% ao ano. O principal país importador de madeira serrada de coníferas é o Estados Unidos com participação de 39% (114,3 milhões kg), seguido do México com 17% (48,2 milhões kg), China (8%), Arábia Saudita (8%) e Emirados Árabes (6%).

Palavras-chave: Brasil; Estados Unidos; madeira.

STUDY OF PRICES, TRENDS AND EXPORTS OF WOOD SERRATED OF CONIFER

Abstract: The growing trade in forest products between different nations and the interest of various organizations in the forests shows the intensification of forestry activity. Regarding the international scenario, the production of the Brazilian coniferous sawing industry has grown significantly in the last two decades. In this sense, the objective of this work was to analyze the variations in the exported quantity of coniferous lumber marketed by Brazil to 5 countries, from 2007 to 2015: Saudi Arabia, China, the United Arab Emirates, the United States and Mexico. The data used were the monetary values (US \$) and the quantity of Brazilian exports of coniferous lumber (code 44.07.10), available on the United Nations Commodity Trade (UN COMTRADE) website. The monetary values were deflated using the American Consumer Price Index (CPI), obtaining the actual values. From this, it was possible to visualize the annual historical evolution of the behavior of sawed exports. The results indicate that the global economic crisis that began in 2008 affected exports of coniferous sawn timber, which showed a downward trajectory until the end of 2009. In addition, the world exportation of sawn wood decreased by 2, 6% between 2006-2015 and -0.3% per year. The main importing country of coniferous lumber is the United States with 39% (114.3 million kg) followed by Mexico with 17% (48.2 million kg), China (8%), and Saudi Arabia (8%) and the United Arab Emirates (6%).

Keywords: Brazil; United States of America; wood.

1. INTRODUÇÃO

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Ao observar o contexto atual, verificou-se que a atividade florestal se intensificou em todo o mundo, o que se pode confirmar por meio do crescente comércio de produtos florestais entre diferentes nações e pelo interesse renovado de diversas organizações pelas florestas (NOCE et al., 2005).

Segundo Ângelo et al. (1998), nesse contexto a produção e o comércio de madeira ocupam posição de destaque, sendo importante analisar o mercado internacional de madeira, tendo em vista a competitividade.

Com relação ao cenário internacional, a produção da indústria brasileira de serrados de coníferas teve um crescimento acentuado nas duas últimas décadas, devido principalmente à maturação dos reflorestamentos de *Pinus* localizados nas regiões Sul e Sudeste, que foram plantados durante as décadas de 1970 e 1980 devido aos incentivos governamentais (ABIMCI, 2003).

Entretanto, segundo Ângelo et al. (1998), as exportações brasileiras de madeira serrada são altamente sensíveis ao desempenho da produção do resto do mundo. Devido a isso, outro estudo de Ângelo et al. (2000) ressaltou os fatores determinantes da competitividade brasileira no mercado internacional e os enumerou como sendo, principalmente: a tecnologia disponível e a eficiência com que é utilizada, os preços domésticos dos insumos de produção, a taxa de câmbio e as taxas de paridade entre os parceiros comerciais do Brasil, a qualidade e imagem do produto, entre outros. É interessante salientar que grande parte da produção brasileira de madeira serrada é exportada através de remanufaturas de madeira, que são chamados de produtos de maior valor agregado.

Dentro desse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar as variações na quantidade exportada, entre os anos de 2007 a 2015, de madeira serrada de coníferas comercializada pelo Brasil para 5 países, sendo eles: Arábia Saudita, China, Emirados Árabes, Estados Unidos e México.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram séries temporais anuais do período 2007- 2015, para os valores monetários totais (US\$) e a quantidade das exportações de madeira serrada do Brasil (código 44.07.10), dos países “players” do comércio mundial de madeira tropical, disponíveis no site da *United Nations Commodity Trade* (UN COMTRADE).

Os valores totais obtidos pelo site correspondem aos preços nominais que possuem a inflação embutida em seu valor. Ao compará-los ao longo do tempo, é necessário retirar este efeito da inflação, deflacionando os valores, ou seja, transformando valores nominais em valores reais ou deflacionados. Para isso, deve-se utilizar um deflator que possa expressar a variação dos preços existentes no produto e no setor analisado. Dessa forma, foi utilizado o Índice de Preços ao Consumidor Americano (CPI), cujos valores podem ser visualizados na Tabela 1:

Tabela 1. Valores do Índice de Preços ao Consumidor Americano (CPI)

Ano	CPI	Ano	CPI	Ano	CPI	Ano	CPI
2015	237.017	2013	232.962	2011	224.939	2009	214.537
2014	236.712	2012	229.604	2010	218.056	2008	215.303

A correção de valores monetários nominais para valores monetários reais considerando o Índice de Preços ao Consumidor Americano (CPI) foi feita utilizando a Equação 1:

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





$$Vr_{tb} = \frac{Vc_t * I_{eb}}{I_{et}} \quad (1)$$

Em que:

Vrtb - valor real - preço do tempo t deflacionado para o tempo base b escolhido;

Vct - valor nominal no tempo t.

Ieb - valor do índice escolhido (CPI) no tempo base b escolhido.

Iet - valor do índice escolhido (CPI) no tempo t.

Para fins de cálculo, o tempo base escolhido foi o ano de 2015 e o tempo t corresponde a cada ano da série anual temporal. Para melhor visualizar a evolução histórica anual do comportamento das exportações de madeira serrada, utilizaram-se recursos de análises gráficas desenvolvidas a partir de planilhas eletrônicas e tabelas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o comportamento dos valores reais de madeira serrada de coníferas (US\$) (Figura 1) percebe-se que ocorreram muitas oscilações ao longo do período analisado. De acordo com Santana et al. (2010), tais oscilações negativas vêm ocorrendo desde de 2004. Isso aconteceu porque as exportações de madeira serrada mostraram uma trajetória de queda até o final de 2009. Essa evidência deixa claro que o mercado de madeira serrada vinha diminuindo desde antes da crise econômica global que teve início em 2008.

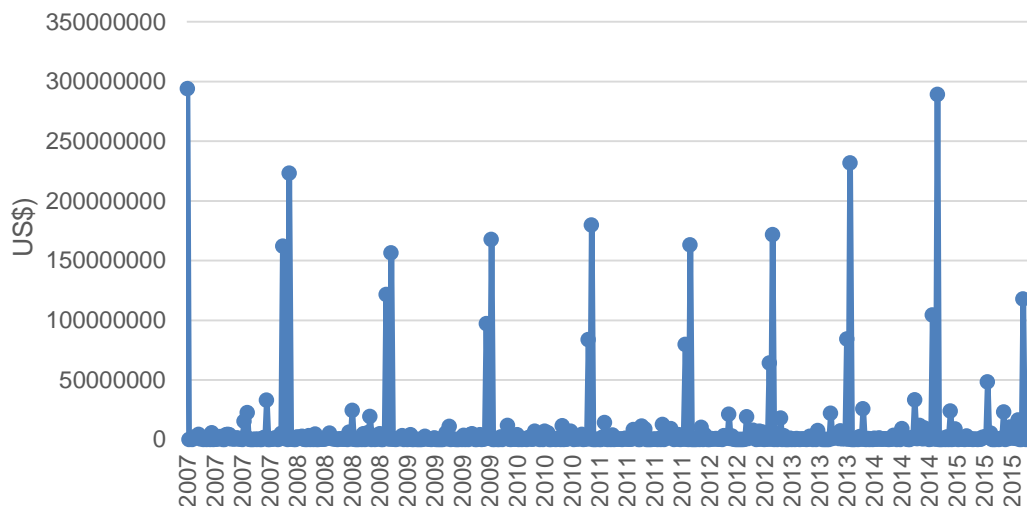


Figura 1. Evolução das exportações de madeira serrada de coníferas (US\$) entre 2007 a 2015 em valores reais.

Na Figura 1, onde evidencia-se as exportações de madeira serrada de coníferas, no período de 2007 a 2015, os dados coletados são referentes ao período disponível no UN COMTRADE, onde se diferencia para cada ano, ou seja, em alguns casos há dados bimestrais ou ainda, trimestrais.

A construção civil foi o principal setor da economia a contribuir para o declínio no comércio de madeira serrada, por ter se mantido abaixo da média histórica de



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

todos os tempos nos Estados Unidos e na União Europeia. Os Estados Unidos sofreram queda de 35% na construção de novas residências, em comparação com o ano de 2007 e outros mercados não residenciais encolheram 15%. Na União Europeia, a construção residencial diminuiu 7% e a construção de novas residências, 13,4%, vindo a melhorar apenas em 2010 (FAO, 2010).

As exportações mundiais de serrado de coníferas nos últimos 10 anos apresentaram o reflexo da crise econômica global de 2008 com queda acentuada em 2009, e recuperação a partir de 2010.

De acordo com dados da ACR (2016), em 2014, as exportações globais somaram 110,6 milhões m³ de madeira serrada de coníferas (incluindo *Pinus*), com total estimado de 110,2 milhões m³ em 2015. A exportação mundial do produto apresentou queda de 2,6% entre 2006-2015 e de -0,3% ao ano.

É importante destacar que, no período de 2000 a 2009, parceiros como França e Holanda aumentaram suas participações nas exportações brasileiras de madeira serrada. Na primeira metade daquele período, a distribuição da exportação era mais uniforme, com exceção da China. Porém, em 2008 e 2009 os EUA e a Espanha mostraram-se mais vulneráveis à crise econômica mundial e, com isso, reduziram consideravelmente suas importações (FAO, 2016).

Analisando os dados das exportações para os Arábia Saudita, China, Emirados Árabes, Estados Unidos e México (Figura 2), percebe-se que, no início da série, os Estados Unidos eram o principal importador. Contudo, sua participação foi diminuindo significativamente até 2012.

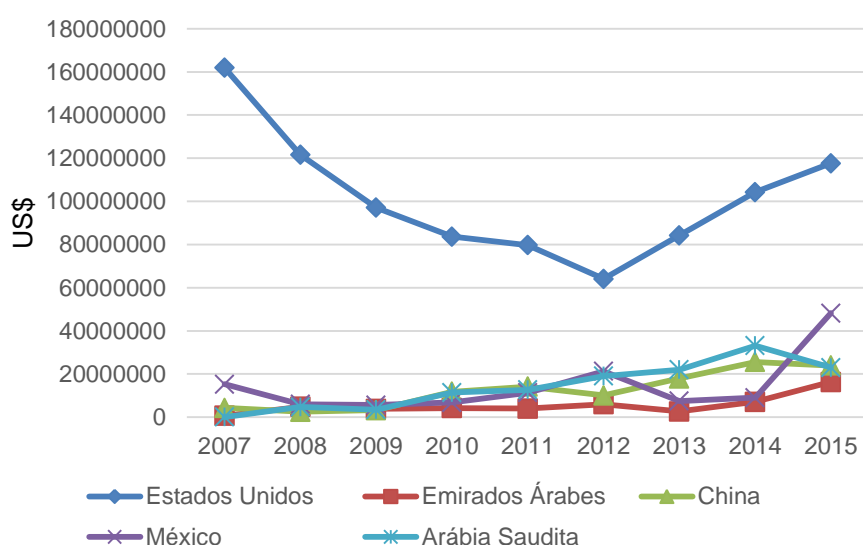


Figura 2. Comportamento das exportações de madeira serrada de coníferas (US\$) para os países selecionados durante os anos de 2007 a 2015.

Tal fato pode ser explicado através de dados de 2015, que indicam forte recuperação do volume de exportações brasileiras de madeira serrada de *Pinus*, praticamente atingindo os níveis de 2006-2007. A partir de 2008 constata-se queda gradativa em valor e volume exportado do produto.

Nesse período, com o início da crise econômica internacional, observou-se redução expressiva no comércio mundial, principalmente do mercado norte-americano e europeu. Os Estados Unidos, que sempre se manteve como um dos principais destinos da exportação brasileira de madeira serrada de *Pinus*, reduziram

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

drasticamente a importação deste produto, o que justifica as quedas gradativas nas exportações brasileiras da madeira serrada.

Entre 2006–2013 a taxa de crescimento anual da exportação brasileira do produto foi de -7,9% em volume e de -6,7% em valor. A partir de 2014, observa-se início de recuperação ao comercializar 993 mil kg (US\$ 231 milhões), volume este superior ao exportado em 2008 (963 milhões kg). Em 2015 o Brasil exportou 1,3 milhão kg (US\$ 289 milhões), o que representa crescimento de 31,4% em volume e de 25,0% em valor entre 2014-2015.

Essa recuperação deve-se ao movimento das serrarias nacionais em busca de oportunidades de venda no comércio internacional, como forma de aproveitar o câmbio favorável e a baixa demanda nacional (ACEF, 2016).

O maior crescimento em volume (31,4%) do que em valor (25,0%) entre 2014 e 2015, evidencia redução no valor unitário de exportação. Isto é corroborado pela queda observada nos preços internacionais de produtos florestais, entre eles o serrado de *Pinus*.

Os Estados Unidos se mantêm como o principal destino da exportação brasileira de madeira serrada de coníferas, porém com queda gradual em sua representatividade. Em 2015 totalizou participação de 39% (114,3 milhões kg), enquanto em 2013 foi de 48% (81 milhões kg). O México se apresentou como o segundo maior importador do produto brasileiro ao importar expressivos 17% (48,2 milhões kg) do total de serrado de *Pinus* exportado pelo Brasil, enquanto que em 2013, importava apenas 4% (6,7 milhões kg) (Figura 3).

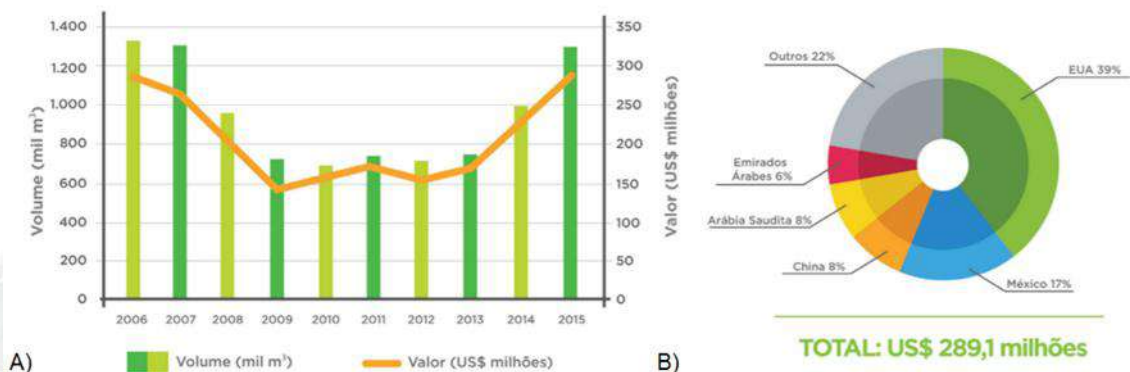


Figura 3. Evolução histórica da exportação mundial de madeira serrada de *Pinus* entre 2006 e 2015 (A) e principais países exportadores em 2015 (B). Fonte: IBÁ (2016).

Delepinasse e Bonse (2002) descreveram os canais de distribuição da madeira serrada. No mercado interno, a comercialização de madeira serrada é ampla e aplicável a diversos tipos de segmentos consumidores. Há a prevalência de uma relação direta entre produtores e consumidores, porém como a produção é muito pulverizada, os canais de vendas interno e externo estão centrados na figura do representante. As vendas no comércio internacional são, em sua maioria, realizadas por *tradings*, que compram a produção do fabricante nacional para revendê-las ao importador que entregará os produtos ao produtor final.

Vários estudos vêm sendo feitos, no intuito de entender a dinâmica do mercado de madeiras e produtos de madeiras. Alguns autores concluíram que o problema na diminuição da demanda mundial não reside somente nos problemas econômicos vividos recentemente. Como exemplo, tem-se o estudo de Ajani (2011), o qual afirma que as tendências globais de consumo de madeira são vistas, no contexto da política florestal, como coerentes na era da mudança climática. Durante o período de 1980 a

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2007, o consumo global de madeira tem ficado essencialmente estagnado, com aumento de apenas 0,4% ao ano e de produtos sólidos de madeira (madeira serrada e painéis de madeira) de 0,8% ao ano. Nesse cenário, tem sido observada a substituição de madeira serrada por painéis de madeira de média densidade, tais como MDF, aglomerado e painéis de partículas orientadas.

4. CONCLUSÕES

- A crise econômica global que iniciou em 2008 afetou as exportações de madeira serrada de coníferas, sendo que estas apresentaram uma trajetória de queda até o final de 2009, pois a construção civil foi o principal setor da economia a contribuir para o declínio no comércio de madeira serrada;
- A partir de 2014, em função do movimento das serrarias nacionais em busca de oportunidades de venda no comércio internacional, como forma de aproveitar o câmbio favorável e a baixa demanda nacional, as exportações começaram a se recuperar;
- A exportação mundial de madeira serrada apresentou queda de 2,6% entre 2006-2015 e de -0,3% ao ano;
- O principal país exportador de madeira serrada de coníferas é o Estados Unidos com participação de 39% (114,3 milhões kg), seguido do México com 17% (48,2 milhões kg), China (8%), Arábia Saudita (8%) e Emirados Árabes (6%).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI. O setor florestal e o segmento de produtos de madeira sólida no Brasil. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.abimci.com.br>. Acesso em: 01 jun 2017.

ACEF - Associação Catarinense de Engenheiros Florestais. Anuário Estatístico de Base Florestal para o estado de Santa Catarina 2016 (ano base 2015). 108 p. 2016.

AJANI, J. The global wood market, wood resource productivity and price trends: an examination with special attention to China. ENVIRONMENTAL CONSERVATION, v.38, n.1 p. 53 -63, 2011.

ANGELO, H.; HOSOKAWA, R. T.; BERGER, R. O Brasil no Mercado internacional de madeiras tropicais. Viçosa: REVISTA DA ÁRVORE, v. 22, n. 4, p. 483-494, 1998.

ANGELO, H. et al. Competitividade da madeira tropical brasileira no mercado internacional. Viçosa: REVISTA DA ÁRVORE, v. 24, n. 2, p. 123-126, 2000.

DELEPINASSE, B. M.; BONSE, R. Diagnóstico da Comercialização de Produtos Florestais. PNF - Programa Nacional de Florestas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2002. 205 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Yearbook of Forest Products 2010. Roma, 344p. 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTATS. Disponível em: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/F*/E. Acesso em 20 abr 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES, IBÁ. Relatório Anual 2016. 100p. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf. Acesso em: 26 mar 2017.

NOCE, R.; SILVA, M.L.; CARVALHO, R.M.M.A.; SOARES, T.S. Concentração das exportações no mercado internacional de madeira serrada. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.431-437, 2005.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S. dos; OLIVEIRA, C. M. de. Comportamento histórico da produção e comércio de madeira do estado do Pará nos mercados local e internacional. AMAZÔNIA: CIÊNCIA & DESENVOLVIMENTO, Belém, v. 6, n. 11, jul./dez. 2010.

UNCOMTRADE - *United Nations commodity trade statistics database*. Disponível em: <http://comtrade.un.org/db/> Acesso em: 20 mar. 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE PAINÉIS ORIENTED STRAND BOARD – OSB

Carla Talita Pertille¹
Carolina Alves Carvalho¹
Francielle Santos Vieira¹
Alexsandro Bayestorff da Cunha¹
Martha Andreia Martha Brand¹
Jaqueline Valerius²

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina

² Universidade Federal do Paraná



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE PAINÉIS *ORIENTED STRAND BOARD* – OSB NO PERÍODO DE 2008-2016

Resumo: As chapas de partículas orientadas, comercialmente denominadas de OSB – *Oriented Strand Boards*, são parcialmente orientadas em uma determinada direção e apresentam boa resistência mecânica e estabilidade dimensional. No mercado internacional, a demanda por esse tipo de painel é muito grande, pois esses são indicados principalmente para fabricação de embalagens e emprego na construção civil. Diante disso, este trabalho objetivou analisar a dinâmica das exportações de painéis OSB para 5 países: Argentina, Chile, China, Coreia do Sul e Uruguai durante o período de 2008 e 2016. Foram coletados dados referentes ao período de 2008 a 2016 de valores monetários (US\$) e quantidade das exportações brasileiras de painéis OSB (código 44.10.12) no banco de dados da *United Nations Commodity Trade* (UN COMTRADE). Os valores monetários nominais foram deflacionados, obtendo-se assim, os valores monetários reais. Os resultados indicam que a China é o maior importador de painéis OSB, seguido da Argentina e em menor importância, Chile, Uruguai e Coreia do Sul, sendo que na América Latina, a Argentina é o principal importador, enquanto que na Ásia é a China. Foi possível observar que o aumento no consumo interno de painéis OSB depende da mudança de paradigma na cultura brasileira, o que contribuiria de maneira significativa para o crescimento do setor florestal brasileiro. Além disso, a desaceleração de crescimento da China influencia significativamente na diminuição de exportação de painéis de OSB para esse país. Outro fato importante foi a crise econômico-política de 2014, que influenciou o aumento das exportações brasileiras, devido à desvalorização do real.

Palavras-chave: demanda, painéis OSB, valores monetários.

ANALYSIS OF BRAZILIAN EXPORTS OF ORIENTED STRAND BOARD PANELS – OSB FOR THE PERIOD 2008-2016

Abstract: Oriented Strand Boards are oriented in a certain direction and have good mechanical strength and good dimensional stability. In the international market, the potential demand for this type of panel is very large, since these panels are mainly indicated for packaging manufacture and employment in construction. Therefore, the objective of this work was to analyze the dynamics of OSB panel exports to five countries: Argentina, Chile, China, South Korea and Uruguay during the period of 2008 and 2016. Data were collected for the period from 2007 to 2015 of monetary values (US \$) and quantity of Brazilian exports of OSB panels (code 44.10.12) in the United Nations Commodity Trade (UN COMTRADE) database. The nominal monetary values were deflated, thus obtaining the real monetary values. The results indicate that China is the largest importer of OSB panels, followed by Argentina and in smaller resort, Chile. Uruguay and South Korea. In Latin America, Argentina is the main importer, while in Asia, China is the largest importer of OSB panels. It can be noticed that the increase in the internal consumption of OSB panels depends on the paradigm shift in Brazilian culture, which would contribute significantly to the growth of the Brazilian forestry sector. In addition, China's slowdown in growth, significantly influences the decrease in exports of OSB panels from Brazil to that country. Another important fact was the economic-political crisis of 2014, which strongly influenced the increase in Brazilian exports, mainly due to the devaluation of the real.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Keywords: demand, OSB panels, monetary values.

1. INTRODUÇÃO

As chapas de partículas orientadas, comercialmente denominadas de OSB – *Oriented Strand Boards*, são painéis indicados principalmente para fabricação de embalagens e emprego na construção civil. O OSB difere das chapas de madeira aglomerada tradicional por utilizar partículas longas e finas, parcialmente orientadas em uma determinada direção, e por ter boa resistência mecânica e boa estabilidade dimensional, competindo diretamente com o compensado (MENDES et al., 2000). Pode ter uma, três ou mais camadas, formando uma estrutura semelhante à do compensado. A orientação das partículas permite a obtenção de propriedades mecânicas que se assemelham às da madeira maciça (SHALER, 1991).

As chapas de OSB, comparadas com as de compensado, são menos exigentes quanto a vários índices de qualidade da madeira. Por isto é possível fabricar tais chapas com preço competitivo, e em alguns países como os Estados Unidos e o Canadá o OSB conquistou parte do mercado antes dominado exclusivamente pelos compensados, principalmente o de embalagens e de construção civil (GOUVEIA et al., 2000).

O início da produção comercial de OSB ocorreu na região dos Grandes Lagos, Canadá, utilizando principalmente a madeira de bétula (*Populus spp.*). Em seguida, a indústria se expandiu por quase toda a América do Norte e outros continentes. Outras espécies foram e continuam sendo pesquisadas para utilização na indústria de OSB como matéria-prima, no entanto este é um desafio constante, principalmente quando se busca o emprego de madeiras de folhosas (WANG e WINISTORFER, 2000).

No mercado internacional, a demanda potencial por esse tipo de painel é muito grande, uma vez que nos Estados Unidos a construção de novas habitações emprega cerca de um terço do consumo anual de madeira serrada e painéis de madeira do mercado (HOWARD, 2000). Em outros países como Alemanha, França e China também foi observado crescimento significativo no consumo dos diversos tipos de painéis de madeira reconstituída (JUVENAL e MATTOS, 2002).

No mundo globalizado, entender os fatores que afetam as dinâmicas de mercado, é de fundamental importância. Sobretudo no mercado dinâmico, competitivo e globalizado no qual a sociedade está inserida. Nesse contexto, o estudo da dinâmica das exportações pode ser crucial no processo de tomada de decisão de corporações, visto que analisar e entender o comportamento do produto desejado ao longo do tempo para prever seu potencial mercadológico é de extrema importância para as empresas.

Dentro desse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica das exportações de painéis OSB para 5 países: Argentina, Chile, China, Coreia do Sul e Uruguai durante o período de 2008 e 2016.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para elaboração do presente estudo foram utilizados dados disponibilizados pelo banco de dados da *United Nations Commodity Trade* (UN COMTRADE). Nessa

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

base encontram-se diversas informações relacionadas comercialização mundial de produtos florestais.

Especificamente, foram coletados dados referentes ao período de 2008 a 2016, de valores monetários (US\$) e quantidade das exportações brasileiras de painéis OSB (código 44.10.12).

Esses dados compreendem valores nominais, ou seja, valores que consideram inflação. Por isso, fez-se a correção de valores monetários nominais para valores monetários reais considerando o Índice de Preços ao Consumidor Americano (CPI) utilizando a Equação 1:

$$Vr_{tb} = \frac{Vc_t * I_{eb}}{I_{et}} \quad (1)$$

Em que:

Vrtb - valor real - preço do tempo t deflacionado para o tempo base b escolhido;

Vct - valor nominal no tempo t.

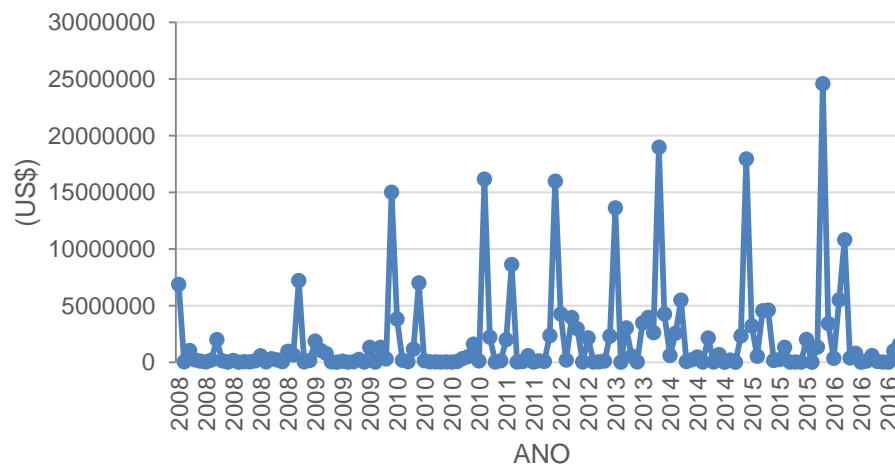
Ieb - valor do índice escolhido (CPI) no tempo base b escolhido.

Iet - valor do índice escolhido (CPI) no tempo t.

Para fins de cálculo, o tempo base escolhido foi o ano de 2015 e o tempo t corresponde a cada ano da série anual temporal. Finalmente, os dados foram analisados graficamente e correlacionados com fatores geopolíticos de modo a enriquecer a discussão acerca do comportamento mercadológico do produto selecionado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o comportamento dos valores reais das exportações de painéis OSB (US\$) percebe-se na Figura 1, que existe uma tendência de aumento desses valores. Em 2016, ocorreu um leve aumento dos preços dos painéis OSB por apresentar possibilidades de uso mais amplas do que painéis MDP (*Medium Density Particleboard*) e MDF (*Medium Density Fiberboard*).



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Figura 1. Evolução das exportações de painéis OSB (US\$) entre 2008 a 2016 em valores reais.

Ao analisar as exportações de painéis de OSB feitas pelo Brasil para os seguintes países: Argentina, Chile, China, Coreia do Sul e Uruguai, durante os anos de 2008 a 2016 (Figura 2) percebe-se que, a China é o maior importador de painéis OSB, seguido da Argentina e em menor estância, Chile, Uruguai e Coreia do Sul.

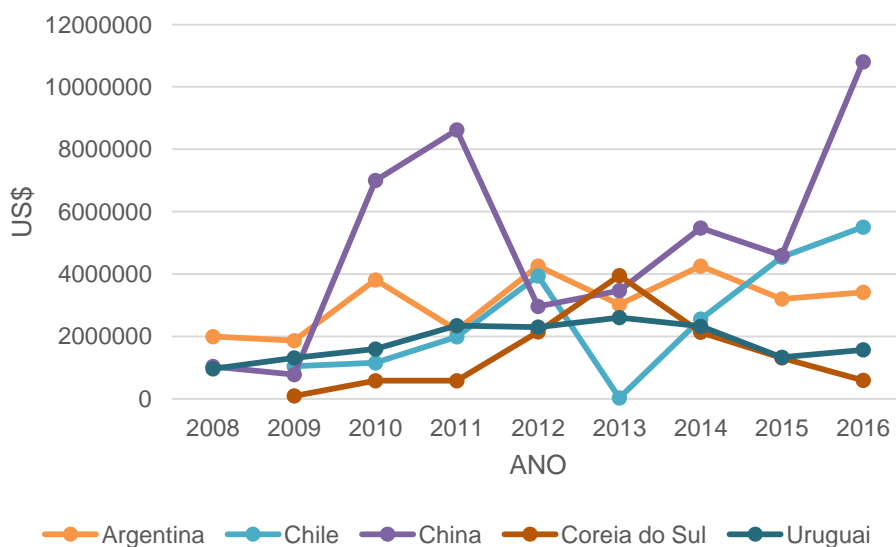


Figura 2. Comportamento das exportações de OSB para os países selecionados durante os anos de 2008 a 2016.

Ao interpretar a Figura 2 percebe-se que o consumo de painéis OSB da Argentina é extremamente variado ao longo dos anos. Esse comportamento se deve principalmente ao fato de que o Chile também é um grande produtor de painéis florestais na América Latina. Dessa forma, o comportamento irregular de OSB desse país está provavelmente associado a competitividade de vendas de painéis na América Latina entre Chile e Brasil (MDIC, 2017).

Também foi possível perceber que devido ao fato de ser um dos países que mais cresce no mundo e por ser extremamente populoso, a China consome muitos produtos de muitos países, como por exemplo os painéis OSB. O consumo da China de OSB cresceu vertiginosamente durante os anos de 2009 até 2010, assim como o PIB do país durante o mesmo período. Durante os anos de 2011 a 2012 o consumo de painéis OSB despencou, provavelmente devido à desaceleração do crescimento do país aliado a importações vindas de fontes mais próximas, como Austrália e Indonésia. As importações voltaram a crescer em 2013 a 2016 devido à crise político-econômica no Brasil e a consequente desvalorização do real frente ao dólar, fato que ocasionou o aumento da venda de produtos ao mercado externo em detrimento ao mercado interno (MDIC, 2017).

Em relação ao Chile, notou-se uma curva de importações crescentes entre os anos de 2009 a 2012 e um valor extremamente reduzido em 2013. O valor das importações voltou a crescer em 2014 e 2015 quando tornou-se extremamente interessante para os países vizinhos importar produtos do Brasil, devido à crise político-econômica no país (MDIC, 2017).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Já a Coreia do Sul apresentou crescimento constante até 2013 e importações reduzidas entre os anos de 2014 e 2015. Como o país encontra-se geograficamente muito distante do Brasil e tem um poder de consumo muito menor que a China, o país viu-se obrigado a atender a demanda de OSB através de países vizinhos mais próximos. Com a crise de 2014 e 2015 no Brasil, tornou-se extremamente rentável importar produtos do Brasil, o qual basicamente escoou sua produção para países mais próximos com maior poder de compra, deixando a Coreia do Sul em desvantagem nesse tipo de disputa (MDIC, 2017).

E por fim, o consumo de painéis OSB por parte do Uruguai teve um comportamento estável, assim como o PIB do próprio país durante a série temporal analisada. De maneira análoga à da Argentina, as pequenas variações existentes devem-se ao fato do Chile também ser um grande produtor de painéis florestais na América Latina. Dessa forma, o comportamento irregular de OSB desse país está provavelmente associado a competitividade de vendas de painéis na América Latina entre Chile e Brasil (MDIC, 2017).

Em termos gerais, é possível mencionar que durante os anos de 2009 a 2011 houve um *boom* de exportações, muito influenciado pelo alto poder de compra da China. De 2012 até 2013, houve uma diminuição nas importações, provavelmente associada a uma maior demanda interna do país. Outros fatores que influenciam essas variações são a consolidação dos painéis de madeira no setor florestal em decorrência do grande crescimento da produção na última década (aumento da base florestal).

De 2014 a 2015 houve um aumento nas exportações do produto e de madeira serrada de Pinus em geral, um volume 31% maior do que em 2014 e um aumento de 14% nas exportações de painéis compensados de forma geral. Mesmo produtos de madeira como aglomerado, MDF e OSB, tradicionalmente pouco competitivos em nível internacional, também tiveram um aumento significativo em seus volumes exportados (MDIC, 2016). O principal fator que impulsionou as exportações de produtos no Brasil foi a crise político-econômica que se instaurou no país em 2014, causando forte retração econômica, desvalorização do real e retomada no crescimento da indústria da construção civil nos Estados Unidos, praticamente obrigando o país a aumentar as vendas para o mercado externo em detrimento do mercado interno (VIDAL e HORA, 2012).

Além disso, é possível notar a partir da Figura 3 que a importação de painéis de OSB, está muito correlacionado com o PIB. Com exceção da Coreia do Sul, nota-se que o ranking de PIB, respeita exatamente a ordem de maiores importadores de OSB dos países selecionados. O fator determinante que ajuda a explicar esse fato, é a distância. A Coreia do Sul é atualmente um grande importador de OSB, no entanto, o país consegue buscar este produto de fontes mais próximas. Dessa forma, as exportações brasileiras de OSB para a Coreia do Sul são apenas um complemento para suprir a demanda do país (VIDAL e HORA, 2012).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



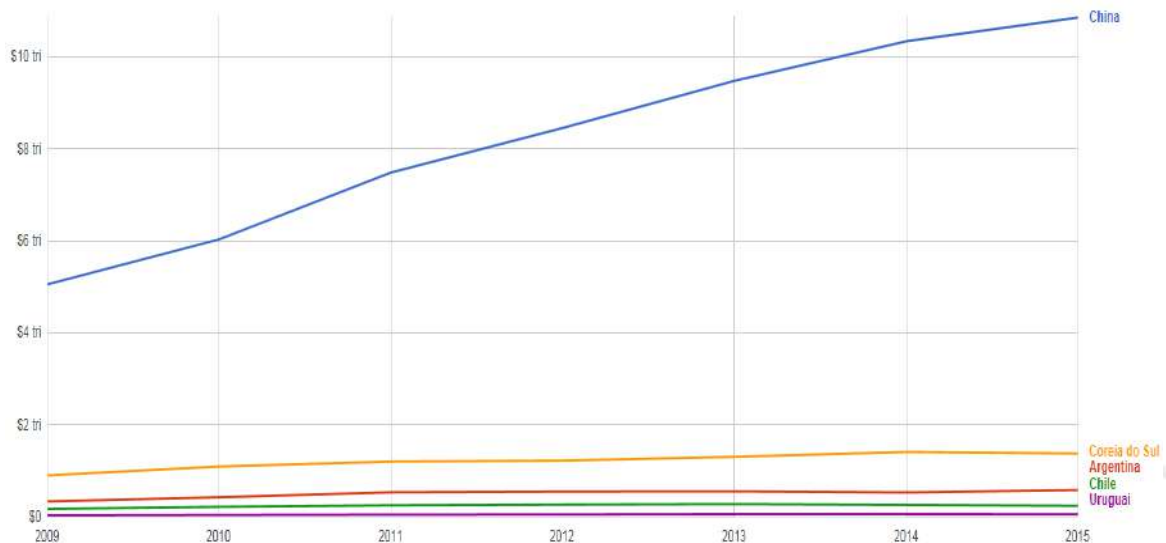


Figura 3. Produto Interno Bruto (PIB) (trilhões de US\$) dos países selecionados durante os anos de 2008 a 2016. Fonte: VIDAL e HORA (2012).

Apesar de também existirem países mais próximos da China para a exportação de OSB, vale ressaltar que a China é um dos países com maior crescimento econômico (vide PIB na Figura 3), desenvolvimento, e populações do mundo. Dessa forma, o país caracteriza-se como um grande importador de muitos produtos do mundo inteiro (VIDAL e HORA, 2012).

Os dados analisados estão em conformidade com os do relatório analítico das exportações de produtos florestais madeireiros de 2015 (Figura 4), o qual demonstra que da América Latina, a Argentina é o principal importador, enquanto que na Ásia, a China é a maior importadora de painéis de OSB.



Figura 4: Mapa dos principais destinos das exportações brasileiras de produtos florestais madeireiros, em 2015, em mil dólares. Fonte: MDIC (2017).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

- O aumento no consumo interno de painéis OSB depende da mudança de paradigma na cultura brasileira, e em países em desenvolvimento de maneira geral, de substituir produtos de alvenaria para produtos de madeira para fins estruturais. Tal mudança contribuiria de maneira significativa para o crescimento do setor florestal brasileiro;
- A crise econômico-política de 2014 influenciou fortemente o aumento das exportações brasileiras, devido principalmente, à desvalorização do real;
- A desaceleração de crescimento da China, influencia significativamente na diminuição de exportação de painéis de OSB do Brasil para esse país;
- O fato do Chile também ser um produtor de painéis, influencia na competitividade entre a compra e venda de painéis OSB dentro da América Latina;
- A Coreia do Sul tende a importar painéis de OSB do Brasil apenas de maneira complementar à demanda interna, haja visto que existe centros produtores de OSB mais próximos geograficamente do que o Brasil;
- A Argentina é o maior consumidor de painéis OSB da América Latina, e tende a se aproveitar da competitividade de produção entre Brasil e Chile para importar mais de um país ou de outro dependendo do preço.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOUVEIA, F. N.; SANTANA, M. A. E.; SOUZA, M. R. Utilização da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake na fabricação de chapas de partículas orientadas (OSB) e não orientadas. *Revista Árvore.*, v. 24. n. 1. p. 7-12, 2000.

HOWARD, J. L. U. S. Forest products annual market review and prospects, 1999 – 2000. Research Note. FPL – RNP – 0278. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2000. 5 p.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. Paineis de madeira reconstituída. Brasília: BNDES, 2002. 21 p.

MENDES, L. M. et al. Avaliação do sistema de orientação de partículas na produção de painéis OSB (*Oriented strand board*). *Cerne*, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2000.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMERCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

SHALER, S. M. Comparing two measures of flake alignment. *Wood Science and Technology*, v. 26. p. 53-61, 1991.

VIDAL, A.C.F.; HORA, A.B. Panorama de mercado - painéis de madeira. *Produtos Florestais BNDES Setorial* 40, p. 323-384. 2012.

UNCOMTRADE - *United Nations commodity trade statistics database*. Disponível em: <<http://comtrade.un.org/db/>> Acesso em: 20 mar. 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

WANG, S.; WINISTORFER, P. M. The effect of species and species distribution on the layer characteristics of OSB. Forest Products Journal, v. 50, n. 4, p. 37-48, 2000.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE ADESIVOS À BASE DE TANINOS DE EUCALIPTO

Eliandra Pereira Silva¹
Thais Sousa¹
Fábio Mori¹
Sebastião Souza¹
Joyce Christina da Silva¹
Alyson Myller Pereira¹

¹ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras



ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE ADESIVOS À BASE DE TANINOS DE EUCALIPTO

Resumo: Embora as toras oriundas de florestas plantadas tenham uma ampla aplicação no mercado, a casca ainda é subutilizada, não havendo um mercado específico para aplicação. Praticamente todos os processamentos industriais removem a casca, deixando-a no campo ou utilizando-a como fonte de energia. Nesse cenário foi analisado o potencial dos taninos extraídos de eucalipto para produção de adesivos. Os taninos para produção do adesivo foram extraídos das cascas de *Eucalyptus grandis*, em banho-maria à temperatura de 70 °C durante três horas, utilizando a relação licor /casca seca de 15:1 e 3% de sulfito de sódio (Na₂SO₃). Para a produção dos adesivos utilizou-se a formulação 141 g de taninos em pó, 150 ml de água, e após um intervalo de 24 horas para hidratação, acrescentou-se 9 g de paraformaldeído. Foram determinadas as propriedades de tempo de gel, viscosidade, teor de sólidos e pH dos adesivos. Observou-se os valores de 1359 cP de viscosidade, 330 s de tempo de gel, 35,11 % de teor de sólidos e pH de 5,66. Concluiu-se que é possível obter adesivos cada vez mais próximos das características desejáveis, indicando assim o potencial de aplicação dos mesmos.

Palavras - chave: Viscosidade, Tempo de gel, *Eucalyptus grandis*

ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF STICKERS BASED ON EUCALYPTUS TANINS

Abstract: Although logs from planted forests have a wide application in the market, the bark is still underutilized, and there is no specific market for application. Virtually all industrial processing removes the bark, leaving it in the field or using it as a source of energy. In this scenario the potential of tannins extracted from eucalyptus was analyzed for the production of adhesives. The tannins for the production of the adhesive were extracted from the *Eucalyptus grandis* shells in a water bath at 70 °C for three hours using the liquor / dry bark ratio of 15: 1 and 3% sodium sulfite (Na₂SO₃). For the production of the adhesives the formulation was used 141 g of powdered tannins, 150 ml of water, and after a period of 24 hours for hydration, 9 g of paraformaldehyde was added. The properties of gel time, viscosity, solids content and pH of the adhesives were determined. The values of 1359 cP viscosity, 330 s gel time, 35.11% solids content and pH of 5.66 were observed. It has been concluded that it is possible to obtain adhesives that are closer to the desired characteristics, thus indicating the potential for their application.

Keywords: Viscosity, Gel time, *Eucalyptus grandis*

1. INTRODUÇÃO

Dos 7,5 milhões de hectares de área de florestas plantadas no Brasil, aproximadamente 5,6 milhões de hectares são plantios de eucalipto, sendo essa a maior cultura plantada atualmente (IBÁ, 2016). Sua madeira é utilizada para diversos fins, tais como produção de celulose, madeira serrada, produção de carvão, entre outros. No entanto sua casca ainda é pouco explorada, correspondendo de 10 a 20% do peso da madeira coletada (FENGEL; WEGENER, 1989). As cascas são muitas vezes consideradas como resíduo - como ela é removida antes do processamento industrial, é deixada no campo ou utilizada como matéria para produção de energia (FAGUNDES, 2003), não tendo um destino certo como a madeira. Uma área que vem ganhando destaque atualmente é a análise e extração de compostos químicos da casca. Um dos compostos químico de destaque na casca são os taninos. Utilizado desde a antiguidade para a produção de couro, os taninos atualmente vem



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ganhando novas aplicações como na indústria alimentícia, farmacêutica, no setor madeireiro e como floculante para tratamento de água (SOUZA, 2015).

No setor madeireiro, os taninos são utilizados principalmente como adesivo para madeira, atuando como substituto parcial ou total do fenol nos adesivos fenol-formaldeído. Essa substituição decorre devido à reatividade dos taninos ser maior do que a do fenol, alta capacidade de reação com o formaldeído e sua fácil extração (FRIHART, 2005), e se vê necessária devido ao potencial tóxico e cancerígeno dos adesivos produzidos a base de derivados do petróleo e a elevação constante no custo dos mesmos (CARNEIRO et al., 2012; CARVALHO et al., 2016; FERREIRA et al., 2009). Essa substituição torna o adesivo mais ecológico e econômico uma vez que os taninos podem ser obtidos de resíduos agroflorestais.

Os taninos são produtos naturais resultantes do metabolismo secundário das plantas contra o ataque de animais e microrganismos (ALMEIDA et al., 2010), podendo ser encontrados em diversas espécies florestais e em várias partes do vegetal, como o cerne, casca, frutos e sementes (PAES et al., 2010), com destaque para a casca, que em algumas espécies pode conter até 40% de taninos (FERREIRA et al., 2009). São compostos polifenólicos, capazes de complexar carboidratos e proteínas (GARRO-GALVEZ et al., 1997), sendo por isso, utilizado no curtimento de couro. Os taninos são classificados em dois grandes grupos: taninos hidrolisáveis e os taninos condensados. Os primeiros são facilmente hidrolisados por ácidos ou enzimas, liberando o açúcar e ácido carboxílico fenólico correspondente. Apresentam na sua constituição monômeros de ácido gálico ou ácido elágico. Os taninos condensados são polifenóis com peso molecular variado, consistindo de unidades flavonóidicas com vários graus de condensação, e estão associados aos seus precursores naturais (flavan-3-ol e flavan-3,4-diol) (PAIVA et al., 2002; MORI et al., 2003).

No Brasil, a maior parte dos taninos produzidos comercialmente é oriunda de cascas de acácia-negra (*Acacia mearnsii*) (PIZZI, 1994; GOULART et al., 2012), embora tenha outras espécies com potencial para extração, como o barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) (MORI, 2003; SIQUEIRA, 2005). A extração dos taninos não impossibilita a utilização posterior da casca, sendo assim, ela ainda pode ser utilizada para queima ou produção de painéis. Os adesivos à base de taninos-formaldeído de *Eucalyptus* spp, apresentam algumas limitações, como alta viscosidade e baixa resistência da linha de cola (VITAL et al., 2004), contudo como verificado por Mori (1997, 2000) é uma espécie com potencial para extração de taninos. Outro fator a ser considerado é a alta disponibilidade de casca de eucalipto, o que reduz o custo na produção do adesivo, tornando um fator relevante e justificável para seu uso. Sendo assim, esse trabalho visou avaliar as propriedades do adesivo produzido com taninos provenientes das cascas da espécie *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta do material e extração dos taninos

Utilizou-se casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, provenientes de um plantio com idade de 26 anos, localizado no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras, MG. O município está situado à latitude de 21° 14' S, longitude 45° 00' W, e 918 m de altitude. O clima é classificado com Cwa, segundo a classificação de Köppen (DANTAS, 2007), com precipitação média anual em torno de 1400 mm e temperatura média anual de 19,4 °C.

As cascas foram coletadas no DAP de indivíduos em pé, utilizando facão, e colocadas para secar ao ar livre. Posteriormente foram moídas em moinho martelo para obtenção de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

um material mais fino e uniforme. A umidade foi determinada utilizando 20 g de casca moída em cinco repetições, e levando-as à estufa de esterilização e secagem por 24 horas à temperatura de 103 ± 2 °C. O cálculo da umidade foi feito pela relação entre massa úmida e massa seca da casca moída.

A extração dos taninos foi realizada adaptando-se a metodologia utilizada por Mori et al. (2003). As extrações foram realizadas em banho-maria à temperatura de 70 °C durante três horas, utilizando 100 g de casca seca, 1500 ml de água (relação 1:15 p/v) e 3% de sulfito de sódio (Na_2SO_3). Após a extração o material foi vertido em coador de malha de 1 mm² e posteriormente em peneira de 200 mesh, sendo descartado o material retido. O extrato tânico foi filtrado utilizando-se uma bomba a vácuo e cadinhos de vidro de porosidade dois, sendo posteriormente colocados em bandejas de vidro e levados à estufa de esterilização e secagem à temperatura de 40 ± 2 °C até a secagem completa. Após esse período, retiraram-se do refratário os taninos, os quais foram moídos em almofariz e pistilo, e acondicionados em potes de vidro.

2.2. Formulação e propriedades dos adesivos

Os adesivos foram produzidos misturando-se 141 g de taninos em pó com 150 ml de água, e deixado em repouso por 24 horas para hidratação. Após esse intervalo acrescentou-se 9 g de paraformaldeído. Foram determinadas as propriedades de tempo de gel, viscosidade, teor de sólidos e pH dos adesivos. Para cada propriedade foram feitas triplicatas.

O tempo de gel foi obtido utilizando-se amostras de 5 g de adesivo, que foram colocadas em béquer de 50 ml. O béquer foi mergulhado em um banho de glicerina na temperatura de 130 °C. Com o auxílio do bastão de vidro, o líquido foi constantemente agitado com movimento circular e vertical, até atingir a "fase de gel". O tempo de gel foi determinado no momento em que houve o endurecimento do adesivo sendo correspondente à polimerização ou gel time do adesivo.

A viscosidade foi determinada utilizando um viscosímetro do tipo Copo Ford n° 5 e seguindo a Norma ASTM D-1200.

O teor de sólido foi determinado pesando-se 5 g do adesivo e colocando-os em estufa de esterilização e secagem por 24 horas à temperatura de 103 ± 2 °C para obtenção da massa seca. Para o cálculo do teor de sólidos foi empregada à equação (1).

$$TS = \frac{Ms}{Mu} * 100 \quad (1)$$

Em que:

TS = teor de sólidos em porcentagem (%);

Ms = massa da amostra seca (g);

Mu = massa da amostra úmida (g).

O pH foi determinado utilizando um pHmetro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados para viscosidade, teor de sólidos, tempo de gel e pH estão representados na tabela 1.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Propriedades dos adesivos

Adesivo	Viscosidade (cP)	Teor de sólidos (%)	Tempo de gel (s)	pH
<i>Eucalyptus grandis</i>	1359	35,11	330	5,66

Comparando a viscosidade encontrada com dados da literatura, verificamos que o valor encontrado ficou abaixo do valor encontrado por Mori (2000) (>6000 cP) e Carneiro et al. (2001) (>6000 cP) para adesivos de *Eucalyptus grandis*. Embora a viscosidade ainda esteja elevada para aplicação por pulverização, a aplicação por pincel é praticável.

O teor de sólidos observado de 35,11% é baixo se comparado a outros estudos com *Eucalyptus grandis* (CARNEIRO et al., 2001; VITAL et al., 2004) e outras espécies de destaque como acácia-negra e o barbatimão (GOULART et al., 2012; CARVALHO et al., 2014). O teor de sólidos indica a porcentagem de sítios reativos com o agente ligante e está relacionado com a resistência da linha de cola, sendo maior a resistência quanto maior o teor de sólido (CARVALHO et al., 2014). Sendo assim, o adesivo pode apresentar uma linha de cola mais fraca.

O tempo de gel está relacionado com a velocidade de cura (secagem) do adesivo. Um tempo de gel baixo resulta em uma cura mais rápida do adesivo. Embora um elevado tempo de gel seja desejável, o valor obtido nesse trabalho ficou bem acima dos valores encontrados para adesivos de taninos na literatura. O elevado tempo de gel encontrado nesse trabalho deve-se provavelmente ao baixo teor de sólidos e por ter poucos sítios ativos para reagir com o paraformaldeído.

O pH encontrado está compatível com os valores observados por outros autores para *Eucalyptus grandis* (CARNEIRO et al., 2001; VITAL et al., 2004).

4. CONCLUSÃO

Os adesivos de taninos apresentaram algumas propriedades favoráveis à sua aplicação e outras que podem ser melhoradas. A baixa viscosidade permite a aplicação do adesivo com pincel e o pH é adequado para a fabricação do adesivo. O teor de sólidos e o tempo de gel apresentaram valores discrepantes em relação aos da literatura, sendo que o elevado tempo de gel pode ter ocorrido devido ao baixo teor de sólidos. Sendo assim, sugere-se a realização de novos estudos que visem ajustar o teor de sólidos em função do tempo de gel sem alterar de forma negativa a viscosidade e o pH.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapemig, CNPq, e à UFLA pelo apoio prestado no desenvolvimento deste trabalho.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, N. F. et al. Estudo da reatividade de taninos de folhas e cascas de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. SCIENTIA FORESTALIS, v.38, p.401-408, 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D 1200: Test method for Viscosity by Ford Viscosity. PHILADELPHIA, 1994.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARNEIRO, A. C. O. et al. Efeito da hidrólise ácida dos taninos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden nas propriedades dos adesivos tânicos. REVISTA ÁRVORE, v. 33, n. 4, p. 733-739, 2009.

CARNEIRO, A. C. O. et al. Parâmetros cinéticos de adesivos produzidos a partir de taninos de *Anadenanthera peregrina* e *Eucalyptus grandis*. REVISTA ÁRVORE, v.36, p.767- 775, 2012.

CARNEIRO, A. C. O. et al. Reatividade dos taninos da casca de *Eucalyptus grandis* para produção de adesivos. CERNE, v. 7, n. 1, p.001-009, 2001.

CARVALHO, A. G. et al. Adesivos tânicos de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville na produção de painéis aglomerados. REVISTA ÁRVORE, v. 38, n. 1, p.195-202, 2014.

DANTAS, A.A.A. et al. Climatic classification and tendencies in Lavras region, MG. CIÊNCIA E AGROTECNOLOGIA, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

FAGUNDES, H. A. V. Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. 2003. 173 p. Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FENGEL, D.; WEGENER, G. Wood chemistry ultrastructure reactions. Berlín, Walter de Gruyter, 1989, 610p.

FERREIRA, E. S. et al. Teores de taninos da casca de quatro espécies de pinus. FLORESTA E AMBIENTE, Seropédica, v.16, n.2, p. 30- 39, 2009.

FRIHART, C. R. Wood Adhesion and Adhesives. In: Handbook of wood chemistry and wood composites. Ed. Rowell, R. M. p. 329 – 330. 2005.

GARRO-GALVEZ, J. M. et al. Analytical studies on Tara tannins. HOLZFORSCHUNG, v. 51, n. 3, p. 235-243, 1997.

GOULART, S. L. et al. Resistência ao cisalhamento de painéis compensados produzidos com adesivo à base de taninos de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão). FLORESTA E AMBIENTE, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 308-315, 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório IBÁ 2016. Brasília; 2016, 100 p.

MORI, F.A. Caracterização parcial dos taninos da casca e dos adesivos de três espécies de *E. grandis*. 2000. 73f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

MORI, F. A. et al. Influência do sulfato e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). FLORESTA E AMBIENTE, Seropédica, v. 10, n. 1, p. 86-92, 2003.

MORI, F. A. Uso de taninos da casca de *Eucalyptus grandis* para produção de adesivos de madeira (dissertação). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 1997.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PAES, J. B. et al. Substâncias tânicas presentes em várias partes da árvore angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. var. cebil (Gris.) Alts.). *SCIENTIA FORESTALIS*, v.38, n. 87, p.441-447, 2010.

PAIVA, S.R. et al. Taninos condensados de espécies de Plumbaginaceae. *Floresta e Ambiente*, v.9,n. 1, p.153- 157, 2002.

PIZZI, A. Wood adhesives: chemistry and technology. New York: Marcell Dekker, 1983. 364p.

PIZZI, A. Advanced wood adhesives technology. New York: Marcell Dekker, 1994. 289p.

SIQUEIRA, D. Adesivo termofixo à base de taninos das cascas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* [Mart.] Coville). 2005, 53p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SOUSA, T. B. Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento. 2015. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DE AGRUPAMENTO APLICADA A MACROSCOPIA PARA SEPARAÇÃO DA MADEIRA DE ESPÉCIES DO GÊNERO SWARTZIA

Camila Barra¹

Luiza de Araújo Romeiro¹

Tracy Ketlen da Silva França Tavares²

Beatriz Valente¹

Manoel Tavares de Paula¹

Pedro Luiz Braga Lisboa³

Alisson Reis⁴

Cláudia Urbinati²

¹ Universidade do Estado do Pará

² Centro de Ciências Naturais e Tecnologia / Universidade do Estado do Pará

³ Departamento de Botânica / Instituto de Pesquisa / Museu Paraense Emílio Goeldi

⁴ Faculdade de Engenharia Florestal / Campus Universitário de Altamira / Universidade Federal do Pará



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DE AGRUPAMENTO APLICADA A MACROSCOPIA PARA SEPARAÇÃO DA MADEIRA DE ESPÉCIES DO GÊNERO SWARTZIA

Resumo: As espécies de *Swartzia* Schreb. possuem potencial madeireiro com boas propriedades tecnológicas e aspecto decorativo atrativo. Entretanto, pouco se conhece sobre suas características anatômicas, importantes para distinção das espécies dentro desse grupo. Objetivou-se realizar um teste preliminar utilizando a Análise de Agrupamento para separar espécies do gênero *Swartzia* da Xiloteca Walter Alberto Egler do Museu Paraense Emílio Goeldi com base na caracterização macroscópica da madeira. As análises seguiram metodologias tradicionais em anatomia de madeira com um corpo de prova para cada espécie. Após a caracterização macroscópica realizou-se a Análise de Agrupamento, selecionando parâmetros diagnósticos da descrição macroscópica: tipo de parênquima axial e estratificação dos raios. Com base nestas informações gerou-se o dendrograma que separou o gênero em três grupos distintos. No primeiro apenas a estratificação irregular dos raios foi suficiente para agrupar as espécies *Swartzia argentea* e *Swartzia grandifolia*. No segundo, a estratificação regular associada ao parênquima em linhas, aliforme de extensão linear confluyente agrupou *Swartzia arborescens*, *Swartzia apetala*, *Swartzia brachyrachis*, *Swartzia discocarpa*, *Swartzia vaupesiana*, *Swartzia flaemingii*, *Swartzia lamellata*, *Swartzia laurifolia*, *Swartzia panacoco*, *Swartzia racemosa* e *Swartzia recurva* a exceção de *Swartzia mangabalensis* que apresentou parênquima aliforme de extensão losangular confluyente. No terceiro, *Swartzia acuminata* apresentou como característica exclusiva o parênquima em faixas estreitas. Portanto a forma do parênquima axial e estratificação dos raios foram eficientes para a realização da Análise de Agrupamentos das 15 espécies estudadas. Entretanto, a segregação pela Análise de Agrupamento entre os grupos foi eficiente, mas a separação dentro de cada grupo não foi eficaz.

Palavras-chave: Anatomia da madeira, caracterização macroscópica, análise multivariada.

CLUSTER ANALYSIS APPLIED TO MACROSCOPY FOR THE SEGREGATION OF WOOD OF SPECIES OF THE GENUS SWARTZIA

Abstract: The species of *Swartzia* Schreb. have potential lumber with good technological properties and attractive decorative appearance. However, little is known about their anatomical characteristics, which are important for distinguishing species within this group. The objective of this study was to perform a preliminary test using the Grouping Analysis to separate species of the genus *Swartzia* from the Walter Alberto Egler wood collection from the Museu Paraense Emílio Goeldi based on the wood macroscopic characterization. The analyzes followed methodologies in wood anatomy with a test specimen for each species. After the macroscopic characterization, Grouping Analysis was performed, selecting diagnostic parameters of the macroscopic description: parenchyma and ray stratification. Based on this information the dendrogram that separated the genus was generated in three groups with different characteristics. In the first one only the irregular stratification of the rays was sufficient to group the species *Swartzia argentea* and *Swartzia grandifolia*. In the second, the regular stratigraphy associated with the parenchyma in lines, confluent linear extension alifers grouped *Swartzia arborescens*, *Swartzia apetala*, *Swartzia brachyrachis*, *Swartzia discocarpa*, *Swartzia vaupesiana*, *Swartzia flaemingii*, *Swartzia lamellata*, *Swartzia laurifolia*, *Swartzia panacoco*, *Swartzia racemosa* and *Swartzia recurva* with the exception of *Swartzia mangabalensis*, which showed confluent allangular aliform parenchyma. In the third, *Swartzia acuminata* presented as an exclusive feature the parenchyma in narrow bands. Therefore, the axial parenchyma and stratification of the rays were efficient for the

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

analysis of clusters of the 15 species studied. However, cluster segregation between groups was efficient, but separation within each group was not effective.

Keywords: anatomy of the wood, macroscopic characterization, multivariate analysis.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma biodiversidade vegetal elevada, na qual a Amazônia tem contribuição significativa, abrangendo 25% das florestas remanescentes do planeta e ocupando 60% do território nacional (MEIRELLES e SOUZA, 2015). Nesse cenário, muitas das espécies arbóreas amazônicas são pouco conhecidas e, devido à escassez de pesquisas científicas sobre o conhecimento intrínseco da madeira e de sua utilização, o mercado é restrito a poucas espécies, o que eleva a pressão sobre as mesmas, bem como aumenta seu risco de extinção, conforme CARDOSO et al. (2012).

Das Angiospermas, a família Leguminosae Lindl. é uma das maiores, possuindo grande potencial medicinal, ornamental e madeireiro. Está dividida em três subfamílias: Caesalpinoideae, Mimosoideae e Papilionoideae. A subfamília Papilionoideae contém o gênero *Swartzia* Schreb. representado por cerca de 180 espécies, com zona de ocorrência nos biomas brasileiros, principalmente na Floresta Amazônica. Representantes também podem ocorrer naturalmente na Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (PINTO, 2013).

As espécies de *Swartzia* compreendem desde arbustos a árvores de grande porte, tendo como produto de maior valor econômico a madeira. Algumas espécies do grupo também são utilizadas na recuperação de áreas degradadas, ornamentação e seus extrativos servem para produção de fungicida, antimicobacteriano, larvicida, etc (VIANEZ et al., 2012; SANTOS e MELO FILHO, 2013).

De modo geral, a madeira do gênero apresenta lenho com boas propriedades tecnológicas e aspecto decorativo atrativo, sendo por isso empregadas na movelaria de luxo, componentes de instrumentos musicais, objetos torneados, construção civil, dormentes, postes e pilares (REMADE, 2017). RECORDE e HESS (1949) descrevem as madeiras do gênero com cerne e alburno distintos, odor imperceptível, porém com gosto extremamente amargo; quando acabadas apresentam brilho acentuado e, com densidade e durabilidade tipicamente elevadas. De acordo com CONTU (2012), a espécie *Swartzia panacoco*, uma das mais importantes do grupo em função de suas qualidades tecnológicas, é uma possível substituta para o ébano africano (*Dyospiros* sp.), sendo por isso conhecida vulgarmente por ébano brasileiro.

Apesar de serem espécies reconhecidas sob o ponto de vista de utilização e propriedades tecnológicas, pouco se sabe a respeito de seus aspectos anatômicos, importantes para a distinção das espécies dentro desse grupo, especialmente quando se fala de comercialização de madeira serrada. O trabalho de maior relevância referente ao grupo é de ANGYALOSSY-ALFONSO e MILLER (2002), que utilizaram a análise de cluster para a separação de 51 espécies de *Swartzia*, conseguindo separar as mesmas em quatro grandes grupos, baseados em parâmetros anatômicos como parênquima axial e estruturas estratificadas. Os estudos para o grupo estão voltados especialmente, para análise de extrativos com ação medicinal, como é o caso dos antifúngicos, obtidos de cascas de espécies do grupo (FAVRE-GODAL et al., 2015).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

No contexto de taxonomia das espécies, a anatomia da madeira vem sendo adotada como importante ferramenta, não apenas para separação de espécies, mas principalmente para a identificação das mesmas. Para isso, várias técnicas que utilizam parâmetros de valor diagnóstico como, por exemplo, tipo de parênquima axial e a estratificação de raios vêm sendo utilizadas com sucesso. É o caso dos sistemas *on line* que permitem a identificação por caracterização da madeira, como é possível realizar com o auxílio do XILOVAM do Museu Paraense Emílio Goeldi (HAGE FILHO et al., 2004) e do Inside Wood da Universidade da Carolina do Norte (WHEELER, 2011). Além das tradicionais comparações com material de referência, análises estatísticas multivariadas também vêm sendo utilizadas na separação de grupos de espécies, é o caso da Análise de Agrupamentos, adotada com êxito para classificar grupos distintos no âmbito da madeira (RIBEIRO e BARROS, 2006; LOBÃO et al., 2011).

Segundo REGAZZI (2001) a Análise de Agrupamentos (AA) compreende um procedimento numérico multivariado, baseando-se nos estudos como estrutura classificatória, ou de descoberta de possíveis grupos, para dividir o conjunto de observações em um número de grupos homogêneos, segundo algum critério de homogeneidade, na qual a metodologia básica, as técnicas aglomerativas de agrupamento, é semelhante. Assim, é possível montar um dendrograma, no qual é possível observar as concentrações de indivíduos e/ou até indivíduos únicos que formam um grupo. Com isso, a Análise de Agrupamento estuda todo um conjunto de relações interdependentes, não fazendo distinção entre variáveis dependentes e independentes, isto é, variáveis do tipo causa e efeito, como na regressão.

Nesse contexto, o trabalho objetivou realizar um teste preliminar com o uso da Análise de Agrupamento (AA) para separar espécies do gênero *Swartzia* da Xiloteca *Walter Alberto Egler* do Museu Paraense Emílio Goeldi com base na caracterização macroscópica da madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção das amostras

O material para estudo foi obtido na xiloteca *Walter Alberto Egler* do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), no âmbito do projeto *Xiloteca Virtual Walter A. Egler - MPEG*: informatização a serviço da pesquisa, educação, conservação e comércio – Processo n. 551722/01-0 (LISBOA e URBINATI, 2005), sendo um corpo de prova para cada espécie, constituindo assim um ensaio preliminar (Tabela 1).

REALIZAÇÃO

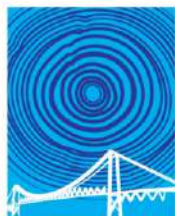


APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1: Relação de espécies do gênero *Swartzia* Schreb. Obtidas na xiloteca Walter Alberto Egler do Museu Paraense Emílio Goeldi

Espécie	MGX	MGH	Coletor	Nº/coleta	Data	UF
<i>Swartzia acuminata</i> Willd. ex Vogel.	1089	52791	Rosa, N. A.	1221	10/10/1976	AP
<i>Swartzia apetalata</i> Raddi.	1218	52876	Rosa, N. A.	1305	15/12/1976	AP
<i>Swartzia arborescens</i> (Aubl.) Pittier	1260	52743	Rosa, N. A.	1173	15/12/1976	AP
<i>Swartzia argentea</i> Spruce ex Benth.	1134	55710	Santos, M. R.	191	10/03/1977	RR
<i>Swartzia brachyrhachis</i> Harms	348	32152	Cavalcante, P. & Silva, M.	1542	03/12/1966	PA
<i>Swartzia discocarpa</i> Ducke	1222	52905	Rosa, N. A.	1334	15/12/1976	AP
<i>Swartzia dolichopoda</i> R. S. Cowan	1935	64195	Silva, M. G.	3865	21/11/1978	PA
<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	1400	55861	Cardoso, O. N.	417	03/01/1978	PA
<i>Swartzia grandifolia</i> Bong. Ex. Benth.	1274	52857	Rosa, N. A.	1287	15/12/1976	AP
<i>Swartzia lamellata</i> Ducke	1286	52792	Rosa, N. A.	1122	15/12/1976	AP
<i>Swartzia laurifolia</i> Benth.	1253	52974	Rosa, N. A.	1402	15/12/1976	AP
<i>Swartzia mangabalensis</i> R. S. Cowan.	4363	87342	Carreira, L., et al	446	01/02/1983	RO
<i>Swartzia panococo</i> (Aubl.) R. S. Cowan.	1227	52794	Rosa, N. A.	1224	15/12/1976	AP
<i>Swartzia racemosa</i> Benth.	504	35846	Cavalcante, P.	2052	24/09/1968	PA
<i>Swartzia recurva</i> Poeep. (Vogel)	122	8123	William & Pess.	1760	21/09/1960	AM

Legenda:

MGX: Número de identificação da amostra na Xiloteca da Instituição

MGH: Número de identificação da amostra no Herbário da Instituição

2.2. Preparo dos corpos de prova para caracterização macroscópica

Os corpos de prova tiveram suas dimensões padronizadas em 2cm x 2cm x 2cm, nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Em seguida, as amostras tiveram suas superfícies aplainadas com o auxílio de um micrótomo de deslize modelo Reichert, para melhor visualização de suas estruturas anatômicas. A caracterização do lenho das espécies foi realizada a nível macroscópico, com o auxílio de uma lupa conta-fios de 10x de aumento e quando necessário utilizou-se um microscópio estereoscópico modelo *Motic Digital Microscope DM 148*.

2.3. Descrição macroscópica da madeira e obtenção de imagens

A caracterização macroscópica das espécies estudadas seguiu as recomendações do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (CORADIN e MUNIZ, 1992), onde descreveram-se as seguintes características da madeira: Parênquima axial: visibilidade, disposição; Raios: visibilidade, canais secretores radiais, estratificação espelhado; Poros: visibilidade, porosidade, arranjo, agrupamento, conteúdo, linhas vasculares; Camadas de crescimento; canais secretores axiais; máculas medulares; floema incluso. Após a caracterização, imagens digitais foram obtidas na superfície transversal dos corpos de prova, utilizando-se um microscópio estereoscópico modelo *Motic Digital Microscope DM 148* e o software *Motic Imagens Plus 2.0 ML*.

2.4. Tratamento estatístico

Utilizou-se o programa BioStatistics 5.3 (AYRES et al., 2007) para realização do método de Análise de Agrupamentos (AA). Sua aplicação engloba uma variedade de técnicas e algoritmos, sendo que o objetivo é encontrar e separar objetos em grupos similares (VICINI, 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise do Agrupamento

Tendo como base as características macroscópicas do tipo de parênquima axial e estratificação dos raios, formulou-se o dendrograma (Figura 1), produto obtido a partir da Análise de Agrupamento (AA), no qual realizou-se o traçado de corte paralelo ao eixo horizontal, conhecido como “Linha Fenon” a 45%, o que permitiu a formação de três grupos (1, 2, 3). Em cada grupo formado, foi necessário muita cautela na identificação pela acentuada semelhança entre as espécies.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

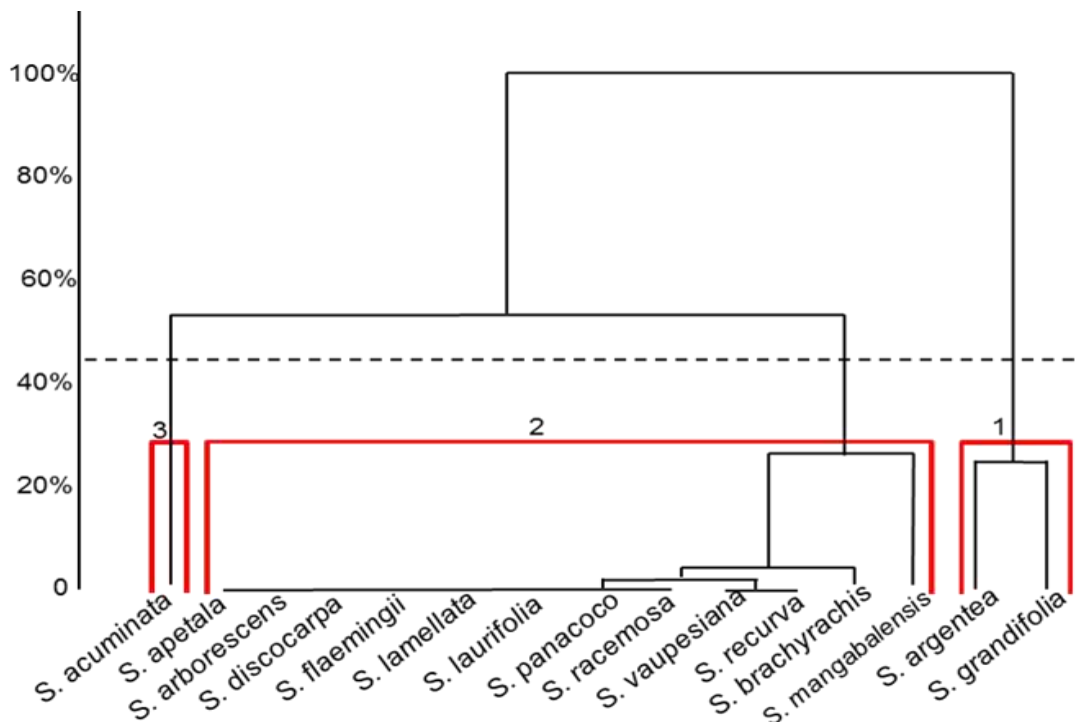


Figura 1: Análise de agrupamento. Dendrograma de similaridade entre as espécies com base nos parâmetros qualitativos.

3.2. Caracterização macroscópica por grupo

No gênero *Swartzia* a estrutura anatômica do tecido lenhoso é tipicamente caracterizada pela presença de parênquima axial do tipo paratraqueal aliforme, comumente encontrado em outros gêneros da família Leguminosae. Contudo, esse grupo é caracterizado, pela disposição das aletas predominantemente em linhas finas, podendo apresentar variações que vão desde exclusivamente aliformes de aletas finas a aliformes de aletas finas confluentes, ou ainda, apresentar combinações entre ambas, que demonstram marcar as camadas de crescimento. Apesar de se encontrar tais variações, o tecido é de modo geral, muito homogêneo e, pode facilmente induzir a troca de espécies dentro do gênero.

No Grupo 1, a estratificação irregular dos raios foi o parâmetro determinante para o agrupamento das espécies *S. argentea* e *S. grandifolia*. O Grupo 2, foi formado pela estratificação regular associado ao parênquima axial em linhas, aliforme de extensão linear e confluyente característicos das espécies: *S. arborescens*, *S. apetala*, *S. brachyrachis*, *S. discocarpa*, *S. vaupesiana*, *S. flaemingii*, *S. lamellata*, *S. laurifolia*, *S. panacoco*, *S. racemosa* e *S. recurva*. Nesse grupo, apenas a espécie *S. mangabalensis* apresentou um parênquima diferenciado, do tipo aliforme de extensão losangular de aletas estreitas e longas. No Grupo 3, o parênquima axial predominantemente aliforme de extensão linear confluyente, formando faixas estreitas, associado aos raios não estratificados, foram fundamentais para a separação de *S. acuminata* das demais espécies.

O primeiro grupo (Figura 2) formado foi composto por *S. argentea* (Figura 2A) e *S. grandifolia* (Figura 2B). As madeiras deste grupo foram caracterizadas pela presença de **camadas de crescimento** pouco distintas, individualizadas por zonas fibrosas transversais

REALIZAÇÃO

APOIO

ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

mais escuras. Em *S. grandifolia*, observou-se eventualmente uma formação atípica de camadas de crescimento caracterizadas pelo maior espaçamento do parênquima axial (Figura 2B – seta amarela). **Poros** visíveis somente sob lente de 10x, difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente solitários (90%), a exceção de *S. argentea* que apresentou poros predominantemente múltiplos de 2 a 3; conteúdo ausente e linhas vasculares retilíneas em secção tangencial. **Parênquima axial** visível a olho desarmado, sendo predominantemente do tipo aliforme de extensão losangular, confluyente, observadas também raras linhas espaçadas de parênquima axial para *S. argentea* (Figura 2A – seta verde). Já em *S. grandifolia* o parênquima foi predominantemente aliforme de extensão linear, confluyente. **Raios** visíveis somente sob lente de 10x, exceto na secção tangencial para *S. grandifolia* que pode ser visualizado a olho nu, estratificados irregularmente. Canais secretores radiais ausentes, espelhado pouco contrastado em secção radial. **Canais secretores axiais, máculas medulares e floema incluso**, ausentes.

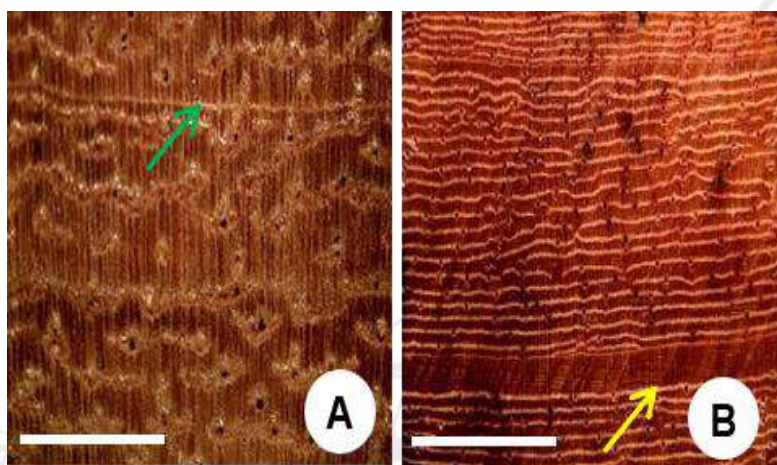


Figura 2: Plano transversal. Aspectos macroscópicos de *Swartzia argentea* (A) e *Swartzia grandifolia* (B), mostrando o tipo e disposição do parênquima axial: aliforme de extensão losangular em *S. argentea* e aliforme com aletas predominantemente linear confluyente em *S. grandifolia*. Seta amarela – camadas de crescimento atípica, demarcada pelo aumento no espaçamento do parênquima axial. Seta verde – raras linhas de parênquima axial observadas em *S. argentea*. (Barra A = 1 cm; B = 1,5 cm).

Considerando que os parâmetros utilizados foram tipo de parênquima e estratificação dos raios, observou-se que a análise de multivariada considerou apenas a estratificação dos raios para agrupar as espécies desse grupo, uma vez que ambas apresentaram estratificação irregular quando observadas em secção tangencial. De acordo com METCALFE e CHALK (1983), tanto a estratificação dos raios, quanto o parênquima axial são considerados importantes parâmetros diagnósticos para a identificação de uma determinada espécie, pois são considerados resistentes quanto as modificações em função de condições ambientais, o que corrobora PINHEIRO (1999) quando menciona que a formação estratificada dos raios está mais ligada ao genótipo.

O segundo grupo (Figura 3) foi composto por *S. apetala* (Figura 3A), *S. arborencens* (Figura 3B), *S. discocarpa* (Figura 3C), *S. flaemingii* (Figura 3D), *S. lamellata* (Figura 3E), *S. laurifolia* (Figura 3F), *S. panacoco* (Figura 3G), *S. racemosa* (Figura 3H), *S. vaupesiana* (Figura 3I), *S. recurva* (Figura 3J), *S. brachyrachis* (Figura 3K) e *S. mangabalensis* (Figura 3L). As madeiras deste grupo foram caracterizadas pela presença de **camadas de crescimento** predominantemente indistintas, a exceção de *S. brachyrachis* que são

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

distintas, individualizadas por zonas fibrosas transversais mais escuras. Já *S. lamellata* e *S. recurva* apresentaram camadas de crescimento pouco distintas, sendo a primeira individualizada por zonas fibrosas transversais mais escuras (Figura 3E – seta amarela) e a segunda pela distância entre as linhas de parênquima próximo à região do lenho tardio. **Poros** visíveis somente sob lente de 10x, a exceção de *S. arborescens* e *S. panacoco* que são visíveis a olho nu, difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente solitários, exceto em *S. arborescens*, *S. vaupesiana* e *S. racemosa* que apresentaram poros múltiplos, com linhas vasculares predominantemente retilíneas, a exceção de *S. laurifolia* que foram irregulares. Conteúdo ausente, a exceção de *S. brachyrachis*, *S. racemosa* e *S. recurva* que apresentaram, respectivamente, poros raramente obstruídos por tilos e depósito de coloração branca ou esbranquiçada (Figura 3 - seta vermelha). **Parênquima axial** visível a olho nu, exceto em *S. brachyrachis* observado somente sob lente de 10x; aliforme de extensão linear, confluyente muitas vezes tendendo a formar linhas pela confluência de suas aletas, a exceção de *S. mangabalensis* que apresentou parênquima predominantemente aliforme de extensão losangular de aletas estreitas e longas, confluentes. **Raios** visíveis somente sob lente de 10x na secção transversal e a olho nu na secção tangencial, a exceção de *S. arborescens*, *S. brachyrachis*, *S. mangabalensis* e *S. panacoco* que foram vistos somente sob lente de 10x em ambas as secções, estratificação regular, exceto em *S. vaupesiana*, *S. mangabalensis* e *S. recurva* que apresentaram raios irregularmente estratificados. *S. brachyrachis* apresentou raios não estratificados; canais secretores radiais ausentes; espelhado pouco contrastado em secção radial. **Canais secretores axiais, máculas medulares e floema incluso** ausentes.

As descrições macroscópicas do lenho secundário das espécies *S. arborescens*, *S. panacoco* e *S. recurva* são compatíveis com as caracterizações disponíveis no banco de dados do Inside Wood (WHEELER, 2011).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

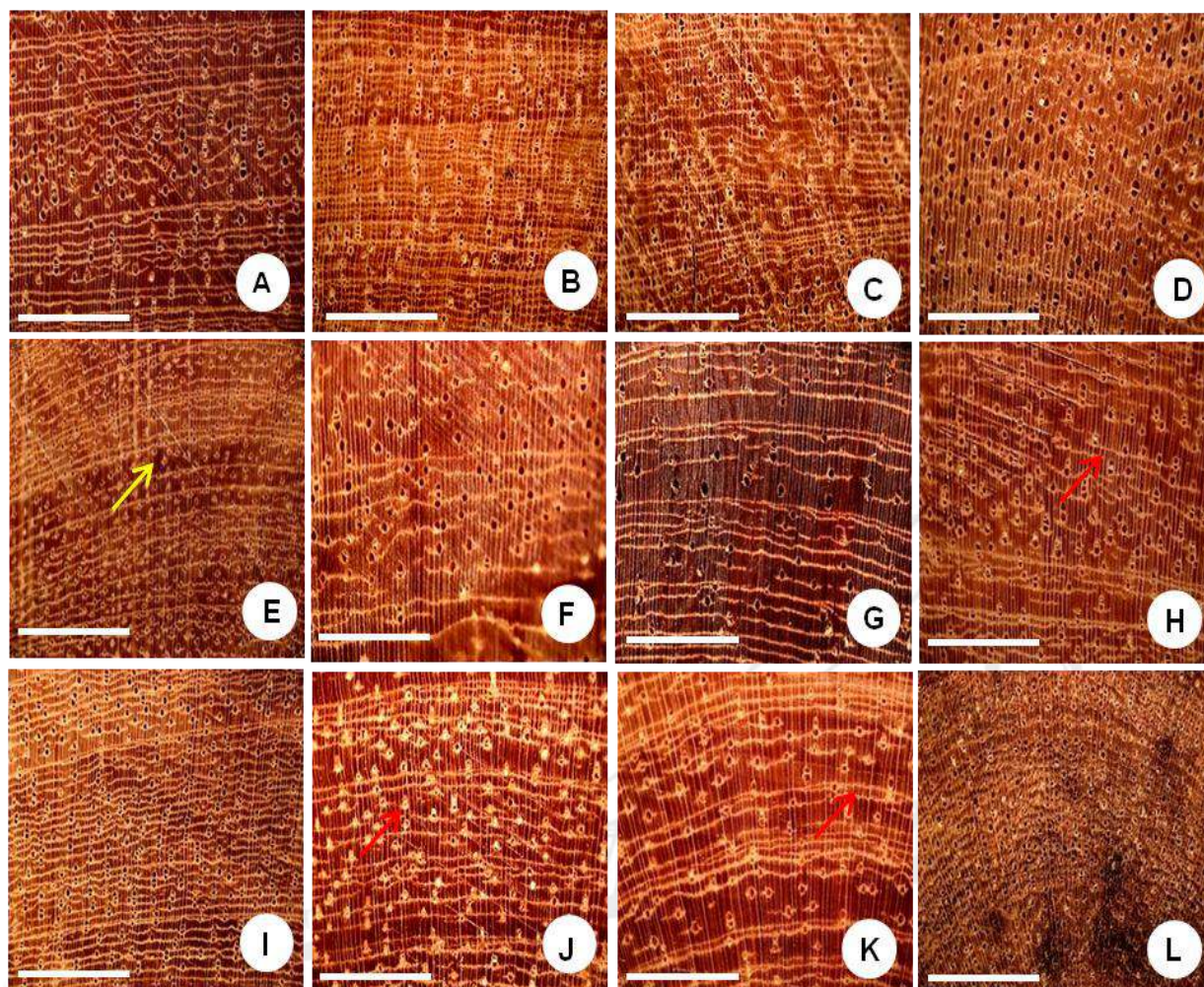


Figura 3: Plano transversal. Aspectos macroscópicos de *S. apetala* (A), *S. arborencens* (B), *S. discocarpa* (C), *S. flaemingii* (D), *S. lamellata* (E), *S. laurifolia* (F), *S. panacoco* (G), *S. racemosa* (H), *S. vaupesiana* (I), *S. recurva* (J), *S. brachyrachis* (K), *S. mangabalensis* (L), mostrando a predominância do parênquima axial aliforme de extensão linear, confluenta, a exceção de *S. mangabalensis* com parênquima predominantemente aliforme de extensão losangular de aletas estreitas e longas, confluentes. Seta amarela – camadas de crescimento da *S. mangabalensis*. Seta vermelha (H) – poros de *S. racemosa* obstruídos por tilos; Seta vermelha (J) - obstrução por depósitos de coloração esbranquiçada de *S. recurva*; *S. brachyrachis* (K) - poros raramente obstruídos por tilos e depósito de coloração branca. (Barra A, B, C, D, F, H, I, J, K, L = 1 cm; E, G = 1,5 cm).

Neste grupo o parâmetro diagnóstico determinante para sua separação em relação ao grupo 1 foi a estratificação dos raios, pois todas as espécies (exceto *S. brachyrachis*) apresentaram a estratificação de forma regular. Internamente o grupo se subdividiu de acordo com o tipo de parênquima, sendo o aliforme de extensão linear presente na maioria das espécies, com a exceção apenas da *S. mangabalensis* que apresentou a disposição de parênquima do tipo aliforme de extensão losangular de aletas estreitas e longas.

O terceiro grupo (Figura 4) constituiu-se apenas de *S. acuminata*. Essa espécie foi caracterizada pela presença de **camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visíveis somente sob lente de 10x, difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





múltiplos de 2 a 3, conteúdo ausente, linhas vasculares regulares em secção tangencial. **Parênquima axial** visível a olho nu, aliforme de extensão linear confluyente, formando faixas estreitas. **Raios** visíveis somente sob lente de 10x em secção transversal e a olho nu em secção tangencial, estratificados regularmente, canais secretores radiais ausentes, espelhado pouco contrastado em secção radial. **Canais secretores axiais, máculas medulares e floema incluso** ausentes.

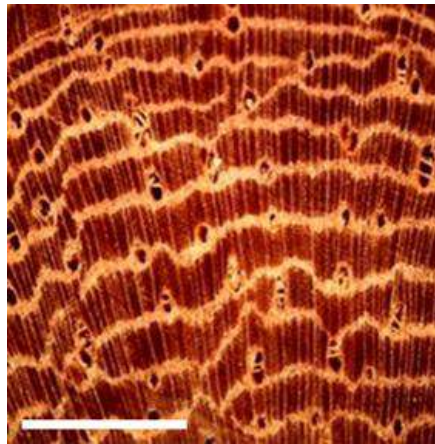


Figura 4: Plano transversal. Aspecto macroscópico de *Swartzia acuminata* que apresentou parênquima axial aliforme de extensão linear confluyente em faixas estreitas.

Foi possível verificar que a análise de agrupamento separou a espécie *S. acuminata* em decorrência do seu tipo de parênquima predominantemente aliforme de extensão linear confluyente, porém com a formação em faixas estreitas, sendo esta espécie a única a apresentar este tipo dentre as demais, e a estratificação é regular. O parênquima é suficientemente um parâmetro importante para a diferenciação da madeira entre grupos (famílias e gêneros) (ZENID e CECCANTINI, 2012; CHIMELO et al. 1993). FERREIRA et al. (2004) acrescentam que as características macroscópicas, principalmente o parênquima axial e estratificação dos raios, devem ser consideradas para separar as espécies estudadas, respaldando assim a relevância dos parâmetros diagnósticos utilizados no presente estudo.

A presença de parênquima paratraqueal nas 15 espécies estudadas encaixaram-se no que já foi analisado por WHEELER e BAAS (1991) como o tipo mais usual nas regiões tropicais do que nas temperadas. ALVES e ANGYALOSSY (2002) ratificaram através dos seus estudos de anatomia da madeira da flora arbórea de várias regiões brasileiras que o parênquima paratraqueal é comum em latitudes menores.

4. CONCLUSÃO

- A forma do parênquima axial e estratificação dos raios foram eficientes para a realização da Análise de Agrupamentos das 15 espécies estudadas.
- A segregação pela Análise de Agrupamento entre os grupos foi eficiente, porém a separação dentro de cada grupo não foi eficaz.
- É necessário adicionar outros parâmetros anatômicos para a realização de um agrupamento mais eficaz.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório Multiusuário de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Pará e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, pelo apoio no desenvolvimento das atividades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. IAWA JOURNAL, v. 23, p. 391-418, 2002.

ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; MILLER, R. B. Wood anatomy of the brazilian species of *Swartzia* and considerations within the tribe Swartzieae. IAWA JOURNAL, v. 23, n. 4, p. 359-390, 2002.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. D. A. BIOESTAT - Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas [online]. Instituto Mamirauá. Belém, PA. 2007. Disponível em: <<http://www.mamiraua.org.br/pt-br/downloads/programas/>>. Acesso em: 12 maio. 2017.

CARDOSO, C. C.; MOUTINHO, V. H. P.; ANDRADE, F. W. C.; SOUSA, M. R.; SOUSA, L. K. V. S. Caracterização tecnológica da madeira de três espécies amazônicas visando à comercialização. In: XIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS. 2012. UFES. Anais... Vitória, 2012.

CHIMELO, J. P.; ZENID, G.; MIRANDA, M.; CECCANTINI, G. IMAC: Identificação de madeiras brasileiras com auxílio do computador. 56p. São Paulo: IPT. 1993.

CONTU, S. *Swartzia panacoco*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2012. Disponível em: <[e.T19892344A20147830.http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T19892344A20147830.e](http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T19892344A20147830.e)>. Acesso em: 14 maio. 2017.

CORADIN, V. T. R.; MUÑIZ, G. I. B. 1992. Normas para procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae: 1-19. Brasília: IBAMA/LPF, (Série Técnica, 15).

FAVRE-GODAL, Q.; DORSAL, S.; QUEIROZ, E. F.; MARCOURT, L.; EBRAHIMI, S. N.; ALLARD, P. M.; SANGLARD, D. Anti-Candida Cassane-type diterpenoids from the root bark of *Swartzia simplex*. JOURNAL OF NATURAL PRODUCTS, v. 78, n. 12, p. 2994-3004, 2015.

FERREIRA, G. C.; GOMES, J. I.; HOPKINS, M. J. G. Estudo anatômico das espécies de Leguminosae comercializadas no estado do Pará como angelim. ACTA AMAZÔNICA. Manaus, v. 34, n.3, p. 387-398, 2004.

HAGE FILHO, A.; FAVERO, E. L. ; URBINATI, C. V. ; LISBOA, P. L. B. . XiloMAM - Xiloteca virtual de madeiras amazônicas. In: World Congress on Engineering and Technology Education, 2004, Guarujá. Engineering Education in the changing society. Melany: Council of Research in Education and Sciences, 2004. p. 875-879.

INSIDEWOOD. 2004-onwards. Disponível em: <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search> [date of accession]. Acesso em 14 de maio de 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

LISBOA, P. L. B.; URBINATI, C. V. Xiloteca Virtual Walter A. Egler - MPEG: informatização a serviço da pesquisa, educação, conservação e comércio. Relatório Técnico, Processo CNPq n°. 551722/01-0, 451 p., 2005.

LOBÃO, M. S.; CASTRO, V. R. D.; RANGEL, A.; SARTO, C.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA JUNIOR, F. G. D.; CAMARGO NETO, L.; BERMUDEZ, M. A. R. C. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. *SCIENTIA FORESTALIS*, v. 39, n. 92, p. 469-477, 2011.

MEIRELLES, A. C.; SOUZA, L. A. G. Germinação natural de oito espécies de *Swartzia* (Fabaceae, Faboideae) da Amazônia. *SCIENTIA AMAZONIA*, v. 4, n. 3, p. 84-92, 2015.

METCALFE, C. R.; CHALK, K. L. *Anatomy of the dicotyledons*. 2ª ed. Oxford: Clarendon Press. 1983. v. 2, 297p.

PINHEIRO, A. L. Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia e qualidade da madeira. Viçosa, MG: SIF, p.144. 1999.

PINTO, R. B. Estudos citogenéticos e taxonômicos em espécies brasileiras de *Swartzia Schreb.* (Leguminosae-Papilionoideae). 2013. 104 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

RECORD, S. J.; HESS, R. W. *Timbers of the new world*. 4ª ed. New Haven: Yale University Press. 1949, 328p.

REGAZZI, A. J. INF 766 - Análise multivariada. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Departamento de Informática. p. 166, 2001. Apostila de disciplina.

REMADE - Revista da Madeira: Madeiras Brasileiras e Exóticas. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/438/madeiras-brasileiras-e-exoticas>>. Acesso em 14 maio. 2017.

RIBEIRO, M. L. R. C. da; BARROS, C. F. Variação intraspecífica do lenho de *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima (Leguminosae - Mimosoideae) de populações ocorrentes em dois remanescentes de Floresta Atlântica. *ACTA BOTANICA BRASÍLICA*, v. 20, n. 4. p. 839-844, 2006.

SANTOS, R. C.; MELO FILHO, A. A. Fitoquímica e Atividades Biológicas do Gênero *Swartzia*: Uma Breve Revisão. *Orbital: THE ELECTRONIC JOURNAL OF CHEMISTRY*. v. 5, n. 2, 2013.

VIANEZ, B. F.; VAREJÃO, M. J. C.; ABREU, R. L. S.; SALES-CAMPOS, C. Potencial Tecnológico de Madeiras e Resíduos florestais da Amazônia central. 1ª ed. Manaus, Brazil. Ed. do INPA. p. 11-30, 2012.

VICINI, L.; SOUZA A. M. Análise Multivariada da Teoria à Prática. UFSM, CCNE, Santa Maria. p. 215, 2005.

WHEELER, E. A. InsideWood - a web resource for hardwood anatomy. *IAWA JOURNAL*, v. 32, n. 2, p. 199-211, 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

WHEELER, E. A.; BAAS, P. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. IAWA Bulletin v. 12, p. 275-332, 1991.

ZENID, J. G.; CECCANTINI, G. C. T. Identificação macroscópica de madeira. IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas. p. 23, 2012.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DE CONFORMIDADES NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO EM LIGHT WOOD FRAMING: UMA ABORDAGEM BASEADA EM MINERAÇÃO DE PROCESSOS

Nicolle Christine Sotsek Ramos¹
Janilce dos S. NEGRÃO¹
Eduardo Alves Portela Santos²
Adriana de Paula Lacerda Santos¹

¹ Universidade Federal do Paraná

² Universidade Católica do Paraná



ANÁLISE DE CONFORMIDADES NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO EM LIGHT WOOD FRAMING: UMA ABORDAGEM BASEADA EM MINERAÇÃO DE PROCESSOS

Nicolle C. **SOTSEK**¹; Janilce dos S. **NEGRÃO**; Eduardo A.P. **SANTOS**². Adriana de P. L. **SANTOS**³

¹ Alunas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba/PR Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) Curitiba/PR Brasil

³ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (UFPR) Curitiba/PR Brasil

Resumo: O *Light Wood Frame* é um sistema construtivo em que uma das etapas é realizada no ambiente fabril. Esse sistema construtivo ainda é recente no Brasil e por consequência, não possui normas técnicas e poucas pesquisas com relação ao seu processo industrial. Neste contexto o estudo, propõem-se analisar a aderência entre o modelo do processo organizacional padrão (ou modelo de prescrito) e o processo de fato executado, de forma que seja possível identificar violações processuais (não conformidades) que poderiam comprometer o processo e sua eficiência. Para isso, utilizou-se como base a mineração de processos e como suporte o software ProM® versão 5.2 e o Disco®, que permite realizar o mapeamento do fluxo real do processo através de uma base de dados. Um estudo de caso industrial é apresentado para ilustrar a aplicação do fluxo de trabalho para identificar problemas operacionais associados a fatores humanos e ao processo. Os resultados apresentaram três pontos de alerta. O primeiro ponto é referente à forma de conduzir as tarefas dentro da estação de trabalho em que foram detectadas situações pontuais de atividades executadas invertidas e/ou em paralelo em relação ao modelo prescrito. O segundo alerta mostra que à sequência do processo é linear, por isso, o que estiver fora do documento prescrito deve ser evitado. Por fim, o último alerta mostra que diversas anomalias foram detectadas durante o processo, tais como problemas com a matéria-prima e com os equipamentos. Estes não foram caracterizados como não conformidades, mas devem ser evitados para não comprometimento das atividades.

Palavras-chave: Mineração de Processos. Análise de Conformidades, *Light Wood Framing*

ANALYSIS OF CONFORMITIES IN THE LIGHT WOOD FRAMING MANUFACTURING PROCESS: A PROCESS MINING BASED APPROACH

Abstract: Light Wood Frame is a constructive system that one of the steps is performed in the manufacturing environment. This constructive system is still recent in Brazil and consequently, it has no technical norms and few researches regarding its industrial process. In this context, the study proposes to analyze the adherence between the standard organizational process model (or prescribed model) and the actual process performed, so that it is possible to identify procedural violations (nonconformities) that could compromise the process and its efficiency. For this, the process mining was used as a basis and ProM® software version 5.2 and Disk®, which allows mapping the actual flow of the process through a database. An industrial case study is presented to illustrate the application of the workflow to identify operational problems associated with human factors and the process. The results presented three points of alert. The first point concerns the way to conduct the tasks within the workstation in which specific situations of activities executed inverted and / or in parallel



were detected in relation to the prescribed model. The second alert shows that the sequence of the process is linear, so what is outside the prescribed document should be avoided. Finally, the last alert shows that several anomalies were detected during the process, such as problems with raw material and equipment. These were not characterized as nonconformities, but should be avoided for non-commitment of activities.

Keywords: Process Mining. Conformity Analysis, Light Wood Framing.

1. INTRODUÇÃO

Os processos na área industrial são complexos e necessitam de organização para proporcionarem vantagens competitivas para as empresas. O sistema de construção civil *light wood framing* (LWF) se diferencia de outros sistemas construtivos por apresentar uma etapa industrializada, em que é necessário a padronização e gestão industrial para seu amplo funcionamento (CBIC 2012). O LWF é uma técnica construtiva composta por seções de madeira (parte estrutural), revestido por painéis (OSB, cimentícia e gesso) que funcionam como contraventamento da estrutura (MOLINA e CALIL, 2010). Este processo de forma geral apresenta duas etapas de execução, uma em um ambiente fabril e outra de montagem no canteiro de obras. Desta forma, essa atividade possui um alto grau de complexidade visto que deve alinhar o processo fabril dos painéis estruturados de madeira com o processo de montagem.

No Brasil o sistema de construção civil em LWF ainda é muito recente, e por esta razão não possui normas técnicas que conduzam sua forma de execução. O principal documento que se refere, especificamente, ao Sistema Nacional de Avaliações Técnicas é a Diretriz SiNAT N° 005 revisada em 2017. A Diretriz SiNAT N° 005 apresenta os insumos que devem ser utilizados para confecção das paredes, pisos e telhados em LWF; as restrições de uso; os campos de aplicação do sistema; as características e requisitos de desempenho referentes aos aspectos estruturais, contra incêndio, estanqueidade de água, desempenho térmico e acústico, de durabilidade e manutenibilidade dos materiais utilizados; os métodos de avaliação do sistema e por fim as forma de controle de qualidade tanto com relação aos materiais e componentes em canteiro de obra e /ou ambiente fabril como durante a montagem do LWF em canteiro de obras.

Esse documento técnico busca atender à norma brasileira NBR:15575 e demais normas vigentes dos insumos utilizados. Fora do Brasil diversas normativas regem o processo de *Wood Frame*, dentre as mais recentes pode-se citar a americana *Wood Frame Construction Manual (WFCM) for One-and Two-Family Dwellings* (2015) e *North Carolina State Building Code: Building Code* (2012).

É justamente por causa destas condições ainda pouco favoráveis que se torna necessário um monitoramento contínuo dos processos para mitigar os riscos de quebra de conformidades. Conformidades estas que podem estar associadas com o tratamento adequado da madeira, com processo de fabricação dos painéis estruturados de madeira, com a forma de condução das atividades executadas pelos colaboradores, entre outras. Segundo Dasani et al (2015) as não conformidades podem estar associadas com pelo menos três fatores: com o processo, com as pessoas e com os equipamentos.

A análise de conformidade é uma área importante para os processos industriais. Segundo o INMETRO (2016) a avaliação da conformidade pode ser definida como um “processo sistematizado, acompanhado e avaliado, de forma a propiciar adequado grau de confiança de que um produto, processo ou serviço, ou ainda um profissional, atende a



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

requisitos pré-estabelecidos em normas e regulamentos técnicos com o menor custo para a sociedade”. Esta leva à tomada de decisão e ao direcionamento de recursos, indicando o que deve ser feito para melhorar o processo e quais ações devem ser tomadas de forma imediata.

Na área de processos industriais a mineração de processos é um campo relativamente novo, e seu uso pode ajudar na tomada de decisão no âmbito operacional, gerencial e até mesmo estratégico. Segundo Vossen (2012) a mineração de processos pode atuar em três principais frentes. Na descoberta do processo, ou seja, para conhecer o desenho do processo *in facto*. Na análise de conformidades, verificando a aderência entre o modelo prescrito e o modelo *in facto*. E na busca por melhorias no sistema. Ao conhecer o processo é possível atuar na redução de tempos de produção, nos gargalos, nos tempos de resposta e na busca por aumentar a qualidade do produto.

Segundo Song e Van der Aalst (2008) o principal objetivo da mineração de processos é extrair conhecimento a partir desses registros e usá-lo para uma análise detalhada da realidade de um processo. Em função da importância desta área, hoje a grande maioria das organizações utiliza sistemas de informação integrados como ERP's (*Enterprise Resource Planning*) e SAP's (*Structural Analysis Program*) para armazenar e gerenciar suas informações. Nesses sistemas além dos registros de dados do processo é possível incluir os recursos que atuam neste processo, bem como os equipamentos e mão de obra utilizados. Com todas as informações é possível gerar uma perspectiva fidedigna dos processos executados.

A mineração permite fornecer, automaticamente, a descrição dos processos que atualmente estão sendo executados, e assim gerar o fluxo atual de atividades baseado nos modelos gerados em diversas bases de dados. Embora, a mineração processo seja impulsionada por dados de eventos históricos, ela também pode ser usada para apoio operacional em tempo de execução (VOSSSEN, 2012). A mineração de processos permite controlar processos já existentes, gerar melhorias no modo de trabalho dos funcionários e ainda pode contribuir para o mapeamento do fluxo de informações dentro do sistema (ROJAS et al 2016), (VOSSSEN 2012).

Pela mineração de processos é possível construir um modelo de processo descrevendo as dependências causais entre atividades (VAN DER AALST et al 2011). A ideia básica é, sendo dado um *log* de eventos que contém um conjunto de *traces* (caminhos), criar automaticamente um modelo de processo adequado que descreve o comportamento do próprio *log*.

Em geral, segundo Van der Aalst et al (2007), cada evento como este tem um *timestamp* indicado o momento de ocorrência, e mostra características associadas com este evento, tais como os recursos humanos envolvidos, atributos do produto, entre outros. Desta forma, integrar estas duas áreas de conhecimento torna-se um avanço na área de organização e reengenharia de processo. A Figura 01, mostra a forma como os dados são originados dentro das organizações até sua extração para análise e monitoramento do fluxo do processo.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



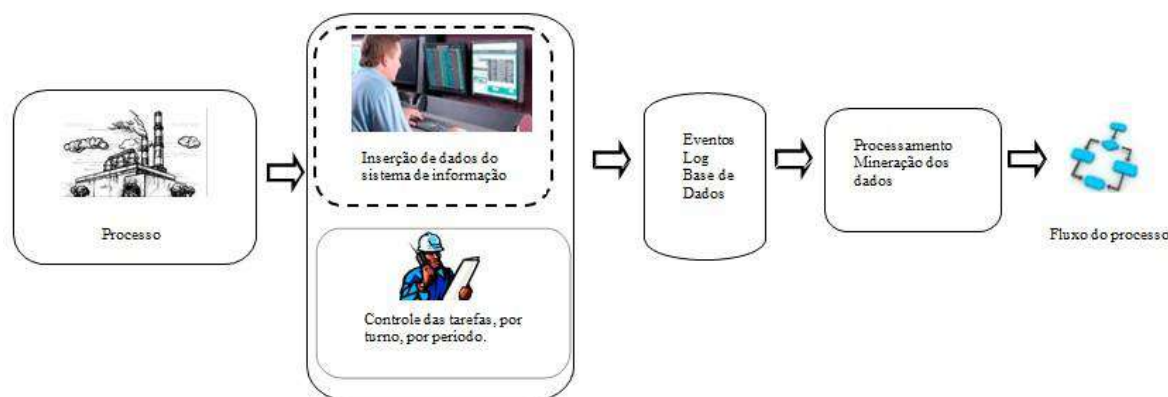


Figura 1- Mapeamento para desenvolvimento do fluxo do processo por meio da mineração de processos (adaptado de Dianese et al 2015).

Ter um modelo preciso do comportamento real de um processo, melhora a capacidade de especificar as exigências do processo de execução na empresa que suporte o processo, configurando quaisquer requisitos adicionais não incluídos no sistema e apoiando o processo de análise. Além disso, Van der Aalst et al (2011), observa a possibilidade de estender a análise utilizando outras abordagens, tais como a organizacional de mineração, a construção automática de modelos de simulação, extensões do modelo e o modelo reparação, prevendo o comportamento de processo e recomendações com base no histórico.

O *IEEE Task Force on Process Mining* é um grupo de pesquisa que tem como objetivo promover o tema mineração de processo para as mais diversas áreas. Dentre as ações utilizadas ao incentivo, o grupo apresenta estudos de casos que usam a mineração de processos. A Tabela 1 apresenta alguns destes estudos de caso que vem utilizando a mineração de processo, assim como mostra as frentes de atuação da pesquisa (descoberta do processo, análise de conformidade e busca por melhorias no processo) nos trabalhos estudados.

Tabela 01- Estudos de Mineração de Processo.

Artigos Científicos	Setor da pesquisa	Uso da mineração de processo		
		Descoberta do processo	Análise de conformidade	Melhorias do processo
	Saúde			X
Riz et al 2016	Saúde	X		
Dasani et al 2016	Processo industrial		X	X
Park e Kang 2016	Processo industrial	X		X
Mahendrawathi et al 2015	Empresa de telecomunicações		X	X
Weerd et al 2013	Empresa de serviços financeiros	X		X
IEE <i>Task Force on Process Mining</i> (Vossen et al 2012)	Saúde		X	
IEE <i>Task Force on Process Mining</i> (van del et al 2007)	Obras públicas na Holanda			X
Jan et al 2011	Processo industrial	X	X	



Percebe-se pela análise demonstrada na Tabela 1, que os processos analisados não fazem referência apenas a um tipo de organização ou setor de atuação. Estas pesquisas estão sendo desenvolvidas nas mais diversas áreas onde se identifiquem fluxos de processos. Percebe-se, no entanto, que dentro da construção civil este tema ainda é bem recente. Não foram identificados trabalhos nacionais que buscaram analisar um processo no setor da construção civil, visto que o sistema predominante no Brasil é a alvenaria, sistema baseado no trabalho artesanal.

Neste trabalho o objetivo foi fazer análise de mineração de processo na fabricação de painéis estruturados de madeira utilizados na construção de casas pelo sistema chamado *Light wood framing*, especificamente, na análise de conformidades, com o propósito de verificar o cumprimento das regras específicas nos processos executados. Assim, como base para análise de conformidades, o documento utilizado para verificar a aderência do modelo prescrito com o modelo *in facto* é a IT (instrução de trabalho), construído pela empresa do estudo de caso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para aplicação da mineração de processos na área de processos industriais utilizou-se como base o modelo de Van Eck et al. (2015) que organiza o seu procedimento em três principais fases que são subdivididas em etapas, conforme é possível visualizar na Figura 2.

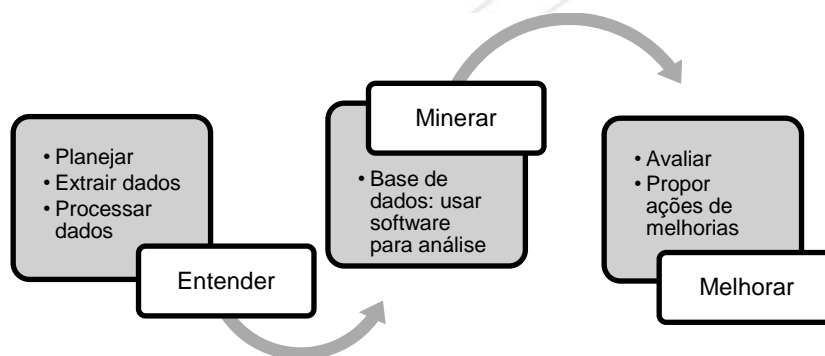


Figura 2. Adaptação do modelo de estágio de mineração (Van Eck et al 2015).

A primeira fase é entender o processo. Nesta fase é necessário, primeiramente, planejar como será realizado o projeto de mineração e o escopo do processo que será analisado. Em seguida, cabe à equipe fazer a extração das informações que serão utilizadas durante o processo. Dentre as informações necessárias destacam-se as normas e/ou as regulamentações tanto internas como externas que regem este processo, a coleta de informações com os especialistas e/ou na literatura, e por fim, a extração de uma base de dados ou *log* de eventos do sistema de informação.

Com essas informações coletadas é possível organizá-las em uma planilha Excel e assim exportar o *log* para um arquivo compatível com sistema, neste caso optou-se por escolher o software ProM que apresenta três características pertinentes para a pesquisa: espaço de armazenamento, flexibilidade e abrangência de avaliação. Este *software* utiliza arquivos no formato MXML. A segunda fase é a parte da mineração, com a base de dados obtida é possível fazer a análise de conformidades baseando o modelo deste estudo na verificação de conformidade.

Por fim, na terceira e última etapa os resultados são analisados na busca de gerar melhorias e ações que possam dar suporte necessário ao processo.



2.1 Estudo de caso

Uma empresa do Paraná foi escolhida como objeto de estudo. Seguindo a proposta deste trabalho, foi realizada a aplicabilidade da mineração de processos dentro do processo fabril na etapa produção dos painéis estruturados em madeira (framing), especificamente dentro da estação “E2”, escolhida por apresentar um banco de dados contendo os tempos de processamento. Os resultados serão descritos em conjunto com o método de mineração aplicado.

O objetivo deste trabalho foi verificar se a condução do processo industrial planejado pela empresa (por meio da instrução de trabalho) baseado na diretriz do SiNAT nº 005 se confirma ao longo da execução do processo. Além de compreender, de forma mais ampla, a influência dos recursos humanos ao longo da linha de produção que, segundo Walker et al. (2011), é uma das principais causa de não conformidades dentro de um processo industrial. E, também, baseando-se nestas informações propor melhorias para o processo industrial da empresa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Descrição do Processo de fabricação dos painéis estruturados em madeira no estudo de caso

O processo de fabricação de painéis estruturados em madeira que a empresa em estudo segue está baseado na diretriz do SiNAT nº 005. Cabe ressaltar que, dentro do processo de fabricação de painéis estruturados em madeira, existem outros procedimentos que ocorrem em paralelo a fim atender a verificação da conformidade das peças de madeira (presença de defeitos, origem da madeira, tratamento adequado da madeira, etc). Nesta pesquisa o foco está no processo de fabricação dentro da linha de produção. Este processo segue as etapas demonstradas na Figura 3.

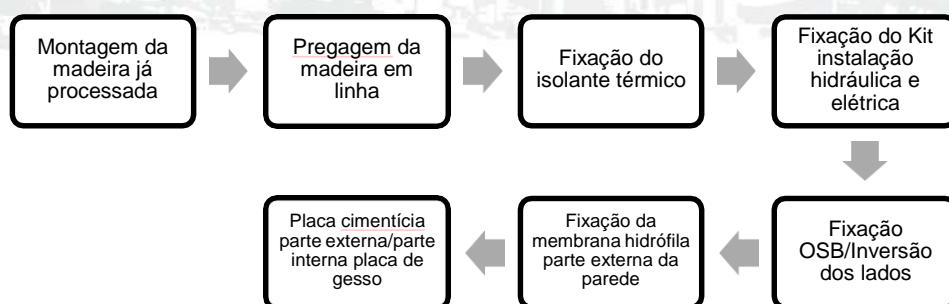


Figura 3- Etapas do processo de fabricação de painéis.

Esse processo é realizado na empresa em estudo em 5 estações. Primeira estação chamada de E1 é composta das etapas de montagem da madeira processada e realização da pregagem da madeira. Na segunda estação E2, ocorre à execução dos procedimentos de posicionamento e corte do OSB e corte de vão no OSB. E em seguida, nas estações E3, E4 e E5 (terceira, quarta e quinta estações, respectivamente) ocorre a execução dos mesmos procedimentos do outro lado da parede e ainda, na E3, instalação de *kits*



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

hidráulicos e elétricos, E4, posicionamento e fixação do OSB, corte de vãos no OSB, fixação do OSB, colocação da membrana hidrófuga, colocação gesso e corte do gesso. Na E5, se procede, também, a instalação de portas e janelas.

No estudo de caso, a estação E2 será analisada considerando, especificamente, o projeto de casas populares térreas que é o empreendimento mais executado pela empresa. Para sua execução dentro desta estação o procedimento adequado, conforme a instrução de trabalho da organização para as paredes analisadas deverá obedecer à sequência de atividades de 1 a 9: (1) Buscar do frame chapeado, (2) Pregar/ Grampear OSB, (3) Inserir manta asfáltica e membrana hidrófuga, (4) Buscar, posicionar e pontear gesso, (5) Cortar vãos internos de gesso, (6) Parafusar gesso com gabarito, (7) Colocar *kit* elétrico, (8) Limpar painel retirando resíduos de chapas e guardar ferramentas e (9) Girar painel para próxima estação de trabalho.

3.2 Fase 1-Entender

A primeira etapa da fase “Entender” é planejar a execução da mineração. Para planejar o projeto, três visitas técnicas à empresa foram realizadas com objetivo de conhecer, de forma prática, o processo de execução. Na primeira visita alinharam-se os objetivos da pesquisa com os interesses da própria organização e um panorama geral do processo foi apresentado, na segunda houve uma visita técnica, tanto no processo industrial como na construção no canteiro de obras, e na terceira e última visita, foi feita a coleta de dados numa planilha Excel com a equipe de processos.

Dentre os pontos ressaltados foram destacados dois fatores, primeiro a dificuldade em coletar dados, visto que a organização não registra todas as informações dos processos e o segundo, que há uma grande variedade de produtos em linha, o que dificulta a elaboração de uma instrução de trabalho adequada a cada um dos produtos fabricados, além de ser necessária a capacitação dos colaboradores sempre que um novo trabalho começa.

A segunda etapa desta fase é extração dos dados. Foram definidas 3 (três) fontes de informação: a) varredura na literatura nacional e internacional para compreensão do processo de forma geral em *Wood Frame*; o mapeamento das políticas internas por meio dos procedimentos internos e c) coleta do *log* de eventos, por meio da extração de uma base de dados em Excel, controle este, feito pela própria empresa.

Com essas informações foi possível organizar o processo fabril da estação E2 que é composto por 9 atividades reais. O *log* de eventos contém 10 casos. O número total de eventos registrados é 142.

Em seguida foram definidas as perguntas de pesquisa:

1. Qual o nível de aderência entre as regras de negócio (instruções) e o modelo de execução de fator do processo?
2. Quais falhas são possíveis detectar no processo?
3. Quais sugestões de melhorias podem ser implantadas dentro deste processo industrial para aumentar a desempenho como um todo?

Após a definição das questões requisitou-se à equipe de T.I. (Tecnologia da Informação) da empresa em estudo para que fosse gerada uma base de dados contendo as informações descritas. Como resultado, foi exportada uma planilha base em Excel conforme exemplo contido na Tabela 2.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





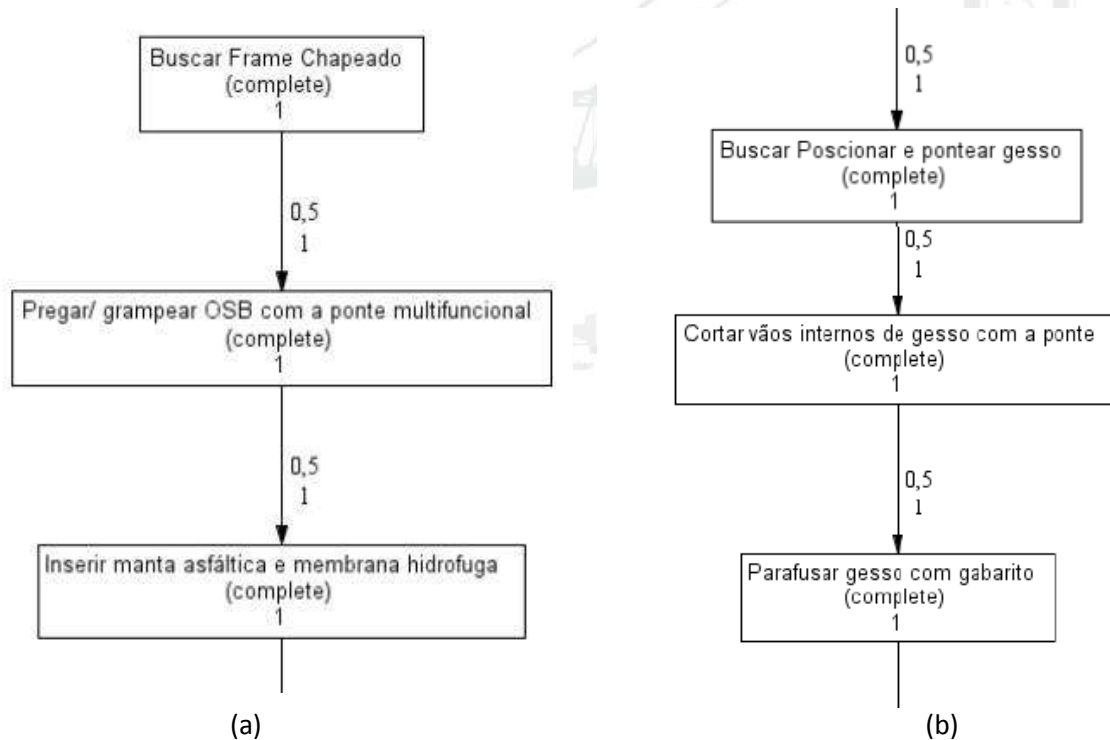
III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 2- Amostra de log solicitado à organização.

Paredes	Tempo início	Tempo fim	Atividade	Recurso Humano que executou	Função do recurso humano	Qualquer característica a mais a respeito da atividade/setor/departamento/valores/requisitos. .].
X	XX:XX:XX	XX:XX:XX	XX	XXXX	XXXX	XXXX
X	XX:XX:XX	XX:XX:XX	XX	XXXX	XXXX	XXXX
X	XX:XX:XX	XX:XX:XX	XX	XXXX	XXXX	XXXX
X	XX:XX:XX	XX:XX:XX	XX	XXXX	XXXX	XXXX
X	XX:XX:XX	XX:XX:XX	XX	XXXX	XXXX	XXXX

E por fim, a última etapa da fase entender é a fase chamada “processar dados”. Esta é executada por meio das informações coletas na etapa anterior. Com essas informações foi possível desenhar tanto o modelo prescrito como o modelo de execução. A fim de criar este fluxo foi utilizado o *software* de mineração ProM. Para sua utilização, os dados foram organizados na planilha Excel e em seguida essa planilha foi inserida no *software* de mineração de processos chamado DISCO® que permitiu converter os dados para o formato MXML, para leitura no ProM®. A ferramenta desenhou as atividades do ponto de vista do sistema de gestão, como é possível ser visualizado nas Figuras 4(a), 4(b) e 4(c) que formam a sequência de atividades do modelo prescrito, Figura 4(d), e Figura 4(e) com a sequência do modelo de execução que pode ser melhor visualizado nos detalhes:



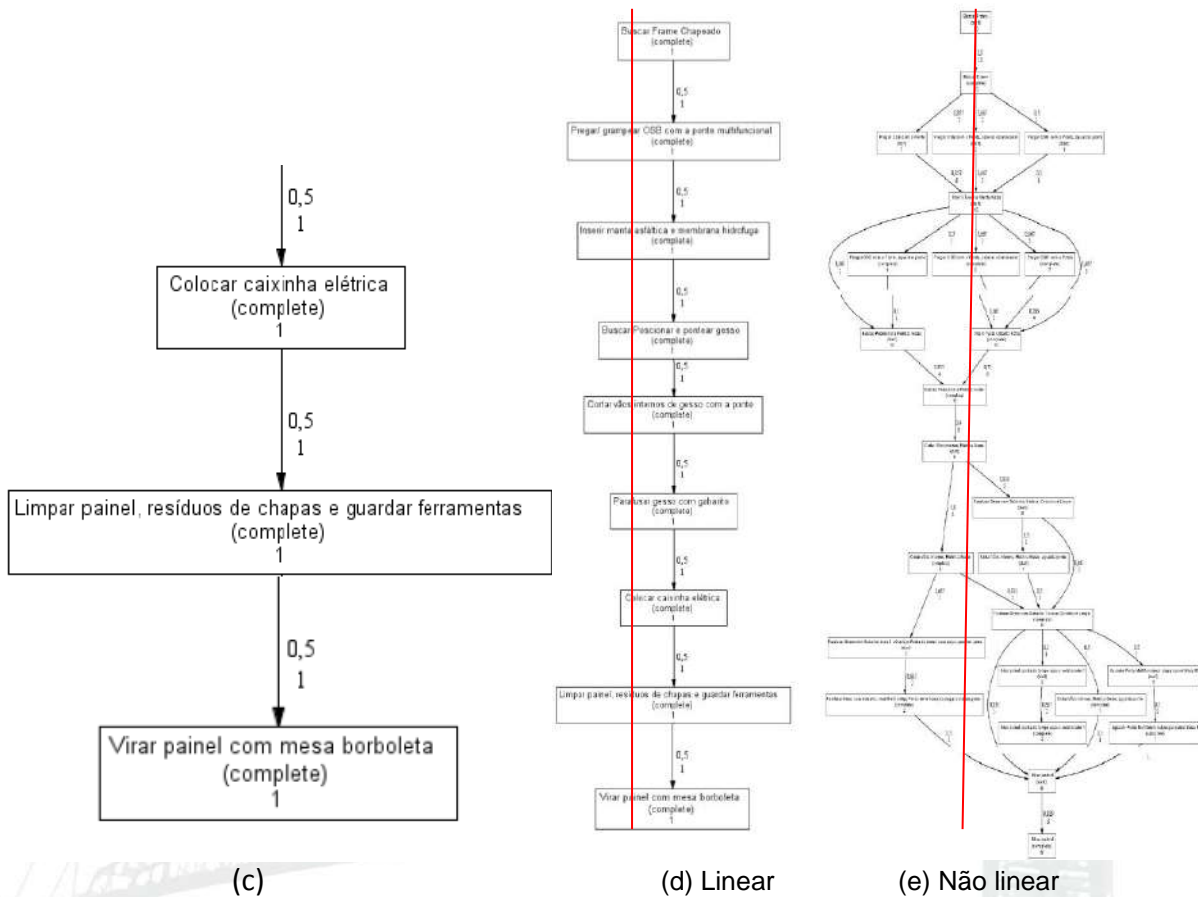


Figura 4 - Modelo prescrito conforme IT 4(a), 4(b), 4(c) e 4(d)- representação linear; Processo *in fact* executado em fábrica 4(e)- representação não linear.

Percebe-se pela Figura 4(d) e 4(e) que o processo *in fact* não segue um caminho linear como é prescrito na IT. Isso ocorre porque um procedimento, muitas vezes, pode se desviar do seu comportamento esperado por diversas razões, como afirmam Dasani et al (2015). Neste processo, as tarefas que tomaram caminhos diferentes aconteceram devido à falta ou problemas com matéria-prima/equipamento/colaborador para iniciar uma atividade, ou ainda, pela necessidade de intervenção de um responsável. Esses problemas são característicos de um processo industrial e não podem ser considerados como não conformidades, dada à complexidade do gerenciamento de um processo como este. Entretanto, vale ressaltar que essas anomalias devem ser tratadas e corrigidas com o mesmo rigor das não-conformidades.

3.3 Fase 2-Minerar



Por meio da mineração e análise, foi possível descobrir qual é o modelo do processo (IT) possibilitando fazer verificação de conformidade. Nesta etapa, segundo Riz et al. (2016) se aplicam as técnicas de mineração em *logs* de eventos com o objetivo de buscar respostas para as questões de pesquisa que foram levantadas no início do projeto sendo possível atingir o conhecimento adequado sobre desempenho e conformidade do processo. É nesta etapa que se aplicam os *plug-ins* de verificação de conformidade (*Conformance Checker, LTL Checker e o Semantic LTL Checker*) (PROCESS MINING RESEARCH (2009) para permitir a comparação entre o modelo prescrito (sequência definida na IT) e o modelo praticado na realidade (*log* do processo).

A sequência definida pela IT estabelece o processo para a produção de um lado de uma parede. Para esta análise, foram consideradas três situações em que as atividades devem ser iniciadas e terminadas antes do início de uma nova tarefa: a) tarefa 2 – Pregiar/Grampear OSB com a Ponte Multifuncional e tarefa 3 – Inserir manta asfáltica e membrana hidrófuga; b) tarefa 3 – Inserir manta asfáltica e membrana hidrófuga e tarefa 4 – Buscar, Posicionar e Pontear Gesso (Figura 5) e c) tarefa 5 – Cortar vãos internos de gesso e tarefa 6 – Parafusar gesso com gabarito (Figura 6).

Essas regras foram estabelecidas porque foram identificadas situações de não conformidade ao se observar a rede de Petri Heurística. Essa situação detectada pode ser devido a um problema relacionado ao desenho do projeto, ou seja, podem existir outros caminhos que não foram mapeados. Ou ainda à necessidade de capacitação e treinamento da equipe que não está cumprindo o protocolo.

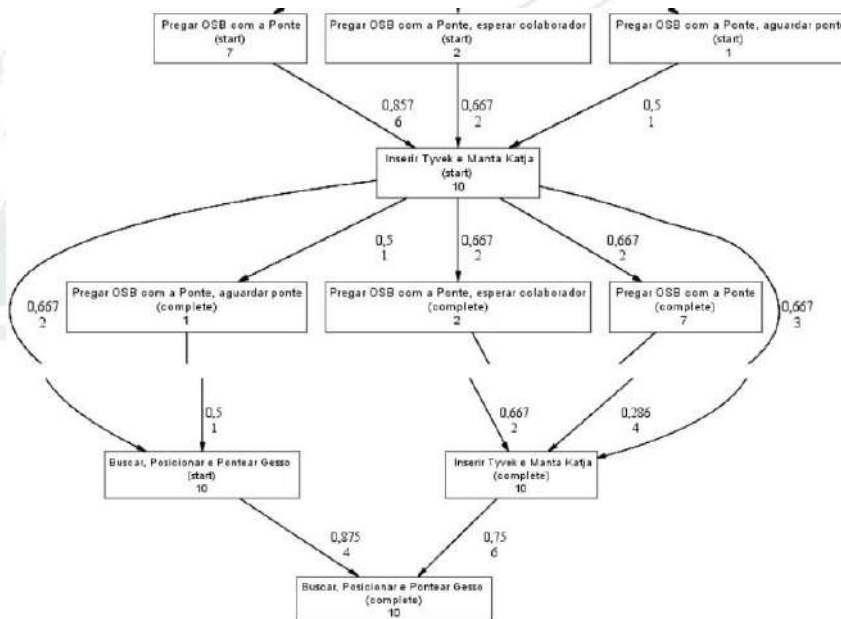


Figura 5 – (a) Detalhe do processo *in fact* tarefa 2 e 3 e / (b) *in fact* tarefa 3 e 4.

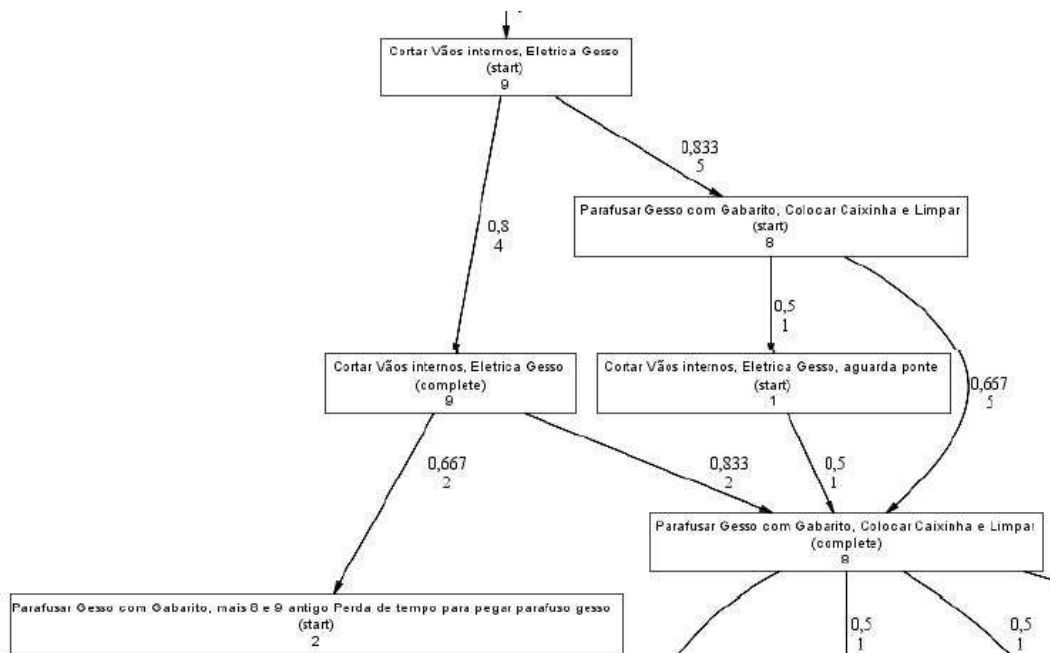


Figura 6- c) Detalhe do processo *in facto* tarefa 5 e 6.

Com a análise de conformidade foi possível verificar que as 10 paredes analisadas não seguiram a estrutura da IT. Em 9 casos, percebeu-se que a tarefa 3 se iniciou antes que a 2 fosse finalizada. Em 4 casos a tarefa 4 se iniciou antes que a 3 fosse finalizada. E por fim em 3 casos a tarefa 6 começou antes de se terminar a tarefa 5.

Outra situação detectada na mineração/análise do processo foi a supressão no *log* de eventos da tarefa 8, limpar painel, resíduos de chapas e guardar ferramentas que, neste caso poderia ser tanto uma anomalia (a tarefa pode ter sido executada e não registrada) ou uma situação de não-conformidade (a tarefa não foi executada adequadamente).

Para a análise de conformidade, Rozinat e van der Aalst (2008) consideram que a métrica *fitness* é adequada para tratar do grau de associação ou compatibilidade entre os caminhos identificados entre o modelo prescrito do processo e o modelo descoberto a partir do *log* de eventos. Neste contexto, utilizando o ProM e o comando de análise de *fitness* o resultado encontrado foi de $f=0.92$, que significa que o processo possui não conformidade, neste caso, tratado como anomalia de processo.

3.4 Fase 3-Melhorar

Com base nos resultados apresentados da mineração de processos, nas visitas técnicas e reuniões realizadas ao longo do estudo, três principais pontos de alerta foram detectados, os quais poderão ser utilizados como suporte para o aperfeiçoamento do processo de fabricação de painéis estruturados de madeira.

O primeiro ponto de alerta diz respeito à forma de conduzir as tarefas dentro da estação de trabalho. Nas 10 paredes analisadas, que possuem tempo médio de execução de 24 minutos, em pelo menos um local, uma tarefa começou antes de terminar a outra. Percebe-se que está prática é comum em linha, mas que não é um procedimento estipulado pela da IT. É importante analisar este ponto de alerta e verificar se esta prática não



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

prejudica o processo de execução como um todo. Caso este procedimento não prejudique, a sugestão é que o desenho do processo seja revisto, pois a forma como está sendo apresentada hoje não corresponde ao processo *in facto*. Caso contrário é importante verificar o porquê deste procedimento estar sendo executado de maneira inadequada.

O segundo ponto de alerta diz respeito à sequência linear do processo. O processo *in facto* não acontece de forma linear, o que se percebe é que muitas tarefas estão sendo feitas em paralelo. Cabe a equipe responsável pelo gerenciamento dos processos industriais verificar se o paralelismo é permitido ou não dentro de cada tarefa estipulada dentro da IT.

E por fim, o terceiro alerta faz referência às diversas anomalias encontradas durante a fabricação, tais como falta ou problemas com matéria-prima/equipamento/colaborador para iniciar uma atividade. Pela mineração ressaltou-se que esses pontos servem como partida para melhorar a organização do processo e dos procedimentos executados na estação E2.

Recomenda-se uma observação mais cautelosa com relação às anomalias identificadas, pois as mesmas podem mostrar que a IT não está adequada, mas que existem outros caminhos que podem ser considerados. Com estes pontos de alerta aconselha-se, como melhoria e adequação do processo, a coleta sistemática e histórica de mais dados relativos ao processo e uma revisão da IT junto a equipe responsável.

4. CONCLUSÕES

A análise de conformidade é essencial para melhorar a qualidade dos produtos e do processo fabril. O estudo de análise de conformidade no processo de fabricação de painéis estruturados de madeira em estilo *LWF* apresenta uma importância ainda maior, visto que este processo ainda é pouco explorado no Brasil e sua normalização está em fase de execução. A condução dessas atividades deve apresentar um rigor ainda maior já que a norma está sendo elaborada, os materiais estão em teste e diversas são as dificuldades relacionadas com a aceitação desta tecnologia construtiva em território nacional.

Dessa forma, as questões formuladas na etapa “Entender” foram respondidas na etapa “Mineração”, pois foi possível descobrir o processo executado, medir o nível de conformidade “fitness” e ainda identificar os pontos de anomalias e não conformidades que precisavam ser ajustados dentro do processo. Além disso, foi possível detectar pontos de alerta que precisam ser revisados pelas equipes responsáveis pela elaboração de IT’s e de inspeção de serviços.

A empresa do estudo de caso tem como premissa o controle e precisão de orçamento para garantir um valor justo ao produto e sua execução e considera que é essencial saber, com exatidão, como os procedimentos são executados. Por isso, tem se mostrado aberta e interessada nos resultados desta pesquisa como modo de implementar melhorias ao processo de fabricação dos citados painéis.

O próximo objetivo da pesquisa será ampliar este estudo fazendo uma análise do processo industrial de fabricação de painéis estruturados em madeira como um todo. Focando em uma maior amostra para extrair informações mais completas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





5. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pelo Programa de Pós- Graduação em Engenharia e Construção civil (PPGECC) na Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os autores agradecem também a empresa parceira pelos dados enviados e apoio prestado para desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN WOOD COUNCIL. Wood Frame Construction Manual for One- and Two- Family Dwellings. Leesburg, VA, 2015.

ALLEN, E.; THALLON, R. Fundamentals of Residential Construction. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011.

BARBERÁ, L. A.; CRESPO, V. P.; KRJSTJANPOLLER, F. RAM analysis of mining process: a case study of a Copper Smelting Process in the field of mining, Chile 2nd IFAC Workshop on Advanced Maintenance Engineering, Services and Technology Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain. November 22-23, 2012.

CARDOSO, L. A. Estudo de método construtivo wood framing para construção de habitações de interesse social. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/RS, 2015.

CHIARAMONTI, B. Proposições de um checklist de acompanhamento de processo construtivo habitacional em *Wood- Frame*. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira pela Universidade Estadual Paulista, Itapeva/SP, 2012.

CLAES, J.; POELS, G. Merging event logs for process mining: A rule based merging method and rule suggestion algorithm / Expert Systems with Applications 41 (2014) 7291–7306

DIANESE. S, SHAH, S.L, CHEN. T, FUNNELL. J, POLLARD .W. Monitoring Safety of Process Operations Using Industrial Workflows. IFAC- PapersOnLine 48-8 (2015) 451-456.

GERKE, K.; CARDOSO, J. and CLAUS, A. Measuring the Compliance of Processes with Reference Models. In 17th International Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS 2009), Springer, Algarve, Portugal, 2009.

HUANG, H.; XIAO, J.; YANG, Q.; WANG, Q., WUA, H., Creating Process-Agents incrementally by mining process asset Library Information Sciences 233 (2013) 183–199 Contents lists available at SciVerse Science Direct Information Sciences.

MAHENDRAWATHI, E.R; HANIM, M.A; AYU, N. Analysis of Customer Fulfilment with Process Mining: A Case Study in a Telecommunication Company. Procedia Computer Science 72 (2015) 588 – 596.

MOLINA, Julio Cesar; CALIL, Carlito Junior. Sistema Construtivo em Wood Frame para Casas de Madeira. In: Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n.2, p. 143-156, jul./dez.2010.



INTERNACIONAL BUILDING COUNCIL. North Carolina State Building Code: Building Code. [S.l.], 2012.

INMETRO. Avaliação da Conformidade. Disponível em: <http://inmetro.gov.br/qualidade/definicaoAvalConformidade.asp> . Acesso em 13/ setembro/2016.

INOZU, B.; SEHAEDEL, P. G.; KARASZWSKI, Z. J. Reliability, Availability, Maintainability (RAM) Database/Shipnet of the Ship Operations Cooperative Program: A Status Report from Panel M-41 SNAME Transactions, Vol. 104, 1996, pp. 451-473

LIBRELATO, T. P.; LACERDA, D. P.; RODRIGUES, L. H.; VEIT, D. R. "A process improvement approach based on the Value Stream Mapping and the Theory of Constraints Thinking Process", Business Process Management Journal, (2014) Vol. 20 Iss 6 pp. 922 – 949.

PARK, S; KANG, Y.S. A Study of Process Mining-based Business Process Innovation. Procedia Computer Science 91 (2016) 734 – 743.

Process Mining Research. 2009. Conformance and Evaluation. Disponível em: <http://www.processmining.org/online/conformanceevaluation>. Acesso em: 27/agosto/2016.

RIZI, G.; SANTOS, E. A. P.; LOURES, E. F. R. Análise de Conformidade na Área de Saúde com o Suporte da Mineração de Processos. Conformance Check in Healthcare with the Supporting of Processes Mining XII Brazilian Symposium on Information Systems, Florianópolis, SC, May 17-20, 2016.

ROZINAT A., van der Aalst, W.M.P. 2008. Conformance Checking of Processes Based on Monitoring Real Behavior. Journal Information Systems archive. volume 33 Issue 1, pag. 64-95, Elsevier Science Ltd. Oxford, UK, 2008.

ROJAS, Eric, MUNOZ-GAMA, Jorge, SEPÚLVEDA, Marcos, CAPURRO, Daniel. Process mining in healthcare: A literature review. Journal of Biomedical Informatics 61 (2016) 224–236.

TEUBNER, D.; HAKENDORF, P.; HORWOOD, C. Application of process mining to assess the data quality of routinely collected time-based performance data sourced from electronic health. Health Informatics Journal 1– 13 records by validating process conformance Lua Perimal-Lewis Flinders University of South Australia, Australia Flinders Medical Centre, South Australia, Australia 2015.

VAN DER AALST, W. M. P. (2011). Process mining: Discovery, conformance and enhancement of business processes. Springer (p. 368).

VAN DER AALST, W.M.P; REIJERS, H.A; WEIJTERS, A.J.M.M; Van DONGEN, B.F; Alves de Medeiros, A.K; Song, M; Verbeek, H.M.W. Business process mining: An industrial application. Information Systems 32 (2007) 713–732.

VAN DER AALST W.M.P., SCHONENBERG M.H., Song, M. Time prediction based on process mining Information Systems 36 (2011) 450–475.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

VAN DONGE, B.F.; MEDEIROS, A.K.A.; VERBEEK, H.M.W., WEIJTERS, A.J.M.M.; van der Aalst, W.M.P. The ProM framework: a new era in process mining tool support, in: G. Ciardo, P. Darondeau (Eds.), Application and Theory of Petri Nets 2005, Lecture Notes in Computer Science, vol. 3536, Springer, Berlin, 2005, pp. 444–454.

VAN Eck, M. L.; Lu, X.; LEEMANS, S.J.J.; VAN DER AALST, W.M.P. PM2: A Process Mining Project Methodology. In Advanced Information Systems Engineering. Springer International Publishing, 2015.

VOSSEN, GOTTFRIED. The ProcessMiningManifesto—An interviewwithWilvanderAalst. Information Systems 37 (2012) 288–290.

YOO, Sooyoun; CHO, Minsu; KIM, Eunhye. KIM, Seok, SIM, Yerim. YOO, Donghyun. HWANG, Hee, SONG, Minseok. Assessment of hospital processes using a process mining technique: Outpatient process analysis at a tertiary hospital. International Journal of Medical Informatics 88 (2016) 34–43.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *Schizolobium parahyba* DA AMAZÔNIA PERUANA

Maria Cecília Mota Docha¹
Leif Armando Portal Cahuana²
João Vicente de Figueiredo Latorraca³
Edy Eime Pereira Baraúna¹
Percy Amilcar Zevallos Pollito²
Katherine Isabel Malatesta Siani²
Thiago Campos Monteiro¹
Thiago Magalhães do Nascimento¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais

² Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

³ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *Schizolobium parahyba* DA AMAZÔNIA PERUANA

Resumo: A formação dos anéis de crescimento no lenho das árvores está intimamente relacionada às condições ambientais e ao clima. Estudos dendrocronológicos em regiões tropicais e subtropicais são importantes para melhor compreensão de fenômenos climáticos, como *El Niño* e da dinâmica das florestas. O objetivo deste estudo foi determinar a cronologia das árvores de *S. parahyba*, e sua relação com o fenômeno *El Niño*, na Amazônia Peruana. Foram utilizados quatro indivíduos de *S. parahyba*, provenientes do departamento de Madre de Dios – Peru, dos quais foram coletadas quatro amostras radiais do tronco de cada indivíduo, pelo método não destrutivo, utilizando-se uma sonda Pressler. As amostras passaram por polimento para melhorar a visualização dos anéis de crescimento, e posteriormente a mensuração da largura dos anéis. Para a sincronização da largura dos anéis, foi utilizado o programa estatístico COFECHA, e para gerar a série mestre da cronologia foi utilizado o programa ARSTAN. Os quatro indivíduos apresentaram uma idade de 07 anos. Observou-se uma diminuição considerável na largura dos anéis nos anos 2009 e 2015, essa redução pode estar relacionada aos eventos mais severos do *El Niño*. A espécie apresenta anéis de crescimento distintos, caracterizados pela presença de parênquima marginal e zonas fibrosas. O que evidencia um ótimo potencial dendrocronológico, confirmado pela intercorrelação (0.75) da largura dos anéis de crescimento entre as árvores.

Palavras-chave: Espécies nativas, dendrocronologia, fenômeno El Niño.

GROWTH RING ANALYSIS OF *Schizolobium parahyba* FROM AMAZÔNIA RAINFOREST IN PERU

Abstract: Growth rings formation in the wood of trees is closely related to environmental conditions and climate. Dendrochronological studies in tropical and subtropical regions are important to better understand climatic phenomena such as *El Niño* and the dynamics of forests. The aim of this study was to determine the chronology of *S. parahyba* trees, and their relationship with the *El Niño* phenomenon in Peruvian Amazônia. We used four *S. parahyba* individuals taken from Madre de Dios department, Peru, from which four radial samples of the trunk of each individual were collected by the non-destructive method using a Pressler probe. The samples were polished in order to improve the visualization of growth rings and to measure the width of the rings later. In order to synchronize the ring width, the statistical program COFECHA was used. We also used the ARSTAN program to generate the chronology master series. The four individuals showed to be 07 years old. The species presents rings of distinct growth, characterized by the presence of marginal parenchyma and fibrous zones. A considerable decrease in ring width was observed in the years of 2009 and 2015. This reduction may be related to the more severe events of *El Niño*. That information evidences an excellent dendrochronological potential confirmed by intercorrelation (0.75) of the growth rings width between trees.

Keywords: Native species, dendrochronology, *El Niño* phenomenon.

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno *El Niño* diminui a precipitação de um modo acentuado, onde esses eventos climáticos podem ser gravados no registro da madeira, pela sensibilidade ao clima das espécies florestais. A floresta tropical na região de *Madre de Dios* – Peru apresenta



clima com uma estação chuvosa e um período seco, sendo propícios para a formação de anéis anuais e outros fatores de crescimento, que auxilia nos estudos de dendrocronologia. A anatomia da madeira, através dos anéis de crescimento pelas condições climáticas, representa a base para estes estudos nos trópicos.

Schizolobium parahyba popularmente conhecida como Guapuruvu, é uma espécie Fabaceae, onde a sua forma biológica se dá por árvore semicaducifólia, com 10 a 40 m de altura e 30 a 120 cm de DAP, na idade adulta. De ocorrência, em florestas tanto primárias quanto secundárias (CARVALHO, 2005).

O potencial florestal de *S. parahyba* var. *amazonicum* é indicado pela qualidade da madeira, área de ocorrência e características silviculturais, para o manejo florestal aliado a sustentabilidade, em busca da otimização da colheita florestal (LOBÃO, *et al.*, 2012).

Schizolobium parahyba é uma das espécies de árvores na região de *Madre de Dios*, que tem anéis de crescimento distintos, sendo observados por conter parênquima marginal e maior adensamento das paredes no lenho tardio, apresenta crescimento rápido, e possui ampla distribuição geográfica (CALLADO; GUIMARÃES, 2001; MARCATI *et al.*, 2008; LATORRACA *et al.*, 2015).

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo determinar a cronologia das árvores de *S. parahyba*, e sua relação com o fenômeno *El Niño*, na Amazônia Peruana.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A amostragem foi realizada na área do viveiro da Universidade Nacional Amazônica de *Madre de Dios*, localizado a 17 quilômetros da estrada Interoceânica sul, na margem direita direção *Puerto Maldonado – Iñapari* departamento de *Madre de Dios* (Peru). Foram selecionadas e demarcadas 04 árvores de *S. parahyba*, tendo em conta as questões fitossanitárias do local, para evitar ação do efeito de borda, pois influencia o crescimento de árvores.

As amostras foram coletadas pelo método não destrutivo, com o auxílio de um trado de incremento (sonda Pressler), foram retiradas quatro amostras radiais de cada árvore no sentido casca-medula, através de uma incisão do tronco a 1.30 m de altura em relação ao solo. As mostras foram secas em temperatura ambiente e polidas com uma sequência de lixas (entre 80-1200 grão (s)), para destacar o plano transversal do lenho.

A descrição anatômica macroscópica dos anéis de crescimento da espécie foi realizada utilizando a considerações de Comitte (1999) e Copant (1974). A identificação e delimitação dos anéis foram feitas com o auxílio do microscópio estereoscópio, e posteriormente, as amostras foram digitalizadas com auxílio de um escâner com resolução de 1.200 dpi.

Para mensuração da largura dos anéis de crescimento de todas as séries, foi utilizado o software de análise de imagens, Pro-Plus (Copyright © 1993-2001 Media Cybernetics, Inc.). Os dados de larguras dos anéis obtidos foram interpretados pelo programa estatístico COFECHA. Para a construção da cronologia, foi utilizado o programa ARSTAN (MRWE Application Framework Copyright © 1997-2004). A cronologia obtida foi correlacionada com os dados históricos do fenômeno *El Niño*, obtido a partir da base do National Oceanic and Administration atmospheric (NCEP-NCAR) (KALNAY *et al.*, 1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba*

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





O lenho das árvores de *S. parahyba*, foi caracterizado anatomicamente em sua seção transversal, onde foi evidenciado anéis de crescimento distintos. O limite da camada de crescimento é caracterizado pela presença de parênquima marginal e por zonas fibrosas, com achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes, e uma menor frequência de vasos. Em função dos anéis de crescimento falsos, observaram-se faixas de parênquima marginal finas a muito finas e descontínuas (Figura 1).



Figura 1. Limites de anéis de crescimento em *Schizolobium parahyba*. As setas pretas mostram a delimitação dos anéis.

A largura dos anéis variou consideravelmente na secção transversal. A maioria dos anéis são caracterizados por parênquima marginal e pelas zonas fibrosas. Os resultados obtidos da caracterização dos anéis de crescimento de *S. parahyba*, repete o padrão referido na literatura (FERREIRA, 2002; TOMAZELLO FILHO et al., 2004; LISI et al., 2008; MARCATI et al., 2008; LOBÃO et al., 2011).

3.2 Dendrocronologia

Foi possível sincronizar as séries (dezesseis raios) cronológicas das quatro árvores. O resultado da intercorrelação de Person foi igual a 0.75, o valor é altamente significativo, em função ao estabelecido pelo COFECHA de 0.32 e a sensibilidade foi de 0.35. Por fim, após a sincronização foi utilizado o software ARSTAN e obtendo a construção cronológica de 7 anos (2009-2015) (Figura 2).

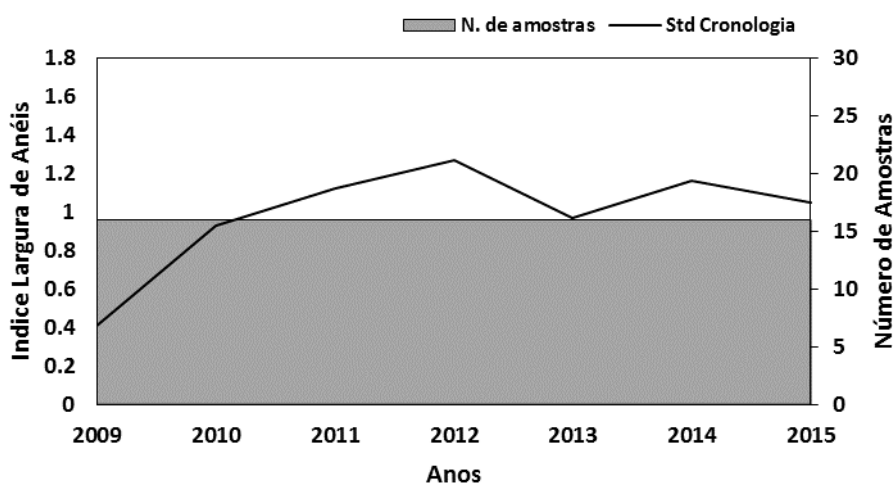


Figura 2. Série cronológica mestre dos índices da largura dos anéis de crescimento da espécie *S. parahyba*, com o número de amostras da espécie.



Na figura 3, apresenta os resultados encontrados da intercorrelação, onde são maiores ao encontrados por Latorraca *et al.* (2015) de 0.71 e Lobão *et al.* (2011) de 0.61, já em função da sensibilidade os resultados são menores que os encontrados por Latorraca *et al.* (2015) de 0.42 de ocorrência na REBIO de Tinguá-RJ.

Com a cronologia obtida da *S. parahyba*, pode-se observar uma sequência de episódios, onde houve uma diminuição considerável na largura dos anéis de crescimento de todas as árvores, principalmente nos anos: 2009 e 2015 (Figura 3). Essa redução reflete uma baixa taxa de crescimento nesta população, e pode estar relacionada aos eventos mais severos do *El Niño*. O Índice de *El Niño* Oceânico (ONI) do trimestre (novembro, dezembro e janeiro) foi correlacionado negativamente ($r = -0.26$), com as larguras dos anéis de crescimento, para a espécie.

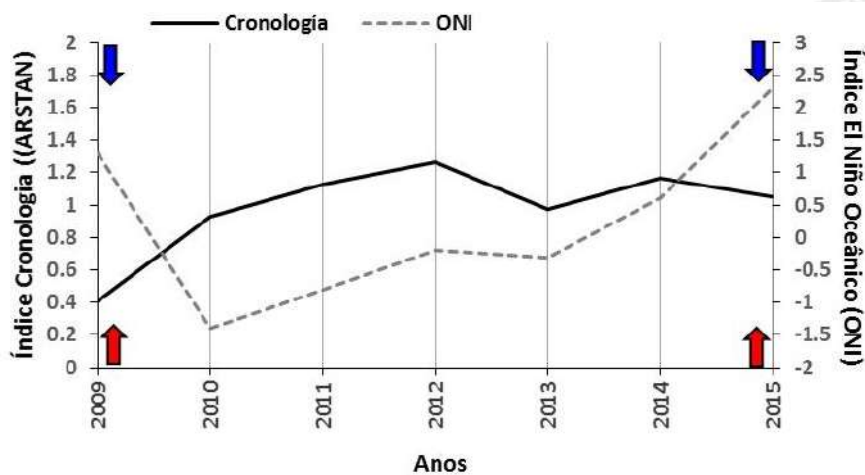


Figura 3. Relação entre a largura dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* (linha preta) e os eventos de *El Niño* (linha tracejada cinza), com detalhes dos anéis de crescimento mais curtos (seta vermelha) e dos eventos mais severos de *El Niño* (seta azul).

Callado e Guimarães (2010) estudou a mesma espécie na Ilha Grande, onde observou taxas elevadas de crescimento no período que precede a morte dos indivíduos estudados de *S. parahyba*, período esse com maiores índices pluviométricos, sob a influência do evento *La Niña*. O que demonstra a sensibilidade da espécie com os eventos mais severos de *El Niño* e *La Niña*.

Marcati *et al.* (2008), em outro estudo com o *S. parahyba* em uma Floresta Estacional Semidecidual localizada em Botucatu, São Paulo, verificaram que a espécie tem sua atividade cambial reduzida no início da estação seca, coincidindo com a queda de folhas, sendo o crescimento em diâmetro e o desenvolvimento das folhas no início da estação chuvosa. Dessa forma, confirma os dados encontrados nos anos 2009 e 2015 do presente trabalho, onde o *El Niño* reduziu a atividade cambial das árvores de *S. parahyba*.

4. CONCLUSÕES

Os anéis de crescimento de *S. parahyba*, apresentaram potencial para estudos dendrocronológicos na Amazônia peruana, devido à existência de correlações significativas da largura dos anéis de crescimento e sensibilidade aos fatores ambientais.



O *S.parahyba*, pode ser uma espécie importante para estudar os eventos mais severos do *El Niño*.

O estudo corrobora com outras pesquisas, que menciona os anéis de crescimento distintos e seu potencial dendrocronológico da espécie.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Nacional Amazônica de Madre de Dios – UNAMAD, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ e Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALLADO, C.H.; GUIMARÃES, R.C. Estudo dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* (Leguminosae: Caesalpinioideae) após episódio de mortalidade em Ilha Grande, Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Botânica, v.33, n.1, p.85-91, 2010.

COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). Madeiras: Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de las maderas angiospermas y dicotiledóneas: anteproyecto de Norma. COPANT 30: 1 – 019. Caracas, VE. 25 p, 1974.

CARVALHO, P. E. R. Guapuruvu. Dados eletrônicos – Colombo: Embrapa Florestas, 2005. (Circular técnico 104 / Embrapa Florestas, ISSN 1517-5278)

FERREIRA, L. Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de Florestas Estacionais Semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo. 2002. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, 2002.

COMMITTE, I. Dendrochronology in Monsoon Asia. IAWA Journal, v.20, n.3, p.223-350, 1999.

KALNAY, E. AND COAUTHORS. The NCEP/NCAR Reanalysis 40-year Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 437-471, 1997.

LATORRACA, J.; TEXEIRA, M.; BAPTISTA, L.; ALVES L. Dendrocronologia de Árvores de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake de Ocorrência na REBIO de Tinguá RJ. Revista Árvore, Vicosa-MG, v.39, n.2, p. 385-394, 2015.

LISI, C.S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; ROIG, F.A.; MARIA, V.R.B.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A.R.A. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a Seasonal Semi-Deciduous Forest in Southeast Brazil. IAWA Journal 29:189-207, 2008.

LOBÃO M. S. Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil [tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo, p. 216, 2011.

LOBÃO, M. S.; COSTA, D. P.; ALMONACID, M. A. A.; TOMAZELLO FILHO, M. Qualidade do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Acre, Brasil. Floresta e ambiente, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 374-384, 2012.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MARCATI, C. R.; MILANEZ, C. R. D.; MACHADO, S. R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Trees*, v.2, n.2, p.3-12, 2008.

TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C.S.; HANSEN, N.; CURY, G. Anatomical features of increment zones in different tree species in the state of São Paulo, Brazil. *Scientia Forestalis* 66:46-55, 2004.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE E DESCONSTRUÇÃO DE PARADIGMAS SOBRE CONSTRUÇÕES EM MADEIRA NO MERCADO BRASILEIRO

Vitor Dias Lopes Nunes¹
Gabriel Andrade Gomes de Assis¹
Livia Dal Sasso de Souza¹
Larissa Carvalho Santos²
Walter Torezani Neto Boschetti¹
Luciano Junqueira Costa¹
Camila Batista da Silva Lopes¹
Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho³

¹ Universidade Federal de Viçosa

² Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal

³ DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE E DESCONSTRUÇÃO DE PARADIGMAS SOBRE CONSTRUÇÕES EM MADEIRA NO MERCADO BRASILEIRO

Resumo: Ao longo da história do Brasil, o uso de técnicas construtivas inadequadas acabou por associar as construções em madeira às sub-habitações ou de baixa durabilidade. Entretanto, este material apresenta varias vantagens, tais como baixo peso próprio, bom desempenho térmico e acústico, além de ser ambientalmente sustentável, sendo reciclável, renovável, biodegradável, e necessitar de um baixo gasto de energia para a sua transformação. Em países como Noruega, Suécia, Canadá e Austrália, a madeira tem ampla aceitação da população, chegando a constituir 90% da construção habitacional. Nesse sentido, o presente trabalho tem o objetivo de analisar os paradigmas presente na sociedade brasileira em relação a construções em madeira e apresentar soluções tecnológicas e construtivas para melhor aproveitamento do material. Realizou-se pesquisa em forma de questionário para verificar a aceitação da construção em madeira e avaliar a percepção do material pela população e uma revisão bibliográfica para identificação das soluções disponíveis no mercado para inibir suas desvantagens. Percebeu-se que ainda há muito desconhecimento sobre a possibilidade de utilização da madeira gerando um preconceito com a utilização do material, e que as suas propriedades podem ser facilmente melhoradas através da utilização de produtos químicos e processos industriais.

Palavras-chave: Construção Civil, Material de Construção, Estruturas de Madeira.

ANALYSIS AND DECONSTRUCTION OF PARADIGMS ON WOOD CONSTRUCTIONS IN THE BRAZILIAN MARKET

Abstract: Throughout the Brazil's history, the use of unsuitable constructive techniques ended up associating the wooden constructions to the sub-dwellings or of low durability. However, this material has several advantages, such as low self-weight, good thermal and acoustic performance, aside of being environmentally sustainable, being recyclable, renewable, biodegradable, and requiring a low energy expenditure for its transformation. In countries like Norway, Sweden, Canada and Australia, wood has a wide acceptance of the population, reaching 90% of the housing construction. In this sense, the present work has the objective of analyzing the present paradigms in the Brazilian society in relation to wood constructions and presenting technological and constructive solutions for better use of the material. A survey was conducted as a questionnaire to verify the acceptance of the wood construction and to evaluate the perception of the material by the population and a bibliographical review to identify the solutions available in the market to inhibit its disadvantages. It has been realized that there is still a great deal of ignorance about the possibility of using the wood generating a prejudice with the use of the material, and that its properties can be easily improved through the use of chemicals and industrial processes.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Keywords: civil construction, building material, wooden structures.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um dos materiais utilizados em construção civil há mais tempo. Apesar disso, sua aplicação como elemento estrutural, no Brasil, ainda é rodeada de desconhecimento e atrelada a ideias errôneas, como a de que este material está limitado devido a ação de organismos xilófagos. A madeira é o único material de construção renovável, que demanda baixo consumo energético para produção e ainda reduz o carbono da atmosfera durante o crescimento da árvore. Apresenta, ainda, fácil trabalhabilidade, excelente desempenho térmico - absorve 40 vezes menos calor que alvenaria de tijolos - e acústico, além de elevada relação resistência/peso.

Em meados do século XX a madeira era muito utilizada em construções, mas, a partir da década de 70 essa tecnologia começou a perder espaço no Brasil, devido à inserção das estruturas de concreto armado e imposições de mercado. Enquanto isso, no resto do mundo as tecnologias envolvidas na produção do material e execução das estruturas continuaram evoluindo.

Molina e Junior (2010) demonstram o paradoxo da dificuldade de visualizar a madeira como solução para a construção de casas no Brasil. A indústria de reflorestamento brasileira é uma das mais competitivas do mundo e há uma enorme disponibilidade de áreas de reflorestamento no país. Além disso, quando falamos em construções que envolvem estruturas de madeira nos referimos a um sistema construtivo extremamente racionalizado, baseado exclusivamente no uso de madeira de reflorestamento. É importante frisar que a madeira, quando bem utilizada, consiste num material extremamente competitivo.

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar os conceitos de senso comum em relação a construções em madeira, apresentando suas análises e soluções, e as possibilidades para esse material, assim como verificar a aceitação de uma estrutura de madeira pela sociedade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Paradigmas da Construção em Madeira

Ao longo da história brasileira construiu-se o senso de casas em madeira como sub-habitações ou construções de pouca durabilidade. Esse conceito desenvolveu-se, principalmente, devido ao uso de técnicas construtivas inadequadas que levaram a estruturas de má qualidade que desenvolviam patologias em um curto período de tempo.

Nakamura (2010) afirma que um dos preconceitos relacionados a construção em madeira é o conceito popular de que a estrutura se baseia em um processo primitivo e, por isso, gerará um produto final de baixa qualidade. Nesse aspecto, Calil et al. (2003) complementam, declarando que isso acontece por que, normalmente, as estruturas de madeiras são concebidas por carpinteiros, que muitas vezes, não são preparados para



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

exercer essa atividade. Além disso, há um grande número de marcenarias com equipamentos ultrapassados e mão de obra pouco qualificada, que acabam por prejudicar a qualidade do produto final.

Outro aspecto questionado popularmente é a resistência das peças de madeira. Porém, de acordo com Pfeil (2003) esse material apresenta uma excelente relação resistência/peso, como pode ser observado na Tabela 1. Entretanto, a madeira está sujeita a inúmeros defeitos de crescimento, que podem afetar nas suas propriedades mecânicas e devem ser considerados.

Tabela 1 - Propriedades de alguns materiais utilizados em construção civil

Material	P (t/m ³)	(MPa)	f/ρ
Madeira a tração	0,5-1,2	30-110	60-90
Madeira a compressão	0,5-1,2	30-60	50-60
Aço a tração	7,85	250	32
Concreto a compressão	2,5	40	16

ρ = massa específica. f = resistência característica.

Fonte: PFEIL (2003)

Quanto à resistência ao fogo, apesar de ser considerado um material combustível, as peças robustas possuem excelente resistência em caso de incêndio, já que, sendo a madeira um mau condutor de calor, a temperatura interna cresce mais lentamente, guardando o núcleo de material íntegro, com propriedades mecânicas inalteradas. As peças esbeltas, entretanto, requerem proteção extra, que pode ser obtida através de químicos retardantes de fogo e de detalhes construtivos que evitem ou atrasem o contato da madeira com o fogo (PFEIL, 2003).

Adicionalmente, é de conhecimento popular que a madeira está sujeita a ações de organismos xilófagos, tais como cupins, e fungos. Segundo Pfeil (2003) a vulnerabilidade da madeira a ataques de biodeterioradores depende da qualidade da madeira, ou seja, da espécie da madeira e da camada do tronco de onde foi retirada, e, das condições ambientais, caracterizadas pelo contato com a umidade e pelos ciclos de reumidificação. Calil Junior et al. (2003) afirmam que, apesar da susceptibilidade ao apodrecimento e ação de organismos, a madeira tem sua durabilidade prolongada quando submetida a tratamentos químicos relativamente simples.

Por vezes também é ponderada, pela população leiga, a real segurança de uma construção em madeira. A segurança de uma estrutura é a capacidade que ela apresenta de suportar as diversas ações que vierem a solicitá-la durante a sua vida útil, de forma que continue a satisfazer as condições funcionais a que se destinava por ocasião de sua construção (ZAGOTTIS, 1981 citado por SZÜCS, 2008). A ABNT NBR 7190:1997 define que a segurança estrutural deve ser avaliada a partir do método dos estados limites, que define as combinações de ações e coeficientes de segurança. De forma que uma peça bem dimensionada obrigatoriamente atenderá os requisitos básicos de segurança estrutural.



2.2 Soluções e Possibilidades no Mercado

A madeira é um material anisotrópico, ou seja, apresenta propriedades mecânicas diferentes em função da direção. Devido à orientação das fibras da madeira e à sua forma de crescimento, as propriedades variam de acordo com três eixos perpendiculares entre si: longitudinal, radial e tangencial. Entretanto, há opções no mercado para inibir os defeitos e melhorar as propriedades da madeira. Uma delas é a madeira laminada colada (MLC), que consiste em uma técnica de reconstituição da madeira a partir de lamelas sequentemente coladas em direções de fibras opostas, como pode ser observado na Figura 1. Assim, esse método garante melhor homogeneidade da peça, reduzindo rachaduras e outros defeitos.

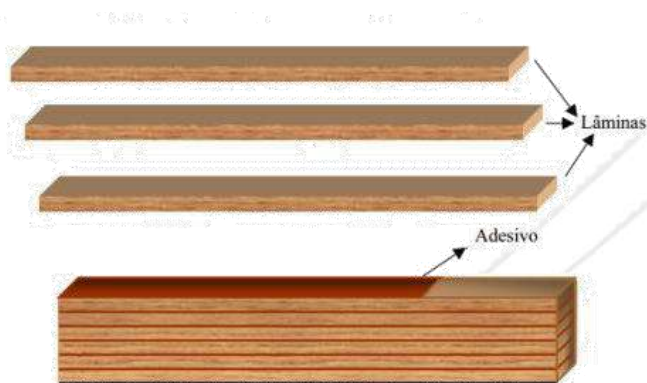


Figura 1. Esquema de uma viga em MLC.
Fonte: ZANGIÁCOMO (2003).

A MLC é uma maneira de aproveitar a resistência e peso próprio relativamente baixo das madeiras. Considerando, por exemplo, duas vigas de mesma seção, uma de concreto armado e uma de madeira laminada colada, ambas apresentam comportamento parecido quando submetidas a cargas iguais. Porém, a peça de madeira apresenta um peso menor que a de concreto. As peças laminadas adaptam-se a uma grande variedade de formas, tendo o uso mais frequente em estruturas de cobertura, elementos estruturais principais para pontes, torres de transmissão, edifícios, embarcações, banzos de escada e corrimão, esquadrias e moveis (ZANGIÁCOMO, 2003).

Entretanto, no Brasil, a madeira serrada ainda é o principal dos produtos de madeira empregados na construção civil, enquanto que em países desenvolvidos os painéis têm participação mais significativa, a exemplo do *oriented strand board* (OSB). Neste painel as chapas são constituídas de tiras de madeira, orientadas em três camadas cruzadas, perpendiculares, unidas com de resina resistente a intempéries e prensadas sob alta temperatura, o que aumenta sua resistência mecânica, rigidez e estabilidade. Os painéis OSB apresentam alta resistência mecânica, versatilidade e qualidade absolutamente uniforme, que por suas características são aplicados como painéis estruturais, na forma de painéis diafragma, almas de vigas compostas, e revestimento de pisos e cobertura (PFEIL, 2003). Além disso, o procedimento



industrial garante um elevado rendimento das matérias-primas. Cerca de 90% do tronco de uma árvore pode ser convertido em OSB.

Uma solução construtiva para estruturas residenciais em madeira é o *wood frame*, tecnologia muito utilizada em países como Suécia, Canadá, Chile e EUA. Esse sistema é constituído de uma estrutura de perfis leves de madeira maciça, normalmente de pinus, contraventados com chapas estruturais de madeira transformada tipo OSB. Nas paredes internas são aplicadas placas de gesso acartonado, e nas externas são aplicadas placas cimentícias e membranas hidrófugas, conforme pode ser observado na Figura 2.

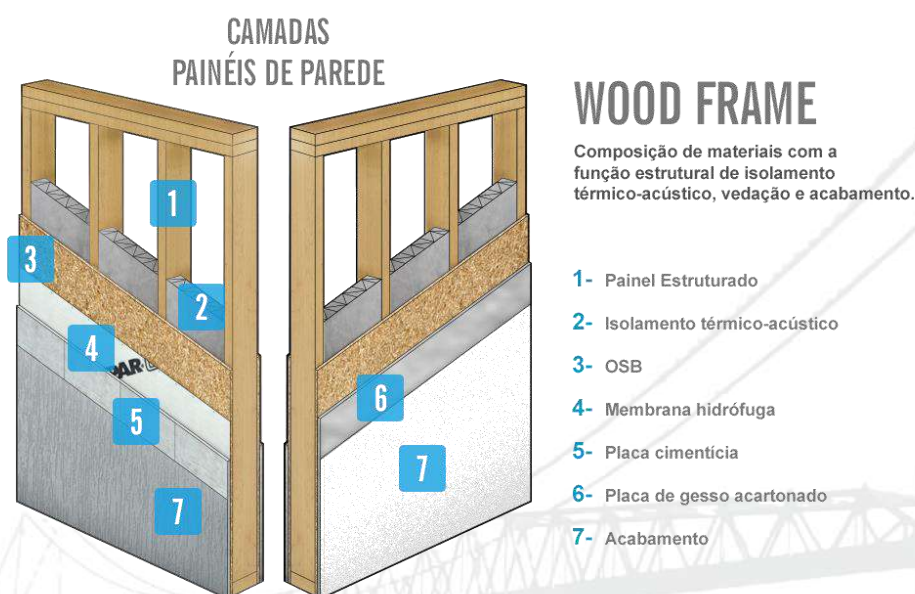


Figura 2. Esquema de um painel em *wood frame*.
Fonte: ATOS ARQUITETURA (2016).

Molina e Calil (2010) afirmam que o *wood frame* para casas consiste num sistema construtivo industrializado e durável. São formados painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e, ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo. O sistema permite a construção de casas de até cinco pavimentos com total controle dos gastos já na fase de projeto devido à possibilidade de industrialização do sistema. Além disso, como os sistemas e subsistemas são industrializados e montados por equipes especializadas, permitem uma construção mais rápida e racionalizada. De acordo com Stricklin et al. (1996), construções residenciais de até dois pavimentos que utilizam o sistema *wood frame* são mais econômicas.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

3. METODOLOGIA

O estudo foi realizado a partir de um questionário virtual aberto, utilizando-se das redes sociais para alcançar maior abrangência da pesquisa e obter uma amostra o mais significativa possível. As perguntas foram elaboradas para o fácil entendimento e basicamente em três etapas: identificação do perfil do indivíduo; verificação do conhecimento da técnica construtiva *wood frame* e aceitação de uma construção em madeira; e em caso de resposta negativa, um espaço para justificativa, onde o entrevistado poderia responder de forma objetiva ou discursiva. Foram obtidas 232 respostas e a análise foi realizada de maneira quantitativa (estatística) e qualitativa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para facilitar o entendimento e a interpretação, os resultados foram dispostos em gráficos e, quando necessário, em tabelas. Na Tabela 2 é possível verificar a localização de cada participante da pesquisa, e salienta-se que a maioria dos entrevistados pertencem à região sudeste do país, de forma que o aspecto cultural pode influenciar na resposta de cada indivíduo.

Tabela 2. Identificação da amostra estatística por localização

Estados	Nº de pessoas	Porcentagem
Alagoas	2	0,86%
Amazonas	2	0,86%
Bahia	5	2,16%
Distrito Federal	11	4,74%
Espirito Santo	59	25,43%
Goiás	3	1,29%
Maranhão	4	1,72%
Mato Grosso	2	0,86%
Mato Grosso do Sul	1	0,43%
Minas Gerais	56	24,14%
Paraíba	1	0,43%
Paraná	8	3,45%
Pernambuco	6	2,59%
Piauí	1	0,43%
Rio de Janeiro	17	7,33%
Rio Grande do Norte	3	1,29%
Rio Grande do Sul	8	3,45%
Santa Catarina	4	1,72%
São Paulo	33	14,22%
Sergipe	4	1,72%
Outros	2	0,86%
Total	232	100,00%



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Foi questionado inicialmente sobre algum conhecimento do método construtivo *wood frame* (Figura 3a) e da possibilidade do indivíduo optar por construir a sua casa em madeira (Figura 3b). Observou-se que a grande maioria não tem conhecimento sobre o método construtivo, entretanto a maioria simples declarou que optaria sim por construir em madeira em detrimento a sistema convencional de concreto.

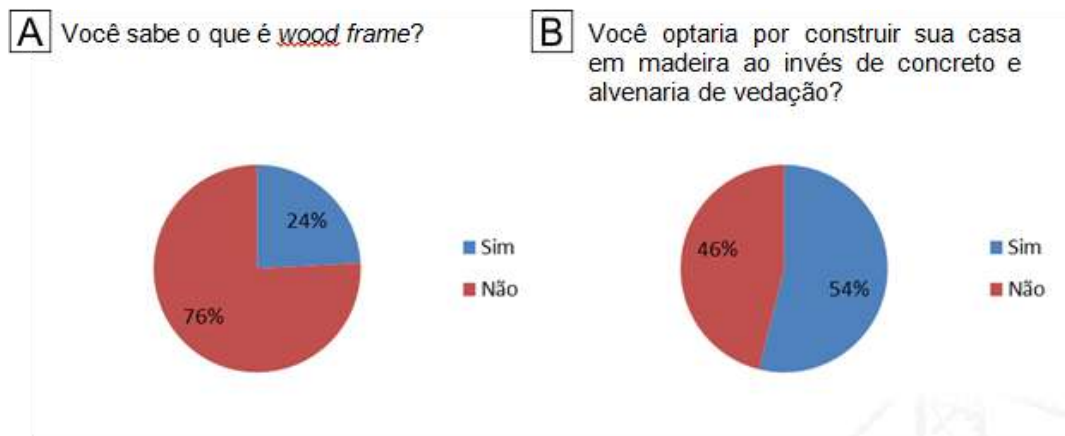


Figura 3. Resultados dos questionamentos sobre *wood frame* (3a) e construção em madeira (3b).

Após essas perguntas os indivíduos que não optariam por construir em madeira deveriam justificar a sua resposta, podendo marcar mais de uma opção e adicionalmente escrever de forma discursiva através da opção "outros". Nesta etapa da pesquisa foram obtidas 107 respostas. Na figura 4 pode-se observar o gráfico referente às respostas obtidas. Observa-se que as opções com maior porcentagem são facilmente evitadas/melhoradas ou são conceitos errôneos, como a pouca segurança de uma estrutura de madeira.

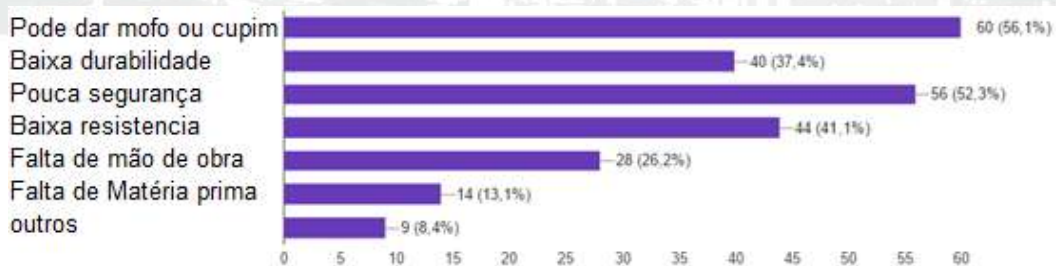


Figura 4. Resultados acerca dos motivos para não construir com madeira.

Adicionalmente para essas mesmas pessoas foram feitas duas perguntas, a primeira foi incluída algumas vantagens da construção em madeira e questionado, novamente, a aceitação do método (Figura 5a). Em seguida foi questionado se a aceitação continuaria válida sabendo que seria necessária a contratação de mão de



obra especializada (Figura 5b). A grande maioria aceitou o método na primeira pergunta, porém observa-se uma pequena redução na segunda pergunta.

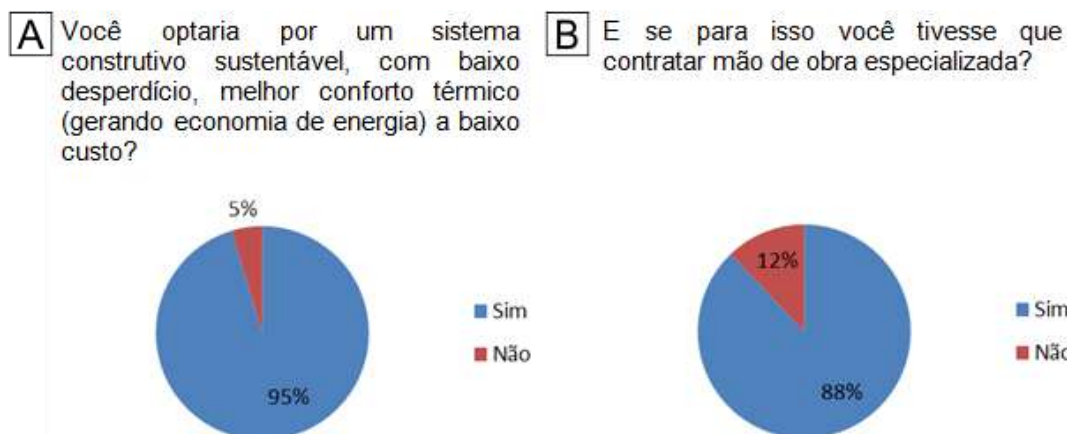


Figura 5. Resultados dos questionamentos sobre aceitação da estrutura em madeira apresentando algumas vantagens (3a) e aceitação para contratação de mão de obra especializada (3b).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa aponta que ainda há muito desconhecimento das possibilidades da construção em madeira e das novas tecnologias que otimizam e permite a melhor utilização do material. A utilização do método construtivo em *wood frame*, por exemplo, permite uma qualidade de construção com conforto, resistente, eficiente e sustentável. O melhor conforto térmico do sistema permite, após a residência pronta, uma economia de energia, devido ao menor uso equipamentos de aquecimento e resfriamento do ambiente.

Apesar disso, ainda há um aceitação considerável da madeira para construção residencial (54%). Entretanto as justificativas para a não utilização do material são basicamente devido à falta de informação sobre as propriedades ou das tecnologias disponíveis no mercado, que tem a capacidade de suprimir os defeitos naturais da madeira e as suas desvantagens.

Além disso, após negada a possibilidade de uma construção residencial em madeira, foram postas algumas as vantagens do material de forma que houve uma grande aceitação, mesmo que para isso seja necessário a contratação de mão de obra especializada. De forma que fica claro o preconceito referente à construção em madeira, dado principalmente pela falta de informação.

Nesse sentido, é preciso, inicialmente, conscientizar a população das possibilidades do material para ter uma maior aceitação no mercado. Além disso, os profissionais envolvidos na concepção de uma estrutura de madeira devem ter conhecimentos do material - as suas propriedades físicas, mecânicas e anatômicas- e das tecnologias



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

disponível para garantir o melhor aproveitamento possível das suas vantagens e inibição das suas desvantagens. O Brasil é um país continental, com uma disponibilidade enorme de áreas de reflorestamento, de modo que a utilização da madeira como material de construção deve ser melhor aproveitada.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes, pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATOS ARQUITETURA: Dicas para quem vai construir sua casa – construção em wood frame. 2010. Disponível em: <<http://atosarquitetura.com.br/noticias/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/>>. Acesso em 26 de mai. 2017.

CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira.** Barueri: Manole, 2003.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira.** Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

NAKAMURA, J. **Light Wood Frame.** Revista Técnica, [S. l.], 2010. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/imprime144162.asp>>. Acesso em 22 mai. 2017.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira.** Rio de Janeiro: LTC, 2003.

STRICKLIN, D. L.; SCHIFF, S. D.; ROSOWSKY, D. V. **Uplift Capacity of Light- Frame Wood Stud Walls.** In: INTERNATIONAL WOOD ENGINEERING CONFERENCE, 1996, New Orleans. Proceedings... New Orleans, 1996.

SZÜCS, C. A. et al. **Estruturas de Madeira.** Disponível em: <<http://www.giem.ufsc.br/upload/20090317173248.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2017.

ZANGIÁCOMO, André Luiz. **Emprego de Espécies Tropicais Alternativas na Produção de Elemento Estruturais de Madeira Laminada Colada.** Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo – 2003.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE ENERGÉTICA DA MADEIRA DE GALHOS DE *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev.

Carlos Vinícius Vieira de Souza¹

Jessica Ferreira²

Raiana Augusta Grandal Savino Barbosa³

Victor Moutinho⁴

¹ Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

² Engenharia Florestal / IBEF - Instituto de Biodiversidade e Floresta / UFOPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ

³ Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁴ Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE ENERGÉTICA DA MADEIRA DE GALHOS DE *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev.

Resumo: O modelo energético brasileiro tem, no petróleo, sua principal fonte energética, no entanto, o país possui grandes possibilidades energéticas alternativas, onde, dentre as alternativas renováveis existentes, em relação aos combustíveis fósseis, a biomassa é a que tem despertado maior interesse. É a partir disto que se insere a necessidade de caracterização energética dos resíduos de espécies madeireiras, uma vez que o processo de produção da madeira serrada gera um volume significativo de resíduos e sobras oriundas da transformação das toras pelas serras de desdobro que, somado aos galhos, troncos e raízes que ficam na floresta, indica um volume significativamente superior ao produto madeireiro obtido. Neste contexto, insere-se a *Manilkara huberi*, espécie bastante valorizada no mercado, por possuir madeira muito pesada, dura e resistente. Tendo em vista tamanha importância da espécie e o elevado descarte dos seus resíduos, o objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio da análise química imediata, o seu teor de voláteis, carbono fixo e cinzas da madeira dos galhos, além de determinar o valor de poder calorífico superior (PCS) dos resíduos. Os resultados encontrados referentes ao teor de materiais voláteis e carbono fixo, mesmo sendo de resíduos, condizem com a porcentagem amostrada na literatura. As maiores diferenças foram encontradas apenas nos valores de teor de cinzas, afirmando as teorias de qualidade deste material que é, em sua grande maioria, descartado. Os valores de PCS obtidos através da metodologia utilizada neste trabalho foram inferiores aos valores obtidos pelas literaturas que utilizaram em sua metodologia uma bomba calorimétrica.

Palavras-chave: Análise Imediata, Poder calorífico, *Manilkara huberi*.

ENERGETIC ANALYSIS OF *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. FOREST WOOD LEFTOVER OF

Abstract: The Brazilian energy model has, in oil, its main energy source, however, the country has great alternative energy possibilities, where, among the existing renewable alternatives, in relation to fossil fuels, biomass is the one that has aroused greater interest. It is from this that inserts the need for energy characterization of the residues of timber species, since the process of production of the lumber generates a significant volume of residues and leftovers coming from the transformation of the logs by the sawing saws that, added to the branches, Trunks and roots that remain in the forest indicate a volume significantly higher than the obtained wood product. In this context, *Manilkara huberi*, a species highly valued in the market, is included because it has very heavy, hard and resistant wood. Considering the importance of the species and the high discard of its residues, the objective of this work was to evaluate, by means of the immediate chemical analysis, its volatile content, fixed carbon and ashes of the wood of the branches, besides determining the value of Higher calorific value (PCS) of the waste. The results found concerning the content of volatile materials and fixed carbon, even of residues, are in agreement with the percentage sampled in the literature. The largest differences were found only in the values of ash content, affirming the theories of quality of this material that is, for the most part, discarded. The PCS values obtained through the methodology used in this work were lower than the values obtained by the literature that used in their methodology a calorimetric pump.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Keywords: Immediate Analysis, Higher calorific value, *Manilkara huberi*.

1. INTRODUÇÃO

O modelo energético brasileiro tem, no petróleo, sua principal fonte energética, no entanto, o país possui grandes possibilidades energéticas alternativas, tais como: a energia solar, a eólica, a geotérmica, a das marés e a nuclear, as quais devem ser estudadas e utilizadas para suprir a demanda futura de energia onde, dentre as alternativas renováveis existentes, em relação aos combustíveis fósseis, a biomassa é a que tem despertado maior interesse (VALE et.al., 2002; EPE, 2016). Segundo dados do EPE (Empresa de Pesquisa Energética), em 2015, a bioeletricidade gerada pelo bagaço da cana e pelo carvão vegetal foi responsável por 8,2% da oferta interna de energia, somado com 16,9% da energia gerada por derivados da cana, a biomassa gera 25,1% da energia consumida no país, ficando atrás apenas do petróleo, responsável por 37,5%, e na frente da energia gerada pelas hidroelétricas, que é responsável por apenas 11,3%.

A biomassa é um recurso energético abundante e de baixo custo (ALMEIDA, 2010). Quando comparada a outras fontes renováveis tem como vantagem a possibilidade de armazenamento da matéria-prima (FOWLER, 2009), e com isto a redução dos custos de transporte e frete, podendo comercializá-la em épocas de menor oferta e maior demanda (MENEZES 2013)

Nisto, faz-se necessário citar que, do volume total de uma árvore, são aproveitados em torno de 40% a 60% da mesma em seu desdobro primário, ou seja, a cada 10 árvores colhidas para produção de madeira serrada, apenas o volume referente a 5 são aproveitadas comercialmente (GOMES, 2004), o restante se transforma em resíduos que, em sua maioria, são descartados mesmo com tantas opções para o seu aproveitamento, como a geração de energia pela queima direta ou a transformação dos resíduos em briquetes, pellets ou carvão vegetal (MOUTINHO et al., 2016).

Estudos de Monteiro et al. (2010) apontam que, em 2009, no Estado do Pará, para cada 1 m³ de produção de madeira em tora, eram gerados 0,61 m³ de resíduos florestais. Ribeiro (2013) afirma que os galhos remanescentes na floresta podem representar até mais de 40% do volume total da árvore quando se consideram resíduos acima de 20 cm de diâmetro. É a partir disto que se insere a necessidade de caracterização energética dos resíduos de espécies madeireiras, uma vez que qualquer processo de produção que envolva a madeira gera um volume significativo de resíduos e sobras oriundas da transformação das toras pelas serras de desdobro que, somado aos galhos, troncos e raízes que ficam na floresta, indica um volume significativamente superior ao produto madeireiro obtido (VALE et al., 2005).

Por esse motivo o material de estudo deste trabalho será a *Manilkara huberi*, vulgarmente conhecida como “maçaranduba”, uma das espécies que tem a sua madeira mais colhida na Amazônia e comercializada no mercado nacional e internacional (CASTRO e CARVALHO, 2014).

A *M. huberi*, é uma espécie arbórea pertencente à família Sapotaceae, a qual possui árvores de grande porte, fuste longo e retilíneo, com altura geralmente variando de 30m a 40m, podendo, algumas vezes, atingir 50m (LOUREIRO, 1979; SUDAM, 1979). Segundo dados do IBAMA (2009), a maçaranduba é bastante valorizada no mercado, por possuir madeira muito pesada, dura e resistente, com densidade básica de 0,87 g cm⁻³.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tendo em vista tamanha importância da espécie e para evitar o elevado descarte dos seus resíduos, faz-se necessário o maior conhecimento acerca de suas propriedades energéticas, para que desta forma não haja desperdício de material.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

A coleta do material ocorreu na área experimental da EMBRAPA, na Floresta Nacional do Tapajós, localizada no km-83 da Rodovia Santarém-Cuiabá, BR-163, Estado do Pará, sob coordenadas "S2°45' e 4°10'"; e "W54°45' e 55°30", um ano após o manejo da área citada.

Foram coletadas amostras para galho de três indivíduos de *Manilkara huberi*, popularmente conhecida como Maçaranduba. As amostras foram obtidas após a segunda bifurcação de cada árvore, afastando-se 1,5 m da mesma visando assim a homogeneização da amostragem.

A serragem da madeira analisada foi obtida com auxílio de uma serra Circular de Mesa P/madeira 1800W 220V Dwe7470-B2 Dewalt e, posteriormente, submetida à ação de um moinho de facas modelo SL 30, marca Solab, para maior homogeneidade e aproveitamento do material no processo de peneiragem que visou o uso da serragem que ficou retida entre as frações de 40 e 60 mesh. A fração aproveitável foi armazenada em recipientes abertos e submetida à aclimatação em uma sala cuja temperatura é ± 20 °C e umidade relativa do ar em torno de 65% até que sua massa se fizesse constante. A partir disto, os recipientes foram vedados e assim permaneceram até que fosse dado início ao ensaio.

A análise química imediata, com o intuito de se definir teor de materiais voláteis carbono fixo e cinzas, realizou-se de acordo com o enunciado pela norma D7582 (ASTM, 2010). A obtenção do valor de poder calorífico superior se deu através da metodologia proposta por Demirbas (1997), onde o mesmo autor apresenta duas fórmulas que serão utilizadas neste trabalho (Equação 1 e 2).

$${}^1\text{HHV} = 0,196(\text{FC}) + 14,119$$

(1 e 2)

$${}^2\text{HHV} = 0,312(\text{FC}) + 0,1534(\text{VM})$$

Em que:

${}^1\text{HHV}$ = Primeira Fórmula;

${}^2\text{HHV}$ = Segunda Fórmula;

FC = Carbono Fixo;

VM = Materiais Voláteis

O experimento foi realizado segundo um delineamento inteiramente casualizado, com três indivíduos e com três repetições para cada um, totalizando nove unidades amostrais. Foram realizados, com o auxílio do software estatístico Action stat, testes de normalidade e, quando normais os indivíduos foram comparados entre si, por meio do teste de Tukey, a 5% de significância. Para comparação de médias utilizou-se o teste F.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise química imediata

Verificou-se que, para carbono fixo, voláteis e cinzas, a madeira do galho de *M. huberi* apresentou médias próximas a 80, 19 e 0,62% respectivamente (tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de cada indivíduo, em porcentagem, obtidos através da análise química imediata das madeiras provenientes de galhos de *Manilkara huberi*.

	Voláteis (%)	Carb. Fixo (%)	Cinzas (%)
Indivíduo 1	80,0137a	19,5460a	0,5629b
Indivíduo 2	79,7030a	19,6878a	0,6092a
Indivíduo 3	79,6933a	19,6029a	0,7037a
Média	79,8033	19,6123	0,6253

Os resultados encontrados para materiais voláteis e carbono fixo estão de acordo com os valores que Brito e Barrichelo (1982) preconizaram em seus estudos, sendo materiais voláteis entre 75% e 85% e carbono fixo entre 15% e 25%. Através de uma análise estatística, também se constatou que não houve diferença significativa entre os três indivíduos estudados neste trabalho. Pinheiro et al. (2004), por sua vez, ao utilizar serragem mista de *Manilkara sp.* com *Apuleia sp.*, encontram 82,12% de materiais voláteis, corroborando com os resultados deste estudo, no entanto os valores de carbono fixo e cinzas, 16,92% e 0,94% respectivamente, não foram compatíveis, o que pode ser levando em consideração a que a comparação está sendo feita entre uma serragem mista e uma serragem homogênea. A incompatibilidade de carbono fixo e cinzas também é encontrada comparando os dados deste trabalho com Oliveira et al., (2006) que encontraram em sua análise imediata de madeira do tronco de maçaranduba 82,04% de teor de voláteis, 17,36% para carbono fixo e 0,20% para o teor de cinzas.

Os resultados obtidos para teor de cinzas também não corroboraram com Netto et al. (2006), que em seu trabalho de caracterização energética de biomassas amazônicas obteve teor de cinzas médio de 2,17% com um desvio padrão de 3%, onde o valor para a *Manilkara spp.* foi de 0,2035%. Fazendo uma comparação entre os três indivíduos utilizados neste trabalho também se constatou uma diferença significativa entre o indivíduo 1 quando comparado com os indivíduos 2 e 3 (Tabela 1). A variação no teor de cinzas pode se dar por vários fatores, segundo Wang e Dibdiakova (2014) a altura em que a amostra foi retirada pode influenciar neste teor, quanto mais alta for a extração maior será o teor de cinzas. Similar correlação também foi encontrada por Werkelin et al. (2005)

3.2 Poder calorífico superior

Através do teste F de médias, com intervalo de confiança em 95%, foi constatado diferença significativa entre valores obtidos com o auxílio das duas formulas propostas por Demirbas (1997) para poder calorífico superior (Tabela 2)

Tabela 2. Média dos valores de Poder calorífico superior das madeiras provenientes de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

galhos de *Manilkara huberi*

	PCS (kcal kg) formula 1	PCS (kca kg) formula 2
Amostra 1	4287,28	4388,17
Amostra 2	4293,92	4387,35
Amostra 3	4289,94	4380,68
Resultado Final	4290,38b	4385,40a

PCS = Poder Calorífico Superior; KCAL KG = Quilocaloria por quilo

Em seu trabalho de caracterização energética da biomassa Amazônica, Netto et al., (2006) tabelou dados de poder calorífico superior de 43 espécies, e constatou um valor médio de 4691,06 kJ/kg, apresentando um desvio padrão de 312,09 kJ/kg, ou seja, um valor superior ao encontrado neste trabalho. Quirino et al. (2004), reuniu dados de 258 árvores e constatou que o poder calorífico médio das madeiras variou entre 4.685 e 4.736 kcal kg⁻¹, ou seja, um poder calorífico médio de 4.710 kcal kg⁻¹, um valor também superior ao constatado neste trabalho.

Ressalta-se que neste trabalho utilizamos uma fórmula proposta por Demirbas (1997), com um desvio padrão de 2,2%, já Quirino e Netto obtiveram tais dados com o auxílio de uma bomba calorimétrica, o que pode justificar a diferença encontrada

Vale ressaltar que os mesmos trabalhos citados anteriormente também apresentam resultados para o PCS especificadamente da espécie *Manilkara huberi*. Quirino et al. (2004) obteve 4793,00 Kcal/kg e Netto et al., (2006) chegou ao valor 4804,00Kcal/kg para a espécie, todavia, utilizando formulas de Demirbas (1997), encontramos valores significativamente menores. Ao usar a formula 1 o resultado obtido foi 4290,38Kcal/kg, já a fórmula 2 apresentou um resultado mais aproximado aos dos demais autores, 4385,41Kcal/kg, porém mesmo apresentando um resultado maior que o da primeira fórmula ainda é um valor pequeno comparado aos dados obtidos pelos outros autores que utilizaram uma bomba calorimétrica.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados referentes ao teor de materiais voláteis e carbono fixo da *Manilkara huberi*, mesmo sendo de resíduos, condizem com a porcentagem amostrada na literatura. As maiores diferenças foram encontradas entre os valores de teor de cinzas, que quando comparado com a maioria das literaturas apresentou valor inferior ao esperado. Afirmando as teorias de qualidade deste material que é, em sua grande maioria, descartado.

Já os valores de poder calorífico superior obtidos através da metodologia proposta por Demirbas (1997) foram inferiores aos valores obtidos pelas literaturas que utilizaram em sua metodologia uma bomba calorimétrica, demonstrando pouco eficiência para essa espécie. A partir disto faz-se necessário a realização de novas comparações e novos testes, afim de obter variáveis aceitáveis dentro de uma fórmula específica para o uso em madeiras amazônicas.

5. AGRADECIMENTOS

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os autores agradecem ao Laboratório de Tecnologia da Madeira – LTM, e à Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G.; et al. Alterations in energy properties of eucalyptus wood and bark subjected to torrefaction: The potential of mass loss as a synthetic indicator. *BIORESOURCETECHNOLOGY*. V. 101, Issue 24, 2010, p. 9778–9784. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852410012149>>. Acesso em: 01.05.2017.

ASTM – American Society for Testing and Material. Standard test methods for proximate analysis of coal and coke by macro thermogravimetric analysis. Annual book of ASTM standards. 2010.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. *IPEF*, n.16, p.63-70, 1978.

CASTRO, T. C.; CARVALHO, J. O. P; Dinâmica da população de manilkara huberi (ducke) a. Chev. Durante 26 anos após a exploração florestal em uma área de terra firme na amazônia brasileira. *CIÊNCIA FLORESTAL*, v. 24, n. 1, jan.-mar., 2014.

DEMIRBAS, A.; Calculation of higher heating values of biomass fuels. *Fuel*, v. 76, 431-434, 1997.

FEITOSA NETTO, GENÉSIO BATISTA, OLIVEIRA, ANTONIO GERALDO DE PAULA, COUTINHO, HEBERT WILLIAN MARTINS *et al.* Caracterização energética de biomassas amazônicas. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. Procedimentos online. Disponíveis a partir de: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100035&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 01/05/2017.

FOWLER, PAT, et al. Modeling the potencial of biomass – H2RES. *International Journal of Hydrogen Energy*. V.34, Issue 16, 2009, p.7027–7040. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319908017436>>. Acesso em: 26.04.2017.

GOMES J. I.; SAMPAIO, S. S. Aproveitamento de resíduos de madeira em três empresas madeireiras do estado do Pará. Belém: EMBRAPA; 2004. Comunicado técnico.

IBAMA. Maçaranduba. Disponível em <[://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/foreword.htm](http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/foreword.htm)>. Acesso em: 09 de março de 2009.

LOUREIRO, A. A. Essências madeireiras da Amazônia. Manaus: INPA, 1979. 2 v.

MENEZES, MARTA JULIANA SCHMATZ, M.SC., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2013. Poder calorífico e análise imediata da maravalha de Pinus

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

(*Pinus* sp) e Araucária (*Araucaria angustifolia*) de reflorestamento como resíduos de madeireira.

MOUTINHO VHP, ROCHA JJM, AMARAL EP, SANTANA LGM, ÁGUIAR OJR; Propriedades Químicas e Energéticas de Madeiras Amazônicas do Segundo Ciclo de Corte. FLORESTA E AMBIENTE 2016; 23(3): 443-449

PHILIPP; D'ALMEIDA, M.L.O. Celulose e Papel. Volume I. Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Centro Técnico em celulose e papel. São Paulo, 1988, Segunda edição.

PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINHO, J. T. Resíduos do setor madeireiro: aproveitamento energético. BIOMASSA & ENERGIA, v.1, n.2, p.199-208, 2004.

SANTOS, I. D. Influência dos teores de lignina, holocelulose, extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidade de carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado (dissertação). Brasília: Universidade de Brasília; 2008.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. Plano anual de outorga florestal 2014. Brasília, 2014, 116p.

VALE, A. T.; SARMENTO, T. R.; ALMEIDA, A. N.; caracterização e uso de madeiras de galhos de árvores provenientes da arborização de Brasília, df. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 15, n. 4, 2005.

VALE, A.T.; BRASIL, M.A.M.; LEÃO, A.L. quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 12, n. 1, 2002.

VÂNIA C. R. AZEVEDO, MILTON KANASHIRO, ANA Y. CIAMPI, DARIO GRATTAPAGLIA; Genetic Structure and Mating System of *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev., a Heavily Logged Amazonian Timber Species. *J HERED* 2007; 98 (7): 646-654. doi: 10.1093/jhered/esm074

WANG L., DIBDIAKOVA J., 2014, Characterization of ashes from different wood parts of norway spruce tree, CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, 37, 37-42 DOI: 10.3303/CET1437007

WERKELIN J., SKRIFVARS B.-J., ZEVENHOVEN M., HOLMBOM B., HUPA M., 2010, Chemical forms of ash-forming elements in woody biomass fuels, FUEL, 89, 481-493.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Análise energética de resíduos da madeira de *Cedrela odorata*.

Maria Beatriz dos Santos Cruz¹

Barbára Furtado²

José Brito³

VICTOR HUGO PEREIRA MOUTINHO⁴

¹ Laboratório de Tecnologia da Madeira / IBEF - Instituto de Biodiversidade e Florestas / UFOPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ

² Fibria

³ Universidade de São Paulo

⁴ Universidade Federal do Oeste do Pará



ANÁLISE ENERGÉTICA DE RESÍDUOS DA MADEIRA DE *Cedrela odorata*

Resumo: A madeira quando está submetida a altas temperaturas, a mesma sofre um processo de transformação resultando no carvão. Há um grande desperdício de matéria-prima na Amazônia, que se inicia desde a sua colheita na floresta em áreas de manejo. Ao levarmos em consideração que a espécie *Cedrela odorata* é bastante comercializada na nossa região, também existe a problemática dos seus resíduos deixados *in loco* na floresta, sem nenhuma destinação. Por este motivo o objetivo deste trabalho é realizar a análise energética de resíduos de *Cedrela odorata* a fim de mostrar uma melhor finalidade para os resíduos dessa espécie na região. Para o processo de carbonização, a mufla foi programada em uma taxa de 0,33°C/min e a sua temperatura final de 450°C. Também foi determinado a densidade aparente do carvão. Para a análise imediata, foi utilizada a norma ASTM D 1762 - 84. Os resultados foram de 0,54 g/cm³ para a densidade da madeira de *Cedrela odorata* e 0,38 g/cm³ para a densidade aparente do carvão. Para o rendimento do carvão, a espécie obteve o valor de 38,67%. Para materiais voláteis, cinzas e carbono fixo os valores foram de 23,71%; 0,90% e 75,39%, respectivamente. Concluímos que a espécie estudada *Cedrela odorata* conhecida popularmente como Cedro apresentou valor de densidade básica maior do que o apresentado em literatura e das espécies de *Eucalyptus*., apresentou valores satisfatórios para densidade aparente do carvão, rendimento gravimétrico e teores de carbono fixo e cinzas, preconizando assim estudo para seu uso no setor energético.

Palavras-chave: Carvão, Amazônia, Análise imediata, Carbonização, Densidade.

ENERGETIC ANALYSIS OF *Cedrela odorata* WOOD LEFTOVERS.

Abstract: The wood when it's submitted the high temperatures, the same suffer a process of the transformation resulting in the charcoal. There is a big waste of feedstock in the Amazon, what starts since your harvest in the forest in areas of management. To consider that the species *Cedrela odorata* is very commercialized in our region, there is also the problem of its residues left in loco in the forest, without any destination. For this reason the objective of this work is to perform the energy analysis of residues of *Cedrela odorata* in order to show a better purpose for the residues of this species in the region. For the carbonization process, the muffle was programmed at a rate of 0.33 ° C / min and its final temperature was 450 ° C. The apparent density of the coal was also determined. For the immediate analysis, the ASTM D 1762-84 standard was used. The results were 0.54 g / cm³ for the *Cedrela odorata* wood density and 0.38 g / cm³ for the apparent density of the charcoal. For the charcoal yield, the species obtained the value of 38.67%. For volatile materials, ash and fixed carbon the values were 23.71%; 0.90% and 75.39%, respectively. It was concluded that the *Cedrela odorata* species, known as Cedro, had a higher basic density value than that reported in the literature and the *Eucalyptus* species, presented satisfactory values for apparent charcoal density, gravimetric yield and fixed carbon and ash contents, recommending so study for your use in the energy sector

Keywords: Charcoal, Amazon, Immediate analysis, carbonization, Density.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material heterogêneo, sua estrutura é composta por celulose, hemicelulose e lignina, na qual constituem a parede celular da mesma, os demais



compostos que estão presentes na madeira são de menor quantidade, de menor peso molecular, e são chamados de extrativos, geralmente são formadas por terpenos, óleos essenciais, resinas, fenóis, taninos, graxas e corantes (PHILIPP,1988; SANTOS, 2008).

Quando a madeira é submetida a altas temperaturas, a mesma sofre um processo de transformação na qual seus componentes são modificados, que consiste em concentrar o carbono e retirar o oxigênio, havendo o aumento energético do produto final, o carvão. (SANTOS,2008; TRUGILHO e SILVA,2001; GOMES e OLIVEIRA,1980). Para Galdino et al. (2010) e explanado por Silva et al. (2015) o carvão vegetal é oriundo de um material negro, poroso, contendo 85 a 95% de carbono e pode ser obtido pela destilação destrutiva da madeira a temperaturas que variam de 500 a 600 °C em ausência de oxigênio.

Através de técnicas e o uso na qual ele vai ser destinado, pode-se obter carvões muito diferentes, a citar: carvão para uso doméstico, carvão metalúrgico, carvão para gasogênio, carvão ativo, carvão para indústria química e carvão para indústria de cimento. (BRITO E BARRICHELO, 1981). Segundo Moutinho et al. (2014), a produção brasileira de carvão vegetal tem como principal destino o setor industrial, destacando entre eles as siderúrgicas, além do consumo feito nas residências.

Brito e Barrichelo (1981) comenta que se tratando de madeira amazônica, há uma grande diversidade de espécies arbóreas e logicamente é de se esperar uma grande variação com relação às propriedades químicas e físicas de suas madeiras, e isto reflete também no rendimento e propriedades energéticas, mas existe uma grande dificuldade em se obter informações acerca das propriedades de suas madeiras na Região Amazônica para a produção de carvão vegetal, existindo poucos estudos sobre esse assunto.

Lentini (2003) explana que os resíduos oriundos da Floresta Amazônica, cerca de 45% dos resíduos produzidos nas indústrias madeireiras são queimadas, 6% são abandonadas, 24% são utilizados para produzir carvão e o restante são utilizados em fornos de olarias (5%), utilizados para geração de energia elétrica (5%) e para outros usos diversos (15%). Mas, vale ressaltar que o desperdício desta matéria prima se inicia desde a sua colheita na floresta em áreas de manejo, devido ao volume das copas de árvores, muitas delas permanecem no local de abate (BARBOSA et al., 2015; LOUREIRO, 1979).

Ao levarmos em consideração que a espécie *Cedrela odorata* é bastante comercializada na nossa região, também existe a problemática dos seus resíduos permanecerem *in loco* na floresta, sem nenhuma destinação, sendo que com estudos podem se tornar viáveis para o setor energético na nossa região.

Por este motivo, o presente estudo tem como objetivo realizar a análise energética de resíduos de *Cedrela odorata* a fim de mostrar uma melhor finalidade para os resíduos dessa espécie na região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A espécie foi coletada na Floresta Nacional do Tapajós localizada próximo a cidade de Santarém no estado do Pará, sendo obtido amostras do topo da base deixado após a colheita florestal. Trabalhou-se, no total com três árvores de cedro, as quais foram identificadas por *Cedrela odorata* no decorrer do inventário florestal onde a respectiva identificação foi ratificada por especialistas do Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, por meio de sua madeira. Desta forma, todas as análises ocorreram em triplicata onde cada indivíduo foi considerado como repetição.

Para a realização da densidade básica as amostras foram colocadas em um recipiente com água onde ficaram submersas até estabilização de sua massa. Posteriormente, obteve-se o valor de massa de cada amostra por meio de balança hidrostática, obtendo assim a



massa imersa e a massa úmida de cada amostra. Deste modo, pode-se calcular o volume destas com a diferença entre a massa úmida e a massa imersa das amostras (Vital,1984).

Após estas etapas as amostras foram colocadas em estufa até estabilização de massa, sob uma temperatura de 100°C, para posterior obtenção de massa. Por fim, com o volume e a massa seca foi possível calcular a densidade básica da madeira, pela razão entre massa seca e volume.

Em seguida, com os resultados da densidade básica, se iniciou o processo de carbonização da madeira de *Cedrela odorata*, a qual ocorreu de forma separada por indivíduo. Para o processo de carbonização, a mufla foi programada em uma taxa de 0,33°C/min e a sua temperatura final de 450°C, contando com o patamar de espera de 60 minutos. Após este processo de carbonização, o material foi retirado da mufla e assim, podendo obter a sua massa através da balança semi-analítica, que forneceu o valor da massa do carvão. Também foi determinado a densidade aparente do carvão através da metodologia proposta por Oliveira et al. (1982).

Além da massa da madeira e do carvão, obteve-se também a massa do licor pirolenhoso que foram obtidas da seguinte forma: o recipiente coletor de pirolenhoso foi pesado antes da carbonização, para que no final desta, fosse possível calcular o valor das massas do líquido contido no recipiente, através da diferença entre a massa final (recipiente + licor) e a inicial (recipiente). Ao final deste, pode-se calcular o rendimento do carvão, do licor e dos gases condensáveis e não condensáveis de *Cedrela odorata*.

Além disto, foi realizado a análise imediata da espécie através da norma ASTM D 1762 - 84 – (1990). Para a determinação de teor de voláteis, as amostras foram acondicionadas em cadinhos de porcelana com tampas e levadas a mufla em uma temperatura de 950 °C, quando atingiu 940 °C foi contado o tempo de 6 minutos para a sua retirada da mufla, após isso os cadinhos foram colocados em um dessecador com sílica para resfriar por 30 minutos, em seguida as foram obtidas as massas das amostras em balança analítica, determinando-se o valor de materiais voláteis. Já para a determinação do teor de cinzas, foram utilizadas as mesmas amostras após a retirada de materiais voláteis e foram colocados dentro da mufla numa temperatura de 750 °C por 6 horas, após esse período, as amostras foram colocadas em um dessecador com sílica por 30 minutos, obtendo assim a massa do teor de cinzas. O teor de carbono fixo foi obtido através da diferença entre materiais voláteis e teor de cinzas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média da densidade básica da madeira de *Cedrela odorata* ficou próxima a 0,54 g/cm³ (Tabela 1), considerada um valor alto quando comparada com os dados de Quirino et al. (2005), onde o autor encontrou valores de 0,38g/cm³ para a mesma espécie. Outrossim, Neves (2009) explana sobre valores encontrados para clones de *Eucalyptus* com 57 e 69 meses foram de 0,45 e 0,46 g/cm³, verificando que, desta forma, a densidade do resíduo trabalhado assume valores maiores que a média de espécies comumente utilizada para a produção de carvão vegetal.

Tabela 1: Densidade aparente do carvão e densidade básica da madeira de *Cedrela odorata*

Nome científico	D. básica da madeira g/m ³		D. ap do carvão g/m ³	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)
<i>Cedrela odorata</i>	0,54	8,19	0,38	1,76

C.V: coeficiente de variação



. A densidade aparente do carvão de *Cedrela odorata* é de $0,38 \text{ g/m}^3$, podendo ser comparada com estudos de Moutinho et al. (2016) que realizou estudo energético com 3 espécies amazônicas, sendo que a espécie em estudo *B. arbórea* apresentou valor de densidade aparente de $0,33 \text{ g/cm}^3$. Comparando os valores obtidos de densidade aparente de *Cedrela odorata* com os de *Eucalyptus* podemos observar que os valores de densidade deste estudo são maiores que os apresentados por Frederico (2009). Para o rendimento do carvão, a espécie obteve o valor de 38,67% (Tabela 2). Moutinho et al. (2016) apresentaram rendimento gravimétrico do carvão de *B. arbórea* em temperatura semelhante ao deste estudo, com quase 40%, e de Trugilho e Silva (2001) que mostrou rendimento de 42,24% para o alburno da espécie *Hymenea courbaril* L., com temperatura final de 400°C . Entretanto, Brito e Barrichelo (1977), ao apresentarem valores de rendimento gravimétrico de 10 espécies de *Eucalyptus*, o maior valor de 31,3% da espécie *E. grandis* e o menor de 26,5% da espécie *E. paniculata*, esses valores foram obtidos em carbonização de 500°C , isto é, demonstram que o rendimento gravimétrico encontrado para o cedro se faz semelhante ou até melhor que o rendimento para eucalipto.

Tabela 2: Rendimento gravimétrico e análise imediata da espécie de Cedro.

Nome comum	Nome científico	Rendimento gravimétrico			Análise Imediata		
		Carvão	G.C	GNC	%MV	%CZ	%CF
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	38,67	39,89	21,44	23,71	0,90	75,39

RGC: rendimento de gases condensáveis; RGNC: rendimento de gases não condensáveis; MV: material volátil; CZ: cinza; CF: carbono fixo.

Protásio et al (2011) explana que o rendimento gravimétrico do carvão vegetal em proporções altas permite o melhor aproveitamento da madeira. Para os gases condensáveis e não condensáveis foi obtido os valores de 39,89% e 21,44%, respectivamente. Bridgwater (2001) enfatiza que os rendimentos obtidos por pirólise lenta que ocorre em temperaturas que variam de 400 a 450°C são de 35% para rendimento gravimétrico do carvão, 30% para gases condensáveis e 35% para gases não condensáveis, sendo assim os rendimentos do resíduo de cedro estão dentro da média apresentados neste estudo.

Para materiais voláteis, cinzas e carbono fixo os valores foram de 23,71%; 0,90% e 75,39%, respectivamente. No estudo de Trugilho e Silva (2001) os valores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo do alburno da espécie Jatobá na temperatura de 400°C foram de 39,52%, 1,21% e 59,27%, respectivamente. Em comparação com os teores de carbono fixo e cinzas, o cedro apresentou melhores resultados que o jatobá, a temperatura pode ter interferido neste processo, já que as duas espécies foram carbonizadas em temperaturas diferentes. Frederico (2009) afirma que as correlações entre teor de carbono fixo, materiais voláteis, cinzas e o poder calorífico podem ser explicadas através da composição química do combustível, pois, o carvão vegetal é expresso diretamente pelo teor de carbono fixo e o baixo teor de cinzas, para este estudo, os teores apresentaram resultados promissores.

Trugilho e Silva (2001) preconiza junto com estudos de Silva e Brito (1989), Valente et al (1985) e Wenzl (1970) que materiais voláteis podem diminuir com o aumento da temperatura final de carbonização independente do material usado e em temperaturas mais elevadas, pequenas quantidades de H_2 são liberadas pelo carvão, para teor de carbono fixo, a eliminação de materiais voláteis provoca seu aumento natural. Para Brito e Barrichelo (1977) uma madeira rica em lignina pode obter um elevado rendimento gravimétrico e o carvão proveniente da mesma terá alto teor de carbono, valor apresentado pela espécie de 75,39%.



4. CONCLUSÃO

Dessa forma, podemos concluir que a espécie estudada *Cedrela odorata* conhecida popularmente como Cedro apresentou valor de densidade básica maior do que o apresentado em literatura e das espécies de *Eucalyptus*. Também apresentou valores satisfatórios para densidade aparente do carvão, rendimento gravimétrico e teores de carbono fixo e cinzas, preconizando assim estudo para seu uso no setor energético.

5. REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. A. G. S.; FERREIRA, V. R. da S.; MOUTINHO, V. H. P. Caracterização química do fuste e galhos da espécie *Piptadenia suaveolens* (Miq.) provenientes da floresta nacional do Tapajós. II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, Belo Horizonte, MG, 2015.

BRIDGWATER, A. V. Towards the bio-refinery fast pyrolysis of biomass. Renewable Energy World. Jan-Feb, 2001.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Considerações sobre a produção de carvão vegetal com madeiras da Amazônia. Vol. 2, No. 5, 1-25 p. IPEF. 1981.

FREDERICO, P. G. U. F. Efeito da Região e da Madeira de Eucalipto nas Propriedades do Carvão Vegetal. 2009. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

GALDINO, D.S. et al. Produção de Carvão Vegetal. Trabalho apresentado à Faculdade de Engenharia do Campus de Itapeva - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2010.

BRITO, J. O. ; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal. 1. densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. IPEF, Piracicaba, v. 14, n. 1, p. 9-20, 1977.

GOMES, P. A.; OLIVEIRA, J. B. Teoria da carbonização da madeira. In: PENEDO, W. R. (Ed.) Uso da madeira para fins energéticos. Belo Horizonte: CETEC, p. 27-41.1982

LENTINI, M.; PEREIRA, D.; CELENTANO, D.; PEREIRA, R.; Fatos Florestais da Amazônia 2005. 1ª ed. Belém, Brasil. Ed. RL/2 Comunicação e Design.142p. 2005.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J. da C. Essências madeireiras da Amazônia. Manaus: INPA, 1979.

MOUTINHO, V. H. P.; ROCHA, J. J. M da; AMARAL, E. P. do; SANTANA, L. G. de M.; AGUIAR, O. J. R de. Propriedades Químicas e Energéticas de Madeiras Amazônicas do Segundo Ciclo de Corte. Floram – Floresta e Ambiente, local, volume, número, página, 2016.

NEVES, T. A. Qualidade da Madeira e do Carvão Vegetal de Clones de *Eucalyptus* Cultivados no Sul de Minas Gerais. 2012. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. Estudos preliminares de normalização de testes de controle de qualidade do carvão vegetal. Belo Horizonte: CETEC, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, p. 9-38. 1982.

PHILIPP,; D'ALMEIDA, M.L.O. Celulose e Papel. Volume I. Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Centro Técnico em celulose e papel. São Paulo, 1988, Segunda edição.

PROTÁSIO, T. P. et al. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, n. 66, p. 122-133, 2011.

QUIRINO, W. F, PINHA, I.V.O, MOREIRA, A. C. O, SOUZA, F. M. T. F. Densitometria de raio X na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira. Scientia Forestalis. 40(96): 525-536p. 2012.

QUIRINO, W. F., VALE, A. T., ANDRADE, A. P. A., ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. D. S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. Revista da Madeira, 89, n 100, p. 106. 2005.

SANTOS, I. D. Influência dos teores de lignina, holocelulose, extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidade de carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado. 2008. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SILVA, D. A.; BRITO, J. O. Qualidade do carvão vegetal oriundo de madeiras amazônicas - Balbina. Acta Amazônica, Manaus, v.19(único), p. 525-530, 1989.

SILVA, P. M. F. da; TEOTONIO, V. C. H.; SOUSA, C. E. D. de. Eficiência energética do carbonizados metálico semi-contínuo. Revista Ambiental, v.1, n.1, p.71 – 81, Jan-Mar, 2015.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A. da. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de Jatobá (*Himenea courbaril* L.) Scientia Agraria, Piracicaba, v. 2, n. 1/2, p. 45-53, 2001.

VALENTE, O. F.; ALMEIDA, J. M.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Efeito da temperatura de carbonização nos rendimentos e propriedades do carvão vegetal produzido. Revista Árvore, Viçosa, v.9, n.1, p. 28-39, 1985.

VITAL, B.R. Métodos de determinação de densidade da madeira. Boletim técnico nº 1.Viçosa: SIF, 21p. 1984.

WENZL, H. F. J. The chemical technology of wood. New York: Academic Press, 1970. 692 p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR DURANTE A PIRÓLISE DA MADEIRA

Márcia Silva de Jesus¹

Alfredo Napoli²

Angélica de Cássia Oliveira Carneiro³

Ana Clara Caxito de Araújo⁴

Luciano Junqueira Costa¹

Larissa Carvalho Santos⁵

Fabiana Paiva de Freitas¹

Juliana Ceccato Ferreira⁶

¹ Universidade Federal de Viçosa

² Outros

³ UFV -DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL / Universidade Federal de Viçosa

⁴ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

⁵ Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal

⁶ Universidade Federal de Goiás



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR DURANTE A PIRÓLISE DA MADEIRA

Resumo: O objetivo desse estudo foi obter o perfil térmico da madeira de *Eucalyptus urophylla* durante carbonização, utilizando um equipamento piloto de pirólise - Macro ATG. O experimento foi realizado com a madeira de *Eucalyptus urophylla*, 6 anos de idade, 30 cm de comprimento, 12 cm de diâmetro e 13% de umidade. As condições experimentais foram, temperatura final de 500 °C e taxa de aquecimento de 5 °C min⁻¹; atmosfera de gás nitrogênio. Foram inseridos os termopares, com o objetivo de acompanhar o processo de transferência térmica no material sólido. A variação térmica observada entre a superfície e o centro da madeira pode atingir até 120 °C de diferença. Ao atingir 500 °C na superfície do sólido, o centro encontra-se a 485 °C. Dessa forma, conclui-se que há formação de gradiente de temperatura entre a superfície e o centro do material sólido durante a pirólise, sendo que, no centro, a elevação da temperatura é um processo mais lento, principalmente se houver efeito da umidade.

Palavras-chave: Macro ATG, pirólise, carvão vegetal.

Abstract: The objective of this study was to determine the thermal gradient of a wood of *Eucalyptus urophylla* during the slow pyrolysis, from a pilot pyrolysis equipment - Macro ATG. The experiment was carried out with a 6-year-old *Eucalyptus urophylla* wood filler, 30 cm IN length, 12 cm in diameter and 13% moisture. The experimental conditions were: final temperature of 500 oC and heating rate of 5 °Cmin⁻¹ in nitrogen atmosphere. The thermocouples were inserted in order to follow the heat transfer process in the solid material. The thermal variation observed between the surface and the center of the wood can reach up to 120 °C of difference. When it reaches 500 °C on the surface of the solid, the center is at 485 °C, which means that the temperature variation tends to become more uniform at the end of the process. Thus, it is concluded that there is a temperature gradient formation between the surface and the center of the solid material during the pyrolysis, and that in the center, the elevation of temperature is a slower process, especially if there is moisture effect.

Keywords: Macro ATG, pyrolysis, charcoal.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A carbonização consiste na degradação térmica da biomassa, na ausência ou presença controlada de oxigênio / ar, formando carvão vegetal, alcatrão e outros compostos orgânicos e compostos gasosos - H_2 , CO_2 , CO , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 . O entendimento dos mecanismos químicos e físicos que ocorrem durante esse processo é de fundamental importância, para otimizá-lo em escala industrial.

Atualmente, há um grande interesse em desenvolver modelos que consigam representar de forma mais coerente a realidade dos mecanismos e fenômenos da pirólise. Porém, ainda pouco se conhece a respeito, principalmente, pela dificuldade em acompanhar a variação de temperatura, transferência de calor e perda de massa no interior do sólido, durante o processo (CHAN et al., 1985; DUFOUR et al., 2011; TURNER et al., 2010).

No Brasil, grande parte das unidades produtoras de carvão vegetal realizam o processo em fornos de alvenaria, que muitas vezes é baseado em fatores subjetivos, tais como coloração da fumaça e temperatura externa do forno sentida pelo tato das mãos (ARRUDA et al., 2011). Além disso, ainda existem muitas dificuldades no controle das emissões de gases poluentes, o que afeta, diretamente, a saúde dos trabalhadores e áreas vizinhas (GOMES; ENCARNAÇÃO, 2012). Segundo Peláez-Samaniego et al. (2008), no uso de fornos de alvenaria, cerca de 20% em massa de madeira são perdidas para gerar energia e manter o processo e 60% aproximadamente, são convertidas em gases e vapores.

Nos moldes tradicionais, as experimentações são realizadas em microscópicas estruturas sólidas, com posterior análise dos fenômenos de forma isolada. Todavia, sabe-se que a decomposição térmica da madeira é um processo complexo que envolve reações termoquímicas, absorção e liberação de energia a partir de reações endo e exotérmicas, evaporação e transporte de gases (Di BLASI, 2008) que ocorrem de forma não uniforme e simultânea. Principalmente, quando consideramos a rotina de uma unidade de produção. O interessante seria, o estudo do processo com maiores unidades amostrais ou corpos de prova, de forma a simular um pouco mais a realidade.

Segundo Leckner (2007) quando uma partícula se submete a transferência de calor a partir de uma fonte externa, ocorre nessa mesma partícula uma cadeia de transformações físicas e químicas. Em paralelo, há uma também transferência de massa. Esses fenômenos em grande parte podem ser explicados pelo gradiente térmico formado no sentido da superfície para o centro do material sólido.

Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de ferramentas mais eficientes que busquem melhor entender e explicar os fenômenos térmicos e químicos que controlam a conversão da madeira em carvão vegetal, principalmente quando se considera o processo de transferência de calor e a formação de gradientes térmicos. Assim o objetivo do trabalho foi obter o perfil térmico da madeira de *Eucalyptus urophylla* durante carbonização, utilizando um equipamento piloto de pirólise - Macro ATG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A carbonização foi realizada no forno Macro ATG (Figura 1). Desenvolvido no La recherche agronomique pour le développement – CIRAD, França.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

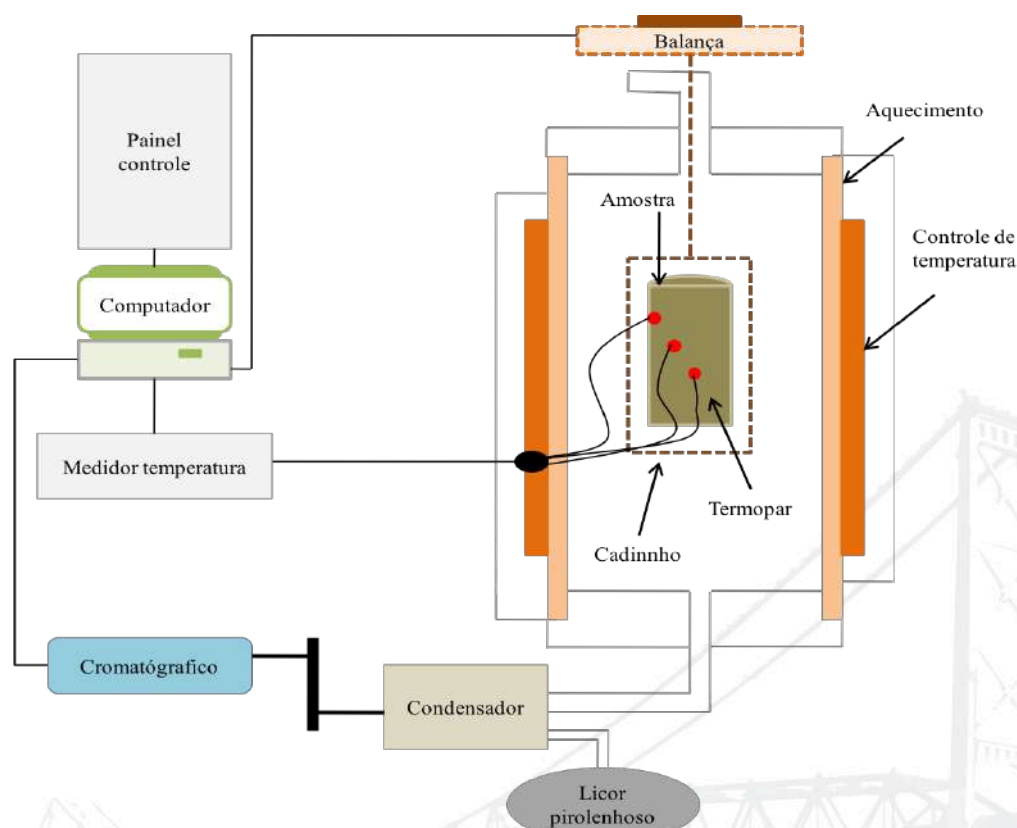


Figura 1. Esquema do forno Macro ATG.

O experimento foi realizado com um torete de madeira de *Eucalyptus urophylla*, de 6 anos de idade, 30 cm de comprimento, 12 cm de diâmetro e umidade de 13%.

As condições experimentais para a pirólise foram:

- i. Temperatura inicial: 40 °C (15 min);
- ii. Temperatura final: 500 °C com patamar de residência de 3 h;
- iii. Taxa de aquecimento: 5 °C min⁻¹;
- iv. Atmosfera: gás nitrogênio (N₂), com fluxo de 0 - 2,5 NL min⁻¹ (normal litro por minuto)
- v. Período de resfriamento de 8h.

Foi inserido na madeira três termopares, cuja disposição é do sentido da superfície para o centro da peça, conforme demonstrado na figura 2. Para isso, foram abertos pequenos orifícios com o auxílio de uma furadeira. Nesses orifícios, foram inseridos os termopares, com o objetivo de acompanhar o processo de transferência térmica no material sólido durante toda a pirólise.

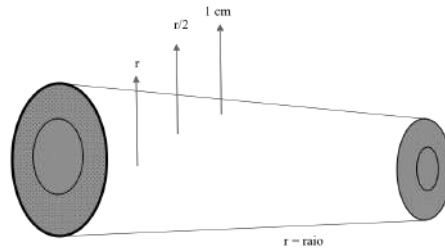


Figura 2. Representação esquemática do posicionamento dos termopares nos toretes de madeira de *Eucalyptus urophylla*.

O controle dos testes foi realizado, a partir de um *software* denominado *Macro Thermogravimetric*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A formação dos gases ocorre de forma não uniforme na madeira sequencialmente ao aquecimento, secagem e a desvolatilização (THUNMAN; LECKNER, 2007), explicados pelo processo de transferência térmica. Assim, ao observamos a Figura 3 é verificado que a variação de temperatura entre a superfície e o centro tende a se intensificar a medida que temperatura aumenta, até atingir 485 °C no centro.

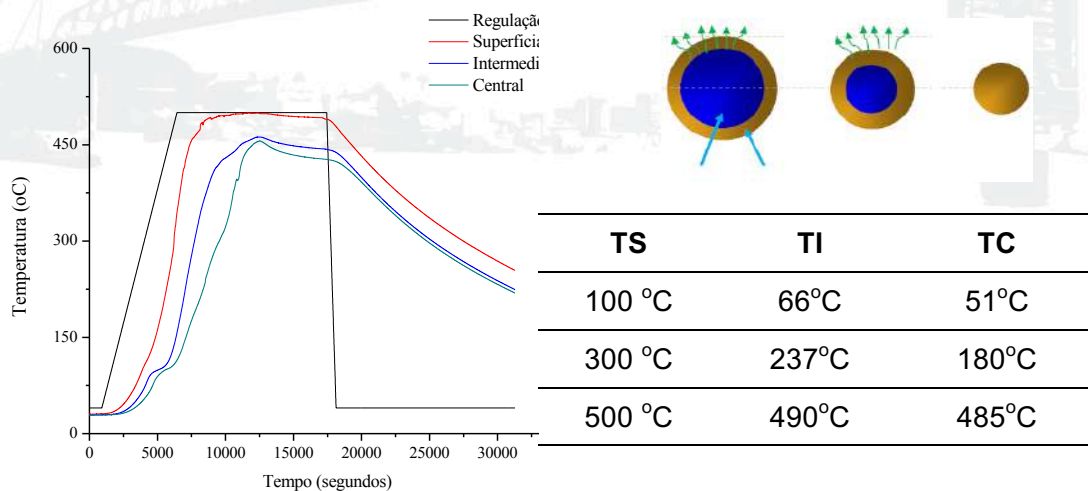


Figura 3. Gradiente térmico formado na madeira de *Eucalyptus urophylla* duante a pirólise.

Ao atingir 300 °C na superfície do sólido, o centro encontra-se a 180 °C, cuja diferença é de 120 °C. A variação térmica observada na madeira pode ser explicada



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

em consequência à sua má condução em calor, o que influencia o processo de transferência. De acordo com Kollman e Côté Júnior (1968), a má condução de energia deve-se a estrutura porosa e pobre em elétrons livres (responsáveis pela rápida transmissão de energia) presentes nessa matéria-prima.

O gradiente térmico no centro se intensificar a partir do momento que a água evapora. As etapas de aquecimento e secagem são essenciais para que haja aumento na temperatura da madeira e favoreça o processo de desvolatilização. Essas etapas ocorrem mais rapidamente na superfície. No centro, a elevação da temperatura se torna demorado, em decorrência da condução de calor ser dificultada pela própria matéria-prima, que é má condutora e intensificada pelo processo de secagem, justificando a expressiva variação térmica, no intervalo de 100 a 300 °C.

Ao atingir 500 °C na superfície do sólido, o centro encontra-se a 485 °C, isso significa que a variação térmica foi inferior a 3% nesse sentido, sendo esse um fato esperado. Outra possível explicação está relacionada à variação de densidade do carvão com o aumento de temperatura. Segundo Babu e Chaurasia (2004), durante a pirólise o volume ocupado pelo sólido (madeira e carvão) e voláteis (gases e alcatrão), tende a mudar, continuamente e como resultado dessa reorganização química, a densidade do carvão pode aumentar, em decorrência das contrações que ocorrem no material, isso provoca um gradiente de temperatura mais intenso e facilita a transferência de calor para o centro da peça. Quando o processo atinge temperaturas acima de 400 °C, a contração no material é maior que a perda de massa (SLOCUM et al., 1978), diminuindo a área de espaço vazio (poro), o que favorece a transferência de calor e a variação de temperatura entre a superfície-centro tende a ficar mais uniforme. Kanury e Blackshear (1970) alegam também que, após a formação da zona de carvão, não há mais o intenso escoamento de gases e a transferência térmica é facilitada por condução por meio do carvão.

4. CONCLUSÕES

Há formação de um gradiente de temperatura entre a superfície e o centro da madeira durante a carbonização. A diferença em temperatura entre superfície e o centro pode atingir até 120 °C.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CIRAD, CNPq, a Fapemig, a UFLA, a UFV e a Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho

6. REFERÊNCIAS

ARRUDA, T. P. M. et al. Avaliação de duas rotinas de carbonização em fornos retangulares. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 949-955, Apr. 2011.

BABU, B. V.; CHAURASIA, A. S. Heat transfer and kinetics in the pyrolysis of shrinking biomass particle. *Chemical Engineering Science*, v. 59, n. 10, p. 1999-2012, Jan. 2004.

CHAN, W. C. R.; KELBON, M.; KRIEGER, B. B. Modelling and experimental verification of physical and chemical processes during pyrolysis of a large biomass

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

particle. **Fuel**, v. 64, n. 1, p. 1505-1513, Dec. 1985.

DI BLASI, C. Modeling chemical and physical processes of wood and biomass pyrolysis. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 34, n. 1, p. 47–90, Dec. 2008.

DUFOUR, A. et al. Modelling intra-particle phenomena of biomass pyrolysis. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 89, n. 10, p. 2136–2146, Sept. 2011

GOMES, G. M. F.; ENCARNACAO, F. The environmental impact on air quality and exposure to carbon monoxide from charcoal production in southern Brazil. **Environmental Research**, New York, v. 116, n. 4, p. 136-139, Mar. 2012.

KANURY, A. M.; BLACKSHEAR, P. L. Some considerations pertaining the problem of wood burning. **Combustion Science and Technology**, v. 2, n. 3-4, p. 339-355, Mar. 1970.

KOLLMAN, F.; CÔTÉ JÚNIOR, W. A. **Principles of wood science and technology. I- Solid wood**. New York: Springer Verlag, 1968. 592 p.

PELÁEZ-SAMANIEGO, M. R. et al. Improvements of Brazilian carbonization industry as part of the creation of a global biomass economy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, London, v.12, n.4, p. 1063–1086, Oct. 2008.

SLOCUM, D. H.; MCGINNIS JÚNIOR, E. A.; BEALL, F. C. Charcoal yield, shrinkage, and density changes during carbonization of oak and hickory woods. **Wood Science**, New York, v. 11, n. 1, p. 42-47, Mar. 1978.

TURNER, I. et al. An experimental and theoretical investigation of the thermal treatment of wood (*Fagussylvatica* L.) in the range 200–260 C. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 53, n. 4, p. 715-725, Nov. 2010.

THUNMAN, H.; LECKNER, B. **Thermo chemical conversion of biomass and wastes**. Chalmers: [s.n.], 2007. 334 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANALISE IMEDIATA DO CARVÃO COMERCIALIZADO NO MUNICÍPIO DE ALTAMIRA NO ESTADO DO PARÁ.

Wemerson Costa¹

Patricia Soares Bilhalva dos Santos¹

Alisson Reis²

¹ Universidade Federal do Pará

² Faculdade de Engenharia Florestal / Campus Universitário de Altamira / Universidade Federal do Pará



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANALISE IMEDIATA DO CARVÃO COMERCIALIZADO NO MUNICÍPIO DE ALTAMIRA NO ESTADO DO PARÁ.

Resumo: Devido a colonização na década de 70 por sulistas, o município de Altamira, possui uma forte cultura na prática cozer alimentos com carvão vegetal, diante disso, torna-se importante o conhecimento técnico-científico do carvão fabricado no município. Com isso, o presente estudo teve por objetivo verificar as propriedades químicas do carvão comercializado no município de Altamira, Estado do Pará. As amostras de carvão utilizadas foram adquiridas em 11 estabelecimentos comerciais do município. Foram analisados o teor de umidade, cinzas, materiais voláteis e carbono fixo, seguindo a metodologia descrita pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Os carvões analisados apresentaram os seguintes índices médios: 6,46% para teor de umidade, 3,73% para teor de cinzas, 17,96% de materiais voláteis e 78,3% de carbono fixo. Observou-se que na maioria dos bairros foi obtido máis índices de teor de cinzas; porém o teor de materiais voláteis, umidade e carbono fixo apresentaram bons resultados, com destaque para o teor de materiais voláteis que foram inferiores aos encontrados na literatura, garantindo uma excelente qualidade para o carvão.

Palavras-chave: Biomassa, Energia renovável, cocção de alimentos.

IMMEDIATE ANALYSIS OF CHARCOAL COMMERCIALIZED IN THE MUNICIPALITY OF ALTAMIRA, PARÁ, BRAZIL.

Abstract: Due to being colonized in the 1970s by southern Brazilians, the municipality Altamira, as such, it has a strong tradition of using charcoal in cooking, making it important to have a technical and scientific understanding of the charcoal manufactured here. This study aimed to provide that understanding by testing the chemical properties of charcoal samples purchased from 11 local establishments. The moisture, ash, volatile matter, and fixed carbon contents were analyzed following the methodology described by the Brazilian Association of Technical Standards, and the average values obtained were 6.46%, 3.73%, 17.96%, and 78.3%, respectively. The charcoal samples from most neighborhoods exhibited high ash contents. Nevertheless, volatile matter, moisture, and fixed carbon contents showed good results. In particular, volatile matter content was lower than values previously reported, indicating the excellent quality of the charcoal.

Keywords: Biomass, Renewable energy, Food cooking

1. INTRODUÇÃO

O processamento industrial da madeira gera resíduos que precisam ser adequadamente gerenciados. Ainda que biologicamente degradados, a concentração destes resíduos em um determinado local e sua deposição ou queima podem causar impactos negativos para o meio ambiente. Esses restos do processamento da madeira podem ser aproveitados como material produtivo de energia, biologicamente degradados, ou ser novamente incorporados no processo de outros produtos. (FAGUNDES, 2003)

Botrel et al. (2006), coloca que dentre as diversas utilizações da madeira, a produção de carvão vegetal sempre ocupou, posição de destaque nas principais empresas de reflorestamento no Brasil. A madeira tem uma enorme importância econômica no Brasil, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2014), só em 2014 foram desmatadas uma área com cerca de 4.848 Km² na Amazônia Legal, dando destaque ao Estado do Pará com 1.829 Km² de área desmatada sendo parte dela direcionada para a produção de carvão vegetal, que tradicionalmente foi produzido de madeira nativa, o que contribuiu para o

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





desmatamento, com graves consequências ambientais com o desaparecimento de várias espécies vegetais, a erosão do solo e o aquecimento global. Do total de carvão utilizado no Brasil e desta, 90% destinando-se para a produção de ferro-gusa, 9% para o setor residencial e apenas 1% para o comercial. A cadeia produtiva de carvão vegetal movimenta parte da economia do país e constitui a matéria-prima na indústria siderúrgica para a produção de ferro e aço (ALBUQUERQUE, 2012).

Se observarmos a importância da região de estudo, que esta no coração da floresta amazônica, na proximidade da BR 230, entre os municípios de Pacajá e Uruará (Estado do Pará), é possível encontrar vários fabricantes de carvão vegetal, que produzem seu produto de forma artesanal, muitas vezes em condições de precária de produção, armazenamento, transporte e fiscalização das espécies utilizadas, produto que é comercializado na cidade de Altamira-PA, . Diante disso torna-se necessário a investigação técnica e científica sobre a qualidade do carvão comercializado nessa região.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Coletas das amostras

As amostras de carvão foram compradas em 11 mercados de diferentes bairros no município de Altamira-PA. O carvão coletado foi fabricado de forma artesanal, vendidos em sacos de polietileno verde, sem qualquer identificação, pratica comum na região norte do Brasil.

2.2. Análise química imediata

A análise química imediata foi realizada a partir da determinação do teor de umidade, teor de cinzas, teor de materiais voláteis e teor de carbono fixo das amostras de carvão vegetal. Os ensaios foram realizados a partir da metodologia descrita na norma NBR 8112 da ABNT (1986). Aplicaram-se as Equações 1, 2, 3 e 4 para a obtenção dos parâmetros.

Determinação do Teor de Umidade

$$TU = \left(\frac{m^0 - m^1}{m^0} \right) 100 \quad (1)$$

Em que:

TU = Teor de Umidade, em %;

m⁰ = massa inicial da amostra, em g;

m¹ = massa final da amostra, em g

Determinação do Teor de Cinzas

$$CZ = \left(\frac{m^1 - m^0}{m} \right) 100 \quad (2)$$

Em que:

CZ = Teor de Cinzas, em %;

m⁰ = massa do cadinho, em g;

m¹ = massa do cadinho + amostra, em g;

m = massa da amostra, em g.

Determinação de Materiais Voláteis

$$MV = \left(\frac{m^2 - m^1}{m^0} \right) 100 \quad (3)$$

Em que:

MV = Materiais Voláteis, em %;

m² = massa inicial do cadinho + amostra, em g;

m¹ = massa final do cadinho + amostra, em g;

m = massa da amostra, em g.

Determinação de Carbono Fixo

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





$$CF = 100 - (CZ + MV) \quad (4)$$

Em que:

CF = teor de carbono fixo, em %;

CZ = teor de cinza, em %;

MV = materiais voláteis, em %.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de umidade tiveram variação significativa entre si. Foi encontrada variação de 9,18% a 5,02% nos carvões analisados, com uma média de 6,46%. Estes valores (Tabela 1) são superiores aos analisados por Reis et al. (2015) estudando os carvões de resíduos madeireiros comercializados em Altamira-PA, que foram de 3,97%. Para o uso doméstico, o carvão comercializado é de má qualidade, pois de acordo com Rosa et al. (2012) um índice de umidade maior que 4,17% é inadequado para o consumo doméstico de carvão. Acredita-se que o elevado valor de umidade, deve-se falta de controle no armazenamento do material obtido, pois são colocados em sacos de polietileno, muitas vezes mal lacrados e expostos ao ar livre durante a comercialização.

Tabela 1. Valores médios do teor de umidade, teor de cinzas, materiais voláteis e teor de carbono fixo.

Carvão	TU (%)	TC (%)	TMV (%)	TCF (%)
Amostra 1	6,44	4,14	22	73,8
Amostra 2	5,82	4,08	18	77,7
Amostra 3	6,52	2,89	20	77,1
Amostra 4	7,76	5,94	7	86,8
Amostra 5	6,30	2,57	15	82,4
Amostra 6	5,02	2,64	17	80,1
Amostra 7	6,16	2,90	22	75,2
Amostra 8	9,18	4,14	21	74,8
Amostra 9	6,32	5,99	22	71,7
Amostra 10	5,68	2,68	12	85,6
Amostra 11	5,90	3,08	21	76,0
Gomes (2006)	< 8%	% a 2%	-	75% a 80%

TU = teor de umidade; TC = teor de cinzas; TMV = teor de materiais voláteis; TCF = teor de carbono fixo.

Os resultados para o teor de cinzas dos carvões obteve uma variação e 2,57% a 5,99%. Estes valores são superiores ao encontrados por Reis et al. (2015), que é de 2,24%. Segundo Rosa et al. (2012) um carvão de boa qualidade deve apresentar baixo teor de cinza. Gomes (2006) afirma que o teor de cinzas ideal para a siderurgia é de 1% a 2%..

Schoninger; Zinelli (2012) atentam para a necessidade de cuidados com o armazenamento do carvão, uma vez que podem ser contaminados por poeira durante o transporte em estradas não pavimentadas; contaminação da madeira durante o corte, secagem e transporte até os fornos; terra do piso dos fornos de carbonização; contaminação do carvão vegetal nas pilhas de estocagem e/ou silos de abastecimento dos altos-fornos, o que pode resultar no aumento do teor de cinzas.

A FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985) recomenda teor de materiais voláteis abaixo de 30% para que o carvão apresente qualidade. Carmo (1988) explica a necessidade de baixos índices de teor de materiais voláteis, pois quanto maior for essa propriedade, maior será a expansão gasosa no carvão. Isto resultará em um carvão com mais trincas e maior porosidade, o que pode comprometer a qualidade e o



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

rendimento do produto final. Além disso, o baixo valor de materiais voláteis (Tabela 1) para o carvão vendido no município, sugere que o mesmo pode ser utilizado para cocção de alimentos. Reis et al. (2015) estudando carvão de resíduos madeireiros, encontrou um índice de materiais voláteis de 18,55% próximo ao analisado no trabalho que obteve uma média de 17,96%

Os teores de carbono fixo variaram entre 71,7% a 86,6 % (Tabela 1), segundo Gomes (2006) afirmou que o teor de carbono fixo ideal para a siderurgia é acima de 75%, onde é possível observar que 3 amostras não estão dentro dos padrões para serem usados na siderurgia.. Segundo Protásio et al. (2013), quanto maior o teor de carbono fixo, mais lento será o consumo de biomassa. Normalmente, o teor de carbono fixo é diretamente proporcional ao teor de materiais voláteis, sendo influenciado diretamente pela temperatura (OLIVEIRA et al.,2010).

4. CONCLUSÃO

Conclui-se com este trabalho que o material analisado apresenta excelentes resultados para materiais voláteis e carbono fixo, podendo ser aplicado na indústria de siderurgia, mas acredita-se que devido as péssimas condições de transporte e armazenamento apresentou baixa qualidade com relação ao teor de cinzas e umidade. Demonstrando que falta de tratamento adequado, acaba perde a sua qualidade do produto final.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a universidade Federal do Pará, por meio da PROPESP pelo apoio financeiro prestado ao desenvolvimento deste trabalho

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. R. Anatomia comparada do lenho e do carvão aplicada na identificação de 76 espécies da floresta Amazônica, no estado do Pará, Brasil. 2012. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo, 2012. 250p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS -ABNT. NBR 8112/86 – Carvão vegetal: análise imediata do carvão vegetal. 6p. 1986.

BOTREL, R. T.; RODRIGUES, L. A.; GOMES, L. J.; ET AL. Uso da Vegetação Nativa pela População Local no Município de Ingaí, MG, Brasil. ACTA BOTÂNICA BRASÍLICA, v. 20, n. 1, p. 143-156, 2006.

CARMO, J. S. Propriedades física e químicas do carvão vegetal destinado à siderurgia metalurgia. 40f. Monografia (Pós-graduação Lato Sensu em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1988..

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Industrial Charcoal making. Fao Forestry Paper 63, 1985. Disponível em <http://www.fao.org/docrep/x5555e/x5555e00.htm#Contents>. Acesso em janeiro de 2016.

GOMES. M. T. M. Potencialidades de inserção do carvão vegetal em bolsas de mercadorias. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 71 p., 2006.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Projeto PRODES do INPE estima 4.848 km² de desmatamento na Amazônia em 2014. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3781>. Acesso em: 13 maio 2017

PROTÁSIO, T. DE P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A DOS; TRUGILHO, P. F.; GODINHO, T. P. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. aos 42 meses de idade. PESQUISA FLORESTAL BRASILEIRA, Colombo, v.33, n. 74, p.137-149, 2013c.

REIS, A. R. S.; REIS, J. S. F.; SILVA, J. R.; CARVALHO, J. C.; SOUSA, D. V.; REIS, L. P. Comparação entre carvão de coco babaçu e carvão de resíduos madeireiros comercializados em Altamira - PA. CIÊNCIA DA MADEIRA (BRAZILIAN JOURNAL OF WOOD SCIENCE) v.6, n. 2, p. 100-106, 2015

ROSA, R. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; ANDRADE, W. S. de P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para consumo doméstico. JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY AND BIODIVERSITY v. 3, n. 2, p. 41-48, May. 2012.

SCHONINGER, E. C.; ZINELLI, M. R. Análise qualitativa dos carvões de *Apuleia leiocarpae* e *Hymenaea courbaril* produzidos numa carvoaria de Matupá, no estado de Mato Grosso. REVISTA DE CIÊNCIAS AGRO-AMBIENTAIS, Alta Floresta-MT, v.10, n.2, p.135 - 140, 2012.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. Florestas do Brasil em resumo - 2013: dados de 2007-2012, Brasília, 188p., 2013.

OLIVEIRA, C. A.; CARNEIRO, A. C. O. C.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. SCIENTIA FLORESTALIS, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, set. 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE QUÍMICA E ENERGETICA DA ESPECIE *Tachigali chrysophylla*

Wagner César Bentes Cardoso¹

Emeli Susane Costa Gomes²

Victor Moutinho³

Raiana Augusta Grandal Savino Barbosa⁴

Maria Beatriz dos Santos Cruz⁵

Cezar Dias Cardoso Júnior⁶

Juliane da Silva Sampaio⁷

¹ Instituto de Biodiversidade e Floresta / IBEF / Universidade Federal do Oeste do Pará

² Laboratório de tecnologia da madeira / Universidade Federal do Oeste do Para / Universidade Federal do Oeste do Pará

³ Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)

⁴ Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁵ Laboratório de Tecnologia da Madeira / IBEF - Instituto de Biodiversidade e Florestas / UFOPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ

⁶ Engenharia Florestal / IBEF / Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

⁷ Engenharia Florestal / Instituto de Biodiversidade e Florestas / Universidade Federal do Oeste do Pará

ANÁLISE QUÍMICA E ENERGÉTICA DA ESPÉCIE *Tachigali chrysophylla*

A madeira é considerada a matéria prima florestal, essencial para diversos fins econômicos, composto por diversos elementos sendo estes lignina, celulose e hemicelulose, e outros componentes não presentes na parede celular denominados extrativos que podem ser os fatores determinantes para suas finalidades em produção. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar quantitativamente as propriedades químicas e energéticas da madeira de *Tachigali chrysophylla* (taxi-vermelho). Amostras de serragem da base da árvore foram coletadas e levadas para análises experimentais, submetidas a extrações em água fria, água quente, extração total, utilizou-se amostras provenientes da extração total, para obtenção do teor de lignina e holocelulose análise imediata com o objetivo de determinar o teor de materiais voláteis, carbono fixo e cinzas. Após, os dados resultantes foram estatisticamente usando o programa Action Stat. As médias de extrativos obtidos foram água fria 2,12%, água quente 2,86% e extração total 2,91%, os teores encontrados de lignina foram de 31,09% e holocelulose 66,00%, e, na análise imediata, 19,54% de carbono fixo, 80,27% de materiais voláteis e 0,19% de cinzas. O Teor de extrativos foi considerado baixo em comparação a outros autores, a porcentagem de lignina foi de alto teor, sendo proporcional para produção de carvão vegetal e o valor de cinzas baixo, com potencial para uso na siderurgia.

Palavras-chave: Análise imediata, extração, madeira.

CHEMICAL AND ENERGY ANALYSIS OF THE SPECIES *Tachigali chrysophylla*

Abstract: The wood is considered a forest raw material, essential for several economic purposes, composed of several elements being these lignin, cellulose and hemicellulose and other components not present in the cellular wall denominated extractives that can be the determining factors for its production purposes. In this context, the present work had as objective to analyze quantitatively as chemical and energetic properties of the wood of *Tachigali chrysophylla* (taxi-red). Samples of sawdust from Burns base and taken for experimental analyzes, submitted to extraction in cold water, hot water, total extraction, use of samples of total extraction, to obtain lignin content and holocellulose structure. Of volatile matter content, fixed carbon and ash. After the resulting data were statistically using the program Action Stat. As averages of extractives obtained were cold water 2.12%, hot water 2.86% and total extraction 2.91%, the contents of lignin were 31.09% and holocellulose 66.00%, and, 19, 54% of fixed carbon, 80.27% of volatile materials and 0.19% of ash. The content of extractives was considered low in comparison to other authors, a percentage of lignin was high, being proportional to charcoal production and low ash value, with potential for use in the steel industry.

Keywords: Immediate analysis, extraction, wood

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande diversidade florestal, concentrada principalmente ao norte do país, na Amazônia (CASTRO, 2012). Essa região possui milhares de espécies de árvores, cujas madeiras são diversificadas quanto à sua estrutura anatômica e propriedades tecnológicas (PAULA e ALVES, 1997).

Quanto aos materiais de origem biológica, a madeira é um dos principais utilizados no mundo. E o nosso país, possui inúmeras e totais condições para o uso madeireiro como recurso energético, bastando apenas a implantação de um sistema racional, para a utilização das florestas (BRITO et al., 1978).

Devido ao aproveitamento seletivo de poucas espécies madeireiras, que tem se tornado cada vez mais escassas, principalmente na Amazônia, são necessários estudos que examinem a existência de novas espécies capazes de ingressar, ou mesmo substituir, as tradicionalmente utilizadas (ZERBINI, 2008).

Podemos entender a madeira como uma constituição de celulose, lignina e hemiceluloses como membros de sua estrutura e por extrativos que são, componentes que não pertencem a parede celular (GULLICHSEN e PAULAPURO, 2000; SJÖSTRÖM e ALÉN, 1998).

Esses extrativos que também são componentes da madeira são compostos de baixo peso molecular formados por terpenos, taninos, óleos, resinas, fenóis, corantes e graxas (PHILLIP, 1988). E eles que são os responsáveis atuantes na coloração, odor e resistência ao ataque de agentes xilófagos e ao apodrecimento da madeira, assim como também interferem nas propriedades da madeira como resistência, sua permeabilidade e volume da massa (PETTERSEN, 1984).

Há também uma maior porção de carboidratos na madeira que é denominada de holocelulose que é formada pela combinação de celulose em conjunto da hemicelulose, e que apresenta baixo teor de outros açúcares (SANTOS, 2008).

Com relação à todas estas características químicas acima, estas variam de acordo com os tecidos da madeira, de modo que a distribuição dos compostos químicos é heterogênea, como resultado da estrutura anatômica da planta (ANDRADE et al., 2009). Cada componente está presente em quantidades específicas (TREVISAN et al., 2007; SOUZA et al., 1979) possuindo caracteres bem definidos, as quais podem ser influenciadas pelas condições a que a madeira está submetida (BROWNING, 1963).

A durabilidade natural das madeiras é conferida pelos seus componentes secundários, que na maioria das vezes se apresentam em pequenas proporções, mas podem, em algumas espécies, atingir valores bastante elevados como os encontrados por Oliveira e Della Lucia (1994).

Na madeira, esses componentes podem ser extraídos com água, solventes orgânicos como acetona, diclorometano, metanol, etanol/ tolueno, etanol, ou por volatilização, dentre outras maneiras, para fins de análises químicas desses mesmos extrativos e para diversos fins de estudo (OLIVEIRA et al., 2005).

Já a análise imediata da biomassa, fornece a porcentagem de material volátil, carbono fixo e cinzas, de outra maneira ela fornece o teor do material que se queima no estado gasoso, e no estado sólido bem como dá uma indicação do material residual (BRITO e BARRICHELO, 1978).

A quantidade dos componentes oriundos da análise influencia os caracteres de queima do combustível por causa da presença dos materiais voláteis que quando aquecidos, eles saem da biomassa e se queimam rapidamente na forma gasosa (BRITO et al., 1978).

Diante disto, o trabalho busca a determinação das propriedades químicas e imediatas do taxi (*T. chrysophylla*). Pois, analisar a quantidade que cada um dos componentes compreende dentro do objeto de estudo, a madeira, como base essencial para expandir os horizontes de estudos e contribuir positivamente para o avanço no setor tecnológico da madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material de *Tachigali chrysophylla* foi coletado no km 67, da Floresta nacional do Tapajós, provindos de duas árvores diferentes com idade média de 30 anos e selecionadas aleatoriamente, sendo o mesmo previamente identificado pela Embrapa Amazônia Oriental, por meio de exsicatas, no decorrer do inventário florestal. O material obtido para as análises química e imediata estavam concentrados em corpos de prova retirados da base dos indivíduos, porém, o material precisa encontrar-

se em forma de serragem, para isso o material foi submetido a ação de um moinho de facas SL 30 e peneirado em granulometria de 40 mesh e 60 mesh, onde a serragem que permanecesse entre ambas peneiras, era depositada em potes de plástico com a tampa aberta na sala de aclimação em temperatura de 20°C(± 2) e umidade relativa ambiente de 65%(± 5) até atingir massa constante, após isso os potes foram vedados.

Os teores de extrativos em água fria, água quente e extração total, teores de lignina e holocelulose foram obtidos de acordo com as normas preconizadas pela Associação Brasileira Tecnológica de Celulose e Papel (ABCTP, 1974), enquanto que, para a análise imediata com o objetivo de obter os teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo foram de acordo com a norma D7582-15 (ASTM, 2013).

Posteriormente, os resultados foram tabelados no software Microsoft excel (2010). Para análise estatística foi usado o programa Action Stat, onde foi realizado teste T.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de extrativos apresentou uma média de 2,12% em água fria, 2,86% em água quente e extração total 2,91%. Observa-se (Tabela 1) que houve diferenças estatísticas a nível de 5% de significância entre as duas árvores de taxi (*T. chrysophylla*), mesmo sendo materiais de mesma procedência e espécie, porém coletadas de locais diferentes. Tais resultados mostram a possível influência do sítio sobre as propriedades química das árvores.

Tabela 1. Teste de comparação de médias.

Árvore	Ext. AQ	Ext. AF	Ext. T	Lig.	Holo.	TMV	TCZ	TCF
1	3,54	2,47	3,63	32,92	63,46	78,98	0,26	20,76
2	2,17	1,78	2,20	29,25	68,54	81,56	0,13	18,32
Média	2,86	2,12	2,91	31,09	66,00	80,27	0,19	19,54
P - valor	*	*	*	ns	*	ns	*	*

Ext.AF=Extração em água fria. Ext.AQ=extração em água quente Ext.ET= extração total Lig= lignina. Holo=holocelulose. TMV= teor de materiais voláteis. TCZ= teor de cinzas. TCF= teor de carbono fixo. Pelo resultado de $P \leq 0,05$: ns= não significativo. *= significativo.

Com relação ao teor de lignina, observa-se que não houve diferenças estatísticas a nível de 5% de probabilidade entre as duas árvores de Taxi, enquanto que, assim como o teor de extrativos, o teor de holocelulose apresentou diferenças significativa, sendo 63,46% para árvore 1 e 68,84% para a árvore 2 (Tabela 1). As quatro espécies de *Eucalyptus* estudadas por Trugilho et al. (2015), apresentaram média de teor de lignina de 29,38%, e média de holocelulose correspondendo a 64,66%. Castro et al. (2014), estudando a madeira de Angelim-Pedra, Cumarura, Jatobá e Louro-Vermelho, obtiveram valores médios de lignina de 31,77%, 33,28%, 31,88% e 33,63%, respectivamente. Valores esses semelhantes aos encontrados neste trabalho.

A importância da quantidade da lignina constitui em aumentar a eficiência em poder calorífico em decorrência do teor de carbono existente, além da proporcionalidade na qualidade do carvão vegetal devida sua resistência elevada quando exposta a degradação térmica (PROTÁSIO et al., 2013; PROTÁSIO et al., 2014).

Quando ocorre o isolamento da holocelulose, esta pode ser matéria-prima para produtos como fenóis, benzeno, dispersantes, pesticidas, fertilizantes, aditivos para concreto (HORST, 2013). Por outro lado, a existência da holocelulose em quantidades excessivas não é interessante devido a sua instabilidade quando a procedimento térmico (MOUTINHO et al., 2016). Bufalino et al.(2012) ao analisar o cedro australiano corrobora a proposta feita por Moutinho et al. (2016) ao ressaltar que são desejáveis para produções energéticas apenas madeiras com maiores teores de lignina e menores teores de holocelulose.

Os valores médios obtidos na análise imediata foram de 19,54% de carbono fixo, 80,27% de materiais voláteis e 0,19% de cinzas, com variação no teor de cinzas entre os dois indivíduos estudados conforme a Tabela 1.

Conforme resolução SAA – 40, para obter carvão vegetal de boa qualidade, são desejáveis teor de carbono fixo maior que 73%, materiais voláteis menor que 23,5% e cinzas menor que 1,5 % (São Paulo, 2003).

Andrade (2009) obteve resultado variando entre 66,88% a 94,92% de carbono fixo, 4,59% a 32,85% de materiais voláteis e 0,27% a 0,49% de cinzas. Enquanto Silva (1988) trabalhando com espécies amazônicas providas de Manaus, encontrou valores de carbono fixo de 74,33% a 85,56%, materiais voláteis de 11,69% a 25,11%, e cinzas 0,56% a 2,87% e Santos et al.,(2016) no estudo com *Eucalyptus*, observou que o teor de carbono fixo variou entre 85,33% e 87,52%, materiais voláteis 11,74% e 14,27%, e os teores de cinzas entre 0,39% e 0,76%, nos três casos a madeira é considerada de boa qualidade para produção de carvão vegetal.

4. CONCLUSÕES

A média de lignina obtida na madeira de *Tachigali chrysophylla* foi considerada alta, sendo apropriada para produção de carvão vegetal, pois, aumenta eficiência em poder calorífico e se há maior resistência a degradação térmica. O teor de cinzas foi baixo, sendo apropriado para o uso doméstico.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE C.R. Uso da espectroscopia no infravermelho próximo para avaliar propriedades da madeira e do carvão vegetal de *eucalyptus*. Programa de Pós-graduação em Ciência em Tecnologia da Madeira. Lavras Minas Gerais- Brasil, 2009.

ANDRADE, M. C. N.; MINHONI, M. T. A; SANSÍGOLO, C. A.; ZIED, D. C. Análise química da madeira e casca de diferentes tipos de eucalipto antes e durante o cultivo de shittake em toras. R. Árvore, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.165-175, 2010.

BARREIROS, R. M.; GONÇALVES, J.L. M.; SANSÍGOLO, C. A.; POGGIANI, F. Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado. R. Árvore, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.103-111, 2007

BRITO J.O ; BARRICHELO L. E. G; Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. IPEF n.16, p.63-70, 1978.

BROWNING, B. L.The chemistry of wood. New York: John Wiley & Sons, 1963. 689p.

BUFALINO, L.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; NASSUR, O. A. C.; SÁ, V. A. TRUGILHO, P. F. Caracterização química e energética para aproveitamento da

madeira de costaneira e desbaste de cedro australiano. *Brazilian Journal of Forestry Research* 2012; 32(70): 129-137.

CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R.V. O.; CARNEIRO, A. C. O.; LIMA, J. E.; SANTOS, R. C.; PEREIRA, B. L. C. Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2013; 48(6): 627-635.

CASTRO, J. P. Análises química e física de madeiras amazônicas visando o armazenamento de bebida destilada. 2012. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FREDERICO, P. G. U. Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

HORST, D. J. Avaliação da produção energética a partir de ligninas contidas em biomassa. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Área de Concentração: Gestão da Produção e Manutenção, Ponta Grossa, Paraná, 2013.

MORAIS, A. S. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I – Estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.461-470, 2005.

MOUTINHO, V.H. P.; ROCHA, J. J. M.; AMARAL, E. P.; SANTANA, L. G. M.; ÁGUIAR, O. J. R. Propriedades Químicas e Energéticas de Madeiras Amazônicas do Segundo Ciclo de Corte. *Floresta e Ambiente* 2016; 23(3): 443-449.

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA L. C.; LÚCIA R. M. D.; JUNIOR, W. P. S. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.819-826, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA LÚCIA, R. M. Teores de extrativos de 27 espécies de madeiras nativas do Brasil ou aqui introduzidas. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 1994. 5p. (Boletim Técnico, 9).

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília: Fundação Mokiti Okada, 1997. 544 p .

PETTERSEN, R. C. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R. (Ed.). *The chemistry of solid wood*. Washington: American Chemical Society, 1984. p.54-126.

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Seleção de Clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 015-028, mar. 2013.

PROTÁSIO, T. P.; GOULART, S. L.; NEVES, T. A.; TRUGILHO, P. F.; RAMALHO, F. M.G.; QUEIROZ, L. M. R. S. B. Qualidade da madeira e do carvão vegetal oriundos de

floresta plantada em Minas Gerais. *Pesq. flor. bras.*, Colombo, v. 34, n. 78, p. 111-123, abr./jun. 2014.

SANTOS, I. D. Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado. Dissertação de mestrado em engenharia florestal. Departamento de engenharia florestal. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

SANTOS R.C.; CARNEIRO A.C.O; VITAL B.R; CASTRO R.V.O; VIDAURRE G.B; TRUGILHO P. F.; ANA CASTRO A. F. N. M; Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 657-669, abr.-jun., 2016;

SANTO R. C.; CARNEIRO A. C. O; VITAL B. R.; CASTRO R. V.O; VIDAURRE G. B; TRUGILHO P.F; CASTRO A.F. N. M; Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 657-669, abr.-jun., 2016, ISSN 0103-9954.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. Resolução nº40 SAA, de 14 de dezembro de 2015. São Paulo, 2015.

SILVA D.A, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Qualidade do carvão vegetal produzido com madeiras da região de Manaus em fornos de alvenaria. *acta amazônica*, 18 (1 - 2) : 163 - 178 . , Manaus - AM. 1988.

SOUZA, A. P.; DELLA LUCIA, R. M.; RESENDE, G. C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys*. F. Muell, cultivado na região de Dionísio, MG. *Revista Árvore*, v.3, n.1, p.16-27, 1979.

TREVISAN, H. et al. Avaliação de propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais em função da deterioração em dois ambientes. *Revista Árvore*, v.31, n.1, p.93- 101, 2007.

TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L. ASSIS, C. O.; COUTO, F. B. S.; ALVES, I. C. N.; PROTÁSIO, T. P.; NAPOLI, A. Características de crescimento, composição química, física e estimativa de massa seca de madeira em clones e espécies de *Eucalyptus* jovens. *Ciência Rural*, v.45, n.4, abr, 2015.

ZERBINI, N. J. Madeiras tropicais com potencial comercial da região do Rio Xingú (Pará, Brasil): propriedades tecnológicas e cadeia produtiva. Tese de doutorado em engenharia florestal. PUBLICAÇÃO: PPGEFL.TD-013/2008. Departamento de engenharia florestal. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Análise sensorial do envelhecimento de vodka em madeira de *Aniba parviflora* (Meisn.) Mez.

Bruna de Araújo Braga¹

Danielle Das Flores De Sales²

Eduardo Sousa Rodrigues³

Débora De Souza Lopes⁴

Jordil Silva Mota⁵

Maria Beatriz dos Santos Cruz⁶

VICTOR HUGO PEREIRA MOUTINHO⁴

¹ Laboratório de Tecnologia da Madeira / Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

² Laboratório de Tecnologia da Madeira / Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA

³ IBEF / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁴ Universidade Federal do Oeste do Pará

⁵ Engenharia Florestal / IBEF / UFOPA

⁶ Laboratório de Tecnologia da Madeira / IBEF - Instituto de Biodiversidade e Florestas / UFOPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE SENSORIAL DO ENVELHECIMENTO DE VODKA EM MADEIRA DE *Aniba parviflora* (Meisn.) Mez.

Resumo: Atualmente, vários produtores buscam envelhecer suas bebidas, visto que esta prática melhora várias de suas características, como o aroma e o sabor, além disso agrega valor ao produto final. Geralmente, o carvalho é a madeira mais utilizada na fabricação de tonéis para envelhecimento de bebidas, no entanto, novos estudos vem sendo realizados para construção de barris com espécies madeireiras nativas. Este trabalho avaliou a aceitação sensorial de vodka envelhecida com chips de uma espécie amazônica, *Aniba parviflora* (Meisn.) Mez., com base em seu tempo de armazenamento e a influência de dois tratamentos. Empregou-se dois tratamentos: madeira carbonizada (MC) e madeira in natura (MN). Foram utilizadas três garrafas de vodka, de 0,96 litro cada, uma com madeira carbonizada, outra com madeira in natura, além da testemunha. A análise sensorial ocorreu após o período de quatro meses, contando com a participação de provadores não treinados. Os cinco parâmetros gerais observados foram sabor, sabor residual, sensação residual, aroma e coloração. O estudo teve como resultado, a adição de novas características à vodka usualmente comercializada e a boa aceitação dos provadores pelos dois tratamentos, em todos os parâmetros analisados.

Palavras-Chave: Envelhecimento, bebida, espécie amazônica, chips.

SENSORY ANALYSIS OF VODKA AGING IN WOOD *Aniba parviflora* (Meisn.) Mez.

Nowadays several producers seek to age their drinks, as this practice improves several of its characteristics, such as aroma and flavor, and adds value to the final product. Generally, oak is the wood most used in the manufacture of barrels for beverage aging, however, new studies have been carried out to build barrels with native timber species. This work evaluated the sensorial acceptance of vodka aged with chips of an Amazonian species, *Aniba parviflora* (Meisn.) Mez, based on its storage time and the influence of two treatments. Two treatments were used: carbonized wood (MC) and in natura wood (MN). Three vodka bottles of 0.96 liters each were used, one with carbonized wood, the other with fresh wood, in addition to the control. The sensory analysis occurred after the period of four months, counting on the participation of untrained tasters. The five general parameters observed were flavor, residual taste, residual sensation, aroma and coloration. The study resulted in the addition of new characteristics to the vodka usually marketed and the good acceptance of the tasters by the two treatments, in all parameters analyzed.

KEYWORDS: Aging, beverage, amazonian species, chips.

1. INTRODUÇÃO

A vodka é mais consumida tradicionalmente em países com clima frio, porém, seu consumo no Brasil tem crescido de forma bastante expressiva (FILHO et al. 2008). Segundo Abras Brasil (2017), o mercado de vodka no país cresceu cerca de 3% em volume e 10% em valor no ano de 2012, e atraiu novos investimentos, devido ao consumo por pessoas mais jovens, que ingerem a bebida misturada com refrigerantes e energéticos. De acordo com Filho et al. (2008), o mercado de bebidas é composto por bebidas destiladas, como uísques,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

aguardentes, conhaques, licores, runs e vodkas; e assim como os demais setores da economia, sofre os efeitos da rivalidade entre os concorrentes. Conseqüentemente, os autores ainda relatam que neste cenário competitivo surgem inovações como forma estratégica de sobrevivência no mercado, sendo uma delas o envelhecimento, prática que acrescenta valor à bebida no mercado (FILHO et al. 2008).

Atualmente, a prática de envelhecimento dessas bebidas está se tornando comum entre produtores que buscam agregar valor aos seus produtos para torná-los mais competitivos no mercado, pois, ao envelhecer o destilado, melhora-se suas características organolépticas que, por sua vez, melhoram o aroma e o sabor do produto (SANTIAGO et al. 2016). O aperfeiçoamento tecnológico e o controle de qualidade do processo de produção da aguardente de cana só são possíveis mediante o conhecimento da composição química e da qualidade sensorial da bebida (ALCARDE; SOUSA; BELLUCA, 2010).

Segundo Leão (2006), a qualidade das bebidas envelhecidas pode ser influenciada pelos seguintes fatores: compostos formados durante o processo de fabricação do destilado (originados de matéria-prima, fermentação e destilação) e compostos extraídos diretamente da madeira durante seu contato com a bebida alcoólica e o destilado durante o tempo de armazenamento.

Em geral, quando se há envelhecimento, o carvalho (*Quercus sp.*) é a madeira mais utilizada para a confecção de tonéis para envelhecimento de bebidas destiladas, pois transfere a bebida compostos de aroma e sabor, que a tornam mais agradáveis ao paladar (ALCARDE; SOUSA; BELLUCA, 2010).

No envelhecimento em barris há uma operação de queima aplicada às aduelas do mesmo, esse termotratamento serve tanto para dar forma aos tonéis quanto para modificar as estruturas moleculares da madeira, pois degrada seus polímeros, permitindo o surgimento de novas substâncias aromáticas, que conferem um sabor diferenciado à bebida (LEÃO, 2006). Assim, o tratamento térmico de tostagem da madeira altera quantitativa e qualitativamente a fração de substâncias extraíveis durante a maturação de bebidas destiladas (FORLIN, 2005).

A possibilidade de envelhecimento de bebidas produzidas com madeiras da Amazônia pode caracterizar um novo marco para a industrialização de certas espécies e uma nova fonte de matéria-prima para a confecção de barris, além da produção de bebidas diferenciadas (CASTRO, 2012). Em vista disso, Faria et al. (2003) estudou o envelhecimento de bebidas em pequenas barricas de espécies popularmente conhecidas como: amarelo, amendoim, balsamo, jatobá, louro, pau d'arco, pau d'óleo e pereiro, além de do carvalho, sugerindo, por fim, que o amendoim e o pereiro seguidos pelo jatobá mostraram-se bons candidatos para substituir o carvalho na construção de barricas de envelhecimento da cachaça.

Assim, o presente estudo visa avaliar a aceitação sensorial da bebida vodka envelhecida com chips de *Aniba parviflora* (Meisn.) Mez, com base em seu tempo de armazenamento e a influência de dois tratamentos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram colhidos galhos da espécie conhecida popularmente como macacaporanga para obtenção de material e identificação botânica. Após a colheita, o material foi levado para o Laboratório de Tecnologia da Madeira, localizado na

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Universidade Federal do Oeste do Pará, onde foi realizado o experimento de envelhecimento da vodka utilizando dois tratamentos: madeira carbonizada (MC) e madeira in natura (MN).

2.1 Carbonização da madeira

Para realizar a carbonização, obteve-se maravalhas de aproximadamente 15 centímetros de comprimento, 0,5 de largura e 0,3 de espessura do cerne do material coletado, sendo estas submetidas ao forno tipo mufla, com uma temperatura de 200° C durante 120 minutos, com taxa de aquecimento de 20° C por minuto.

2.2 Envelhecimento

Foram utilizadas três garrafas de vodka de 0,96 L, uma com madeira carbonizada, outra com madeira in natura e uma como testemunha. Foram colocados aproximadamente 9,6 gramas de chips de madeira nas garrafas dos tratamentos. As garrafas MC e MN foram etiquetadas do mesmo modo para controle, onde cada garrafa recebeu um código conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Codificação utilizada nas amostras

Mês	Código	Tipo de Chip
4	MN	In natura
4	MC	Carbonizado

Durante o experimento, as amostras foram agitadas manualmente de forma que as garrafas giravam 180 graus em torno do seu eixo em uma sequência de cinco vezes, em três dias da semana: segunda, quarta e sexta pelo turno vespertino. Após o período de quatro meses, os chips foram retirados das garrafas, ficando somente a solução com os compostos extraídos da madeira.

2.3 Análise sensorial

A análise sensorial ocorreu depois da retirada dos chips, contando com a participação de provadores não treinados, todos maiores de idade. A análise foi realizada em ambiente fechado, climatizado, com iluminação artificial concomitante à iluminação natural. Foram analisadas as amostras dos dois tratamentos por pessoa mais a testemunha, para efeito de comparação.

Ao todo, realizou-se 33 análises sensoriais, sendo usado 11 repetições para cada tratamento e testemunha, onde os participantes foram vendados, à exceção da análise referente a coloração das bebidas. Inicialmente entregou-se aos participantes a bebida testemunha, seguida pelos dois tratamentos, respectivamente madeira in natura e madeira carbonizada, sendo as amostras intercaladas por copos de água, por fim tirou-se as vendas e realizou-se a análise relativa a coloração das bebidas. Dessa forma, os provadores responderam aos cinco atributos principais: Sabor, sabor residual, sensação residual, aroma e coloração, além de suas devidas características.

A atribuição de nota deu-se em uma escala de 0 a 10, onde as notas de 1 a 4 significavam que a amostra foi qualitativamente inferior à testemunha, notas 5 quando a amostra se igualou à testemunha e notas de 6 a 10 quando a amostra foi superior à testemunha. Os atributos avaliados na testemunha foram pontuados com 0 ou 5,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

sendo 0 o valor dado quando a amostra não apresentava determinada característica e 5 quando ela era presente.

Os dados obtidos foram tabulados no software Excel 2013, onde realizou-se análise estatística descritiva das pontuações dos questionários. Nos valores da testemunha obtiveram-se as estimativas da moda, um vez que esse parâmetro mostra o valor mais frequente do conjunto de dados, e dos tratamentos as estimativas de suas médias, visto que esse valor reflete o nível médio das pontuações de cada atributo avaliado no questionário.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das notas dos dois tratamentos (MN e MC) e valores da moda da testemunha obtidos na análise sensorial são mostrados na figura 1, revelando a pontuação dada a todos os atributos percebidos pelos participantes aos tratamentos e à testemunha.

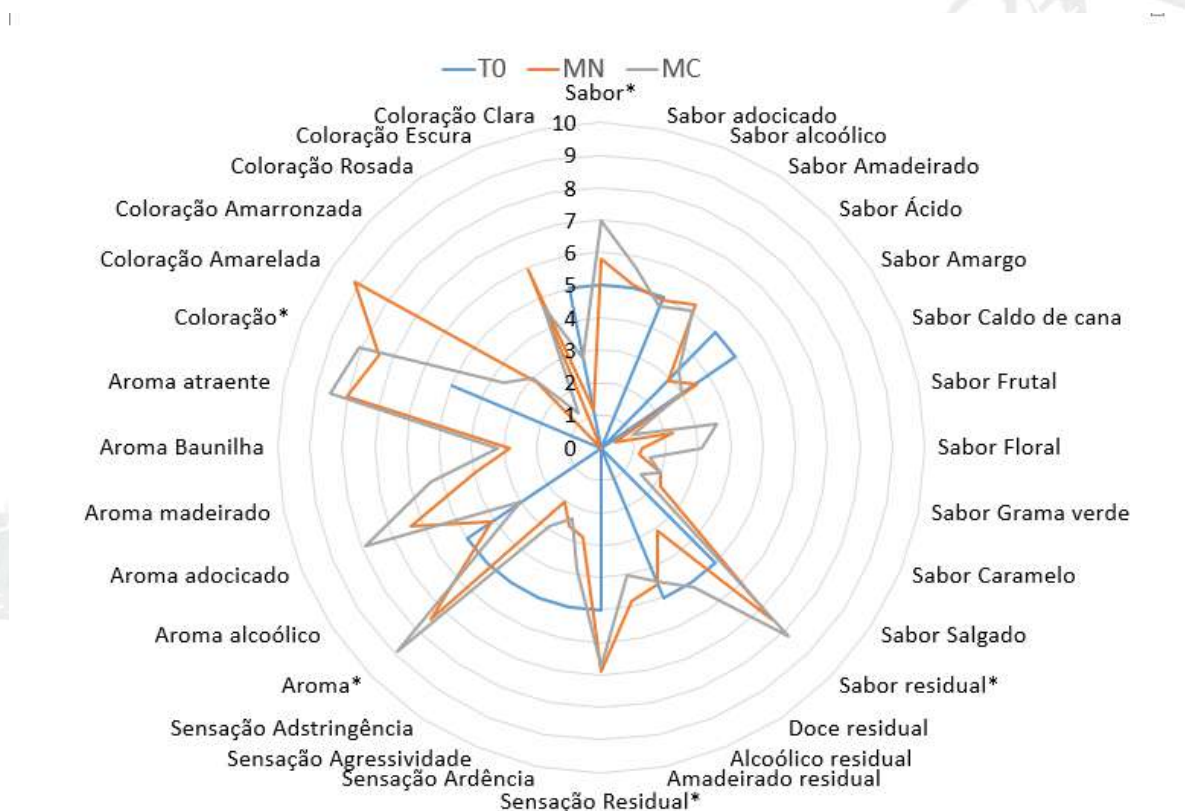


Figura 1: Moda e média das notas atribuídas à todas as características referentes à vodka com 4 meses de envelhecimento. *Principais atributos avaliados no questionário.

No gráfico, nota-se que os tratamentos conferiram novas características à vodka atualmente comercializada, como a presença de sabor adocicado, frutal, amadeirado, além de um aroma mais atraente e uma coloração mais agradável à vista da testemunha.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os cinco parâmetros gerais observados (sabor, sabor residual, sensação residual, aroma e coloração) nos dois tratamentos de vodkas envelhecidas com chips de *Aniba parviflora*, mostraram qualidades superiores comparadas à testemunha nesses aspectos. Observa-se, também, que o tratamento de carbonização da madeira apresentou aceitação ligeiramente superior quando comparado a vodka in natura, onde todas as qualidades receberam pontuação mais elevada, à exceção do parâmetro sabor residual.

Silva et al. (2010) ao analisar o envelhecimento de aguardente, utilizando chips de espécies dos gêneros *Querus* sp. e *Amburana* sp., concluiu que ambas conferiram boas qualidades sensoriais à bebida em comparação à testemunha, como a qualidade do aroma e cor; tendo consequentemente boa aceitação pelos provadores.

Nota-se nos resultados, a aceitação pelos provadores das novas características da madeira de macaporanga adicionadas à vodka, como nos aspectos de cor, aroma e sabor. Lima et al. (2005), estudou oito madeiras para o envelhecimento de cachaça: amburana (*Amburana cearensis*), bálsamo (*Miroxylum peruiferum*), carvalho brasileiro (*Panopsis organensis*), carvalho europeu (*Quercus alba*), ipê amarelo (*Tabebuia chrysostrichae*), ipê roxo (*Tabebuia impetiginosa*), jequitibá rosa (*Cariniana estrellensis*) e louro-canela (*Aniba parviflora*), onde dentre elas o ipê amarelo e a amburana evidenciaram maior aceitação para as características cor, aroma, impressão global e sabor, em relação as outras madeiras e a testemunha.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados, conclui-se que as vodkas envelhecidas com *Aniba parviflora*, nos dois tratamentos, adicionaram novas características sensoriais à vodka, caracterizando a aceitação pelos provadores em todos os atributos avaliados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A. de; BELLUCO, A. E. de S. Aspectos da composição química e aceitação sensorial da aguardente de Cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de diferentes madeiras. CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, v. 30, suppl.1, p. 226-232, 2010.

CASTRO, J. P. Análises química e física de madeiras amazônicas visando o armazenamento de bebida destilada. 2012. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FARIA, J. B.; et al. Avaliação de madeiras brasileiras como alternativa ao carvalho para o envelhecimento das cachaças. 2003.

FORLIN, F. J. Maturação de aguardente de cana composta de extrato de madeira de carvalho em embalagem de Polietileno Tereftalato (PET). 2005. 182 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível

LEÃO, M. M. Influência do termotratamento na composição química da madeira de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

amburana (*Amburana cearensis*), bálsamo (*Myroxylon balsamum*) e carvalho (*Quercus* sp.) e o impacto no aroma de uma solução modelo de cachaça. 2006. 85 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

SANTIAGO, W. D. et al. Physicochemical profile and determination of volatile compounds in cachaça stored in new oak (*Quercus* sp.), amburana (*Amburana cearensis*), jatoba (*Hymenaea carbouril*), balsam (*Myroxylon peruiferum*) and peroba (*Paratecoma peroba*) casks by SPME-GC-MS. *INSTITUTE OF BREWING & DISTILLING*, v. 122, p. 624-634, 2016.

SILVA, M. C. da. et al. Produção e avaliação de aguardente de manga envelhecida com chips de carvalho francês e umburana de cheiro. 2010.

ABREU-LIMA, T. L. de. et al. Efeitos sensoriais da adição de extratos de diferentes madeiras à cachaça. *B. CEPPA*, v. 23, n. 2, p. 347-360, jul./dez. 2005.

ABRAS BRASIL, Venda de vodca cresce. Disponível em: <<http://www.abrasnet.com.br/clipping.php?area=10&clipping=33392>>. acesso em 06 de maio de 2017 às 11:47.

FILHO, T. L. et al. A inovação incremental em bebidas alcoólicas em busca da liderança tecnológica e de mercado: estudo de caso da vodca orloff gas. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE SETORIAL DO PRÉ-CORTE DE UMA INDÚSTRIA DE PORTAS DA REGIÃO DO PLANALTO SUL DE SANTA CATARINA

Carolina Alves Carvalho¹
Alexsandro Bayestorff da Cunha¹
Carla Talita Pertille¹
Francielle Santos Vieira¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina



ANÁLISE SETORIAL DE UMA INDÚSTRIA DE PORTAS DA REGIÃO DO PLANALTO SUL DE SANTA CATARINA

Resumo: A região sul do Brasil é caracterizada pela grande concentração de plantios comerciais com espécies do gênero *Pinus* spp., sendo assim, engloba também grande parte das indústrias de base florestal. O objetivo do presente trabalho foi realizar uma análise quantitativa e qualitativa dos defeitos encontrados em peças de montante de uma indústria de portas de *Pinus* spp. O trabalho foi desenvolvido em uma indústria localizada no Planalto Sul de Santa Catarina, analisando-se as peças de montante. Foi utilizado o período de janeiro a setembro de 2016, utilizando as fichas de controles de reposição, preenchida pelo responsável de cada setor. Com auxílio do software Microsoft Excel, os dados foram compilados e identificado o setor de maior ocorrência de reposições. Através do Diagrama de Ishikawa foi possível a determinação das principais raízes de causas dos problemas de defeitos encontrados no setor. Como resultados têm-se que foram encontradas um total de 11646 peças defeituosas, estas, sendo divididas em setor de pré-corte, com 27,3%, principal origem de defeitos, seguido da montagem (18,5%), usinagem (18%) e barracão (1,2%). Dentro do setor de pré corte os principais defeitos nos montantes são: montante empenado (45,61%), presença de nó na lateral da peça (44,07%), bolsa de resina (9,57%) e a presença de medula (0,76%). A ocorrência dos defeitos encontrados no setor de pré-corte está em função da matéria-prima, dos processos envolvidos no setor e no preparo das peças (desdobro e secagem), dos métodos utilizados para verificação das dimensões e da mão-de-obra.

Palavras-chave: Produtos de Maior Valor Agregado, Portas de Madeira, *Pinus* spp.

SECTORAL ANALYSIS OF A DOORS INDUSTRY IN THE REGION OF THE SOUTH SANTA CATARINA

Abstract: The southern region of Brazil is characterized by the great concentration of commercial plantations with species of the genus *Pinus* spp., Thus, it also encompasses a large part of forest-based industries. The objective of the present work was to perform a quantitative and qualitative analysis of defects found in upstream parts of a *Pinus* spp. The work was developed in an industry located in the Southern Plateau of Santa Catarina, analyzing the upstream parts. The period from January to September of 2016 was used, using the replenishment control cards, filled by the head of each sector. With the aid of Microsoft Excel software, the data was compiled and identified the sector with the highest occurrence of replacements. Through the Ishikawa Diagram it was possible to determine the main root causes of defect problems found in the industry. As a result, a total of 11646 defective parts were found, being divided into a pre-cut sector, with 27.3%, the main source of defects, followed by assembly (18.5%), machining (18 %) And shed (1.2%). In the pre-cut sector, the main defects were: warped amount (45.61%), presence of a knot on the side of the piece (44.07%), resin bag (9.57%) and the presence of bone marrow (0.76%). The occurrence of the defects found in the pre-cutting sector depends on the raw material, the processes involved in the sector and the preparation of the parts (unfolding and drying), the methods used to verify dimensions and workmanship.

Keywords: High Value Added Products, Wood Doors, *Pinus* spp.



1 INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2016), a área total de árvores plantadas no Brasil, totalizou 7,8 milhões de hectares em 2015, crescimento de 0,8% em relação ao ano de 2014. O setor de árvores plantadas no Brasil é reconhecido mundialmente, principalmente pela sua alta produtividade, que se deve grande parte, às condições climáticas favoráveis, além dos grandes investimentos no melhoramento genéticos de espécies comerciais.

A maior concentração de plantios comerciais é encontrada no sul e sudeste brasileiro, o que se deve às indústrias de base florestal, localizadas nessas regiões. São encontradas vastas áreas com plantios homogêneos de espécies do gênero *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.*, destinadas principalmente às indústrias do segmento de celulose e papel, painéis de madeira industrializada, siderurgia, carvão vegetal e madeira mecanicamente processada.

O segmento de madeira processada mecanicamente, segundo Abimci (2009), compreende os setores de painéis compensados, madeira serrada, lâminas e PMVA (produtos de maior valor agregado), sendo este último representado por portas, molduras, janelas, pisos e componentes para móveis. Os PMVA são obtidos pelo reprocessamento da madeira serrada, com vistas à agregação de valor ao produto primário.

O setor de portas de madeira se destaca no que diz respeito à exportação, na medida que o comércio internacional do produto cresce. Segundo a Associação Catarinense de Empresas Florestais (ACR, 2016), Santa Catarina se destaca como o principal estado exportador de portas de madeira. Em 2015, foi responsável pelo total de 75% (US\$ 139,8 milhões) na exportação nacional.

Segundo a Abimci (2004), considera-se como portas, “as peças de madeira que giram por dobradiças ou correm sobre trilhos, com a finalidade de fechar abertura em parede que permite entrada ou saída para algum ambiente.” Conforme, Souza et al. (2014), podem ser classificadas de três tipos: portas lisas (ocas), portas sólidas e portas engenheiradas, neste último caso correspondem àquelas feitas com painéis reconstituídos, como MDF (*Medium Density Fiberboard*), compensados e lâminas de madeira. Em geral, a produção de portas utiliza de coníferas ou folhosas exóticas, ou seja, espécies plantadas em larga escala.

Tem-se conhecimento que a indústria de portas é um processo dinâmico, sendo caracterizada por uma variedade de processos que buscam a maior qualidade do produto final. Todos os processos estão vulneráveis a erros, ocasionando em perdas no processo produtivo, como retrabalhos e resíduos. Desta maneira, as indústrias buscam de forma constante maneiras de detectar esses erros, quantificando-os e o mais importante: solucionando-os ou minimizando-os.

O objetivo do presente trabalho foi realizar uma análise quantitativa e qualitativa dos defeitos encontrados em peças de montante de uma indústria de portas de *Pinus spp.*,

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria de portas que produz 40.000 unidades por mês, as quais são comercializadas no mercado externo (70%) e interno (30%).

Na fabricação das portas na empresa, são utilizadas como matéria prima, toras de *Pinus taeda* Linnaeus e *Pinus elliottii* Engelm, painéis MDF (*Medium Density Fiberboard*) e lâminas de *Pinus spp.* que são compradas de outras empresas.

O processo de fabricação das portas inicia com o desdobro das toras de *Pinus spp.* em peças de madeira serrada na serraria da empresa, as quais seguem para o setor de secagem e posteriormente para o beneficiamento. Neste setor, as peças são inicialmente



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

pré-cortadas em comprimento, refiladas para obtenção dos sarrafos, lixadas em duas faces e quando necessário, unidas por *finger-joint* para obtenção do comprimento desejado.

Na produção dos montantes, os sarrafos são colados lateralmente, geralmente quatro, com resina PVA (polivinil,acetato), sendo que nesta composição, os que não apresentam defeitos, são colocados (peças *clear*) nas laterais. O composto é prensado em uma prensa de alta frequência que recebe, na sequência, lâminas de *Pinus* spp em suas faces, que são aderidas por meio de aplicação da resina uréia formaldeído. Com o montante praticamente pronto, efetua-se o acabamento lateral em uma perfiladeira e a furação para o encaixe da almofada, cabeceira, soleira, travessas e realização da montagem e acabamentos finais como lixamento, identificação, revisão e expedição.

No estudo dos defeitos de montante, foi utilizado como referência os nove primeiros meses do ano de 2016 (janeiro a setembro). Inicialmente, foi consultado o Manual Interno de Qualidade da Empresa, que é baseado em fichas controle de reposição, que os responsáveis de cada setor da fábrica preenchem, quando necessário, para evidenciar a quantidade de peças que precisaram ser repostas e o motivo de cada reposição.

Os dados foram compilados, utilizando-se do software Microsoft Excel, determinando qual o setor de maior ocorrência de reposições. Procedeu-se a descrição das atividades realizadas no setor e a segmentação dos defeitos encontrados nas peças em termos percentuais, os quais foram descritos, e evidenciados as consequências em termos de processo.

Posteriormente, foi utilizado o Diagrama de Ishikawa para determinação das principais raízes de causas dos problemas de defeitos encontrados no setor de maior ocorrência de reposições.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados, de janeiro até setembro de 2016, um total de 11646 peças defeituosas que precisaram ser repostas. Pode-se observar na Figura 1, que o setor de pré-corte, com 3177 peças (27,3%) se destaca como principal origem de defeitos, seguido da montagem (2153 peças, 18,5%) e da usinagem (2095 peças, 18,0%). O setor que menos apresentou defeitos foi o barracão (144 peças, 1,2%).

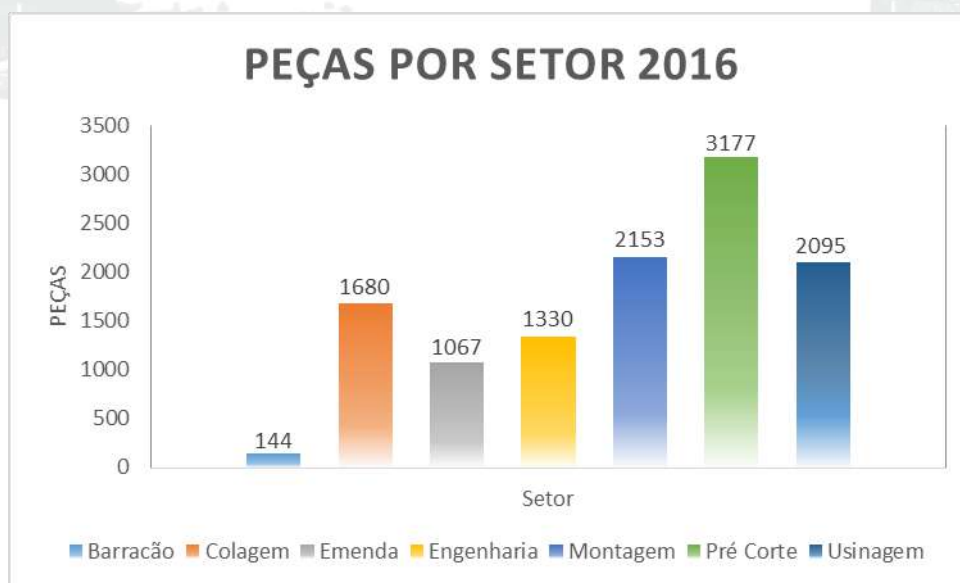


Figura 1 – Peças com defeito por setor de fabricação

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





O setor de pré-corte pode ser considerado o mais complexo do parque fabril, em função de envolver o maior número de máquinas e operadores (80), além de processar diariamente 100 m³ de madeira, ou seja, está mais sujeito a ocorrência de erros. Neste setor, que é responsável pelo dimensionamento das peças, as atividades iniciam a partir da geração do pedido. A partir do pedido, as peças de madeira serrada, classificadas por qualidade e dimensões, são trazidas do setor de estoque, passando pela serra otimizadora que faz o dimensionamento em comprimento, pela serra circular múltipla para refilo em sarrafos, pela plaina / lixadeira dupla face para proporcionar calibração da espessura e lisura. Cabe salientar que a montagem da peça de montante é realizada em outro setor que não está sendo analisado no presente estudo. Peças que não se enquadram no pedido, são reaproveitadas por meio de junção *finger joint*, de modo a conseguir peças nas dimensões desejadas.

Nas Figuras 2 e 3, é possível evidenciar que os principais defeitos nos montantes decorrentes do setor de pré-corte são: montante empenado (45,61%), presença de nó na lateral da peça (44,07%) e de bolsa de resina (9,57%), e de forma menos expressiva, a presença de medula (0,76%).

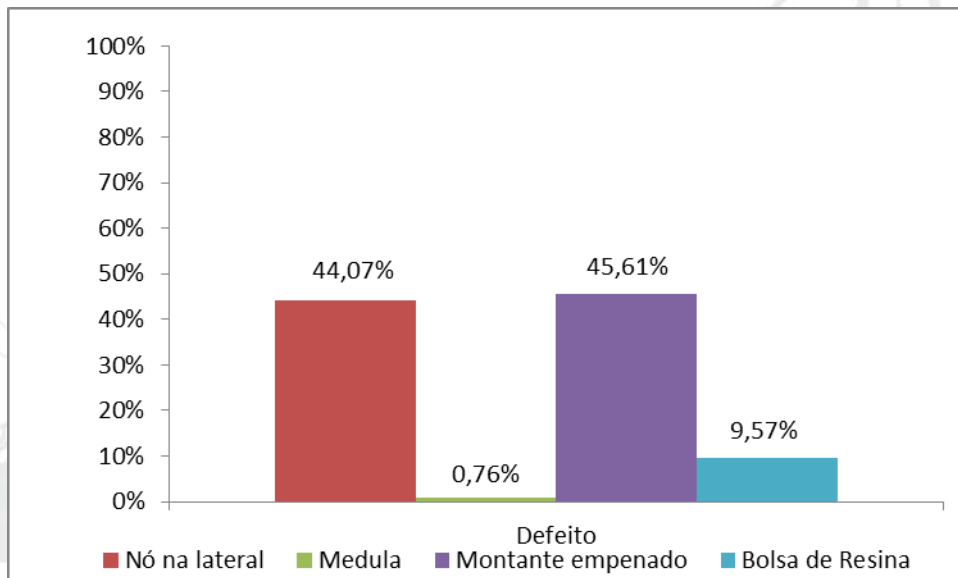


Figura 2 – Defeitos encontrados no setor de pré-corte da empresa.





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Figura 3 - Defeitos encontrados nas peças de montante no setor de pré-corte. (A) montante empenado Fonte: próprio autor, (B) presença de nó Fonte: próprio autor, (C) bolsa de resina Fonte: Laboratório de Produtos Florestais - CIFAP, (D) medula Fonte: Paulo Bro.

Os montantes empenados tem como consequência a desclassificação das peças para o produto que está sendo manufaturado, ou ainda, retrabalho que tem leva ao aumento do custo final. A presença de nós na lateral das peças, além do prejuízo em termos visual, diminui a resistência mecânica das peças, enquanto que a bolsa de resina pode gerar uma área inativa ou contaminada, que prejudica na colagem ou na aplicação de revestimentos, tanto que, para o defeito supracitado, o Catálogo de Normas de Madeira Serrada de Pinus (ABPM, 1990), menciona restrições para a madeira que apresenta tal defeito, colocando-a em classes inferiores, e ainda sim, delimitando a sua porcentagem em relação à largura ou ao comprimento da peça. Da mesma forma, que os defeitos descritos anteriormente, a presença de peças com medula, prejudicam a estética das peças e as suas propriedades de resistência.

A ocorrência dos defeitos encontrados no setor de pré-corte está em função da matéria-prima, dos processos envolvidos no setor e no preparo das peças (desdobro e secagem), dos métodos utilizados para verificação das dimensões e da mão-de-obra. Para melhor compreensão das causas dos defeitos, a Figura 4 apresenta o Diagrama de Ishikawa para o setor com maior ocorrência de defeitos.

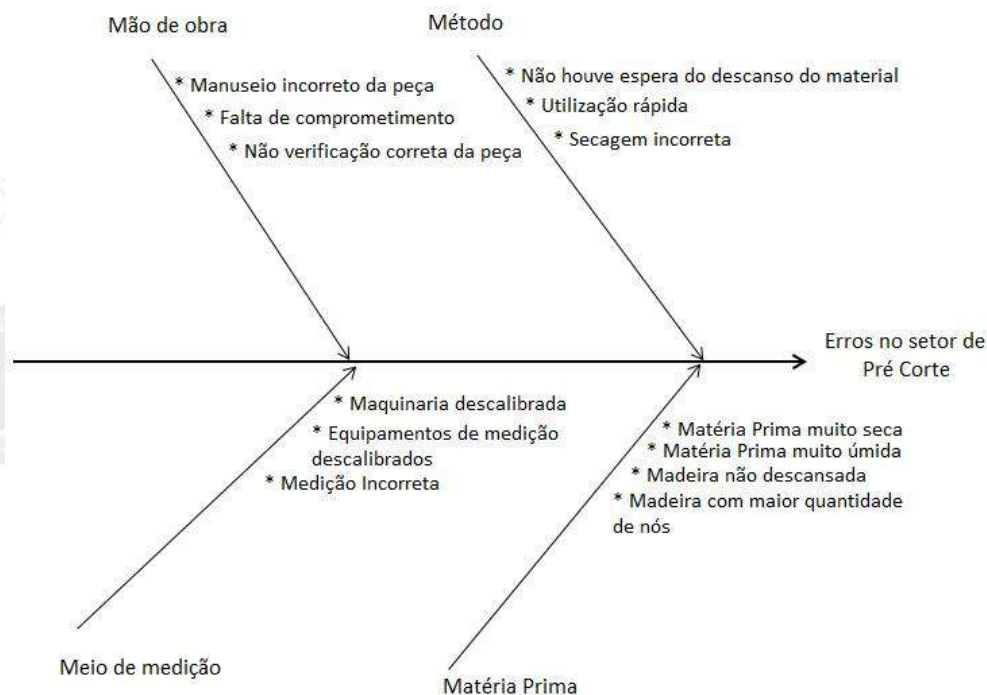


Figura 4 – Diagrama de Ishikawa para defeitos do setor de Pré Corte

a) Mão de obra: em função da manipulação do material entre um equipamento e outro ser feito totalmente por colaboradores, o manuseio incorreto das peças acaba ocasionando defeitos como empenamento, conjuntamente com atividade de utilização rápida da matéria-prima. O manuseio incorreto pelo colaborador pode ainda trazer falhas futuras. Outro fator importante é a falta de comprometimento por parte do operador, que

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





pode trazer danos. Em alguns casos, peças que possuem algum defeito podem acabar passando despercebidas. Ainda ligado à mão de obra pode acontecer a medição incorreta dos locais que deveriam ser destopados ou refilados, permanecendo peças com nós, medula ou bolsas de resina.

b) Método: em relação do tempo de espera para o material repousar após a colagem, que deveria ser realizado, mas em função da demanda de matéria-prima, esse tempo não é efetivo o que causa o empenamento, pela utilização muito rápida. Dentro do método também pode-se encontrar outro problema relacionado com a secagem incorreta do material, pois sabe-se que na secagem das mais diversas espécies de madeira, deve-se ter o cuidado de formar pilhas de madeira de maneira uniforme com sarrafos separadores e por fim, a colocação de materiais mais pesados sobre a pilha, para não permitir a madeira libere suas tensões (Alves et al, 2012).

c) Matéria prima: no que diz respeito a essa causa, pode-se atribuir problemas relativos à material muito seco ou muito úmido, sabendo que há uma umidade especificada, para ser trabalhada. Material muito seco estará mais propenso à rachar, trincar entre outros defeitos. Material muito úmido será de mais difícil trabalhabilidade e que resulta no empenamento da peça final (Gonzaga, 2006). Em alguns casos, a matéria prima adquirida, pode possuir maior quantidade de nós, principalmente quando não realizada desrama da árvore. Esse tipo de problema só será avaliado no momento do desdobro da tora e posteriormente no setor de Pré Corte.

d) Meio de Medição: de acordo com essa causa, está concentrada principalmente no que diz respeito aos nós nas laterais, medula e bolsas de resina: muitas vezes a maquinaria pode estar descalibrada fazendo com que essas falhas não sejam retiradas no momento do destopo/refilo. Em alguns casos, os equipamentos não estejam calibrados, resultando então em peças em dimensões corretas, contendo falhas (nós, bolsas de resina, medula).

4 CONCLUSÃO

Obteve-se maior quantidade de defeitos (número de peças defeituosas) no setor de Pré Corte, visto que o mesmo é o responsável por maior quantidade de processos.

Analisando qualitativamente os defeitos do setor de Pré Corte, é visto que os defeitos mais ocorrentes se destacam como Montante Empenado com maior número de peças, seguido de Nó na lateral, Bolsa de Resina e Medula.

Por meio do Diagrama de Ishikawa foi possível verificar que as principais causas dos defeitos encontrados no setor de Pré Corte são originários por parte principalmente de Mão de Obra e também de alguns outros setores como Método, Meio de Medição e Matéria-prima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.C.; BATISTA, D.C.; BENIGNO PAES, J.; BARBOSA, T.L.; RAVANI, T.L.; BOSCHETTI, W.T.N. Secagem – Câmaras de secagem convencional e alta temperatura. Revista da Madeira, Edição nº130 - fevereiro de 2012.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS (ACR). Anuário Estatístico de Base Florestal para o Estado de Santa Catarina. Lages. 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo Setorial**. Curitiba. 2009.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MADEIRAS. **Catálogo de normas de madeira serrada de pinus**. Caxias do Sul: Spectrum Comunicação. 1990. 34p

GONZAGA, A.L. Madeira: Uso e Conservação. Brasília, DF. 2006. 240p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, Relatório anual **O setor brasileiro de árvores plantadas**, Agosto, 2016.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE TÉCNICA DA COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS VERTICAIS EXTERNOS NO SISTEMA PLATAFORMA EM MADEIRA

Candida Pasini Pizzoni¹
Ângela do Valle²

¹ Arquitetura e Urbanismo / PósARQ - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo / Universidade Federal de Santa Catarina

² Engenharia Civil / Universidade Federal de Santa Catarina / UFSC



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE TÉCNICA DA COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS VERTICAIS EXTERNOS NO SISTEMA PLATAFORMA EM MADEIRA

Resumo: Um sistema construtivo é um conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações de uma edificação. Os sistemas entramados de madeira caracterizam-se por ser um conjunto estrutural integrado, constituído de numerosos elementos de pequena seção, formando as paredes, os pisos e o telhado. O contraventamento ocorre através da união dos elementos paredes, pisos e forros. De acordo com a Diretriz do Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais, a SiNAT nº005 (2017), que trata dos Sistemas leves *Light Wood Framing*, a estrutura das paredes é formada por componentes e materiais distintos, que, quando associados, garantem à estrutura do painel a resistência física e mecânica necessária para o uso a que se destina. Desta forma, apresenta requisitos a serem cumpridos pelos elementos constituintes do painel, pelo quadro estrutural, componente de fechamento e contraventamento, isolamento térmico e acústico, barreira impermeável, elementos de fixação e revestimentos ou acabamentos, a fim de que o sistema de vedação vertical externo atenda aos critérios Vida Útil de Projeto estabelecida pela Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 (2013). Tem-se como objetivo a análise técnica da vedação externa bem como as estratégias projetuais a serem adotadas a fim da preservação das vedações verticais externas, visando evitar o contato prolongado e a permanência dos componentes de madeira com a umidade, por exemplo. Acrescenta-se a isso o planejamento e realização de manutenções preventivas e, sempre que necessário, de manutenções corretivas e de conservação, como previstas no manual de uso, operação e manutenção.

Palavras-chave: painel vertical, vedação externa, plataforma em madeira.

TECHNICAL ANALYSIS OF EXTERNAL VERTICAL PANELS COMPOSITION ON TIMBER PLATFORM SYSTEM

Abstract: A constructive system is a set of methods used in the construction of the structure and the fences of a building. Timber framing systems are characterized by being an integrated structural assembly, made up of numerous small section elements, forming the walls, floors and roof. The bracing occurs through the joining of the elements walls, floors and linings. According to the guideline of the National System of Technical Evaluation of Innovative Products, SiNAT nº005 (2017), which deals with Light Wood Framing Systems, the wall structure consists of distinct components and materials, which, when associated, guarantee to the panel structure the physical and mechanical strength required for its intended use. In this way, it presents requirements to be fulfilled by the constituent elements of the panel, the structural frame, closure and bracing component, thermal and acoustic insulation, impermeable barrier, fastening elements and coatings or finishes, so that the external vertical sealing system Meets the criteria of Project Useful Life established by Performance Standard ABNT NBR 15575 (2013). The objective is the technical analysis of the external fence as well as the design strategies to be adopted in order to preserve the external vertical fences, in order to avoid prolonged contact and the permanence of the wood components with

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

humidity, for example. Added to this is the planning and realization of preventive maintenance and, whenever necessary, of corrective maintenance and conservation, as foreseen in the use, operation and maintenance manual.

Keywords: vertical panel, vertical panels, platform system.

1. INTRODUÇÃO

O sistema Plataforma de madeira é estruturado por uma trama de peças que formam a estrutura portante da edificação, sendo formados por painéis de paredes que consistem em quadros de madeira, chapas estruturais e diferentes revestimentos internos e externos. Neste sistema, segundo Szücs (1991 apud Krambeck 2006), não existe estrutura principal. Os pisos, as paredes e os forros respondem tanto pela função estrutural quanto de vedação e divisórias (Figura 1). O sistema, amplamente difundido em países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Japão apresenta grande potencial de adaptação às condições brasileiras.

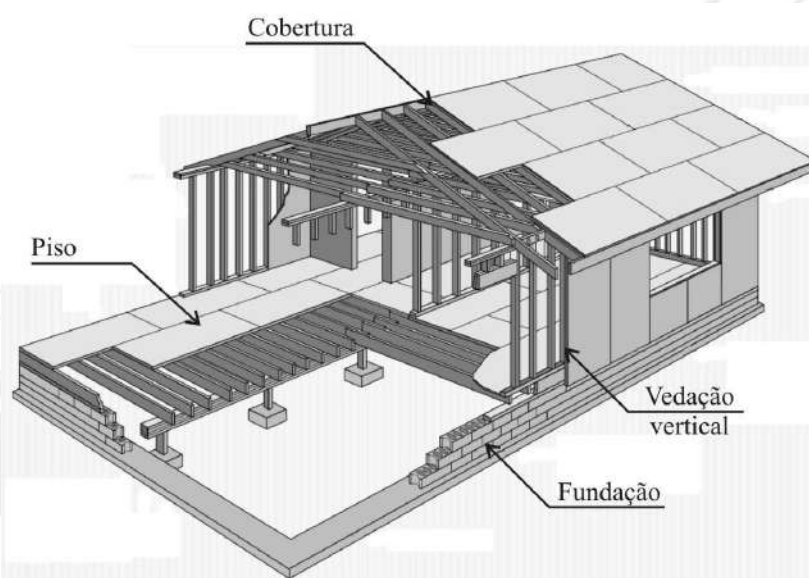


Figura 1. Subsistemas do Sistema Plataforma em madeira
Fonte: Espíndola (2010) apud APA (1997).

A construção com painéis de madeira surgiu da necessidade de amenizar as variações dimensionais das peças de madeira maciça de grandes dimensões, diminuindo o seu peso e custo e potencializando as propriedades isolantes, térmicas e acústicas dos painéis (ZENID, 2009). Além disso, a utilização de peças de madeira com menor dimensão permite que se utilizem árvores provenientes de florestas plantadas, que são de menor porte quando comparadas às de espécies nativas (SOUZA, 2010).

A partir de 2013, o sistema de painéis fechados permitiu a completa pré-fabricação onde o painel é produzido com todos os elementos das camadas, incluindo a parte elétrica e hidráulica interna, e no canteiro eram feitos apenas os arremates finais, sendo as paredes levadas à obra prontas para pintura (ESPÍNDOLA, 2010).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

De acordo com a Diretriz do Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais, a SiNAT nº005 (2017), que trata dos Sistemas leves tipo *Light Wood Framing*, a estrutura das paredes é formada por componentes e materiais distintos, que quando associados, garantem à estrutura do painel resistência física e mecânica necessária para o uso a qual se destina. O painel parede é formado por um quadro estrutural de madeira serrada, componentes de fechamento e contraventamento interno e externo, isolante térmico e acústico, barreira impermeável à água, podendo ser permeável ou não ao vapor, elementos de fixação e revestimentos ou acabamentos.

Segundo a ABNT NBR 15575:4 (2013), que trata do desempenho dos sistemas de vedações verticais internas e externas das edificações habitacionais, além da volumetria e da compartimentação dos espaços da edificação, as vedações integram-se de forma muito estreita aos demais elementos da construção, recebendo influências e influenciando diretamente o desempenho da edificação habitacional.

2. O SISTEMA PLATAFORMA EM MADEIRA

Um sistema construtivo é definido como um conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações de uma edificação (SABBATTINI, 1989). De acordo com Silva; Ino (2008), diversos sistemas construtivos em madeira têm sido aplicados na habitação desde as primeiras construções implantadas por colonizadores até os sistemas pré-fabricados modernos. Dentre os sistemas contemporâneos leves em madeira, é possível enquadrá-los em três grandes grupos: Sistema pilar e viga, entramado de madeira e painéis pré-fabricados.

Os sistemas entramados de madeira, ou nervurados, de acordo com Szücs (1991 apud Krambeck 2006), são caracterizados por um conjunto estrutural integrado, constituído de numerosos elementos de pequena seção, formando as paredes, pisos e o telhado. O contraventamento se dá através da união dos elementos paredes, pisos e forros. O sistema entramado, com peças serradas de seção padronizada é amplamente utilizado na América do Norte. Neste grupo encontram-se o sistema balão (*balloon frame*) e o sistema plataforma (*platform system*) (Figura 2).

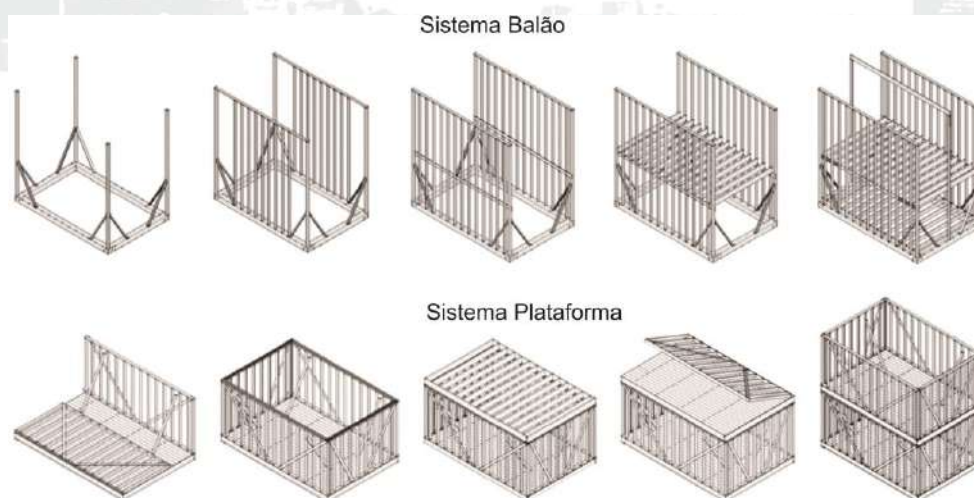


Figure 2. Sequência de montagem do sistema balão e do sistema plataforma.
Fonte: O'Brien (2010) apud De Araújo et. al. (2016).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Segundo Espíndola (2010), o sistema balão ou *balloon-frame* surge no final do século XVIII em Chicago, nos Estados Unidos, por volta de 1840. A estrutura do *Balloon-frame* é composta por inúmeras peças esbeltas, pouco espaçadas entre si, cuja altura se estende desde a fundação até a cobertura.

O *Balloon-frame* evoluiu para o sistema construtivo Plataforma (*Platform System*), por este apresentar mais vantagens que os sistemas em madeira tradicionais de então da Europa, os quais adotavam técnicas menos industrializadas. Além disso, o *Balloon-frame* possuía limitantes por causa de seus montantes de comprimento idêntico à altura da edificação. Por se constituir de um conjunto estrutural leve em madeira, o sistema plataforma, comparado ao sistema balão, passou a apresentar maior facilidade e rapidez na execução, com uso de pouca mão de obra e técnicas racionalizadas, seguindo princípios da coordenação modular e, permitindo a construção no canteiro-de-obras, a pré-fabricação parcial ou a industrialização completa (ESPÍNDOLA, 2010).

O sistema Plataforma de madeira é estruturado por um conjunto de componentes que formam a estrutura portante e de vedação da edificação. São painéis de paredes que consistem em entramados de madeira, chapas estruturais e diferentes revestimentos internos e externos. Nos painéis estão apoiados o piso do pavimento superior ou o telhado. Neste sistema, segundo Szücs (1991 apud Krambeck 2006), não existe estrutura principal. Os pisos, as paredes e os forros respondem tanto pela função estrutural quanto de vedação. O conjunto estrutural do sistema é constituído basicamente pelos seguintes subsistemas: fundação, plataforma(s) de piso, vedação vertical e cobertura (ESPÍNDOLA, 2010) (Figura 3).

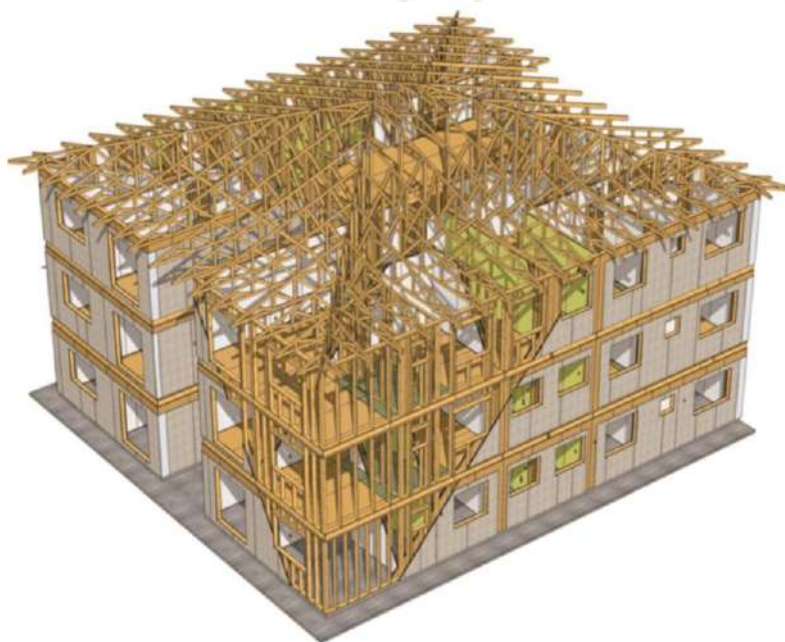


Figura 3. Esquema 3D do sistema construtivo Wood Frame aplicado em edifícios de até três pavimentos.

Fonte: SINAT nº005 (2017).

No norte da Europa e em países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Japão, a madeira é largamente utilizada na construção de habitações, principalmente

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

no sistema construtivo Plataforma. Segundo diversos autores, este sistema apresenta grande potencial de adaptação às condições brasileiras.

De acordo com levantamento realizado no ano de 2016 por Almeida de Araujo et. al. (2016), o Brasil possui 22 empresas fabricantes de casas no sistema Plataforma de madeira. O avanço mais recente do setor foi a construção de um edifício habitacional de três pavimentos (Figura 4), na cidade de Araucária, no Paraná, pela empresa Tecverde, em parceria com a construtora CRM, no segundo semestre de 2016.



Figura 4. Montagem do primeiro edifício habitacional wood frame do Brasil
Fonte: Arquivo Pessoal (2016)

3. PAINÉIS DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA

Parede ou vedação vertical, interna ou externa, é definida como um conjunto de componentes, composto pelas peças estruturais de madeira, pelos componentes de fechamento e revestimento, pelas barreiras impermeáveis à água e pelas fixações (SiNAT nº 005, 2017) (Figura 5).

O sistema construtivo com painéis caracteriza-se por ser um conjunto onde as paredes possuem função de vedação e de estrutura, transmitindo diretamente as cargas da cobertura para a fundação. O sistema pode ser pré-fabricado, segundo uma coordenação modular, onde os pisos, as paredes e os forros formam os fechamentos internos e externos e são responsáveis pelo contraventamento e pela função estrutural (SZÜCS, 1991 apud KRAMBECK 2006).

Segundo Zenid (2009) os painéis de madeira surgiram da necessidade de amenizar as variações dimensionais das grandes seções de madeira maciça, diminuindo o peso próprio e o custo e potencializando as propriedades isolantes, térmicas e acústicas. A utilização de peças de madeira com menor dimensão permite que se utilizem árvores provenientes de florestas plantadas, que são de menor porte quando comparadas às de espécies nativas (SOUZA, 2010).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

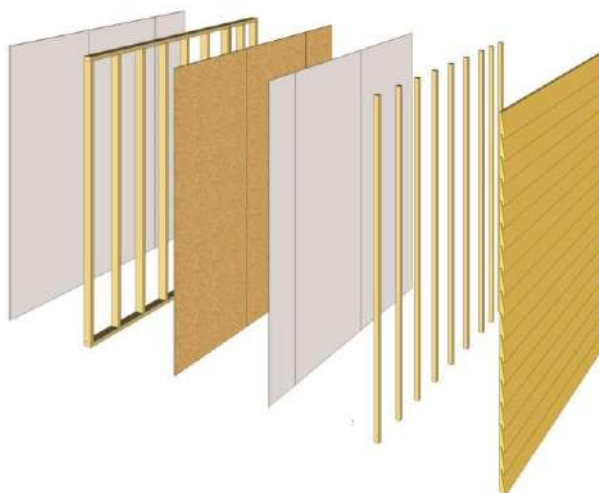


Figura 5. Exemplo de componentes de um painel de vedação vertical externo
Fonte: Espíndola (2010).

De acordo com a ABDI (2015), inicialmente o *wood frame* produzido nacionalmente no Brasil foi desenvolvido para ser trabalhado com painéis abertos, ou seja, depois de serem produzidos em ambiente fabril, os painéis eram levados para o canteiro de obras para o processo de montagem. Após, eram realizadas as instalações elétricas e hidráulicas em campo.

A partir de 2013, foi desenvolvido no Brasil o sistema de painéis fechados. Em ambiente fabril o painel é produzido com todos os elementos das camadas, incluindo as partes elétrica e hidráulica internas, e no canteiro são feitos apenas os arremates finais, sendo as paredes levadas à obra prontas para receber pintura (Figura 6). A maior industrialização e a utilização de sistema construtivo a seco e modular permitem a redução de até 90% dos resíduos sólidos produzidos na construção, em termos de metro quadrado construído.



Figura 6. Exemplo de painel fechado sendo montado em obra
Fonte: Tecverde Engenharia S/A (2016).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Segundo a ABNT NBR 15575:4 (2013), que trata do desempenho dos sistemas de vedações verticais internas e externas das edificações habitacionais, além da volumetria e da compartimentação dos espaços da edificação, as vedações integram-se de forma muito estreita aos demais elementos da construção, recebendo influências e influenciando diretamente o desempenho da edificação habitacional, devendo estas atenderem ao prazo de VUP (Vida Útil de Projeto) de 40 anos, considerando certa frequência de manutenção.

A durabilidade dos materiais construtivos está diretamente ligada à capacidade de se manterem íntegros por um determinado tempo no ambiente em que estão inseridos. Isto porque a exposição dos materiais construtivos às intempéries, como alteração de temperatura, umidade, ação de insolação, ventos e ação dos organismos xilófagos, por exemplo, contribuem para a degradação prematura de tais materiais, resultando no decaimento da vida útil de projeto.

Por ser um material higroscópico, a madeira possui várias de suas propriedades afetadas pelo teor de umidade, possibilitando que esteja submetida a diversas formas de deterioração (ZENID, 2009). As peças de madeira utilizadas nos sistemas de paredes no *wood frame*, sejam sob a forma de madeira serrada (peças estruturais) ou de chapas, devem atender as exigências relativas às categorias de uso nas quais estão e, se for o caso, serem submetidas a tratamento preservativo químico sob pressão, conforme norma ABNT NBR 16143 (2013) - Preservação de madeiras: Sistema de categorias de uso. Os tratamentos aplicados às peças estruturais de madeira e às chapas utilizam produtos preservativos à base de CCA-C (arseniato de cobre cromatado do tipo C), CCB (borato de cobre cromatado) e CA-B (cobre e azóis) (SiNAT nº 005, 2017).

4. ANÁLISE TÉCNICA DOS PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

De acordo com a SiNAT nº005 (2017), que trata dos Sistemas leves tipo *Light Wood Framing*, a madeira que compõe o quadro estrutural deve seguir requisitos como: densidade de massa aparente à 12% de teor de umidade; resistência mínima à compressão paralela as fibras conforme classificação C20; seção nominal mínima de 38 mm x 89 mm; ser tratada para resistir aos organismos xilófagos com penetração de 100% do alburno com produtos preservativos CCA-C, CCB e CA-B, com diferentes concentrações conforme o uso da edificação (térrea ou edificações multifamiliar).

Os requisitos das chapas de fechamento e contraventamento de OSB (Oriented Strand Board), utilizadas tanto nas paredes quanto nos pisos, devem seguir a EN 300 (2006) – *OSB: definitions, classification and specifications*, ter classificação mínima tipo 2 para uso interno em ambientes secos e tipo 3 para uso externo e áreas molhadas; teor de umidade entre 2 e 12%, inchamento em espessura da chapa menor ou igual a 20% para o tipo 2 e menor ou igual a 15% para o tipo 3, após ensaio de 24 horas de imersão. A verificação da resistência à flexão deve ter valores mínimos conforme a espessura da chapa (Tabela 1). Além disso, exige-se que exista boa resistência ao ataque de insetos e resistência aos fungos apodrecedores nos componentes estruturais de piso e de áreas molhadas, devendo as chapas serem tratadas conforme a ABNT NBR 16143 (2013) - Preservação das madeiras: sistemas de categorias de uso.

Os componentes de acabamento interno podem ser feitos de chapas de gesso de *drywall*, devendo satisfazer a ABNT NBR 14715 (2001) – Chapas de gesso acartonado: Requisitos. Com relação à dimensão das chapas, pode-se ter uma variação dimensional em média na espessura até 0,5 mm, na largura até -4 mm, no comprimento até -5 mm e no esquadro no máximo 2,5 mm. A taxa de absorção para o

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

drywall do tipo RU (Resistente à Umidade) deve ser no máximo 5%. As chapas a serem ensaiadas devem possuir 12,5 mm ou 15,0 mm, variando os valores de densidade superficial, dureza superficial e resistência à ruptura na flexão no *drywall* conforme espessura utilizada.

Tabela 1. Resistência à flexão mínima do OSB segundo EN 300 (2006)

Força de flexão	Tipo de OSB	Exigência (N/mm ²)		
		Espe- sura da placa (mm nominal)		
		6-10	> 10 e < 18	18-25
Força no eixo principal	1	20	18	16
	2	22	20	18
	3	22	20	18
	4	30	28	26
Força no eixo menor	1	10	9	8
	2	11	10	9
	3	11	10	9
	4	16	15	14

Quando os componentes de fechamento ou acabamento, interno ou externo, são feitos por placas cimentícias, essas devem pertencer no mínimo à Categoria 2, quanto à resistência mecânica; classificação A para uso externo e interno para áreas molháveis e classe B para uso interno em áreas secas, conforme ABNT NBR 15498 (2016) – Placas de fibrocimento sem amianto: Requisitos e métodos de ensaio. A placa deve ser incombustível, segundo a ISO 1182 (2010) – *Reaction to fire tests for products: Non-combustibility test*, e, se for combustível, deve pertencer à Classe I ou IIA. A absorção de água deve ser inferior a 25% e a resistência do material após ciclos de imersão em água e secagem, segundo ensaio da ABNT NBR 15498 (2016), não deve ser inferior a 70% da resistência inicial. Além disso, a variação dimensional da chapa cimentícia, considerado o tratamento empregado nas juntas, não pode permitir a ocorrência de falhas, tais como fissuras, destacamentos ou descolamentos na região da junta e na chapa.

Os componentes de fechamento ou acabamento interno ou externo feitos por *Siding* de PVC devem possuir resistência à exposição aos raios ultravioletas de 2000 horas, em câmara de CUV (câmara de envelhecimento acelerado) com lâmpada de UVB (Ultravioleta tipo B). Após o ensaio as duas faces dos *sidings* não devem apresentar bolhas, fissuras ou escamações. O módulo de elasticidade e a resistência ao impacto do *siding*, após o ensaio de envelhecimento, devem ser maiores ou iguais a 70% da resistência inicial.

O produto utilizado como isolante térmico ou como barreiras impermeáveis ao vapor devem ter espessura e densidade conforme norma específica do material utilizado. Porém, para o material isolante térmico, a condutividade térmica deve ser menor ou igual a 0,06 W/m°C e a resistência térmica maior ou igual a 0,5 m²K/W. Já para a barreira impermeável ao vapor, não deve haver formação de gotas na face oposta à exposta a uma coluna d'água de 55 cm de altura por um período de 5 horas.

Os dispositivos de fixação metálicos, como chumbadores, parafusos ou pregos, devem possuir descrição quanto ao tipo e uso e revestimento contra corrosão conforme norma específica do material utilizado. Porém o tempo mínimo para o aparecimento da corrosão vermelha do material, quando exposto em câmara de névoa salina, segundo ABNT NBR 6211 (2001) - Corrosão atmosférica: determinação de cloretos na atmosfera pelo método da vela úmida, deve ser de: 96 horas para os

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



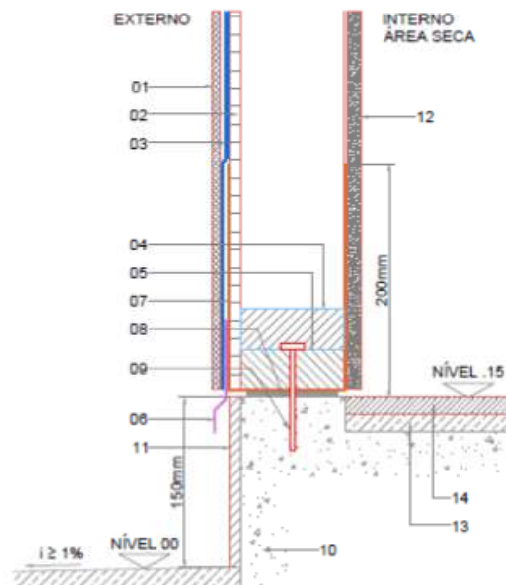


III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

dispositivos de fixação das chapas internas de contraventamento dos quadros estruturais de áreas secas; 240 horas para dispositivos de fixação das chapas internas de contraventamento dos quadros estruturais de áreas molhadas ou molháveis; 360 horas para dispositivos de fixação dos quadros estruturais ao elemento de fundação; 240 horas para dispositivos de fixação das chapas externas de fechamento dos quadros estruturais em ambientes rurais; 480 horas para os dispositivos de fixação das chapas externas de fechamento dos quadros estruturais em ambientes urbanos, industriais leves, ou a mais que 2000 metros da orla marítima; 720 horas para os dispositivos para a fixação das chapas externas de fechamento dos quadros estruturais em ambientes marinhos. A resistência ao arrancamento dos dispositivos de fixação das chapas deve ser maior a 400N, conforme ASTM D1037 (2012) - *Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*.

Além dos componentes e materiais anteriormente descritos, fazem parte da estrutura do painel os elementos de acabamentos, como as fitas para tratamento de juntas entre as chapas de gesso de *drywall*, devendo ser analisadas conforme a ABNT NBR 15758 (2009) – Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall*: Projeto e procedimento para montagem; os selantes de preenchimento das juntas visíveis; e por fim as massas, telas, fitas e argamassa para as juntas dissimuladas (Figura 7).



LEGENDA:

01. COMPONENTE DE ACABAMENTO DO WOOD FRAME
02. CHAPA DE MADEIRA
03. BARREIRA IMPERMEÁVEL À ÁGUA E PERMEÁVEL AO VAPOR D'ÁGUA
04. MONTANTES E TRAVESSAS
05. TRAVESSA INFERIOR
06. PINGADEIRA/ DISPOSITIVO DE DRENAGEM
07. IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE DA PAREDE
08. COMPONENTE NIVELADOR
09. CHUMBADOR
10. ELEMENTO DE FUNDAÇÃO
11. ACABAMENTO DA FACE DO ELEMENTO DE FUNDAÇÃO
12. CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL
13. CONTRAPISO
14. PISO ACABADO

Figura 7 – Detalhe da parede externa de áreas secas.

Fonte: SiNAT nº 005 (2017).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para isto, deve-se verificar o atendimento aos requisitos de análise para a durabilidade do sistema de vedação, tais como: Orientações que visem a facilidade e qualidade dos serviços de manutenção; resistência dos componentes de madeira aos organismos xilófagos; resistência à corrosão dos dispositivos de fixação; resistência à exposição aos raios ultravioletas dos componentes de acabamentos externos, quando aplicáveis; resistência das paredes de fachada à ação de calor e comportamento das juntas entre chapas de vedação externas e internas.

Pelas vedações verticais externas estarem diretamente expostas à ação das intempéries, um conjunto de detalhes de projeto deve ser adotado, visando evitar o contato prolongado e a permanência dos componentes de madeira com a umidade proveniente de água de chuva, de percolação do solo, de uso ou lavagem dos ambientes, ou proveniente de condensação de vapor de água (SiNAT nº005, 2017), como por exemplo:

1. Adoção de telhado com beiral, em todo o perímetro da edificação, com projeção horizontal mínima de 600 mm. Para edifícios multifamiliares, além do telhado e beiral, acrescentar a adoção de calhas e condutores de águas pluviais na cobertura;
2. Adoção de pingadeiras nos peitoris de janelas. Para edificações de mais de 02 pavimentos, uso de ressaltos (molduras com declividade) com pingadeiras na região das juntas horizontais entre pavimentos;
3. Adoção de piso de calçada em cota inferior ou igual a 150 mm abaixo da cota da base da parede de fachada;
4. Emprego de mantas de impermeabilização, de modo a proteger a base do quadro estrutural e suas laterais em relação ao elemento de fundação, no pavimento térreo, até a altura mínima de 200mm, de cada lado do quadro, entre outros.

5. CONCLUSÕES

De acordo com a norma ABNT NBR 15575 (2013), que trata do desempenho das edificações, os elementos que compõe o sistema de vedação vertical externo devem atender ao prazo de 40 anos de VUP desde que submetidos a manutenções preventivas (sistemáticas) e, sempre que necessário, a manutenções corretivas e de conservação previstas no manual de uso, operação e manutenção da edificação. Além disso, a adoção de um conjunto de estratégias de projeto, principalmente pelo fato das vedações verticais externas estarem diretamente expostas à ação das intempéries, influencia diretamente no prolongamento da vida útil da vedação externa.

Desta forma, estimula-se o processo de inovação tecnológica no Brasil através da utilização de produtos e processos de construção inovadores considerando a aptidão técnica ao uso e garantindo o cumprimento de requisitos de desempenho relativos à segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Manual Da Construção Industrializada. Conceitos e Etapas (2015). Volume 1: Estrutura e Vedação (Brasília, 2015).

DE ARAUJO, V.A. et al. Woodframe: light framing houses for developing countries. Revista de la Construcción [online]. 2016, vol.15, n.2, pp.78-87.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (2013). NBR 15575: Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (2013), NBR 15575: Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Sistema de Vedações Verticais externas e internas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (2013) NBR 16143 - Preservação das madeiras: sistemas de categorias de uso.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (2001) NBR 14715 – Chapas de gesso acartonado: Requisitos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (2016) NBR 15498 – Placas de fibrocimento sem amianto: Requisitos e métodos de ensaio.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (2001) NBR 6211 - Corrosão atmosférica: determinação de cloretos na atmosfera pelo método da vela úmida.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT(2009) NBR 15758 – Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM (2012) D1037 - Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.

EUROPEAN STANDARDS, EN 300 (2006) – OSB: Definitions, classification and specifications.

ESPÍNDOLA, L. R. Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO (2010) 1182 - Reaction to fire tests for products: Non-combustibility test

KRAMBECK, Thais Inês. Revisão do sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habitação popular. Dissertação (Mestrado em arquitetura) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

SABBATINI, F. H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. Tese de Doutorado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989.

SILVA, R. D; INO, A. Habitação econômica em madeira no Brasil: estado da arte. XI Encontro Brasileiro em madeira e estruturas de madeira. XI EBRAMEM. Londrina, 2008.

SOUZA, A. F. P. A sustentabilidade no uso da madeira de floresta plantada na construção civil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS – SINAT. Diretriz SINAT nº 005. Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (*Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”*). 2ª revisão. Brasília, 2017.

TECVERDE ENGENHARIA LTDA. DATec N° 20: Sistema Construtivo TECVERDE: “Sistema Leve em Madeira”. São Paulo, 2013.

ZENID, G. J. coordenador (2009). Madeira: uso sustentável na construção civil. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009. Publicação IPT; 3010.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA DE NANOFIBRILAS DE JUTA TRATADAS COM DIGESTOR ANAERÓBICO (SOBRENADANTE AD)

Luana Silva¹
Matheus Cordasso Dias¹
Greg Glenn²
Delilah Wood²
Tina Williams²
Lennard Torres²
William J. Orts²
Gustavo Henrique Denzin Tonoli¹

¹ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

² Bioproducts Research Unit / United States Department of Agriculture



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA DE NANOFIBRILAS DE JUTA TRATADAS COM DIGESTOR ANAERÓBICO (SOBRENADANTE AD)

Resumo: O desenvolvimento de nanofibrilas de celulose assume papel de destaque frente à demanda por materiais amigáveis ao meio ambiente. Porém a produção de nanofibrilas de celulose são predominantemente limitadas por altos custos de produção. O objetivo deste trabalho é analisar a estabilidade térmica das nanofibrilas obtidas por desfibrilação mecânica das fibras de juta e tratadas em um digestor rico em microrganismos (digestor anaeróbico líquido - sobrenadante AD). Os resultados demonstram a eficácia dos tratamentos de digestão para a produção de nanofibrilas de celulose. A hidrólise enzimática aumentou o número de extremidades redutoras, conduzindo à maior degradação térmica em tempos de incubação prolongados.

Palavras-chave: Degradação térmica, parede celular, celulose nanocristalina, hidrólise enzimática.

THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS OF JUTE NANOFIBRILS TREATED WITH ANAEROBIC DIGESTOR (AD ADVERTISING)

Abstract: The development of cellulose nanofibrils will play a prominent role in the demand for environmentally friendly materials required by the market economy for the use of materials from renewable sources of a biodegradable nature. However, a production of cellulose nanofibrils is predominantly limited by high production costs. The objective of this work is to analyze the thermal stability of the nuclear fibers obtained by mechanical defibrillation of the jute fibers and treated in a microbial rich digestate (liquid anaerobic digestate - AD supernatant). The results demonstrate the efficacy of digestion treatments for a production of cellulose nanofibrils. Enzymatic hydrolysis increased the number of reducing ends, leading to greater thermal degradation at prolonged incubation times.

Keywords: Thermal degradation, cell wall, nanocrystalline cellulose, enzymatic hydrolysis.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma tendência mundial de valorizar materiais que, além de baixo custo, são considerados ambientalmente corretos. Esta última condição refere-se aos aspectos renováveis, biodegradáveis e recicláveis que possam ser apresentados pelo material. Exemplos típicos são os compósitos de matriz polimérica reforçados com nanofibrilas de celulose.

Alguns fatores como a fonte de celulose e o tipo de tratamento aplicado na obtenção das nanofibrilas influenciam nas dimensões e na morfologia dessas (TONOLI et al., 2012). As nanofibrilas de celulose podem ser isoladas a partir de diferentes fontes, ou fibras lignocelulósicas, podendo apresentar dimensões e

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

estruturas diversas para sua célula unitária, originando diferentes polimorfos de celulose (CORRÊA, 2010). As nanofibrilas podem ser produzidas a partir de madeira (TONOLI et al., 2016) e também de alguns materiais não madeireiros como os resíduos agrícolas (bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, etc). A fibra de juta é utilizada em uma variedade de aplicações tais como: produção de tecidos, de embalagens, de cordas dentre outras. A fibra de juta apresenta uma alta resistência mecânica.

As nanofibrilas são semi-cristalinas e hidrofílicas e possuem uma alta resistência mecânica, alta rigidez além de serem biodegradáveis (HASSAN et al., 2012).

As nanofibrilas tem sido estudadas na produção de espumas e aerogéis; materiais onde a propriedade de barreira seletiva ao oxigênio é importante (FUKUZUMI et al., 2009); revestimento de folhas para impressões de alta qualidade, devido suas propriedades hidrofílicas que permitem que a tinta se espalhe de forma controlada e uniforme (LUU, BOUSFIELS e KETTLE, 2010).

As nanofibrilas de celulose podem ser obtidas por meios biológicos, químicos e mecânico. Segundo alguns autores o elevado consumo de energia no processo mecânico de desfibrilação é uma desvantagem da utilização e funcionalização das nanofibrilas de celulose produzidas por esse processo (VARTIAINEN et al., 2001; SPENCE et al., 2011).

O método mecânico também pode danificar a estrutura das microfibrilas, devido a redução da massa molar e do grau de cristalinidade, ou deixar de desintegrar de modo suficiente as polpas celulósicas, sendo que para se chegar a um resultado satisfatório do grau de desfibrilação, é necessário um maior número de passagens nos equipamentos que, ocasionando um aumento na energia gasta no processo (HENRIKSSON et al., 2007)

No processo de obtenção de nanofibrilas de celulose, as fibras vegetais, após passarem pela etapa de pré-tratamento, são submetidas a um processo para individualizar as fibrilas de celulose da parede celular (TONOLI et al., 2012).

O tratamento com ácido nas fibras de celulose induz uma rápida diminuição do peso molecular através da hidrólise, porém proporciona um alto desperdício de ácido (HABIBI et al., 2010, WYMAN et al., 2004). Já a hidrólise enzimática de fibras de celulose é potencialmente vantajosa porque gera menos desperdício e ambientalmente é mais favorável, pois o processo não envolve o uso de solventes ou reagentes químicos (MEYABADI e DADASHIAN, 2012; YU et al., 2008). A utilização de enzimas associada com processo mecânico pode produzir nanofibrilas com uma relação de aspecto elevada e um grau mais elevado de polimerização.

Devido ao alto custo e a difícil aquisição no mercado, as enzimas purificadas vem sendo menos utilizadas. Como alternativa existe as pastas de enzimas cruas de baixo custo que podem facilmente hidrolisar celulose e estão disponíveis nos digestados anaeróbicos comerciais. As celulasas são enzimas que hidrolisam as ligações β - (1,4) em celulose, geralmente são constituídas por três enzimas que atuam sinergicamente na hidrólise da celulose: endoglucanase (EC 3.2.1.4), celobiohidrolase (EC 3.2.1.91) e celobiase (CAO e TAN 2004).

O digestor anaeróbio líquido (AD-sobrenadante) provavelmente contém um sistema destas enzimas que preferencialmente degradará os componentes amorfos da nanofibrilas de celulose. O objetivo deste trabalho é analisar a estabilidade térmica das nanofibrilas obtidas por desfibrilação mecânica das fibras de juta e

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





tratadas em um digestor rico em microorganismos (digestor anaeróbico líquido - sobrenadante AD).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

As fibras de juta utilizadas neste trabalho foram doadas pela empresa Brasjuta da Amazônia S.A. (Manaus / AM, Brasil). O comprimento médio das fibras era de 2 mm e diâmetro médio de $16 \pm 3 \mu\text{m}$. As fibras apresentavam uma composição química de 53,2% de celulose, 32,2% de poliose, 11,9% de lignina e 2,7% de extrativos e cinzas.

2.2 Pré-tratamento químico das fibras

Foi realizado um tratamento alcalino nas fibras de juta, antes do processo de desfibrilação mecânica. As fibras foram imersas em solução aquosa de NaOH a 5% a uma proporção fibra

/ solução de 1:20 (m/v) durante 60 min a 80°C sob agitação mecânica constante (Aproximadamente 355 rpm). Esse processo visa a remoção dos componentes não celulósicos tais como: lignina, hemiceluloses, extrativos e pectina (CORRÊA et al., 2010).

2.3 Obtenção das nanofibrilas de celulose

- Método mecânico

As fibras de juta pré-tratadas antes de passarem pelo processo de desfibrilação mecânica, foram imersas em água (concentração de 1%) durante 24h, e desintegradas por agitação mecânica durante 15 min. A obtenção das nanofibrilas de celulose ocorreu através da desfibrilação mecânica da parede celular da fibra utilizando o equipamento Super Massoloider Masuko Sangyo MKCA6-3 (Japão) com velocidade de 1500 rpm, com distância de 0,01 mm entre a pedra rotativa e a fixa, ambas de carbetto de silício. Foram realizadas 30 passagens através do desfibrilador. A corrente elétrica consumida durante cada passagem foi mantida em torno de 6 A (BUFALINO et al., 2014, GUIMARÃES JR et al., 2015, FONSECA et al., 2016).

2.4 Preparação do digestor anaeróbico líquido (sobrenadante AD)

O digestor anaeróbico líquido mesofílico (sobrenadante AD) foi obtido através de um reator anaeróbico de sólidos médios (20% sólidos) mantido em um substrato de polpa de papel obtido por autoclavagem a vapor de resíduos sólidos municipais. O sistema de digestão anaeróbica foi constituído por um frasco de quatro bocas de 5 L equipado com um tubo de extração submerso, 2 linhas de retorno e uma saída de gás. O balão foi concebido de modo a que a população bacteriana estivesse contida num meio de cultura, assegurando que apenas o permeado líquido fosse retirado e recirculado. O sobrenadante AD foi obtido a 37°C e a pH 7 a partir desta linha de



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

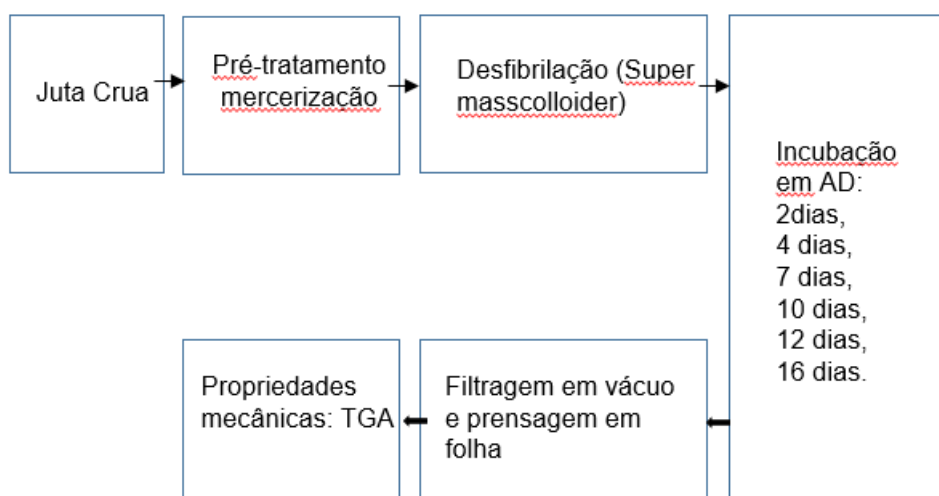
recirculação. A amostragem do recirculado proporcionou as enzimas extracelulares para o tratamento das nanofibrilas de juta.

2.5 Tratamento com o digestor

As nanofibrilas de celulose de juta em suspensão (10% sólidos) foram colocadas em tubos de diálise de 50 kD em contato direto com digestor anaeróbio líquido (AD-sobrenadante). As nanofibrilas em suspensão foram mantidas incubadas numa concentração de cerca de 0,06 g de sólidos por mL de líquido anaeróbio (AD-sobrenadante) e mantida num sistema fechado a 37 °C durante 16 dias. Foram retiradas amostras após 2, 4, 6, 7, 10, 12, 16 dias e centrifugadas. O sobrenadante foi descartado e o sedimento foi recolhido para análise.

Para estimar a perda de massa durante o tratamento com digestor anaeróbio líquido (AD-sobrenadante), comparou-se o peso inicial e o peso final das amostras analisadas.

2.6 Obtenção das nanofibrilas de juta



2.7 Termogravimetria

As fibras e as nanofibrilas de celulose foram secas e submetidas a análise termogravimétrica (TGA) num instrumento Perkin Elmer Pyris 1 TGA. As amostras (6 mg de base seca) foram aquecidas num cadinho de Pt de 30 a 550°C em ar fluído a 60 mL / min com uma taxa de aquecimento de 10°C/min. As temperaturas críticas de perda de peso (T_{inicial}) foram obtidas a partir dos pontos iniciais das curvas TGA, representadas pela interseção da linha extrapolada estendida com a mesma inclinação desde o início do evento (TONOLI et al., 2012).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

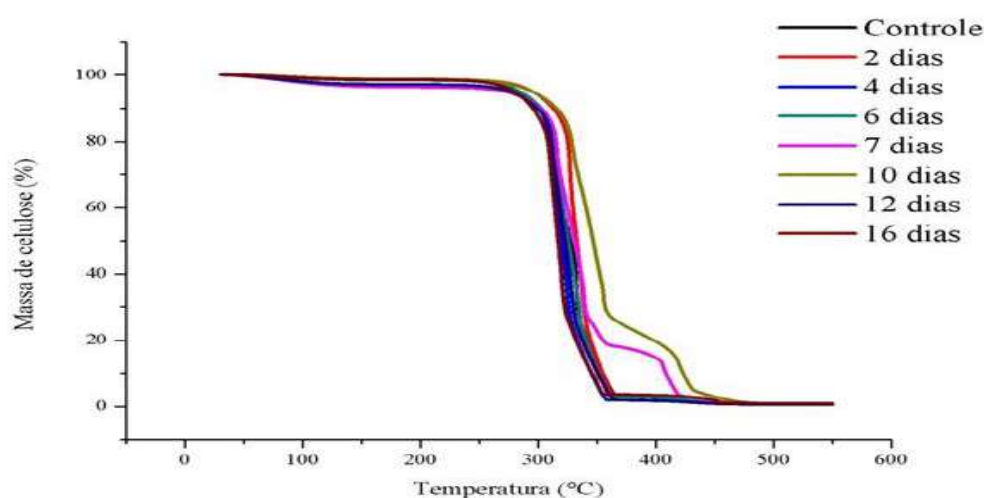
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Termogravimetria

A análise térmica (TGA) das amostras apresentou duas fases de degradação térmica. A primeira fase ocorreu a temperaturas de 150-350 °C, com uma perda de peso de cerca de 60% para fibras incubadas em sobrenadante AD durante 10 dias, e as desfibriladas no Super Masscolloider. Já a amostra controle apresentou uma perda de peso de 70% e 80%. A incubação no sobrenadante AD diminuiu a temperatura de degradação de início ($T_{inicial}$) das fibras de 308°C para 268°C (Figura 1). O segundo estágio de degradação térmica ocorreu entre 350 - 500°C. Em temperaturas superior a 500°C, nenhum evento térmico foi observado (Tabela 1).

Tabela 1. Temperatura inicial de degradação das nanofibrilas em diferentes condições

Amostras	$T_{inicial}$ (°C)
Controle	304
2 dias	318
4 dias	302
6 dias	307
7 dias	303
10 dias	322
12 dias	305
16 dias	301



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Figura 1- Curvas típicas de termogravimetria das nanofibrilas de celulose nos diferentes tempos de incubação.

O tratamento 2 apresentou a segunda maior estabilidade térmica sendo a $T_{inicial}$ (318 °C). Essa estabilidade térmica pode ser explicada devido a degradação não celulósica (hemicelulose e lignina) e celulose amorfa.

Apesar da cristalinidade das nanofibrilas aumentar com tempo de incubação de 4, 6 e 7 dias, alguns fatores podem explicar a menor $T_{inicial}$: (i) A maior área superficial das nanofibrilas com maior cristalinidade, podem catalisar a degradação; (ii) A substituição de grupos OH na superfície das nanofibrilas por produtos intermediários podem diminuir a energia de ativação para degradação das cadeias de celulose (WANG e SAIN, 2006).

Em relação ao Segundo estágio de degradação ocorrendo acima de 350 °C no tempo de incubação de 7 e 10 dias, pode ter ocorrido a formação de produtos intermediários. A aplicação das enzimas dos microrganismos no sobrenadante de AD, pode ocasionar a formação de anidro-monossacáridos com grupos carbóximo e aldeído na celulose oxidada. As xilanases, que são enzimas hidrolíticas que podem degradar compostos amorfos (hemicelulose) presentes na fibra vegetal, provavelmente são encontradas no sobrenadante AD. As xilanases também podem iniciar a hidrólise aleatória das regiões terminais não- redutoras de β -1,4 localizadas entre as ligações glicosídicas das unidades de glucose (PÄÄKKÖ et al., 2007, HUBBE et al., 2008).

Já a maior $T_{inicial}$ para o tempo 10 dias de incubação pode indicar a condição ideal de degradação dos constituintes amorfos e que deram origem aos maiores cristalitos após incubação. A partir desse tempo pode iniciar a degradação parcial dos cristais com o aumento do tempo de incubação. Houve uma diminuição constante na estabilidade térmica após 10 dias de incubação, à $T_{inicial}$ diminui em cada tratamento subsequente.

A incubação prolongada ocasiona a degradação da celulose cristalina, para evitar esse evento a degradação enzimática das regiões amorfas das fibras tem de ser rápida.

As propriedades térmicas das fibras celulósicas e das nanofibrilas são um parâmetro importante nos compósitos reforçados. Essas propriedades são utilizadas para identificar as diferentes aplicações para estas nanoestruturas de celulose, tais como cosméticos, papéis sensíveis térmicos, aditivos de processamento, produtos descartáveis, etc. A estabilidade térmica, influencia também nos processos fabris, uma vez que, em condições de elevada tensão, tais como condições de extrusão, pode desnaturar severamente as ligações inter e intra-moleculares do material, diminuindo suas propriedades físicas e mecânicas.

4. CONCLUSÕES

O digestor anaeróbio líquido (AD-sobrenadante) mostrou-se eficiente como um tratamento para a produção de nanofibrilas celulósicas mais cristalinas. As nanofibrilas produzidas com o tratamento anaeróbio líquido (AD-sobrenadante) apresentaram uma variação na estabilidade térmica quando comparadas ao controle. Sendo de suma importância analisar onde essas nanofibrilas serão aplicadas uma vez que a estabilidade térmica em condições de elevado cisalhamento tais como condições de extrusão, pode desnaturar severamente as ligações inter e intra-

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

moleculares das nanofibrilas de celulose, diminuindo suas propriedades físicas e mecânicas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela CAPES, CNPq e FAPEMIG. Agradecemos também ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), aos Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira (PPGCTM) e de Engenharia de Biomateriais (PPGBIOSMAT) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUFALINO, L. et al. New products made with lignocellulosic nanofibers from Brazilian amazon forest. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 64, n.6, p. 1–5, 2014.

CAO, Y., TAN, H. Structural characterization of cellulose with enzymatic treatment. Journal of Molecular Structure, v. 705, n. 4, p. 189-193, 2004.

CORRÊA, A, C. Preparação de nanofibras de celulose a partir de fibras de curauá para desenvolvimento de nanocompositos poliméricos com EVA. 2010. 153 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

FONSECA, C.S et al. Micro/nanofibrilas celulósicas de eucalyptus em fibrocimentos extrudados. Cerne, vol.22, n.1, p. 59-68, 2016.

FUKUZUMI H. et al. Transparent and high gas barrier films of cellulose nanofibers prepared by TEMPO-mediated oxidation. Biomacromolecules, vol.10, n.2, p. 162-165, 2009.

GUIMARÃES JR, M. et al. Preparation of Cellulose Nanofibrils from Bamboo Pulp by Mechanical Defibrillation for Their Applications in Biodegradable Composites. Nanoscience and Nanotechnology, v. 15, n. 1, p. 1–18, 2015.

GUIMARÃES, M. et al. Starch/PVA-based nanocomposites reinforced with bamboo nanofibrils. Industrial Crops and Products, v. 70, n. 4, p. 72–83, 2015.

HABIBI, Y. et al. Cellulose nanocrystals: Chemistry, self-assembly, and applications. Chemical Reviews, v. 110, n. 6, p. 3479–3500, 2010.

HASSAN, M. L. et al. Nanofibers from bagasse and rice straw: Process optimization and properties. Wood Science and Technology, v. 46, n. 1–3, p. 193–205, 2012.

HENRIKSSON, M. et al. An environmentally friendly method for enzyme-assisted preparation of microfibrillated cellulose (MFC) nanofibers. European Polymer Journal, v. 43, n. 8, p. 3434–3441, 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

HUBBE, M.A. et al. Cellulosic nanocomposites: a review. *BioResources*, v. 3, n. 6, p. 929-980, 2008.

LUU, W. T. et al. Application of nanofibrillated cellulose as a paper surface treatment for inkjet printing. *PAPERCON*, 2010, Covington. Disponível em: <<http://www.tappi.org/PageNotFound/?aspxerrorpath=/Downloads/Conference-Papers/2011/2011-PaperCon-Conference/11PAP34.aspx>>. Acesso em: 08 fev. 2017.

MEYABADI, T. F., DADASHIAN, F. Optimization of enzymatic hydrolysis of waste cotton fibers for nanoparticles production using response surface methodology. *Fibers and Polymers*, v.13, n. 2, p. 313-321, 2012.

PÄÄKKÖ, M. et al. Enzymatic hydrolysis combined with mechanical shearing and high-pressure homogenization for nanoscale cellulose fibrils and strong gels. *Biomacromolecules*, v. 8, n.1, p. 1934–1941, 2007.

SPENCE, K.L. et al. A comparative study of energy consumption and physical properties of microfibrillated cellulose produced by different processing methods. *Cellulose*, v.18, n. 6, p. 1097-1111, 2011.

SUKUMARAN, R. K. et al. Cellulase production using biomass feed stock and its application in lignocellulose saccharification for bio-ethanol production. *Renewable Energy*, v. 34, n. 2, p. 421-424, 2009.

TONOLI, G. H. D. et al. Properties of cellulose micro/nanofibers obtained from eucalyptus pulp fiber treated with anaerobic digestate and high shear mixing. *Cellulose*, v. 23, n. 2, p. 1239–1256, 2016.

TONOLI, G. H. D. et al. Cellulose micro/nanofibres from Eucalyptus kraft pulp: Preparation and properties. *Carbohydrate Polymers*, v. 89, n. 1, p. 80- 88, 2012.

VARTIAINEN, J. et al. Health and environmental safety aspects of friction grinding and spray drying of microfibrillated cellulose. *Cellulose*, v.18, n. 2, p.775-786, 2011.

WANG, B., SAIN, M. Dispersion of soybean stock-based nanofiber in plastic matrix. *Cellulose nanocomposites: Processing, characterization and properties*. Washington, DC: American Chemical Society. ACS Symposium Series, v. 938, p. 256, 2006.

WYMAN, C. et al. Hydrolysis of Cellulose and Hemicellulose. *Polysaccharides: structural diversity and functional versatility*, v.14, n. 1, p. 995–1033, 2004.

YU, Y. et al. Some recent advances in hydrolysis of biomass in hot-compressed water and its comparisons with other hydrolysis methods. *Energy and Fuels*, v. 22, n.1, p. 46-60, 2008.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE *Copaifera langsdorffii* Desf. ENTRE DUAS FITOFISIONOMIAS BRASILEIRAS

Alessandra de Oliveira Ribeiro¹
Ana Carolina Maioli Campos Barbosa¹
Polliana D'Angelo Rios²
Tayrine Vieira Martins¹
Fábio Akira Mori¹
Cláudia Urbinati³

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

³ Centro de Ciências Naturais e Tecnologia / Universidade do Estado do Pará



ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE *Copaifera langsdorffii* Desf. ENTRE DUAS FITOFISIONOMIAS BRASILEIRAS

RESUMO: Objetivou-se comparar a anatomia dos elementos de vasos e fibras, do lenho de *Copaifera langsdorffii* em Floresta Estacional Semidecidual e em Cerrado *Sensu Stricto*, de três municípios do Estado de Minas Gerais. Utilizou-se discos de madeira a 0% da altura comercial provenientes do Laboratório de Projetos e Estudos em Manejo Florestal - UFLA. Foram selecionados nove discos, sendo três por município: Jequitinhonha, Salinas e Jacuí. As análises das amostras seguiram os métodos usualmente empregados em estudo de anatomia de madeiras. Os elementos de vasos fibras e raios foram observados e mensurados por meio de microscopia ótica e análise de imagem. Os dados foram analisados pela estatística descritiva, teste de normalidade e análise de variância Kruskal-Wallis. Para comparação das médias foi utilizado o teste de Dunn a $p < 0,05$. O teste de médias demonstrou que existe diferença significativa entre os municípios estudados. Os resultados obtidos evidenciam que as fitofisionomias estudadas influenciaram na estrutura anatômica do lenho de *C. langsdorffii*. Os indivíduos do cerrado, que crescem em solo arenoso e estão submetidos a temperaturas mais elevadas e índice pluviométrico mais baixo, apresentam elementos de vaso de menor diâmetro e mais frequentes; fibras mais longas com paredes mais espessas e raios mais longos e largos. Os indivíduos de *C. langsdorffii* presentes na fitofisionomia cerrado investem mais na segurança da condução hídrica e apresentam maior condução radial observado pela maior altura e largura dos raios, o que supre o câmbio no início do período de atividade.

Palavras-chave: copaíba, anatomia ecológica, Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado *Sensu Stricto*.

Comparative wood anatomy of *Copaifera langsdorffii* Desf. BETWEEN TWO BRAZILIAN VEGETABLES

ABSTRACT: The objective of this study was to compare the anatomy of the vascular and fiber elements of the *Copaifera langsdorffii* wood in the Semidecidual Seasonal Forest and Cerrado *Sensu Stricto*, from three municipalities in the State of Minas Gerais. Wood discs at 0% of the commercial height were used from the Laboratory of Projects and Studies in Forest Management - UFLA. Nine records were selected, three of them by municipality: Jequitinhonha, Salinas and Jacuí. The analysis of the samples followed the methods usually employed in the study of wood anatomy. The elements of fiber vessels and rays were observed and measured by means of optical microscopy and image analysis. Data were analyzed by descriptive statistics, normality test and Kruskal-Wallis analysis of variance. Dunn's test was used to compare the means at $p < 0.05$. The means test showed that there is a significant difference between the studied municipalities. The results obtained evidenced that the phytophysognomies studied influenced the anatomical structure of *C. langsdorffii* wood. The cerrado individuals, which grow in sandy soil and are submitted to higher temperatures and lower rainfall, have smaller and more frequent vessel elements; Longer fibers with thicker walls and longer, wider radii. The individuals of *C. langsdorffii* present in the cerrado physiognomy invest more in the safety of the water conduction and present greater radial conduction observed by the greater height and width of the rays, which supplies the exchange at the beginning of the period of activity.

Key words: copaiba, ecological anatomy, Semidecidual Seasonal Forest, Cerrado *Sensu Stricto*.



1. INTRODUÇÃO

A espécie de *Copaifera langsdorffii* Desf., popularmente conhecida como copaíba, pau d'óleo, bálsamo e cuaúva, tem um elevado valor econômico e ecológico, é uma árvore pertencente à família das Fabaceae, sendo distribuída em quase todo território brasileiro (LORENZI, 1997).

De acordo com seus aspectos ecológicos, a *Copaifera langsdorffii* é encontrada na região Amazônica e nos vários biomas do Estado de Minas Gerais (RESENDE et al., 2003). Ocorre tanto em floresta primária, como em formações secundárias, sendo característica das formações de transição do Cerrado para Floresta Estacional Semidecidual (LORENZI, 2000). É uma espécie secundária tardia a clímax, caracterizando-se como heliófita tolerante a sombra. (SALGADO et al., 2001).

Diante da adaptação em fisionomias distintas, a espécie permite estudos que investiguem a contribuição do ambiente na formação do lenho, sobretudo na variação dos elementos de vasos e fibras, vistos que estes parâmetros são influenciados por alterações na precipitação, temperatura, latitude (BAAS e CARLQUIST 1985; MARCATI et al., 2001; LUCHI, 2004). Em especial, com base em informações quantitativas dos elementos de vaso pode-se encontrar relações entre a disponibilidade de água e sua influência na segurança e/ou eficiência no transporte de água dessa angiosperma, dentre outros fatores.

Na última década, os estudos sobre a anatomia que comparam esse tipo de adaptação apresentam-se crescentes e inúmeros trabalhos foram publicados, como os realizados por Alves e Angyalossy-Alfonso, (2000), Marcati et al., (2001); Luchi, (2004) e Romeiro, (2010).

Contudo, considerando o elevado número de trabalhos com anatomia comparada, ainda há escassez frente às diversas fisionomias. Com a finalidade de se obter um melhor entendimento ecológico e fisiológico, o trabalho teve como objetivo comparar a anatomia dos elementos de vasos, raios e fibras do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. em Floresta Estacional Semidecidual e em Cerrado *Sensu Stricto*, de três municípios do Estado de Minas Gerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas árvores de *Copaifera langsdorffii* provenientes de amostras obtidas do Inventário Florestal de Minas Gerais, arquivado no Laboratório de Projetos e Estudos em Manejo Florestal – LEMAF, da Universidade Federal de Lavras. Foram selecionadas três árvores para três municípios distintos: Jequitinhonha e Salinas (nordeste), e Jacuí (sudoeste) (Tabela 1), totalizando nove árvores amostradas (Figura 1).

Tabela 1 Caracterização das três áreas de estudos de *Copaifera langsdorffii*.

Dados Gerais	Jequitinhonha	Salinas	Jacuí
Região Geográfica	Nordeste	Nordeste	Sudoeste
Latitude	08°35' S	07°11' S	29°44' S
Longitude	37°14' W	35°58' W	50°50' W
Altitude	1200	1098	870
Solo	argiloarenoso	arenoso	argiloarenoso
Fisionomia	Semidecídua	Cerrado	Semidecídua



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Dados climatológicos

Temperatura média anual (°C)	22,9	23,3	19,5
Insolação total anual (h)	2.768,4	2.224,0	2.244,6
Evaporação total potencial (mm)	1.828,3	1.417,4	0.983,0
Umidade relativa média anual (%)	0.089,6	0.062,7	0.076,0
Precipitação média anual (mm)	0.894,2	0.902,7	1.347,4

Fonte: DNMET

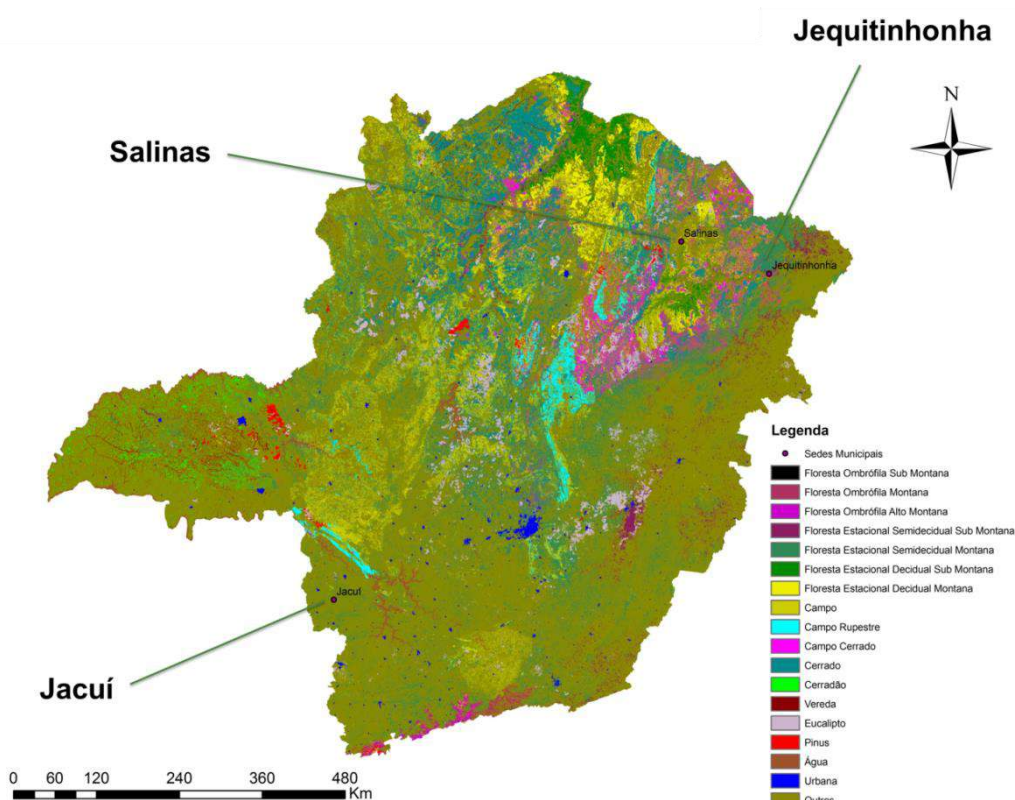


Figura 1 Mapa de vegetação do Estado de Minas Gerais, com a localização dos municípios de Jequitinhonha, Salinas e Jacuí.

Dessas árvores retiraram-se discos de 2,5 cm de espessura na base do lenho, a 0% da altura comercial, pelo fato dos discos terem sido usados primeiramente no estudo de dendrocronologia. Devido ao fato da espécie em estudo ser de difícil visualização dos anéis de crescimento e por não possuir diferenciação entre cerne e alborno a olho nu, optou-se por retirar corpos de prova no sentido da medula até a casca, para obtenção de uma média geral do sentido radial. Utilizou-se uma serra fita, para a obtenção de corpos de prova de dimensões 2 x 1,5 x 2 cm, conforme Figura 2.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



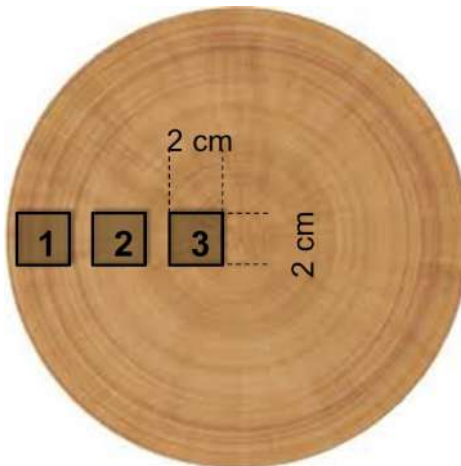


Figura 2 Esquema da retirada dos corpos de prova dos discos de madeira de *Copaifera langsdorffii*.

2.3 Preparo das lâminas histológicas e dissociação do lenho

Após a confecção dos corpos de prova, os mesmos foram aplainados com estilete nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial para melhor visualização das estruturas anatômicas. Os cortes histológicos foram realizados no micrótomo de deslize com espessura de 15 μ m. Posteriormente foram clarificados com hipoclorito de sódio 50%, em seguida lavados em álcool 20% e corados com safranina aquosa 1% (BUKATSCH, 1972), para o contraste das estruturas celulares. Após a coloração, os cortes foram desidratados em série graduais de concentração hidroalcolicas (20% - 50% - 70% - 80% - 90% - 100%). A fixação do corante foi feita com acetato de butila e as lâminas foram montadas permanentemente em resina sintética Entellan® (Kraus e Arduim 1997).

As mensurações foram realizadas utilizando fotomicrografias das lâminas obtidas como uso de câmera digital da marca pixelink, com 3 Mega pixels, acoplada ao microscópio da marca Olympus. As mensurações foram realizadas através do software analisador de imagem "Wincell", obtendo-se de forma direta seus comprimentos, larguras e diâmetros de lume e indiretamente suas espessuras de parede celular.

A descrição microscópica dos elementos de vasos e fibras da madeira foi realizada a partir da dissociação do lenho (maceração). Foram retirados pequenos fragmentos de lenho de cada corpo de prova e dissociados segundo o método Franklin (1945), modificado por Berlyn e Miksche (1976), com a adição de solução macerante de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio, 1:1. em tubos de ensaio, onde foram levados para estufa a 60°C, por um período de 24h. A solução macerante foi removida com a lavagem em água, para posterior coloração com safranina a 1%. A montagem de lâminas provisórias foi realizada em solução aquosa de glicerina (1:1).

Após a montagem das lâminas realizou-se as análises em microscopia de luz. Os parâmetros anatômicos quantitativos analisados foram: comprimento dos elementos de vasos (μ m), diâmetro dos vasos (μ m), frequência de vasos (n° de vasos/ mm^2); comprimento das fibras (μ m), diâmetro do lume das fibras (μ m), espessura da parede das fibras (μ m); comprimento dos raios (mm), largura dos raios (μ m) e frequência de raios (n° de raios/mm). Foram mensurados 50 vasos, raios e fibras por lâmina. Os tipos celulares do lenho, bem como a variação de suas formas e dimensões, foram descritos quantitativamente com o



auxílio das recomendações propostas pela Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas - COPANT (1974) e IAWA-“List of Microscopic Features of Hardwood Identification” (IAWA Committee, 1989).

2.4 Análise estatística

De forma preliminar realizou-se o teste de homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett, a 5% de significância) e de normalidade (teste Shapiro-Wilk, a 5% de significância). Como os dados não atenderam a distribuição normal adotou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis nas análises anatômicas, posteriormente para comparação das médias foi realizado o teste de Dunn a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de médias demonstrou que existem diferenças anatômicas significativas entre os municípios estudados (Tabela 2). Os municípios com Floresta Estacional Semidecidual, Jequitinhonha e Jacuí, foram semelhantes apesar da distância geográfica. Apenas Salinas (cerrado) diferiu dos demais em relação aos elementos de vasos com maiores valores de comprimento e frequência e menor diâmetro, contribuem para um melhor fluxo hídrico, este fato pode ainda ser explicado pelo fato do cerrado ser um domínio mais xérico em virtude da composição do solo, da baixa precipitação e das médias de temperaturas mais elevadas (Tabela 1).

Alves et al. (2000) relataram que vasos mais numerosos com menores diâmetros são formados no lenho das árvores, sob estresse ambiental. Além disso, vasos com menor diâmetro e em maior frequência garantem maior segurança na condução à medida que diminuem a chance de rompimento da coluna de água, bem como as bolhas ao se formarem dissolvem-se com facilidade por terem dimensões menores (BAAS; WHEELER, 2011).

Para as dimensões das fibras, a fitofisionomia cerrado apresentou maiores valores de comprimento e espessura de parede, quando comparados com a Floresta Estacional Semidecídua. Carlquist (1988) relata que as dimensões das fibras estão diretamente relacionadas com as genéticas e ontogenéticas do vegetal, assim como fatores externos. Neste sentido, a constância do turgor da inicial cambial durante a diferenciação e com estímulo da auxina, a fibra tenderá a crescer tanto em comprimento quanto em diâmetro. Em trabalhos realizados por Ceccantini (1996) demonstrou uma correlação negativa entre diâmetro e comprimento de fibras, indicando que, dependendo do ecossistema, o favorecimento do crescimento da fibra pode ser direcionado para o comprimento ou para o diâmetro. Entretanto, Chimelo e Mattos-Filho (1988) concluíram que fibras mais curtas ocorrem em ambientes mais secos, diferindo do resultado deste trabalho. O diâmetro do lume da fibra, não apresentou diferença estatística entre as áreas estudadas.

Quanto a variável comprimento e largura dos raios observaram-se maiores valores também na fitofisionomia cerrado. Alguns estudos indicam tendência de raios mais altos em espécies de ambientes mais xéricos (BAAS 1973; LUCHI 2004; LUCHI et al. 2005). Em relação à largura dos raios, Luchi et al. (2005); Bosio et al. (2010) relataram a presença de raios mais largos em ambientes com menor disponibilidade hídrica. Alves & Angyalossy-Alfonso (2002) afirmam que a presença de raios mais largos em ambientes mais xéricos, está ligada à eficiência no transporte radial do floema para o xilema, sendo este transporte de grande importância para fornecer metabólitos para o câmbio no início do período de atividade. A variável frequência de raios não apresentou diferença estatística entre as áreas estudadas, podendo indicar que essa variável não representa adaptações da espécie a



diferentes ambientes. Zhong et al. (1992) também não encontraram relação entre a frequência dos raios e parâmetros ambientais.

Tabela 2. Comparação das médias pelo teste de Dunn a $p < 0,05$ e coeficiente de variação dos parâmetros anatômicos analisados.

Parâmetro	Fitofisionomia	Município	Média	CV (%)
Comprimento dos elementos de vaso (μm)	Cerrado	Salinas	239,93 b	32
		Jequitinhonha	223,72 a	34
		Jacuí	218,51 a	30
Diâmetro de vaso (μm)	Cerrado	Salinas	89,07 b	25
		Jequitinhonha	111,07 a	27
		Jacuí	100,69 a	23
Frequência de vaso (mm^2)	Cerrado	Salinas	5,68 a	28
		Jequitinhonha	2,90 b	22
		Jacuí	2,27 b	21
Comprimento de fibra (μm)	Cerrado	Salinas	985,63 a	23
		Jequitinhonha	911,75 b	22
		Jacuí	931,58 b	23
Diâmetro do lume da fibra (μm)	Cerrado	Salinas	15,52 a	31
		Jequitinhonha	15,29 a	29
		Jacuí	14,62 a	28
Espessura da parede de fibra (μm)	Cerrado	Salinas	4,03 a	36
		Jequitinhonha	3,65 b	38
		Jacuí	3,27 c	31
Comprimento dos raios (mm)	Cerrado	Salinas	545,97 a	26
		Jequitinhonha	345,97 b	23
		Jacuí	413,27 b	32
Largura dos raios (μm)	Cerrado	Salinas	56,63 a	29
		Jequitinhonha	42,67 b	33
		Jacuí	38,95 b	18
Frequência de raios (mm^2)	Cerrado	Salinas	6,98 a	27
		Jequitinhonha	6,67 a	34
		Jacuí	6,23 a	32

Para as localidades estudadas, as seguintes características anatômicas foram observadas: camadas de crescimento distintas (Figuras 3A e 1B), delimitadas predominante pelo parênquima marginal e, na localidade de Jequitinhonha raramente pelo espessamento da parede das fibras, visto em seção transversal.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

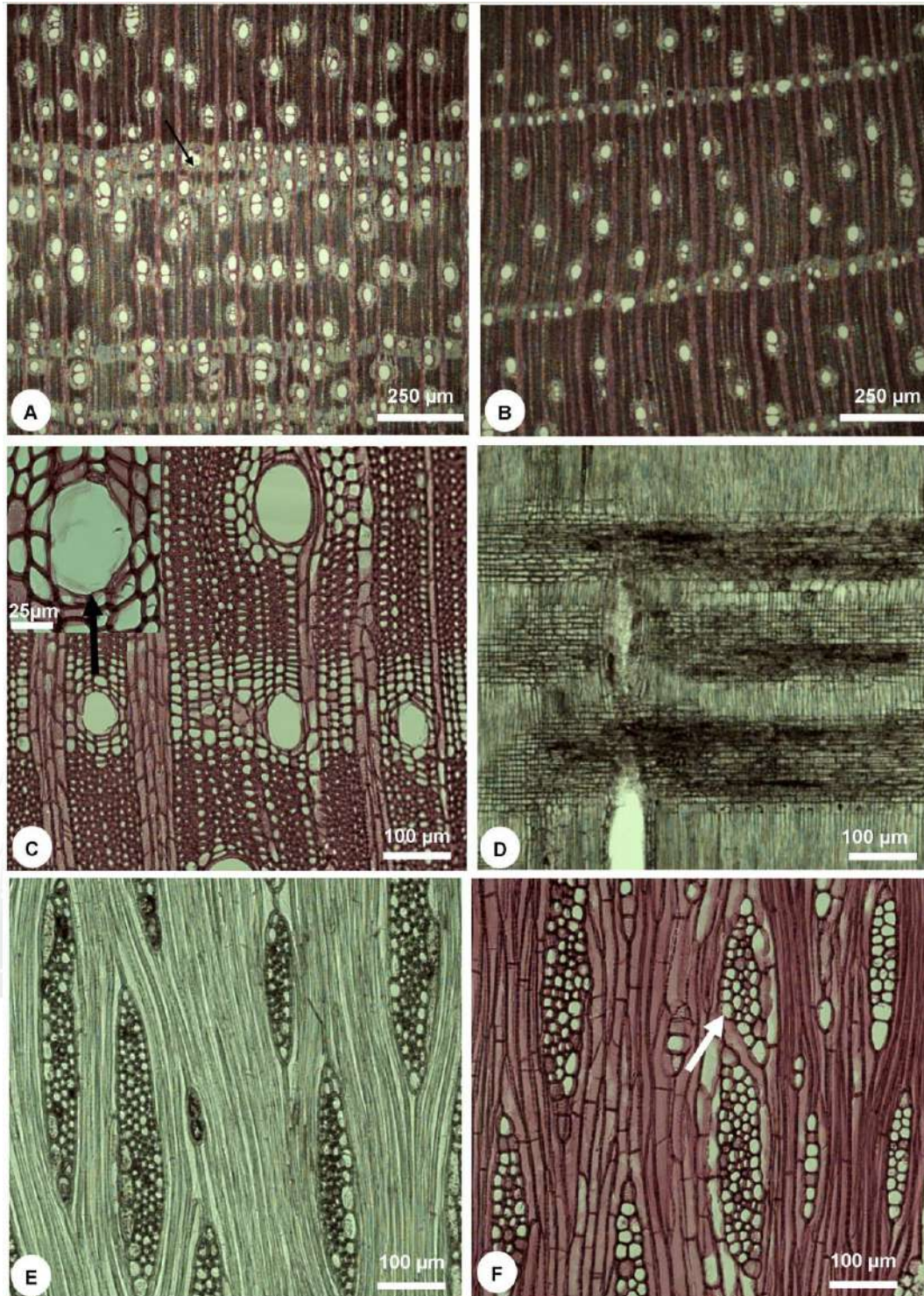


Figura 3. *Copaifera langsdorffii*. Seção transversal. 3A Jacuí, 3B e 3C Salinas. Camada de crescimento demarcada por faixa de parênquima marginal, com canais axiais (seta preta) 3D Salinas. Seção radial. (células procumbentes) Seção tangencial. 3E Jequitinhonha (raios com células envolvidas) e 3F Salinas (seta branca raios agregados).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Porosidade do tipo semi-porosos foram observados delimitando os anéis em indivíduos de *Copaifera langsdorffii* localizados em Jacuí (Figura 3A), enquanto que em Salinas observou-se a porosidade difusa (Figura 3B). A espécie presente nas três fitofisionomias apresenta placa de perfuração simples, pontoções intervasculares alternas. Pontoções raio-vasculares com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares em tamanho e forma. As fibras são do tipo libriformes com pontoações simples, espessas; parênquima axial marginal ou simulando faixas marginais e paratraqueal aliforme de extensão losangular curta. Canais axiais foram observados em longas linhas tangenciais, em secção transversal, sempre associadas ao parênquima marginal (Figura 3C seta preta).

Corpo dos raios constituído predominantemente por células procumbentes (Figura 3D), com uma fila de células marginais eretas ou quadradas. Raramente observou-se raios com duas a quatro filas de células marginais eretas ou quadradas. Os raios unisseriados são constituídos exclusivamente por células eretas ou quadradas. Células envolventes (Figura 3E) são comumente encontradas nos raios mais largos dos indivíduos analisados de Jequitinhonha. No município de Jacuí poucos foram os raios que apresentaram esta característica. Em ambas localidades, raios fusionados (Figura 3F) estavam presentes, porém em pouca quantidade.

Com base nesses resultados, a fitofisionomia pareceu ser mais determinante do que a distância geográfica, mostrando que esse trabalho deverá ser continuado para determinar os demais parâmetros anatômicos para uma melhor compreensão das estratégias adaptativas dessa espécie em diferentes ecossistemas.

4. CONCLUSÃO

O teste de médias demonstrou que existe diferença significativa entre os municípios estudados.

Os municípios com Floresta Estacional Semidecidual, Jequitinhonha e Jacuí, apresentaram características semelhantes.

Os resultados obtidos evidenciam que as fitofisionomias estudadas influenciaram na estrutura anatômica do lenho de *C. langsdorffii*. Os indivíduos do cerrado, que crescem em solo arenoso e estão submetidos a temperaturas mais elevadas e índice pluviométrico mais baixo, apresentam elementos de vaso de menor diâmetro e mais frequentes; fibras mais longas com paredes mais espessas e raios mais longos e largos.

Os indivíduos de *C. langsdorffii* presentes na fitofisionomia cerrado investem mais na segurança da condução hídrica e apresentam maior condução radial observado pela maior altura e largura dos raios, o que supre o câmbio no início do período de atividade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species. 1. Growth rings and vessels. IAWA Journal, v. 21, n. 1, p. 3-30, 2000.

BAAS, P. The anatomy of Ilex (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. Blumea 21: 193-258, 1973.

BAAS, P.; CARLQUIST, S. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. IAWA Bull. v. 4, p. 141-157, 1985.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BAAS, P.; WHEELER, E. A. Wood anatomy and climate change. In: HODKINSON, T. R.; JONES, M. B.; WALDREN, S.; PARNELL, J. A. N. Climate change, ecology and systematics. Cambridge: Cambridge University Press. p. 141-155, 2011.

BERLYN, G. P.; MIKSCH, J. P. Botanical microtechnique and cytochemistry. IOWA: State University, 1976. 326 p.

BOSIO, F., P.; SOFFIATTI, M.R.T. BOEGER. T. M. Ecological wood anatomy of *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) in three vegetation types of Paraná state, Brazil. IAWA Journal, 31: 179—190, 2010.

BUKATSCH, F. Bemerkungen zur doppelfärbung astrablau-safranin. Mikrokosmos, Stuttgart, 61: 33—36, 1972.

CARLQUIST, S. Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspects of Dicotyledon Wood. 1 Ed. Springer. Santa Barbara, 1988.

CECCANTINI, G. Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

CHIMELO, J. P.; MATTOS-FILHO, A. Observações preliminares na estrutura da madeira de cinco espécies de folhosas de diferentes locais do Brasil. International Union of Forest Research Organizations, São Paulo, 1998.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. Madeiras, descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira; angiosperma, dicotiledôneas. Rio de Janeiro, 1974. 15 p.

FRANKLIN, G.L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. Nature, 51(1): 39-24, 1945.

IAWA COMMITTEE. List of microscope features for hardwood identification. IAWA Bull., Leiden, v. 10, n. 3, p. 221-259, 1989.

KRAUS, J.E.; M. ARDUIN. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica, Rio de Janeiro, 1997.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Ed. *Plantarum*, Nova Odessa. v.1, 352p, 1997.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 3 ed. Instituto *Plantarum*, Nova Odessa, 168p, 2000.

LUCHI, A.E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. Revista Brasileira de Botânica 27:271-280, 2004.

LUCHI A.E., SILVA, L.C.P.; MORAES, M.A. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. em áreas de cerrado e de plantação de *Pinus elliottii* Engelm. Revista Brasileira de Botânica. 28: 809-820, 2005.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MARCATI, C.R.; ANGYALOSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 311-320, 2001.

RESENDE, J.C.F.; KLINK, C.A.; SCHIAVINI, I. Spatial heterogeneity and its influence on *Copaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpiniaceae). *Braz. Arch. Biol. Technol.*, Curitiba, v.46, n.3, p.405-414, 2003.

ROMEIRO, D.; LONGUI, E.L.; AGUIAR, O.T.; MELO, A.C.G, LIMA, I.L; FLORSHEIM, S.M.B. Variação nos elementos de vaso e índices ecológicos no lenho de *Luehea divaricata* Mart. e *Luehea grandiflora* Mart. e Zucc. em diferentes tipos de vegetação. *IF Sér. Reg.*, São Paulo, n. 42, p. 175-181, jul. 2010.

SALGADO, MAS; REZENDE, AV; FELFILI, JM; FRANCO, AC; SOUSA-SILVA, JC. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. submetidas a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. *Bras. Florestal*, N. 70. 2001.

ZHONG, Y., P. BAAS, E.A. WHEELER. Wood anatomy of trees and shrubs from china. IV. Ulmaceae. *IAWA Bulletin*. n.s. 13: 419--453. 1992.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANATOMIA DA CASCA DE *Myrceugenia euosma* (Myrtaeace) EM UM GRADIENTE ALTITUDINAL DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Marcela Blagitz¹
JEIMY BLANCO FLOREZ¹
Daniella Del Castanhel Kniess²
Rodrigo Buss¹
Juliana Andrade Rodrigues¹
Pedro Higuchi¹
Teresa Quilhó Santos³
Polliana D'Angelo Rios⁴

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina

² Universidade do Estado de Santa Catarina - Departamento de Engenharia Florestal.

³ Instituto Superior de Agronomia / Universidade de Lisboa

⁴ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANATOMIA DA CASCA DE *Myrceugenia euosma* (Myrtaeae) EM UM GRADIENTE ALTITUDINAL DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Resumo: Variações na altitude implicam em diferenças climáticas e edáficas entre ambientes. Estas diferenças podem modificar a estrutura anatômica dos tecidos vegetais. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar se existem diferenças anatômicas na casca de *Myrceugenia euosma* em ambientes de diferentes altitudes. Três fragmentos da Floresta Ombrófila Mista em diferentes altitudes: 840 m (altitude 1); 1340 m (altitude 2); e 1603 m (altitude 3) foram selecionados para o estudo. Em cada ambiente foram escolhidos três indivíduos de *M. euosma* de onde foram retiradas amostras da casca do caule (1.3 m do solo) pelo método não destrutivo. Técnicas usuais em anatomia vegetal foram utilizadas para confecção lâminas histológicas. A distribuição das células condutoras e do parênquima axial, a composição do esclerênquima e os raios foram semelhantes nos ambientes, portanto apresentam caráter taxonômico. Diferenças foram observadas na estrutura do tecido de revestimento e no arranjo do esclerênquima do floema. Alguns indivíduos apresentaram periderme única e outros, ritidoma, isso pode estar associado à manipulação da amostra que rompeu essa região da casca, bem como pode ser atribuído à característica esfoliante da casca de espécies de Myrtaeae. O arranjo do esclerênquima indicou uma menor quantidade deste tecido nas altitudes 2 e 3. Isto pode estar associado a menor disponibilidade de nutrientes nestes locais, que faz com que o espessamento da parede celular de células da casca tenha baixa prioridade, refletindo em menor quantidade de esclerênquima. Estes resultados indicam que diferenças anatômicas ocorrem na casca de *M. euosma* em ambientes que diferem em altitude.

Palavras-chave: floema secundário; ritidoma; periderme; Mata Atlântica

BARK ANATOMY OF *Myrceugenia euosma* (Myrtaeae) IN AN ALTITUDINAL GRADIENTE OF MIXED OMBROPHILOUS FOREST

Abstract: Altitudinal variation implies differences on climatic and edaphic features in environments. These differences modify anatomical structure of plant tissues. Thus, the goal of this study was to verify if there are anatomical differences in bark structure of *Myrceugenia euosma* from environments that differ in altitude. Three remnants of Mixed Ombrophylous Forest located in different altitude: 840 m (altitude 1); 1340 (altitude 2); and 1603 m (altitude 3) were selected for this study. Three individuals of *M. euosma* were chosen in each environment and stem bark samples were collected (nearly 1.30 m above ground) using non-destructive method. Usual techniques in plant anatomy were used to make histological slides. The conducting cells and axial parenchyma distribution, the composition of sclerenchyma and the rays were similar among environments, therefore presenting taxonomic importance. Differences were observed in dermal tissue and in sclerenchyma arrangement of phloem. Some individuals had a single periderm and others had a rhytidome, and it may be associated with the manipulation of samples that broken this region of the bark, as well as it can be attributed to the exfoliating bark of Myrtaeae. The sclerenchyma arrangement indicated a lower amount of this tissue in altitudes 2 and 3. It may be associated with lower nutrients of the soil in these environments, getting a low priority of wall thickening of bark cells. These results indicate that anatomical differences occur in the bark of *M. euosma* in environments that differ in altitude.

Keywords: secondary phloem; rhytidome; periderm; Atlantic Rain Forest

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária é um tipo particular florestal da Mata Atlântica (OLIVEIRA-FILHO e FONTES, 2000) e constitui a principal vegetação no Brasil meridional, principalmente em regiões de Planaltos do Sul do Brasil (KLEIN, 1960). É uma vegetação heterogênea e apresenta quatro formações distintas de acordo com a altitude: aluvial, próximos aos rios; submontana, de 50 a 400 m de altitude; montana, de 400 m até 1000 m de altitude e alto-montana, com altitudes superiores a 1000 m (VELOSO et al., 1991).

Essa variação na altitude implica em diferenças nas características climáticas e edáficas em cada local. Em regiões mais elevadas de florestas ombrófilas, há uma redução na temperatura média mensal, aumento na velocidade de ventos, aumento da precipitação e a formação de uma cobertura nebulosa frequente (RODERJAN, 1994). Os solos tendem a ser rasos, com profundidade raramente superior a 50 cm, e comumente há afloramento de rochas (RODERJAN, 1994), bem como podem ser mais úmidos, muitas vezes saturados em água e com elevado teor de matéria orgânica (PORTES, 2000). Assim, podem ocorrer variações nas características ambientais dependendo da altitude considerada.

Sob a influência de diferentes fatores ambientais, as plantas podem modificar características morfológicas e anatômicas, permitindo sua sobrevivência em ambientes distintos (SULTAN, 2003). Considerando a altitude, em ambientes mais próximos ao nível do mar foram verificados para folhas de *Miconia sellowiana* Naudin (Melastomataceae), caracteres relacionados a ambientes méxicos; já para ambientes de maior altitude, verificou-se características xéricas, pois, embora houvesse uma maior disponibilidade de chuvas, um solo raso e com baixa capacidade de retenção de água e uma maior intensidade luminosa promoveriam características que conservam a água nas folhas, sendo portanto adaptações a estes locais (BOEGER et al., 2008).

Estudo com o xilema secundário, ainda em *Miconia sellowiana*, corroborou a tendência encontrada para folhas, uma vez que caracteres considerados xéricos para o xilema secundário foram descritos em ambientes de elevada altitude e caracteres méxicos para locais de menor altitude (BOSIO et al., 2010). Ademais, certas tendências do xilema secundário de diversas espécies já foram verificadas para ambientes que diferem quanto a altitude, e normalmente há uma redução da dimensão dos tipos celulares deste tecido em regiões de elevada altitude (BAAS, 1973; VAN DER GRAFF e BAAS, 1974; VAN DEN OEVER et al., 1981). Comparando às informações existentes para a madeira, estudos que avaliam o efeito dos diferentes fatores ambientais na variação da estrutura anatômica da casca são escassos (ROTH, 1981; SCHWEINGRUBER, 2006; KOTINA et al., 2013; VERGÍLIO e MARCATI, 2017), ademais, não se sabe como a altitude e todos os fatores ambientais envolvidos possam influenciar na estrutura da casca das espécies.

Myrceugenia euosma (O.Berg) D.Legrand, popularmente conhecida como guamirim, pertence à família Myrtaceae e é uma espécie nativa e endêmica do Brasil, com ocorrência em parte do Sudeste e todo o Sul do Brasil (FLORA DO BRASIL 2020, *in prep.*), sendo representativa na Floresta Ombrófila Mista (HIGUCHI et al., 2013). Assim, neste trabalho, foi avaliado a casca de *M. euosma* em um gradiente de altitude, com o objetivo de verificar se existem diferenças anatômicas nos diferentes ambientes.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





2. MATERIAL E MÉTODOS

As três áreas de estudo são fragmentos de Floresta Ombrófila Mista e estão localizadas nos municípios de Otacílio Costa ($27^{\circ}39'0''$ S $49^{\circ}57'36''$ W), Painei ($27^{\circ}55'44''$ S $50^{\circ}06'18''$ W) e Urubici ($28^{\circ}04'27''$ S $49^{\circ}37'30''$ W), Santa Catarina, Brasil (Figura 1).



Figura 1. Localização dos municípios onde estão os fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, Santa Catarina, Brasil. ● = Otacílio Costa; ▲ = Painei; ■ = Urubici.

Os três fragmentos estão localizados ao longo de um gradiente altitudinal: Otacílio Costa (Altitude 1) está a 840 m, Painei (Altitude 2) está a 1340 m e Urubici (Altitude 3) está a 1603 m (Figura 2).

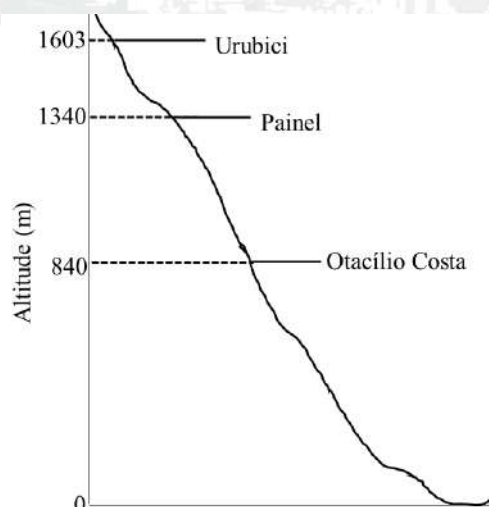


Figura 2. Perfil da Floresta Ombrófila Mista mostrando a distribuição das áreas de coleta ao longo de um gradiente altitudinal.



O clima dos três municípios onde estão localizadas as três áreas de estudo é classificado com Cfb, clima temperado úmido com verão temperado (Köppen 1948). No município de Otacílio Costa a temperatura média anual é 17 °C e a precipitação anual 1700 mm. O solo é classificado como Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2013). Nos municípios de Painel e Urubici a temperatura média anual é de 16 °C e a precipitação média anual varia entre 1200 a 1900 mm. Os solos nestes municípios são classificados como Cambissolo e Neossolo Litólico (EMBRAPA, 2013). Detalhes de algumas propriedades químicas dos solos de cada local estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de componentes químicos do solo em três municípios com gradiente altitudinal.

	Otacílio Costa* (Altitude 1 – 840 m)	Painel** (Altitude 2 – 1340 m)	Urubici*** (Altitude 3 – 1603m)
Ph	5,5	4,19	3,87
Ca ²⁺ (cmolc.dm ⁻³)	5,95	2,61	1,27
Mg ²⁺ (cmolc.dm ⁻³)	3,35	0,87	0,24
Al ³⁺ (cmolc.dm ⁻³)	0,3	5,22	6,84
P (mg.dm ⁻³)	3,95	9,63	2,02
K (mg.dm ⁻³)	103,5	77,79	100,68

*Extraído de Costa et al. (2009); ** Extraído de Higuchi et al. (2013); *** Extraído de Marcon et al. (2014).

Em cada fragmento foram selecionados três indivíduos de *M. euosma* (Figura 3) com diâmetro a altura do peito maior que 10 cm (Tabela 2), conforme recomendação de Chave (2006). De cada indivíduo foram coletadas, pelo método não destrutivo, amostras da casca no caule a altura do CAP (circunferência a altura do peito) que foram conduzidas até o Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade do Estado de Santa Catarina onde foram realizados os procedimentos anatômicos.



Figura 3. Aspectos morfológicos dos ramos (A) e do caule (B) de *Myrceugenia euosma* na Floresta Ombrófila Mista, Santa Catarina, Brasil. Fonte: Kniess (2016).



Tabela 2. Diâmetro a altura do peito (DAP) dos indivíduos amostrados.

Indivíduos	Altitude 1 (840 m)	Altitude 2 (1340 m)	Altitude 3 (1603 m)
	Otacílio Costa	Painel	Urubici
1	19,42	12,80	23,24
2	13,69	14,01	23,87
3	16,23	12,89	28,33

As amostras da casca foram reduzidas a corpos de prova de aproximadamente 1 cm³ e armazenadas em álcool 70%. Os corpos de prova foram incluídos em polietilenoglicol (PEG 1500; BARBOSA et al., 2010).

Os cortes histológicos foram realizados em micrótomo de deslizamento (10 µm) nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial. Durante o seccionamento, adesivo plástico foi utilizado sobre os corpos de prova para evitar que os cortes histológicos danificassem (BARBOSA et al., 2010). Os cortes foram corados com crisoidina e azul de astra aquosos e foram aderidos nas lâminas utilizando gelatina glicerizada de Kaiser (KRAUS e ARDUIN, 1997). As lâminas permanentes foram montadas em resina sintética (Entellan®).

A descrição anatômica da casca seguiu instruções do *IAWA List of Microscopic Bark Features* (ANGYALOSSY et al., 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A casca de *M. euosma* é constituída por floema secundário e ritidoma, ou periderme única, dependendo do indivíduo (Figura 4). A diferença encontrada na constituição do tecido de revestimento é explicada pela perda de material durante a manipulação das amostras para confecção dos cortes histológicos. Durante este processo, parte do ritidoma pode ter sido desmembrado, justificando a presença de periderme única em certos indivíduos. Deve-se lembrar também, que a casca de espécies da família Myrtaceae é do tipo esfoliante (JUDD et al., 2009), ou seja, camada mais externas são continuamente eliminadas e sempre há perda de tecido (MAZZONI-VIVEIROS e COSTA, 2013), explicando essa diferença na constituição do tecido de revestimento de *M. euosma*.

No ritidoma foram observadas de duas a três peridermes sucessivas e tecido floemático morto entre elas (Figura 4C). Na última periderme formada o felema apresenta células com formato quadrado e retangular, paredes com espessamento em “U” (Figura 5C) e algumas células do felema podem apresentar conteúdo acastanhado (Figura 4C). A feloderme é estreita (uma a três células de largura) e apresenta células com formato quadrado e retangular e espessamento na parede em “U” (Figura 5C). Felema com espessamento em forma de “U” e feloderme pouco desenvolvida foram citadas como típicas da família Myrtaceae (ROTH, 1981).

O felema de espécies da família Myrtaceae foi descrito como sendo organizado em camadas de células com espessamento da parede em “U” alternadas com uma camada de células de paredes finas (ROTH, 1981). Segundo a autora, as células com paredes finas serviriam como um “tecido de abscisão”, uma vez que haveria um rompimento na região destas células, caracterizando cascas esfoliantes. Embora neste estudo, visualmente não tenha sido observada diferença na espessura da parede das células do felema, percebe-se uma alternância de camadas de células com aspectos distintos (Figura 5C); e aquelas células que parecem apresentar coloração em tons azuis, representariam as células onde haveria o rompimento de parte do felema, como observado na Figura 5C.

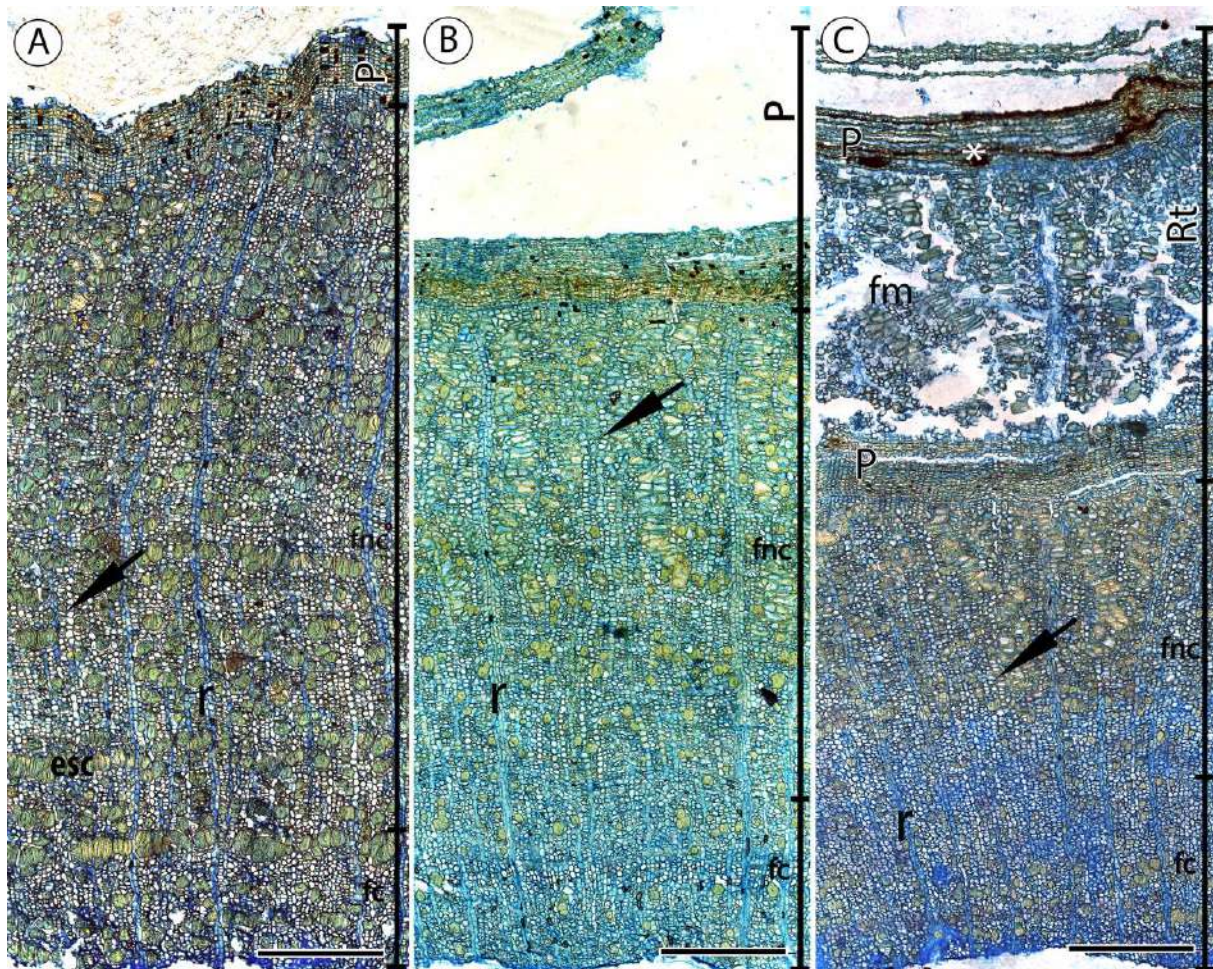


Figura 4. Aspecto geral da casca de *Myrceugenia eosma* em diferentes ambientes em plano transversal. A. Altitude 1 (840 m). B. Altitude 2 (1340 m). C. Altitude 3 (1603 m). Setas = raios unicelulares com células expandidas; asterisco = células do felema com conteúdo acastanhado; esc = faixas tangenciais de esclerênquima; fc = floema condutor; fnc = floema não condutor; fm = tecido floemático morto; P = periderme; r = raios com curso reto; Rt = ritidoma. Barras: 400 μ m.

As características das células condutoras, do parênquima axial e dos raios de *M. eosma* foram semelhantes entre os ambientes, assim, serão descritas de forma conjunta. O floema secundário é dividido em floema condutor e não condutor (Figura 5A). No floema condutor os tubos crivados são agrupados e ficam distribuídos aleatoriamente (Figura 5B). As placas crivadas são escalariformes inclinadas, constituídas por cinco a 21 áreas por placas (Figura 5D). Uma célula companheira foi observada ao lado dos tubos crivados, em plano transversal (Figura 5B). No floema não condutor, os tubos crivados e células companheiras são colapsados (Figura 5A).

O parênquima axial é difuso e difuso-em-agregado (Figura 5B). As séries do parênquima axial são compostas por cinco a oito células ou mais de oito células (Figura 5D). Cristais prismáticos foram observados nas células do parênquima axial (Figura 5D). Assim como as características da periderme (felema com espessamento em “U” e feloderme pouco desenvolvida) cristais em câmaras do parênquima axial são típicos da família Myrtaceae (ROTH, 1981; QUILHÓ et al. 1999). Destaca-se que estas são características comuns na família e são úteis na identificação de exemplares deste grupo.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

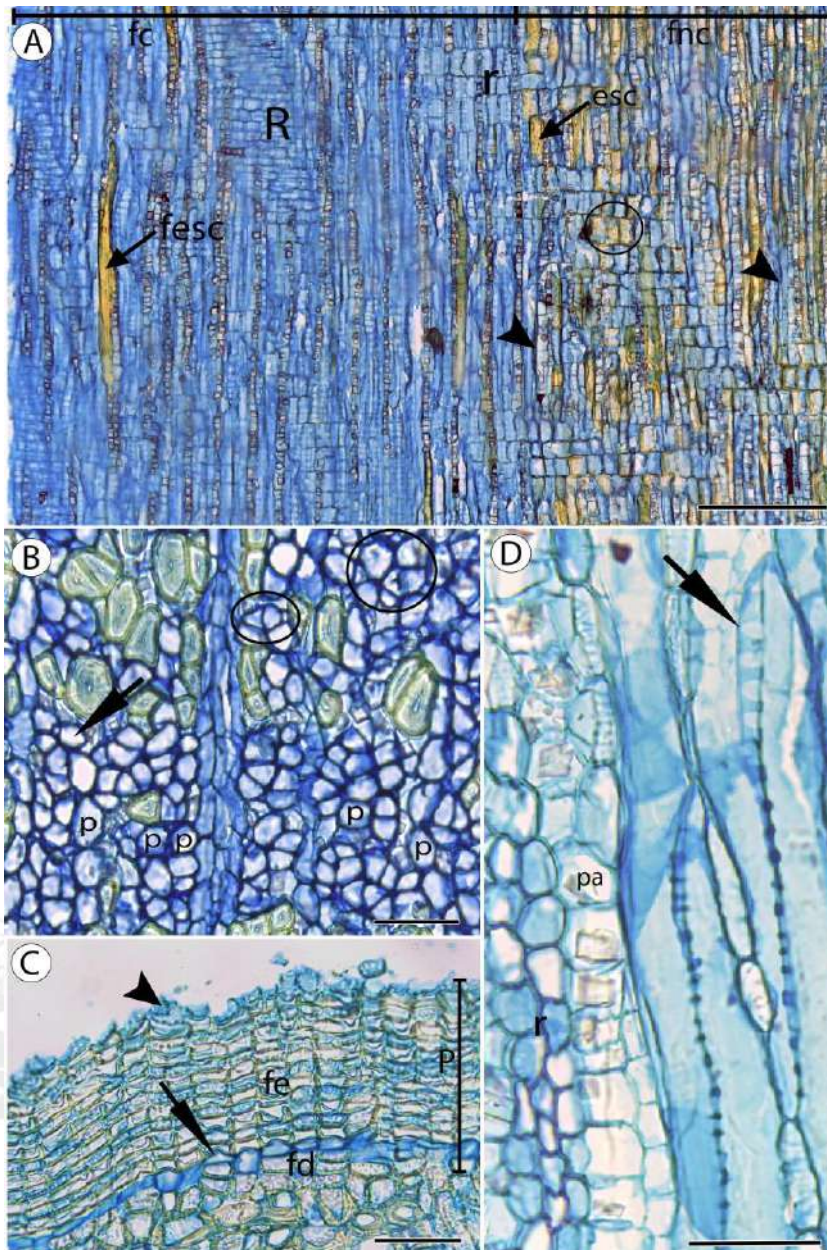


Figura 5. Aspectos qualitativos da casca de *Myrceugenia euosma*. A. Aspecto geral do floema secundário em plano longitudinal radial – Notar o floema condutor (fc) e o não condutor (fnc), onde os elementos condutores e célula companheiras estão obliterados (cabeça de setas); raios altos (R) com corpo composto por células procumbentes e duas a três camadas marginais de células quadradas ou eretas e raios baixos (r) com células quadradas e eretas misturadas; células dos raios podem se esclerificar (círculos); a presença de fibroesclereídes (fesc) e esclereídes (esc). B. Detalhe do floema condutor em plano transversal – Notar agrupamentos de tubos crivados (círculos); um tubo crivado com uma célula companheira (seta); e o arranjo difuso e difuso-em-agregado do parênquima axial (p). C. Detalhe da periderme (P) em plano transversal – Notar felema (fe) e feloderme (fd) com espessamento em ‘U’ e felogênio (seta); região de rompimento do felema (cabeça de seta). D. Detalhe do floema condutor em plano longitudinal tangencial – Notar placa escalariforme fortemente inclinada; raios estreitos (r), série do parênquima axial (p) e cristais prismáticos. Barras: A = 200 µm; B, C, D = 50 µm.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Os raios apresentam curso reto em todo o floema, e ao final do floema não condutor, as células dos raios unicelulares podem se expandir (Figura 4). Os raios são estreitos, com uma a três células de largura (Figura 5D) e heterogêneos, sendo que os raios mais altos têm o corpo composto por células procumbentes e duas a três camadas marginais de células quadradas ou eretas; e os raios mais baixos apresentam células quadradas e eretas misturadas (Figura 5A). Algumas células dos raios se esclerificam no floema não condutor (Figura 5A).

O esclerênquima é composto por fibroesclereídes no floema condutor e esclereídes e fibroesclereídes no floema não condutor (Figura 5A). O arranjo do esclerênquima variou entre os ambientes. Nas altitudes 2 (1340 m) e 3 (1603 m) as fibroesclereídes têm arranjo difuso e difuso-em-agregado no floema condutor, e arranjo difuso, difuso-em-agregado e em grupos no floema não condutor (Figura 4B, C). Na altitude 1 (840 m), além do arranjo difuso e difuso-em-agregado, o esclerênquima forma faixas tangenciais que podem ser contínuas ou descontínuas (Figura 4A). Embora não tenha sido quantificado, a presença de faixas de esclerênquima, além do arranjo difuso e difuso-em-agregado, pode indicar maior quantidade de esclerênquima no floema na altitude 1, comparado aos outros ambientes, que apresentam somente arranjo difuso, difuso-em-agregado e em grupos. Essa variação pode ser reflexo das diferentes características edáficas de cada área. Foi considerado que em locais onde os recursos para o crescimento das plantas parecem ser limitados, o espessamento da parede celular de células da casca tem baixa prioridade, refletindo em menor frequência de esclereídes (SCHWEINGRUBER, 2006). Assim, nas altitudes 2 e 3, a menor proporção de esclerênquima, devido somente ao arranjo difuso e difuso-em-agregado, pode estar associada a uma menor disponibilidade de nutrientes destes locais (Tabela 1), fazendo do esclerênquima da casca de *M. euosma* um indicador ecológico.

A porcentagem dos tecidos na casca, a dimensão dos raios e o comprimento e diâmetro dos elementos de tubo crivado são aspectos que serão considerados na continuação deste trabalho, pois, a variação destes tipos celulares, que apresentam funções determinantes, como o armazenamento de substâncias e a condução, provavelmente refletem o efeito do ambiente. Assim, resultados futuros poderão contribuir para o maior entendimento do efeito da altitude na casca de espécies da Floresta Ombrófila Mista.

4. CONCLUSÕES

A morfologia e disposição das células condutoras e do parênquima axial, a composição do esclerênquima e as características dos raios de *M. euosma* não variaram entre os ambientes, portanto apresentam potencial taxonômico e podem ser utilizados para identificação desta espécie. Já o arranjo do esclerênquima parece ser reflexo das condições edáficas em ambientes de maiores altitudes, constatando que podem ocorrer diferenças anatômicas na casca de *M. euosma* em ambientes que diferem quanto a altitude.

5. AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, processo nº. 88887.125006/2014-00) pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGYALOSSY, V. et al. 2016. IAWA List of Microscopic Bark Features. IAWA JOURNAL, v. 37, n. 4, p. 517 - 615, 2016.



BAAS, P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. *BLUMEA*, v. 21, n.2, p. 193-258, 1973.

BARBOSA, A. C. F. et al. A new method to obtain good anatomical slides of heterogeneous plant parts. *IAWA JOURNAL*, v. 31, n. 4, p. 373 – 383, 2010.

BOEGER, M. R. T. et al. Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná. *REVISTA BRASILEIRA DE BOTÂNICA*, v. 31, n. 3, p. 443 - 452, 2008.

BOSIO F. et al. Ecological wood anatomy of *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) in three vegetation types of Paraná State, Brazil. *IAWA JOURNAL*, v. 31, n. 2, p. 179 – 190, 2010.

CHAVE, J. Medição da densidade da madeira em árvores tropicais - Manual de campo. Sixth Framework Programme, Lab. Evolution et Diversité Biologique Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 2006, 7p.

COSTA, A. et al. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. *REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO*, v. 33, n. 2, p. 235 - 244, 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ª ed. Brasília, Brazil, Ed. Embrapa. 2013, 353p.

FLORA DO BRASIL 2020 - em construção. *Myrceugenia*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10638>>. Acesso em: 01 Mai. 2017

HIGUCHI, P. et al. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de floresta Ombrófila Mista Alto-Montana no município e Paineira, SC. *CIÊNCIA FLORESTAL*, v. 23, n. 1, p. 153 - 164, 2013.

JUDD, W. S. et al. Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético. 3ª ed. Porto Alegre, Brazil. Ed. Artmed. 2009, 612p.

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. *SELLOWIA*, ITAJAÍ, [s.v], n. 12, p. 17 - 44, 1960



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

KNISS, D. C. Anatomia comparada do lenho de espécies arbóreas em gradientes altitudinais de floresta ombrófila mista. 2016. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Pánuco, Mexico. Ed. Fondo de Cultura Económica. 1948, 479p.

KOTINA, E. L. et al. Notes on the taxonomic and ecological significance of bark structure in the genus *Virgilia* (Fabaceae, Podalyriaceae). SOUTH AFRICAN JOURNAL OF BOTANY, v. 89, [s.n], p. 240 – 243, 2013.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica, Brazil. Ed. Edur. 1997, 198p.

MARCON, A. K. t al. Variação florístico-estrutural em resposta à heterogeneidade ambiental em uma floresta nebulosa em Ububici, Planalto Catarinense. SCIENTIA FORESTALIS, v. 42, n. 103, p. 439 - 450, 2014.

MAZZONI-VIVEIROS, S. C.; COSTA, C. G. Periderme. In. Anatomia Vegetal. Eds. Appezato-da-Glória, S. M.; Crmelo-Guerreiro, S. M. Editora da Universidade Federal de Viçosa, 3ª ed. p. 223 – 245. 2013

OLIVEIRA-FILHO A. T.; FONTES M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. BIOTROPICA, v. 32, n., p. 793 – 810, 2000.

PORTES, M. C. G. O. Deposição de serapilheira e decomposição foliar em Floresta Ombrófila Densa Altomontana, Morro do Anhangava, Serra da Baitaca, Quatro Barras – PR. 2000. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

QUILHÓ, T. et al. Variability of bark structure in plantation-grown *Eucalyptus globulus*. IAWA JOURNAL, v. 20, n. 2, p.71 - 180, 1999.

RODERJAN, C. V. A Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Morro Anhangava, Quatro Barras, PR – aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. 1994. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

ROTH, I. Structural patterns of tropical barks. Berlin, Alemanha. Ed. Gebrüder Borntraeger. 1981, 571 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SCHWEINGRUBER, F. H. Anatomical characteristics and ecological trends in the xylem and phloem of Brassicaceae and Resedaceae. IAWA JOURNAL, v. 27, n. 4, p. 419 - 442, 2006.

SULTAN, S. E. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. EVOLUTION AND DEVELOPMENT, v. 5, n. 1, p. 25 - 33, 2003.

VAN DEN OEVER L. et al. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. IAWA BULLETIN, v. 2, n. 1, p. 3 – 24, 1981.

VAN DER GRAAFF, N. A.; BAAS, P. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude. BLUMEA, v. 22, n. 1, p. 101 – 121, 1974.

VELOSO, H. P. et al. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro, Brasil. Ed. IBGE. 1991, 124p.

VERGÍLIO, P. C. B.; MARCATI, C. R. Adaptive and diagnostic significance of the bark of *Stryphnodendron polyphyllum* (Leguminosae) from the Cerrado. AUSTRALIAN JOURNAL OF BOTANY, v. 65, n. 2, p. 157 – 171, 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANATOMIA DA MADEIRA DE ESPÉCIES COMERCIALIZADAS EM UMA SERRARIA DO MUNICÍPIO DE BENEVIDES, PARÁ

Karen da Silva¹

Wendell Vilhena de Carvalho¹

Fúvio da Silva¹

Helio Hélio Brito dos Santos Júnior¹

Thais Almada¹

Eunice Macedo²

¹ Centro de Ciências Naturais e Tecnologia / Universidade do Estado do Pará

² Universidade do Estado do Pará



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANATOMIA DA MADEIRA DE ESPÉCIES COMERCIALIZADAS EM UMA SERRARIA DO MUNICÍPIO DE BENEVIDES, PARÁ

Karen Cibelle **LAMEIRA DA SILVA**¹; Wendell Vilhena de **CARVALHO**¹; Fúvio Rubens **OLIVEIRA DA SILVA**¹; Hélio Brito dos **SANTOS JÚNIOR**¹; Thais Scarllety de Almeida **ALMADA**¹; Eunice Gonçalves **MACEDO**²

¹Graduandos em Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Pará – UEPA

²Departamento de Tecnologia da Madeira, Universidade do Estado do Pará – UEPA

Resumo: A diversidade de espécies madeireiras na região amazônica e sua alta importância econômica, aliados ao aumento da comercialização dessa atividade, acentuaram ainda mais a necessidade da correta identificação. A identificação de madeiras por práticas populares é realizada levando em conta somente as características organolépticas e, por causa disso, pode ocasionar a troca indevida de espécies e como consequência o uso inadequado. O objetivo deste estudo foi descrever as características macroscópicas das madeiras comercializadas em uma serraria localizada no Distrito de Murinin, município de Benevides, Pará. As amostras de madeira foram coletadas no resíduo e no pátio de processamento da empresa a partir dos caracteres organolépticos e por indicação dos funcionários da empresa. A identificação das espécies foi realizada de acordo com técnicas usadas para o estudo da anatomia da madeira. Foram identificados oito espécies (*Hymenolobium petraeum* Ducke, *Goupia glabra* Aubl., *Nectandra rubra* (Mez) C. K. Allen, *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev., *Pouteria oppositifolia* (Ducke) Baehni, *Bowdichia nítida* Spruce ex Benth., *Astronium lecointei* Ducke e *Vochysia máxima* Ducke) distribuídas em seis famílias botânicas. Os caracteres anatômicos macroscópicos contribuíram para a identificação das espécies, sendo que pode contribuir ainda para a identificação rápida e segura na indústria madeireira.

Palavras-chave: serraria, macroscopia, identificação.

WOOD ANATOMY OF SPECIES MARKETED IN A SAWMILL ON THE MUNICIPALITY OF BENEVIDES, PARÁ

Abstract: The diversity of timber species in the Amazon region and its high economic importance, coupled with the increased commercialization of this activity, have further accentuated the need for correct identification. The identification of wood by popular practices is carried out taking account only the organoleptic characteristics and, because of this, leading to the improper exchange of species as a consequence of improper use. The objective of this study was to describe the macroscopic characteristics of the wood commercialized in a sawmill located in the District of Murinin, municipality of Benevides, Pará. The wood samples were collected in the waste and in the processing yard of the company from the organoleptic characters and by indication of the sawmill employees. The species identification was realized according the usual wood anatomy techniques. Eight species were identified (*Hymenolobium petraeum* Ducke, *Goupia glabra* Aubl., *Nectandra rubra* (Mez) C. K. Allen, *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev., *Pouteria oppositifolia* (Ducke) Baehni, *Bowdichia nítida* Spruce ex Benth., *Astronium lecointei* Ducke e *Vochysia máxima* Ducke) distributed in six botanical families. The macroscopic anatomical characters contributed to the identification of the species, and can contribute to the rapid and safe identification in the timber industry.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Keywords: sawmill, macroscopy, identification.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de madeira tropical, sendo que mais de 90% dessa produção é proveniente do Bioma Amazônia (INSTITUTO PRÓ-NATURA, 2002). A maior parte desse crescimento ocorre no estado do Pará, devido ao seu enorme potencial florestal madeireiro de excelente qualidade. São milhares de espécies arbóreas cujas madeiras são diversificadas anatomicamente, com diferentes propriedades físicas e químicas (PAULA e ALVES, 1997).

Porém, a diversidade de espécies produtoras de madeira na região e a alta importância econômica, aliados ao aumento da comercialização dessa atividade, acentuaram ainda mais a necessidade de sua correta identificação para que tais madeiras sejam corretamente empregadas (SOARES et al., 2009).

Outro problema diz respeito à falta de pessoas especializadas no assunto e a grande quantidade de nomes vernaculares (FERREIRA e HOPKINS, 2004). Segundo Filho et al. (1983), várias amostras coletadas apresentam nomes vulgares diferentes, porém constituem a mesma espécie botânica, o que tem acarretado em problemas para consumidores do produto madeireiro que adquirem uma espécie quando trata-se de outra.

A identificação de madeiras por práticas populares é realizada levando em conta somente as características organolépticas que englobam características como: cor, brilho, odor, densidade, textura e etc. Essas características geralmente são semelhantes entre algumas madeiras. Por isso, a falta de experiência e habilidade podem levar a uma identificação errada da espécie (ZENID, 1997).

Já na identificação microscópica, são observadas características dos diversos tipos de células que constituem o lenho, suas funções, organização e peculiaridades estruturais com os objetivos de conhecer a madeira visando seu emprego correto. Bem como identificar espécies, distinguir lenhos aparentemente idênticos, prever utilizações adequadas de acordo com as suas características anatômicas, prever e compreender o comportamento da madeira no que diz respeito à sua utilização (BURGER e RICHTER, 1991).

As vantagens resultantes dessa verificação de identidade são de real importância para o comércio e indústria madeireira e o seu exame anatômico representa o único meio seguro para identificá-las, visto que no processo de transformação da árvore em madeira serrada várias de suas características, como folhas, frutos e flores são eliminadas e as características do lenho se tornam a base de identificação da espécie florestal, fornecendo aos vendedores e compradores, a necessária garantia de que carecem quanto à lisura de transação (ARAÚJO; FILHO, 1980).

Logo, a necessidade que se apresenta mais urgente em nosso meio é, sem dúvida, a exata identificação destas espécies (ARAÚJO e MATTOS, 1979; JUVENAL e MATTOS, 2002), pois o desconhecimento das espécies (anatomia, morfologia e tecnologia da madeira) tem-se mostrado como entrave na utilização e aproveitamento das madeiras Amazônicas (FERREIRA et al., 2004) e são as maiores causas do desempenho insatisfatório desse material no mercado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Este trabalho teve, portanto, objetivo de descrever as características macroscópicas das madeiras comercializadas em uma serraria localizada no Distrito de Murinin, município de Benevides, Pará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As espécies madeireiras foram coletadas em uma serraria localizada no Distrito de Murinin, Região Metropolitana de Belém-PA, sob as coordenadas 1°16'21"Se 48°19'10"W. Este é um Distrito do Município de Benevides que possui forte potencial na utilização madeireira e concentra a maioria das empresas de madeira serrada da região metropolitana.

2.2 Metodologia de coleta

Amostras de madeira foram coletadas no pátio de processamento e no resíduo da empresa a partir dos caracteres organolépticos e por indicação dos funcionários da empresa.

2.3 Preparo e confecção dos corpos de prova

No Laboratório de Anatomia e Morfologia vegetal da Universidade do Estado do Pará foram preparados os corpos de prova, com dimensões 2,0 × 2,0 × 3,0 cm (planos transversal, longitudinal tangencial e radial). Em seguida, efetuou-se o processo de lixamento das peças.

As fotomicrografias das seções transversais das amostras das madeiras foram realizadas no Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi com o auxílio de câmera digital da marca Cannon, modelo D2X, 12.2 Mega pixels, acoplada à lente NIKON AF MICRO NIKKOR 60 mm f/2.8D.

2.4 Caracterização anatômica

Para os estudos anatômicos das madeiras, seguiram-se as recomendações do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/IBAMA (1997), utilizando lupa conta fio 10x e estereomicroscópio.

Para a identificação da madeira, foram utilizadas literaturas especializadas com chaves e descrições, como: Zenid e Ceccantini (2007), Mainieri et al. (1983), Appezzato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2003), Mainieri e Chimelo (1989), Loureiro (1994), Loureiro e Silva (1968), IAWA (1989) e chave de identificação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (1983).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas oito espécies (Tabela 1) distribuídas em seis famílias botânicas. As espécies foram: *Hymenolobium petraeum* Ducke (Figura 1A), *Goupia glabra* Aubl. (Figura 1B), *Nectandra rubra* (Mez) C. K. Allen (Figura 1C), *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. (Figura 1D), *Pouteria oppositifolia* (Ducke) Baehni (Figura 1E), *Bowdichia nítida* Spruce ex Benth. (Figura 1F), *Astronium lecointei* Ducke (Figura 1G), *Vochysia máxima* Ducke (Figura 1H).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

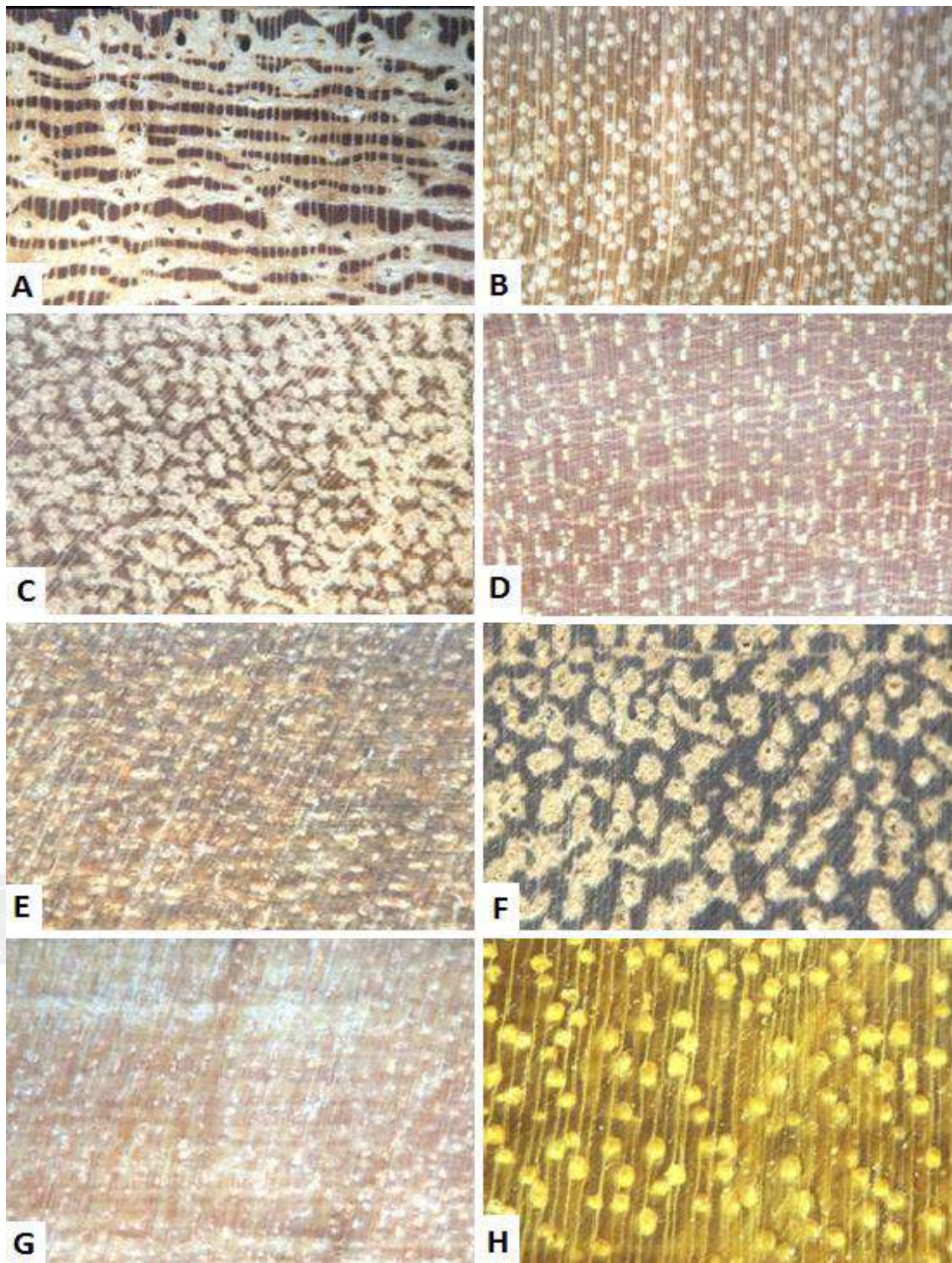


Figura 1. Fotomacrografia das espécies identificadas na serraria. (A) *Hymenolobium petraeum* Ducke. (B) *Goupia glabra* Aubl. (C) *Nectandra rubra* (Mez) C.K.Allen. (D) *Manilkara huberi*(Ducke) A. Chev. (E) *Pouteria oppositifolia* (Ducke) Baehni (F) *Bowdichia nítida* Spruce ex Benth. (G) *Astronium lecointei* Ducke (H) *Vochysia máxima* Ducke.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Lista de espécies estudadas, mostrando a família botânica, nome científico, nome vernacular e uso comercial

Família	Nome científico	Nome vernacular	Uso comercial
Fabaceae	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Angelim pedra	Construção civil e movelaria
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba	Construções externas (estruturas, postes, moirões, dormentes) e construções internas (mobiliário de madeira sólida)
Lauraceae	<i>Nectandra rubra</i> (Mez) C.K.Allen	Louro vermelho	Construção civil e movelaria
Sapotaceae	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A.Chev.	Maçaranduba	Construção civil e látex
Sapotaceae	<i>Pouteria oppositifolia</i> (Ducke) Baehni	Guajará bolacha	Construção civil
Fabaceae	<i>Bowdichia nítida</i> Spruce ex Benth.	Sucupira preta	Construção civil e naval
Anacardiaceae	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara	Construção civil e movelaria
Vochysiaceae	<i>Vochysia máxima</i> Ducke	Quaruba	Construção civil, naval e movelaria

O estudo das características organolépticas (Tabela 2) demonstrou os seguintes caracteres: a coloração foi variada; o gosto e o cheiro caracterizou-se como imperceptível na maioria, sendo que em *G. glabra* apresentou-se o gosto foi adocicado quando recém cortado e em *H. petraeum* e *G. glabra* o cheiro foi desagradável; as espécies *B. nítida*, *A. lecointei* e *V. máxima* apresentaram brilho moderado, enquanto as outras não apresentaram brilho; já quanto a grã, as espécies apresentaram mais de um tipo, sendo as mais comuns foram a direita e reversa; a textura variou entre média a grossa.

A tabela 3 demonstra os caracteres macroscópicos das espécies. As espécies apresentaram parênquima axial do tipo em faixas, aliforme e indistinto, sendo que o aliforme variou entre extensões curtas a linear. A maioria das espécies apresentaram poros visíveis a olho nu, somente *M. huberi* apresentou poro visível sob lente. A frequência dos poros variou entre 5- 20 poros/mm² a 5 poros/mm². A porosidade não apresentou diferença entre as espécies. Já predominou o tipo radial e o agrupamento houve predomínio de solitários, mas com ocorrência de múltiplos. Algumas espécies apresentaram obstrução dos poros, sendo que *A. lecointei* e *V. maxima* foi observado tilos. Foi observado camada de crescimento demarcada por zona fibrosa e por parênquima marginal. Quanto a visibilidade dos raios, as espécies variaram entre distintos e indistintos a olho nu e distintos sob lente e a estratificação, podendo ser do tipo estratificado ou não estratificados, algumas das espécies não foi possível determinar o tipo com precisão.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Hymenolobium petraeum Ducke é uma das espécies mais utilizada no processamento da serraria deste estudo para a confecção de ripas, vigas e estacas. A espécie é identificada, principalmente pelas manchas escuras na madeira (parecendo uma pedra). As descrições anatômicas estão de acordo com o estudo de Ferreira et al. (2004), no qual o mesmo trata da anatomia de vários Angelins.

Os madeireiros geralmente agrupam sob o mesmo nome comercial “maçaranduba” várias espécies (*M. huberi*, *M. paraensis*, *M. cavalcantei*, *M. bidentata* spp., *surinamensis*) e as cortam da mesma forma. Caso não haja distinção clara entre as espécies florestais nos inventários e nos manejos dessas espécies comerciais, em cerca de 30 anos não restará estoques de árvores grandes de *M. huberi* e as remanescentes serão em grande parte das outras espécies do gênero (DENDROGENE, 2004).

Os estudos anatômicos macroscópicos de *Bowdichia nítida* Spruce ex Benth. estão de acordo com os estudos macroscópicos realizados por Nisgoski et al. (2003), Gonzaga (2006), Trevisor (2011) e Soares et al. (2014).

No estudo Soares et al. (2014) sobre anatomia do lenho de cinco espécies comercializadas como “Sucupira” (dentre elas *Bowdichia nítida* Spruce ex Benth., a mesma espécie encontrada neste estudo), mostrou a importância da anatomia da madeira nos conhecimentos dos possíveis empregos a partir de indicadores técnicos e do conhecimento de suas reais possibilidades de uso. Além disso, os autores chamam atenção na semelhança entre as cinco espécies e como isso pode implicar na comercialização, na qualidade e na quantidade de madeira.

Segundo Ferreira et al., (2004) no Estado do Pará, é muito comum a comercialização de madeiras apenas pela nomenclatura popular, a qual não define a espécie botânica.

Astronium lecointei Ducke é considerada uma madeira de ampla utilização por possuir boa qualidade, sendo dura com densidade entre 950 e 1.108 Kg/m³; utilizada na confecção de tacos, na construção civil e laminado (PAULA e ALVES, 1997). Da família Vochysiaceae, a espécie *Vochysia máxima* Ducke é considerada por Paula e Alves (1997) uma espécie de madeira utilizável sendo o seu gênero, caracterizado por apresentar um parênquima axial do tipo paratraqueal, o que também foi comprovado na presente pesquisa.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Tabela 2. Características organolépticas de espécies coletadas em Serraria localizada no município de Benevides

Espécie	Cerne	Gosto	Cheiro
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Castanho claro	Imperceptível	Forte e desagradável
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Castanho amarelado	Imperceptível	Forte e desagradável
<i>Nectandra rubra</i> (Mez) C.K.Allen	Roséo acastanhado	Adocicado quando recém cortado	Imperceptível
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A.Chev.	Vermelho arroxeado	Imperceptível	Imperceptível
<i>Pouteria oppositifolia</i> (Ducke) Baehni	Castanho a marrom escuro	Imperceptível	Imperceptível
<i>Bowdichia nítida</i> Spruce ex Benth.	Marrom escuro	Imperceptível	Imperceptível
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Amarelo pardo a castanho escuro	Imperceptível	Imperceptível
<i>Vochysia máxima</i> Ducke	Rosado	Imperceptível	Imperceptível

Tabela 3. Características macroscópicas de espécies coletadas em uma Serraria no município de Benevides

Espécies	Poros						Camada de cresc.	Pa
	Visib.	Agr.	Freq.	Por.	Ar.	Obst.		
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Visíveis a olho nú	Solitários e múltiplos	<5/mm ²	Difusa	Tangencial	Sim, substância esbranquiçada	Distinta zona fibrosa	Fai
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Visíveis a olho nú	Solitários	5 a 20/mm ²	Difusa	Radial	Sim	-	Es
<i>Nectandra rubra</i> (Mez) C.K.Allen	Visíveis a olho nú	Solitários e múltiplos	5 a 20/mm ²	Difusa	Radial	Sim	-	Alif cor cor



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Espécies	Poros						Camada de cresc.	Pa
	Visib.	Agr.	Freq.	Por.	Ar.	Obst.		
		de 2 e 3						ext cur
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A.Chev	Visíveis só sob lentes	Solitários e múltiplos	5 a 20/mm ²	Difusa	Radial ou diagonal	Sim	-	Ap Dif
<i>Pouteria oppositifolia</i> (Ducke) Baehni	Visíveis a olho nú	Solitários e múltiplos de 2 e 3	5 a 20/mm ²	Difusa	Radial	Sim	-	Ind
<i>Bowdichia nítida</i> Spruce ex Benth.	Visíveis a olho nú	Múltiplos	<5/mm ²	Difusa	Radial	Sim, substânci a escura	Marginal	Alif los
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Visíveis a olho nú	Solitários e múltiplos	<5/mm ²	Difusa	Tangencial	Obstruído s por tilos	Zona fibrosa	Ind
<i>Vochysia máxima</i> Ducke	Visíveis a olho nú	Solitários	<5/mm ²	Difusa	Tangencial	Obstruído s por tilos	Indistinto	Alif ext line

Visb.=visibilidade. Agr.= agrupamento. Freq.= Frequência. Por.= Porosidade. Ar.= Arranjo. Obst.=obstrução.
crescimento. Visib= Visibilidade.





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

A descrição dos caracteres macroscópicos das 8 madeiras comercializadas no Distrito de Murinin, município de Benevides, Região Metropolitana de Belém - PA, apresentaram maiores diferenças no parênquima axial e nos raios.

Verificou-se que o estudo macroscópico é um método que pode contribuir para a identificação das espécies madeireiras, garantindo a lisura na comercialização e evitando a troca indevida. Tais estruturas estudadas servirão de auxílio para a identificação e reconhecimento dessas madeiras.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, P. A. M; MATTOS, A. **A importância da anatomia do lenho para a comercialização da madeira.** 1979.

ARAÚJO, P. A. M.; FILHO, A. M. A importância da anatomia do lenho para a comercialização da madeira. **Rodriguésia**: Rio de Janeiro. Ano XXXII-Nº 53. 1980.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO. **Anatomia Vegetal.** Viçosa: UFV, 2003.

BURGER, L. L.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira.** São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

DENDROGENE. **Maçaranduba, / Manilkara huberi /.** Belém PA: Embrapa Amazônia Oriental: Projeto Dendrogene, 2004. (Projeto Dendrogene. Espécies Árboreas da Amazônia, 4).

FERREIRA, G.C.; GOMES, J.I.; HOPKINS, M.J.G. Estudo anatômico das espécies de Leguminosae comercializadas no estado do Pará como "Angelem". **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 3, p. 387-398, jul./set. 2004.

FERREIRA, G.C.; HOPKINS, M.J.G. **Manual de identificação botânica e anatômica - angelim.** Pará: EMBRAPA, 2004.

FILHO, M. T.; COUTO, H. T.; CHIMELO, J. P.; GARCIA, P. V. **Madeira de espécie florestais do Estado do Maranhão: Identificação e aplicação.** IPEF, N.23. p21-28, 1983.

GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e conservação.** Caderno Técnico-6. Brasília, Distrito federal, pg.222, 2006.

IAWA COMMITTEE. **IAWA list of microscopic features for hardwood identification.** Wheeler, E.A.; Baas, P. & Gasson, P.E. (eds.). IAWA Bull., n.s., 10(3): 219-332.1989.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras.** São Paulo; 1983.

INSTITUTO-PRÓ NATURA. **Manejo Florestal e Geração de Resíduos Energéticos no Noroeste de Mato Grosso.** Julho 2002. Acesso em: 22 mar 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **O Setor Florestal no Brasil e a Importância do Reflorestamento**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

LOUREIRO, A. A. et al. **Chave para identificação macroscópica de 77 madeiras da Amazônia**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente Ciência e Tecnologia – SEMACT. Manaus, 1994.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. **Catálogo das Madeiras da Amazônia**. v. 1. Ed. Sudam. Belém, 1968.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P.; AFONSO, V. A. **Manual de Identificação das Principais Madeiras Comerciais Brasileiras**. São Paulo, ed. Promocet. 1983.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2.ed.São Paulo: IPT, 1989.

NISGOSKI, S. et al. Caracterização anatômica macroscópica das madeiras utilizadas para laminação na região de Curitiba-PR. **Scientia agrária**, v.1, n.1, pg. 51, 2003.

PAULA, J. E.; ALVES J. L. H. **Madeiras nativas: Anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso**. Brasília, Fundação MokitiOkada - MOA. 1997.

SOARES, N. S.; REZENDE, A. M.; SILVA, M. L.; MOURA, A. D. **Situação atual do mercado interno de produtos florestais brasileiros**. 2009.

SOARES, W. F et al. **Anatomia do Lenho de Cinco Espécies Comercializadas como 'sucupira'**. Floresta e Ambiente, v. 21, n.1, pg. 116-117, 2014.

TREVISOR, T. T. **Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrências natural na floresta tropical amazônica no estado do Pará**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo-USP. Piracicaba, São Paulo, pg.29, 2011.

ZENID, G. J. **Identificação e agrupamento das madeiras serradas empregadas na construção civil habitacional na cidade de São Paulo**. Piracicaba- SP. p. 41-42, 1997.

ZENID, J. G; CECCANTINI, G. C. T. **Identificação Macroscópica de Madeira**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANATOMIA DE MADEIRAS SERRADAS ENCONTRADAS EM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÕES PREDIAIS DE BELÉM-PA

Raquel Leão Santos¹
Tracy Ketlen da Silva França Tavares¹
Camila Barra¹
Wilson Junior¹
Fabricia Paz¹
Cláudia Urbinati¹
Eunice Macedo¹

¹ Centro de Ciências Naturais e Tecnologia / Universidade do Estado do Pará



ANATOMIA DE MADEIRAS SERRADAS ENCONTRADAS EM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÕES PREDIAIS DE BELÉM-PA

Resumo: Visando contribuir para a correta identificação, preservação e uso sustentado das madeiras, o trabalho teve como objetivo levantar as espécies encontradas em resíduos de quatro locais de construção de prédios na cidade de Belém-PA, bem como identificar e descrever a anatomia do xilema secundário. As amostras de madeira foram coletadas dos resíduos das construções e a partir destes foram confeccionados corpos de prova e descritas a partir das normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira. Foi possível coletar 14 amostras, das quais foram identificadas 14 espécies e 11 gêneros distribuídos em cinco (5) famílias. As famílias (Vochysiaceae e Lecythidaceae) e os gêneros (*Qualea* sp., *Couratari* sp. e *Vochysia* sp) foram os mais representativos. Pode-se concluir que a anatomia do lenho é de extrema importância para uma correta identificação, o que subsidia a determinação do seu melhor aproveitamento tecnológico e assim melhorar sua aptidão para o uso comercial, evitando o uso inadequado da madeira por erros de identificação da espécie e, em consequência, o comprometimento da segurança das edificações.

Palavras-chave: identificação, espécies madeireiras, usos da madeira.

ANATOMY FROM TIMBER FOUND IN CONSTRUCTION BUILDING RESIDUES OF BELÉM-PA

Abstract: Aiming to contribute to a correct identification, preservation and sustainable use of wood, the work aimed to survey the species found in residues of four construction sites of buildings in the city of Belém-PA, as well as identify and describe the secondary xylem anatomy. The samples were collected from the wood residues of construction sites. These samples were prepared specimens and described by the standards of procedures in wood anatomy studies. In the four constructions it was possible to collect 14 timber samples distributed in 5 families and 11 genera. The most representative families and genera were Vochysiaceae and Lecythidaceae and the genus *Qualea* sp., *Couratari* sp. and *Vochysia* sp. It can be concluded that wood anatomy is extremely important for a correct identification, which helps the determination of its best technological use and thus improves its suitability for commercial use, avoiding the improper use of timber due to identification errors of the species and, as a consequence, compromising the safety of buildings.

Keywords: Identification, timber species, timber uses

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um dos principais indutores de desenvolvimento nacional. Neste setor estão incluídas as construções de edificações, dentre outras obras, além de se estender para dezenas de segmentos de fornecedores de matérias-primas, equipamentos e serviços ligados à sua atividade (IBGE, 2017). Dentre esses setores, há o que fornece madeira, que contribui para o uso tanto externo e interno de forma temporária, decorativa e permanente.

Segundo Cury e Tomazello Filho (2011), observa-se o uso inadequado da madeira devido aos erros de identificação da espécie e em consequência ocorre o comprometimento da vida útil e da segurança das estruturas e edificações. Verifica-se ainda a introdução de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





espécies no mercado com aspectos semelhantes às tradicionais, embora com qualidade inferior para aplicação a que se destinam, por exemplo, as madeiras conhecidas popularmente como cumaru, que são representadas por diferentes espécies no estado do Pará, tais espécies possuem semelhantes características estéticas, entretanto as suas propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas são diferentes (SOUSA et al., 2007).

Acredita-se que parte dessa madeira provém da comercialização ilegal. O Brasil é considerado um dos países de maior risco relacionado à ilegalidade de produtos madeireiros, e esta percepção é alimentada pelas constantes denúncias feitas pela sociedade, ou as recentes operações da Polícia Federal em diversos estados amazônicos (COSTA et al., 2016). É dever da fiscalização possuir um especialista para que possa-se reconhecer as espécies que estão sendo transportadas pelos caminhões, dando assim uma maior segurança (DI MAURO, 2013).

Para uma utilização mais racional dos recursos florestais é necessário o conhecimento da estrutura e organização dos elementos celulares, pois eles determinam a sua aptidão para o uso comercial. Essa afirmação está baseada no fato de que as dimensões, as frequências e o arranjo dos elementos anatômicos têm grande influência sobre as propriedades físicas e mecânicas da madeira. Portanto, a descrição anatômica das madeiras é de fundamental importância para a determinação de seu aproveitamento tecnológico (OLIVEIRA et al., 2006).

O setor da construção civil destaca-se por ter diversos financiamentos estaduais e federais, mas ainda existem poucos investimentos que asseguram a qualidade e o uso da madeira, gerando resíduos da Construção Civil devido às deficiências dos processos de construção, tais como emprego de madeiras inadequadas para edificações e a manipulação incorreta dos materiais por mão-de-obra (SCHWENGBER, 2015). Logo, para que ocorra o uso adequado da madeira e a sua sustentabilidade, é necessário que todos nos segmentos da cadeia produtiva se comprometam com a sua idoneidade.

Pelo exposto, o presente trabalho teve como objetivo identificar as espécies de resíduos madeireiros encontrados em quatro edificações na cidade de Belém-PA, bem como descrever a anatomia do xilema secundário sob o ponto de vista macroscópico, visando contribuir para a sua correta identificação, além de sua preservação e no seu uso sustentado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta das amostras e informações da empresa

As coletas foram realizadas em quatro edificações localizadas na cidade de Belém/PA. As amostras de madeira foram coletadas na pilha de resíduos que seriam descartados. Para obtenção de dados da construção, adotou-se um questionário (Apêndice 1) adaptado de Zenid (1997) que foi aplicado ao responsável pela obra, destinado à obtenção de dados sobre a empresa e informações de cada madeira coletada.

2.2. Preparo das amostras

O material coletado foi transportado e armazenado no Laboratório Multiusuário de Engenharia Florestal (LAMEF) da Universidade do Estado do Pará (UEPA), onde foram confeccionados os corpos de provas. O material foi cortado, sem padronização das dimensões, no Laboratório de Modelos da UEPA com uso de uma serra fita. Em seguida,



efetuou-se o processo de lixamento das peças com lixas d'água de gramaturas variadas até a obtenção de uma superfície adequada a ser utilizada para obtenção das fotomicrografias.

2.3. Macrofotografias das amostras

As fotomicrografias das seções transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial foram realizadas no Laboratório de Botânica-Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental e feitas no equipamento Stemi sv6 utilizando lente de aumento 0,8 e com câmera Moticam de 5.0 MP com o auxílio do programa Motic Images Plus 2.0 utilizando escala de 200 µm.

2.4. Caracterização das amostras

Os corpos de prova foram descritos utilizando as “Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira” de Coradin e Bolzon de Muniz (1995) através do exame da anatomia do lenho dos corpos de prova que consistiu na análise macroscópica a olho nu, com o auxílio de lupa conta fio com aumento de 10x e de estereomicroscópio, sendo a confirmação da identificação feita no Laboratório de Botânica-Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Espécies coletadas

Foi possível coletar 14 amostras de madeira distribuídas em 5 famílias e 11 gêneros. As famílias mais representativas foram Vochysiaceae e Lecythidaceae com 4 indivíduos cada, seguidas da Fabaceae com 3, Anacardiaceae com 2 e por último Burseraceae com apenas um indivíduo, conforme mostra o quadro 1.

Quadro 1: Resultados obtidos para identificação das amostras coletadas nos resíduos de quadro áreas de construções de prédios na cidade de Belém- PA.

Nome científico	Nome Comercial	Família
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara	Anacardiaceae
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Tapiririca	
<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Amesclão	Burseraceae
<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Sucupira	
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex	Faveira-bolota	Fabaceae
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Pracuúba- vermelha	
<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.	Castanha-do-Pará	
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Jarana	
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Tauari	Lecythidaceae
<i>Couratari</i> sp.	Tauari	
<i>Qualea</i> sp.	Mandioqueira	
<i>Qualea</i> sp.	Mandioqueira	
<i>Vochysia maxima</i> Ducke	Quaruba-cedro	Vochysiaceae
<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	Quaruba	



3.2 Material coletado na edificação 1

Segundo o mestre de obras da edificação 1, que estava em estágio intermediário, as espécies mais utilizadas na construção eram: mandioqueira, faveira, angelim e acapú. O critério de escolha das espécies de madeira ocorria de acordo com o projeto de construção, sendo provenientes de madeireiras terceirizadas que as disponibilizam tratadas e padronizadas de acordo com os interesses do consumidor. O funcionário relatou que eram comuns problemas de empenamento de peças e alergia à determinadas madeiras. O material coletado no local e sua respectiva caracterização anatômica são descritos a seguir:

Nome científico: *Trattinnickia burserifolia* Mart. (Figura 1)

Nome popular: Amesclão

Família: Burseraceae

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** pouco distintas, delimitadas por zonas fibrosas mais escuras. **Poros** visíveis a olho nu, de porosidade difusa, arranjo radial, predominantemente solitário. **Parênquima axial** invisível mesmo somente sob lente de 10x. **Raios** visíveis a olho nu em todos os planos, sendo não estratificados na tangencial e com raios contrastados na secção radial.

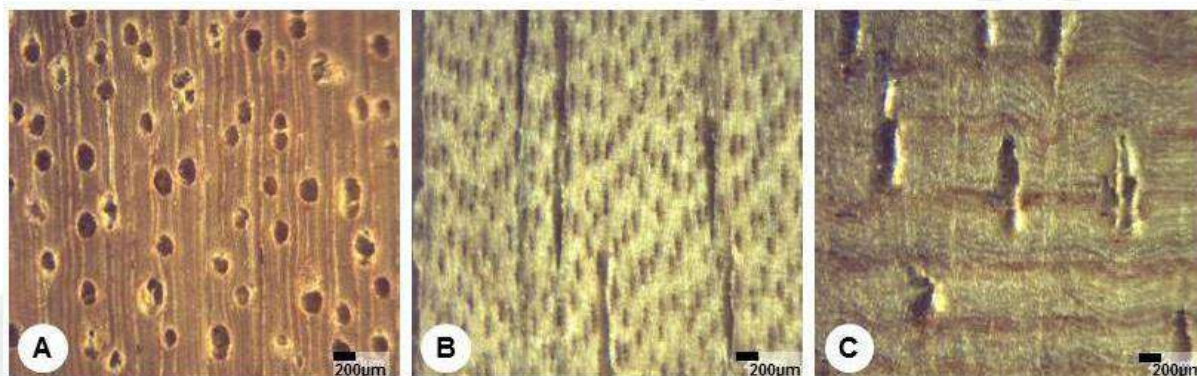


Figura 1: Aspectos macroscópicos *Trattinnickia burserifolia* Mart.. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

A *Trattinnickia burseraefolia* cujos nomes populares mais comuns são amescla, amesclão, breu-sucuúba e breu-preto, pertence à família Burseraceae. É encontrada em matas de transição e na floresta ombrófila densa nos estados brasileiros do Pará, Amazonas, Acre, Mato-Grosso, Roraima e Maranhão (IBAMA, 2001; ISA, 2009; MADGUIMARÃES, 2017).

A trabalhabilidade do amesclão é boa, sendo fácil de serrar e aplainar, porém apresenta-se áspera na superfície radial, devido à grã cruzada irregular. A madeira serrada é considerada leve, mas também é usada na confecção de lâminas e em 60% dos compensados tropicais produzidos no Brasil, inclusive para a exportação (MATOSKI; ROCHA, 2006; ARRUDA, 2012).

Nome científico: *Qualea* sp. (Figura 2)

Nome popular: Mandioqueira

Família: Vochysiaceae A.St.-Hil.



Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** distintas, delimitadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. **Poros** visíveis a olho nu, difusos, arranjo tangencial e agrupamento predominantemente solitário. **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal predominantemente aliforme de extensão losangular, eventualmente confluyente na secção transversal. **Raios** visíveis a olho nu nas secções transversal, na secção tangencial somente visíveis com o auxílio de lente 10x, estratificação irregular, contrastados na secção radial.

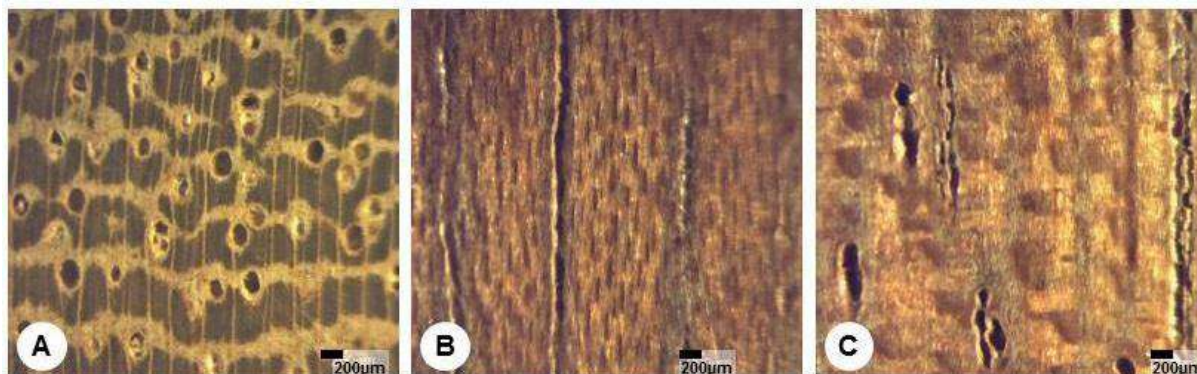


Figura 2: Aspectos macroscópicos da *Qualea* sp. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

A madeira de *Qualea* sp. Aubl. (mandioqueira) pode ser usada em construções civis de forma estrutural, como ripas e utilidades internas como forros, guarnições, cordões e roda pés ou como uso temporário em pontallete, andaimes e fôrmas para concreto (ZENID, 2009; FARAH, 1992).

Esta espécie tem ocorrência nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Tocantins, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina (FRANÇA, 2015).

Nome científico: *Parkia pendula* (Willd.) Benth. Ex Walp. (Figura 3)

Nome popular: Faveira-bolota

Família: Fabaceae Lindl.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** distintas, delimitadas por distribuição dos poros. **Poros** visíveis a olho nu, distribuídos em anéis semi-porosos, arranjo com padrão indefinido, solitários, linhas vasculares irregulares na secção tangencial. **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal aliforme. **Raios** visíveis a olho nu na secção transversal, na secção tangencial visível somente sob lente de 10x, não estratificados e na secção radial são contrastados.

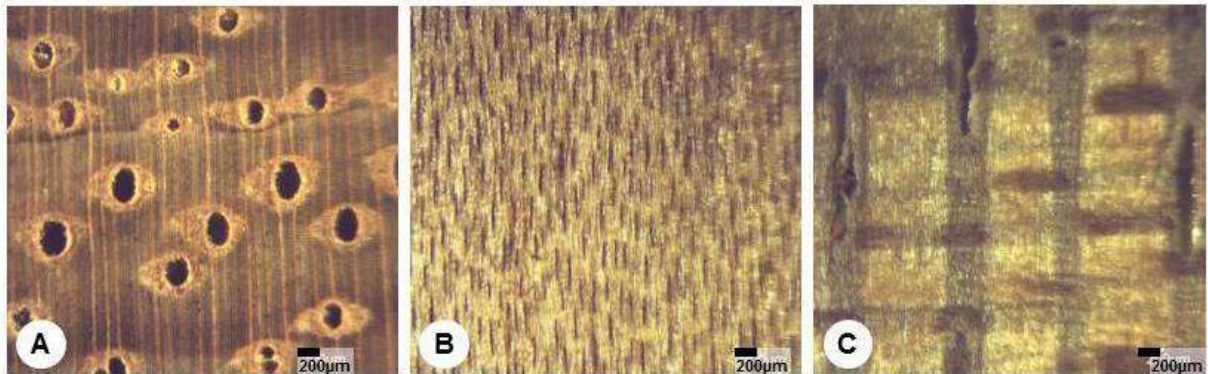


Figura 3: Aspectos macroscópicos da *Parkia pendula*. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

Devido à grande exploração dos recursos naturais da floresta de forma inconsequente, milhares de espécies vêm diminuindo seus exemplares, a *Parkia pendula* é um exemplo disso, possuindo um alto nível de exploração na Amazônia, pois sua madeira tem características valiosas ao uso comercial (SILVA et al, 2014). Esta espécie é bastante utilizada na construção civil, seja em forma de taboados ou em lâminas para compensados. Tal espécie tem ocorrência natural nos estados do Pará, Amazonas, Acre, Mato Grosso, Rondônia e Maranhão, sul da Bahia e norte do Espírito Santo e em floresta fluvial (ROSSETO et al, 2009).

Nome científico: *Vochysia maxima* Ducke (Figura 4)

Nome popular: Quaruba-cedro

Família: Vochysiaceae A.St.-Hil.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** distintas e delimitadas por zonas fibrosas mais escuras. **Poros** visíveis a olho nu, porosidade difusa, arranjo tangencial, predominantemente solitário. **Parênquima axial** visível a olho nu, com disposição paratraqueal aliforme de extensão losangular confluyente. **Raios** visíveis a olho nu na secção transversal, na tangencial também visíveis a olho nu, não estratificados e com linhas vasculares irregulares, sendo contrastados na secção radial.

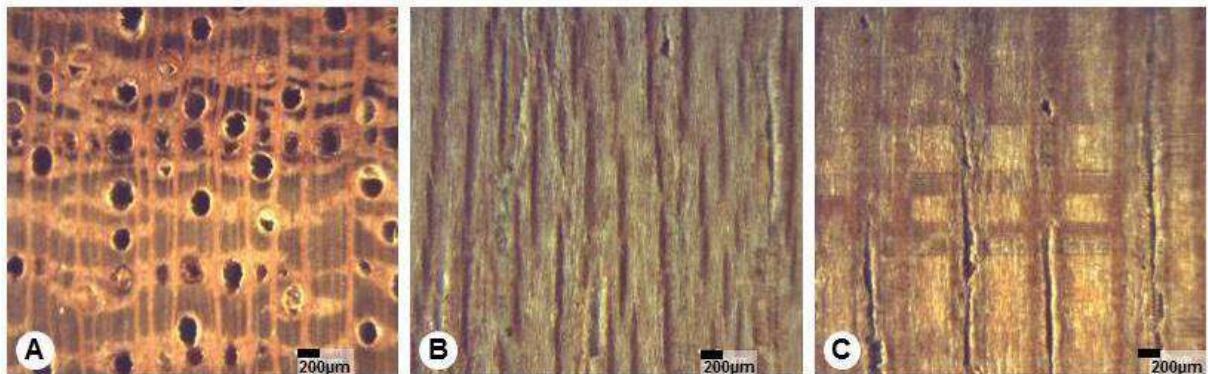


Figura 4: Aspectos macroscópicos da *Vochysia maxima*. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.



A madeira de *Vochysia maxima* é comercializada também conhecido como cedro-real em uma tentativa de substituir a mesma. É bastante utilizada na construção civil leve interna, como ripas e partes secundárias de estruturas; leve interna de utilidade geral como cordões, guarnições, rodapés, forros e lambris e em uso temporário, mas também pode ser usada em compensados e laminados (NAHUZ et al, 2015). Esta espécie tem ocorrência natural no Brasil nos estados do Amazônia, Mata Atlântica, Acre, Amapá, Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rio de Janeiro, Rondônia, São Paulo (IPT, 2013).

Nome científico: *Diploptropis purpurea* (Rich.) Amshoff (Figura 5)

Nome popular: Sucupira

Família: Fabaceae Lindl.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visíveis a olho nu, com porosidade difusa, arranjo tangencial e agrupados em múltiplos de 2 ou mais. **Parênquima axial** visível a olho nu, com disposição paratraqueal aliforme de extensão losangular. **Raios** visíveis a olho nu no transversal, na secção tangencial são visíveis somente sob lente 10x, com distribuição estratificada irregular e linhas vasculares retilíneas no tangencial, sendo contrastados no radial.

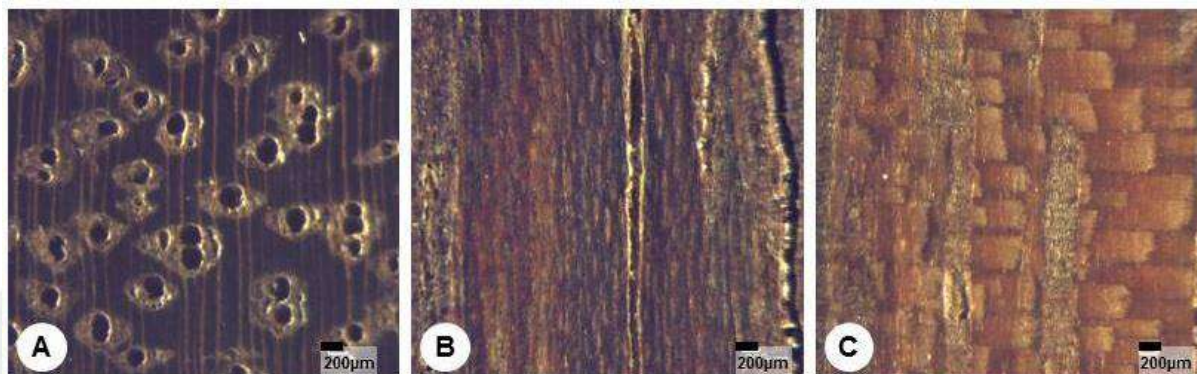


Figura 5: Aspectos macroscópicos da *Diploptropis purpurea*. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

Diploptropis purpurea (Rich.) Amshoff (Sucupira) possui uso na construção civil: pesada externa: dormentes ferroviários, estaca, pontes; como pesada interna: tesouras, vigas e caibros; como leve em esquadrias: batentes, janelas; como leve interna, decorativa: painéis, lambris, forros e em forma de assoalhos: tábuas, tacos e parquetes (IPT, 2017). Essa espécie tem ocorrência nas matas de terra firme pela Amazônia e Centro Oeste do Brasil (LIMA e CARDOSO, 2015).

3.3 Material coletado na edificação 2

A edificação 2, que estava no estágio final, teve como informante o engenheiro civil responsável e segundo ele, as espécies mais usadas na obra eram: pinus, cupiúba e maçaranduba. O critério de escolha das espécies foi de acordo com o projeto de construção, sendo o material proveniente de serrarias. O problema constante na construção eram a perda excessiva de material madeireiro, além de não existir destino adequado para descarte. O material coletado e suas caracterizações anatômicas são descritos a seguir:



Nome científico: *Vochysia guianensis* Aubl. (Figura 6)

Nome popular: Quaruba

Família: Vochysiaceae A.St.-Hil

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visíveis a olho nu, difusos, arranjo tangencial e agrupamento predominantemente solitário. **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal aliforme de extensão linear, com tendência a formar faixas. **Raios** visíveis a olho nu nas seções transversal e tangencial, não estratificado e contrastado em secção radial.

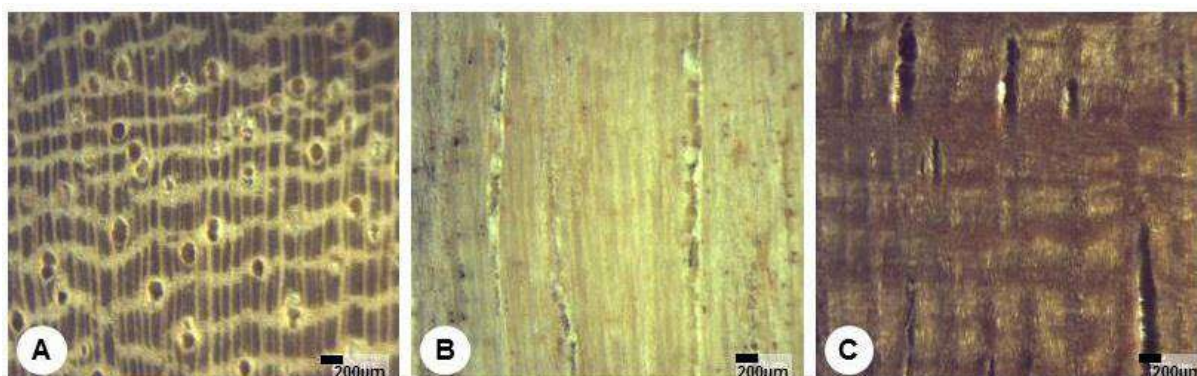


Figura 6: Aspectos macroscópicos da *Vochysia guianensis*. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

O grupo de espécies do gênero *Vochysia* sp. ocorre em toda a Floresta Amazônica, principalmente entre os rios Madeira e Tapajós. A madeira das espécies deste gênero têm sido utilizada na construção civil leve interna, já que sua madeira não apresenta boa durabilidade natural e na confecção de chapas de madeira compensada (LOGSDON et al., 2007).

3.4 Material coletado na edificação 3

A edificação 3, que estava no estágio final da obra, teve como informante o mestre de obras. Segundo este, as madeiras mais usadas na obra eram: tamanca, anjelim, guaruba. Estas espécies foram escolhidas pelo mestre de obras e o pedido repassado às serrarias que as enviam secas e com dimensões padronizadas para não haver descarte excessivo do material. Apesar disso, com a formação do excedente, doa-se para ser reaproveitado. Como o descarte não configurava um problema nessa obra, os que afetam o setor eram a alergia à madeira e alguns casos de empenamento das peças. O material coletado e suas caracterizações anatômicas são descritos a seguir:

Nome científico: *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Figura 7)

Nome popular: Castanha-do-Pará

Família: Lecythidaceae A.Rich.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** distintas, delimitadas por zonas fibrosas. **Poros** visíveis a olho nu, distribuídos em anéis semi-porosos, arranjo com padrão radial, solitários, linhas vasculares regulares na secção tangencial. **Parênquima axial** visível



a olho nu, com faixas em linhas. **Raios** visíveis a olho nu na secção transversal, na secção tangencial visível somente sob lente de 10x, não estratificados e na secção radial são contrastados.

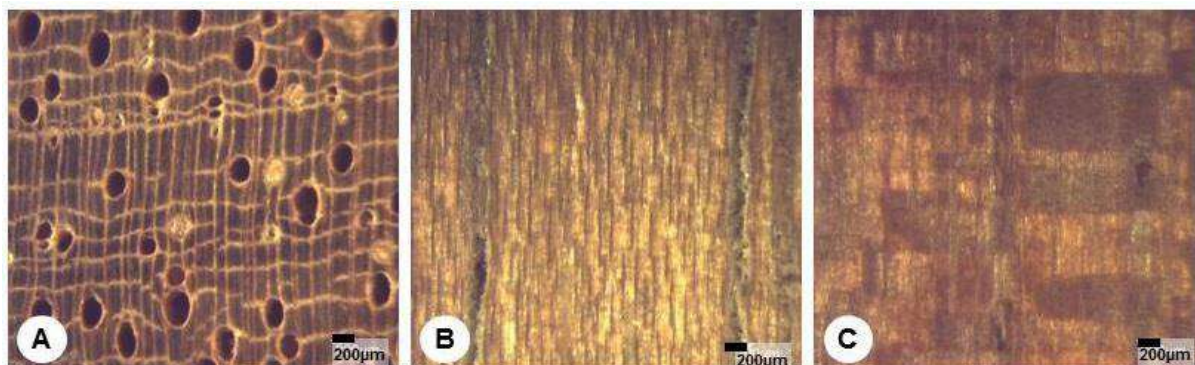


Figura 7: Aspectos macroscópicos *Bertholletia excelsa*. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

A madeira de castanheira pode ser utilizada na construção civil interna leve, como tábuas para assoalhos e paredes, painéis decorativos, forros (SOUZA, et al., 2008), além de ser usada nas construções navais (CAMARGO, 2010). Esta espécie tem grande ocorrência nos estados do Amazônia, Rondônia, Acre, Amazonas, Pará, Goiás, Maranhão, Amapá, Roraima e Mato Grosso (SOUZA, et al., 2008).

Nome científico: *Lecythis lurida* (Miers) S.A.Mori (Figura 8)

Nome popular: Jarana

Família: Lecythidaceae A.Rich.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visíveis a olho nu, com porosidade difusa, arranjo com padrão diagonal e radial, predominantemente solitários. **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal aliforme de extensão linear. **Raios** visíveis a olho nu na secção transversal e invisíveis mesmo sob lente de 10x no plano tangencial, sendo pouco contrastado na secção radial.

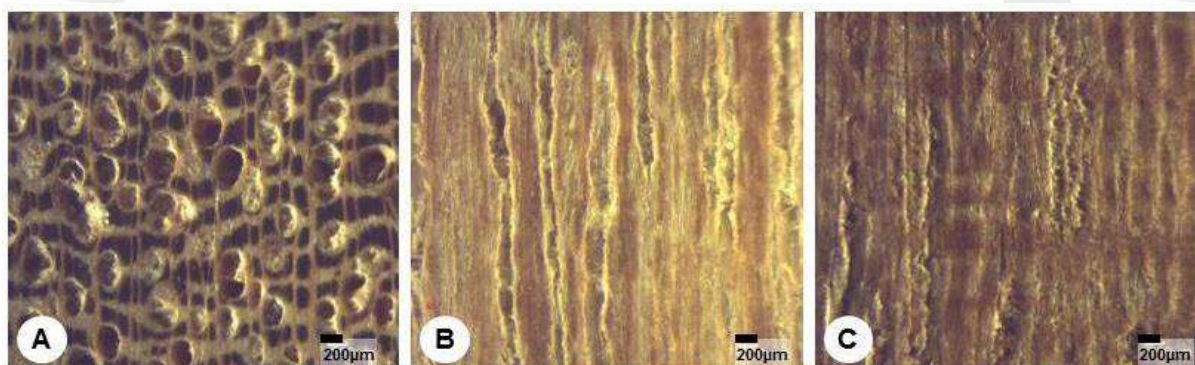


Figura 8: Aspectos macroscópicos da *Lecythis lurida*. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

A madeira de *Lecythis lurida* é utilizada na construção civil pesada interna. Seu uso compreende peças de madeira serrada na forma de vigas, caibros, pranchas e tábuas utilizadas em estruturas de cobertura, na qual tradicionalmente era empregada a madeira de



peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) (ZENID, 2009). Possui ocorrência em Floresta de Terra Firme, Floresta Ombrófila do Norte, Nordeste, Sudeste do Brasil (SMITH et al., 2015).

Nome científico: *Couratari* sp. (Figura 9)

Nome popular: Tauari

Família: Lecythidaceae A.Rich.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** distintas, delimitadas por zonas fibrosas transversais mais escuras. **Poros** visíveis somente sob lente de 10x, com porosidade difusa, arranjo com padrão radial, predominantemente múltiplo. **Parênquima axial** visível somente sob lente de 10x, em faixas reticulado. **Raios** visível a olho nu na secção transversal, na secção tangencial visível somente sob lente de 10x, não estratificados, com linhas vasculares retilíneas, sendo pouco contrastados na secção radial.

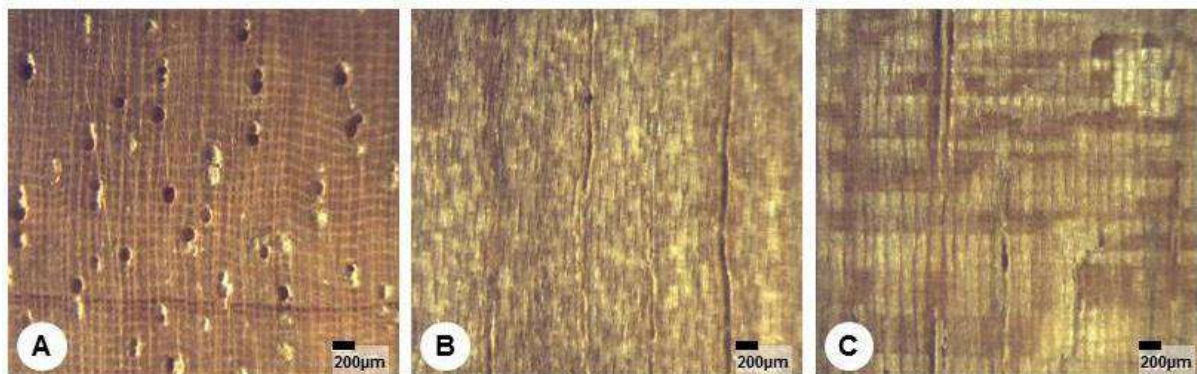


Figura 9: Aspectos macroscópicos da *Couratari* sp. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

A utilidade da madeira de *Couratari* sp. Aubl. (tauari) em construções habitacionais, pode ser encontrada em esquadrias como portas, janelas e venezianas; de forma estrutural em ripas e partes secundárias e em utilidade geral, como cordões, guarnições, rodapés, forros e lambris (ZENID, 2009). Há ocorrência em Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme do Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste (SMITH et al., 2015).

Nome científico: *Dinizia excelsa* Ducke (Figura 10)

Nome popular: Pracuúba-vermelha

Família: Fabaceae Lindl.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** distintas, delimitadas por zonas fibrosas. **Poros** visíveis a olho nú, distribuídos em anéis semi-porosos, arranjo com padrão diagonal, solitários, linhas vasculares regulares na secção tangencial. **Parênquima axial** visível a olho nú, paratraqueal aliforme. **Raios** visíveis a olho nu na secção transversal, na secção tangencial visível somente sob lente de 10x, não estratificados e na secção radial são pouco contrastados.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

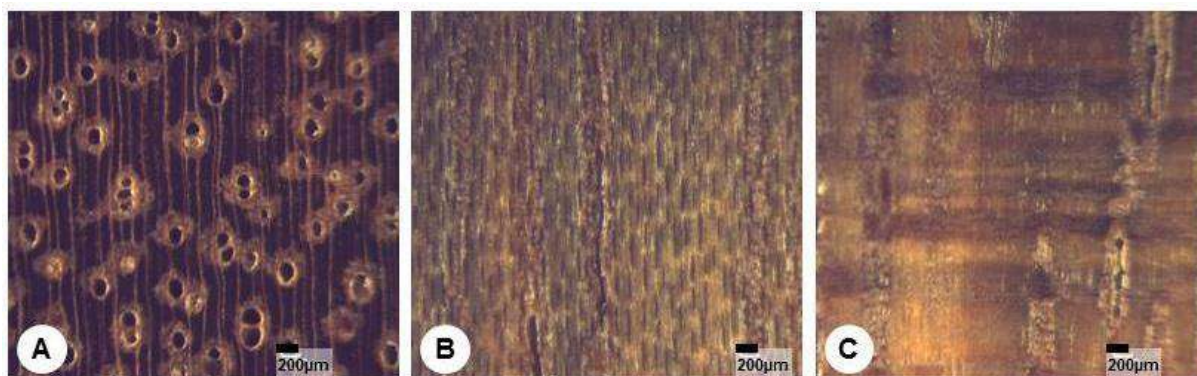


Figura 10: Aspectos macroscópicos da *Dinizia excelsa*. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

A madeira de *Dinizia excelsa* Ducke é empregada na construção civil como: caibros, vigas, ripas, tacos e tábuas para assoalho, sendo ainda resistente ao ataque de fungos e térmitas, o que facilita o seu uso (EMBRAPA, 2004). A espécie é ocorrente no Brasil, na Amazônia abrangendo os estados do Acre, Rondônia, Amazonas, Pará e Roraima e em outros países como a Guiana (ZENID, 2009).

A edificação 4, que se encontrava no estágio inicial, teve como informante o mestre de obras. Segundo este, as espécies mais usadas na obra eram: angelim-pedra, mandioqueira e madeira-branca. O critério de escolha das espécies foi de acordo com o projeto da construção, sendo o material proveniente de terceiros. Os problemas decorrentes na construção eram alergias às madeiras e empenamentos das peças que, neste caso, geram sua devolução.

Nome científico: *Astronium lecointei* Ducke (Figura 11)

Nome popular: Muiracatiara

Família: Anacardiaceae R.Br.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** distintas e delimitadas por parênquima axial marginal. **Poros** visíveis a olho nu, com porosidade difusa, arranjo com padrão diagonal e radial, predominantemente solitários. **Parênquima axial** invisível mesmo sob lente de 10x. **Raios** visíveis a olho nu na secção transversal, na secção tangencial visíveis somente sob lente de 1x sendo não estratificados e com linhas vasculares retilíneas, sendo contrastados na secção radial.

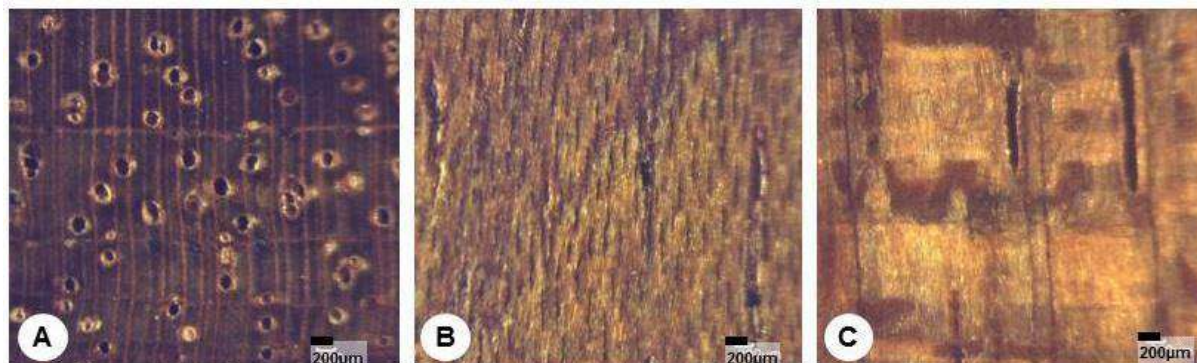


Figura 11: Aspectos macroscópicos da *Astronium lecointei*. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Também denominada de: aroeira, muiracatiara, muiracatiara-rajada, sanguessugueira. Sua ocorrência abrange os estados do Acre, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia. A madeira de muiracatiara é fácil de ser trabalhada e permite excelente acabamento. É utilizada nas construções civil pesada interna como tesouras, vigas, caibros; leve externa como caibros, caixilhos, guarnições, ripas, sarrafos; leve interna e esquadrias como venezianas, portas, caixilhos, batentes, janelas; leve interna, decorativa: cordões, guarnições, rodapés, forros, lambris; em assoalhos: tábuas, tacos, parquetes (IPT, 2013).

Nome científico: *Couratari guianensis* Aubl. (Figura 12)

Nome popular: Mandioqueira

Família: Lecythidaceae A.Rich.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** distintos e individualizados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. **Poros** visíveis a olho nu, com porosidade difusa, arranjo radial, agrupamento dos poros solitários. **Parênquima axial** visível a olho nu, em faixas reticulado. **Raios** visíveis somente sob lente de 10x em secção transversal, em secção tangencial estratificação irregular e com linhas vasculares retilíneas com raios contrastados em são radial.

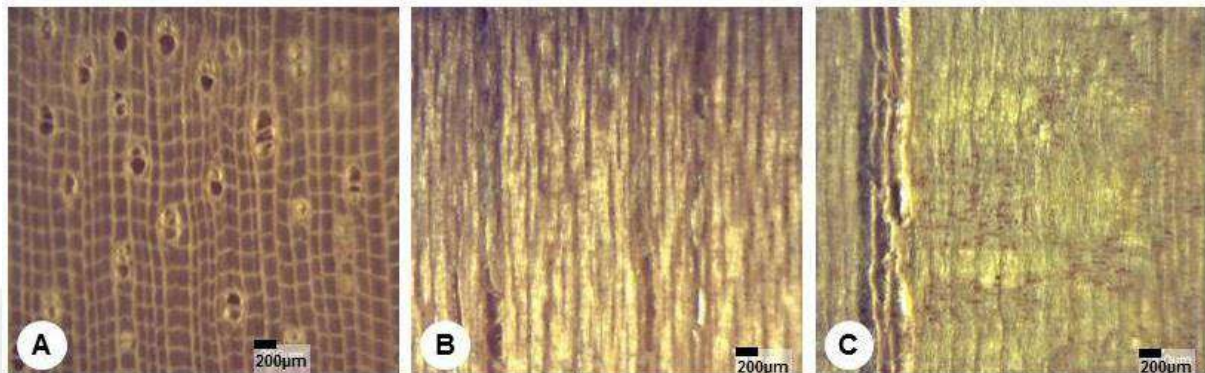


Figura 12: Aspectos macroscópicos da *Couratari guianensis* Aubl. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

Da família Lecythidaceae, *C. guianensis* Aubl., conhecida também como imbirema, estopeiro, toari, tauari-Amarelo, ocorre nas matas de terra firme, principalmente nos seguintes Estados: Amazonas, Roraima, Amapá e Pará. É usada para a fabricação de painéis compensados e partes interiores na construção civil para caixilhos, esquadrias, forros, rodapés, lambris e similares (GARCIA, 2012).

Nome científico: *Qualea* sp. (Figura 13)

Nome popular: Mandioqueira

Família: Vochysiaceae A.St.-Hil.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visíveis a olho nu, porosidade difusa, arranjo tangencial, predominantemente solitário. **Parênquima axial** visível somente sob lente de 10x, disposição paratraqueal aliforme losangular. **Raios**



visíveis somente sob lente de 10x, sendo não estratificados na tangencial e com raios contrastados na secção radial.

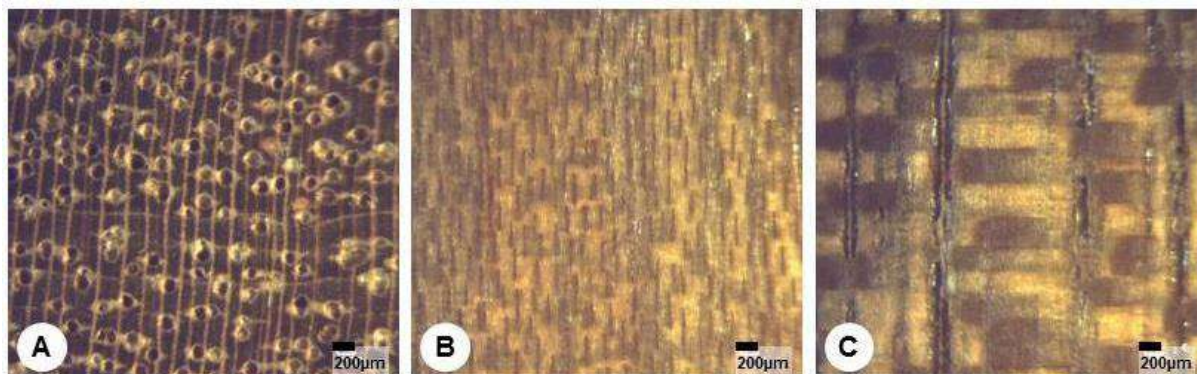


Figura 13: Aspectos macroscópicos da *Qualea* sp.. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

Nome científico: *Tapirira guianensis* Aubl. (Figura 14)

Nome popular: Tapiririca

Família: Anacardiaceae R.Br.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** pouco distintas. **Poros** visíveis somente sob lente de 10x, porosidade difusa, arranjo radial e poros em sua maioria solitários. **Parênquima axial** invisível mesmo sob lente de 10x. **Raios** visíveis somente sob lente de 10x, com distribuição não estratificada e com linhas vasculares retilíneas, em secção radial são contrastados.

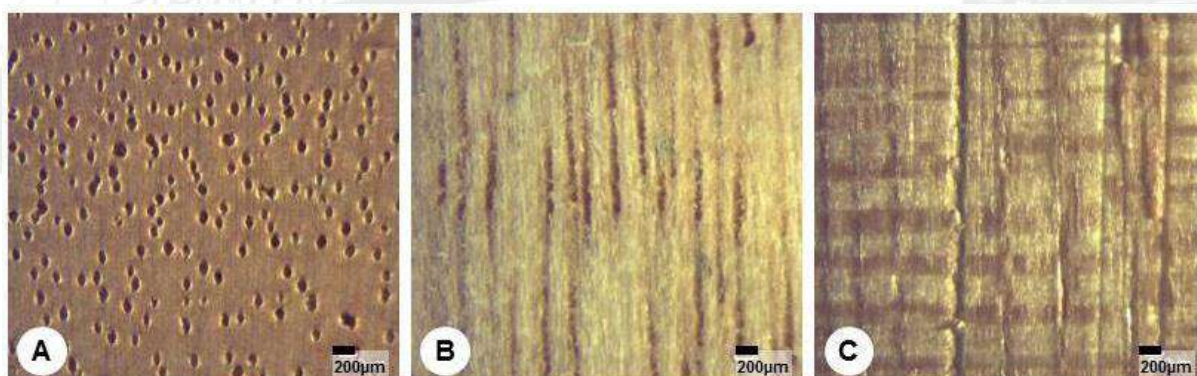


Figura 14: Aspectos macroscópicos *Tapirira guianensis*. A: Secção transversal. B: Secção longitudinal tangencial. C: Secção longitudinal radial.

Segundo Carvalho (2006), os produtos madeiros de *Tapirira guianensis* Aubl podem ser destinados a construção civil, chapas e compensados. Esta espécie tem ocorrência em todo território brasileiro, principalmente em terrenos úmidos, em quase todas as formações vegetais (CORREIA, 2008).

As descrições macroscópicas do lenho secundário feitas por Nisgoski (2003), Santini Junior (2013), Soares et al. (2014), Trevizor (2011), Reis et al. (2014), Reis et al. (2015), Gonçalves (2010), Albuquerque (2012) e IPT (2017) estão de acordo com as descritas no presente trabalho.



4. CONCLUSÃO

Com as amostras coletadas e as características analisadas de acordo com a literatura, todas as espécies encontradas são indicadas para construção civil, seja para estruturas internas, externas, leves ou pesadas. À exceção de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Castanha-do-Pará), a qual não deveria estar sendo utilizada, pois apesar de apresentar ótimas características, é proibida por lei de exploração, o que reforça a fiscalização quanto à utilização de produtos madeireiros.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Botânica-Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental e a Universidade do Estado do Pará.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. R. Anatomia comparada do lenho e do carvão aplicada na identificação de 76 espécies da floresta Amazônica, no estado do Pará, Brasil. 2012. 113p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 2012.

ARRUDA, L. M. Modificação Termomecânica da Madeira de amescla (*Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Willd.): Efeito sobre as Propriedades de Lâminas e Compensados. 2012. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

CAMARGO, F. F. Etnoconhecimento e variabilidade morfológica de Castanha-Do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.: Lecythidaceae) em área da Amazônia matogrossense. 2010. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2010.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 627 p.

CORADIN, V.T.R.; BOLZON DE MUNIZ, G.I. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I.Angiospermae; II.Gimnospermae. Brasília: IBAMA. DIRPED, Laboratorio de Produtos Florestais, 1991. 19p.

CORREIA, S. J.; DAVIDL, J. M.; SILVA, E. P.; DAVID, J. P.; LOPES, L. M. X.; GUEDES, M. L. S. Flavonóides, norisoprenóides e outros terpenos das folhas de *Tapirira guianensis*. QUIMICA NOVA. v. 31, n. 8, p.2056-2059. 2008.

COSTA, P. M.; COSTA, M. M.; BARROS, M. Uso de Big Data para detecção de Ilegalidade no Setor de Madeira Tropical: Uma análise do Sistema de Due Diligence e Análise de Risco da BVRio. Rio de Janeiro, 2016. 92p.

CURY, G.; TOMAZELLO FILHO, M. Descrição anatômica de espécies de madeira utilizadas na construção civil. FLORESTA E AMBIENTE. v. 18, n. 3, p.227-236, 2011.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DI MAURO, F. J. P. Madeira na construção civil: da ilegalidade à certificação. 2013. 237 p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2013.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. Espécies arbóreas da Amazônia. N° 6: Angelim-vermelho, Dinizia excelsa. 2004.

FARAH, M.F.S. Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional. 1992. 297 p. Tese (Doutorado em sociologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FRANÇA, F. Vochysiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15281>>. Acesso em 9 de maio de 2017.

GARCIA, F. M. MANFIO, D. R.; SANSIGOLO, C. A.; MAGALHAES, P. A. D. Rendimento no desdobro de toras de itaúba (*Mezilaurus itauba*) e tauari (*Couratari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. FLORESTA E AMBIENTE, v. 19, n. 4, p. 468-474, 2012.

GONÇALVES, T. A. P. Anatomia do lenho e do carvão de espécies arbóreas do Cerrado no Estado de São Paulo, Brasil. 2010., 111p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2010.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Banco de Dados de Madeiras Amazônicas. Laboratório de Produtos Florestais, Brasília-DF, 2001. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/introducao.htm>>. Acesso em: 11 de maio de 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Anual da Indústria da Construção. 2017. Disponível em: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_construcao_civil.pdf> Acesso em: 09/05/2017.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil. São Paulo, 2013. 104p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Informações sobre madeiras. Disponível em: http://www.ipt.br/informacoes_madeiras. Acesso em 12 de Maio de 2017.

ISA - INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. CAMPOS FILHO, E. M. (Org.). Guia de Identificação. Volume II, Coleção Plante as Árvores do Xingu e Araguaia. São Paulo: ISA, 2009. 304p.

LIMA, H.C. DE; CARDOSO, D.B.O.S. Diplotropis in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22951>>. Acesso em: 12 Mai. 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z.; ROSA, L. M. Caracterização da madeira de Cambará, *Vochysia guianensis* Aubl. REVISTA ENGENHARIA CIVIL. v. 29, p. 57-69. 2007.

MADGUIMARÃES. Amescião. Disponível em:
<<http://www.madguimaraes.com.br/amesclao.htm>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

MATOSKI, S. L. S.; ROCHA, M. P. Influência do Fotoperíodo no Ataque de *Dinoderus minutus* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae) em Lâminas Torneadas de Espécies Tropicais. FLORESTA, v. 36, n. 3, p. 385-396, 2006.

NAHUZ, M. A. R.; MIRANDA, M. J. A. C.; PIGOZZO, R. J. B.; YOJO, T.; COLOMBELLI, C.; PINTO, H. O. Oficinas de capacitação na identificação e uso de madeiras menos conhecidas destinadas a construção civil. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 2015. (IPT comunicação técnica nº 173591).

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B.; CECCANTINI, G. Caracterização anatômica macroscópica das madeiras utilizadas para laminação na região de Curitiba – PR. SCIENTIA AGRARIA, v. 4, n. 1, p. 33-38. 2003.

OLIVEIRA, E.; ROCHA, V. B.; SANTOS, P. A.; DELLA, L. R. M.; LADEIRA, A. M. M.; CÁSSIA OLIVEIRA, C. A. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. REVISTA ÁRVORE, v.30, n.2, p.311-318, 2006.

REIS, A. R. S.; ALVES, R. S.; URBINATI, C. V.; SANTOS, J. X.; DA SILVA, J. R.; LISBOA, P. L. B. Anatomia do xilema secundário de sete espécies de *Vochysia* Aubl.(Vochysiaceae), conhecidas como quaruba no Estado do Pará, Brasil. BIOTA AMAZÔNIA, v. 5, n. 2, p. 45- 51, 2015.

REIS, L. P.; REIS, A. R. S, DE CARVALHO, J. C.; DA SILVA, E. F. R.; DA SILVA, J. R. Caracterização anatômica de madeiras comercializadas como perna-manca nas estâncias de Altamira-PA. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, v.10, n.19, p. 463. 2014.

ROSSETO, J.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; RONDON NETO, R. M.; SILVA, I. C. O. Germinação de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. (fabaceae) em diferentes temperaturas. REVISTA ÁRVORE, v. 33, n. 1, p. 47-55, 2009.

SANTINI JUNIOR, L. Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no estado de São Paulo - Programas "São Paulo Amigo da Amazônia" e "Cadmadeira". 2013. 272p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2013.

SCHWENGBER, E. R. Resíduos da construção civil. 2015. 82 p. Trabalho de Conclusão (Especialização em Direito Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SILVA, J. R. O.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; SILVA, I. C. O. Armazenamento de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. (FABACEAE) em diferentes embalagens e ambientes. FLORESTA AMBIENTE, v. 21, n. 4, p. 457-467, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SMITH, N. P.; MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Lecythydaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8560>>. Acesso em: 10 maio. 2017.

SOARES, W. F.; MELO, L. E. L.; LISBOA, P. L. B. Anatomia do lenho de cinco espécies comercializadas como 'Sucupira'. FLORESTA AMBIENTE, v. 21, n. 1, p. 114-125, 2014.

SOUSA M. A. R.; MOUTINHO, V. H. P.; SILVA, S. S. Levantamento das espécies comercializadas vernacularmente como cumaru no Estado do Pará. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 81-83, 2007.

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B.; LIMA, R. M. B. Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 2008. (Série técnica, 63).

TREVIZOR, T. T. Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical amazônica no estado do Pará. 2011. 217p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

ZENID, G. J. Madeira: uso sustentável na construção civil. São Paulo: IPT, 2009.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Apêndice 1: Questionário adaptado de Zenid (1997), utilizado na obtenção de informações referentes às construtoras.

QUESTIONÁRIO - EDIFICAÇÕES

Nº da edificação: _____

1. Espécies de madeiras **serradas/beneficiadas** utilizadas

Nome popular e/ou científico das amostras

2. Forma de aquisição da madeira:

() produção própria () produção terceiros () distribuidor

() outras: _____

3. Critério de escolha das espécies de madeira:

() projeto () tradição () vendedor/distribuidor

() disponibilidade () outras: _____

4. Problemas do setor: _____

Observações:

Data: __/__/__

Entrevistador: _____

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANATOMIA DO XILEMA SECUNDÁRIO E DA CASCA DE *Ilex theezans* Mart.ex Reissek EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

JEIMY BLANCO FLOREZ¹
Marcela Blagitz¹
Daniella Del Castanhel Kniess¹
Helena Cristina Vieira¹
Guilherme Netto dos Santos¹
Ana Carolina da Silva¹
Teresa Quilhó Santos²
Polliana D'Angelo Rios¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina/UDESC - CAV - Departamento de Engenharia Florestal

² Centro de Ciências Florestais / CEF / Instituto Superior de Agronomia de Lisboa



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANATOMIA DO XILEMA SECUNDÁRIO E DA CASCA DE *Ilex theezans* Mart.ex Reissek EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Resumo: O gênero *Ilex* da família Aquifoliaceae distribui-se amplamente nas regiões tropicais e temperadas. No Brasil há seu predomínio na Floresta Ombrófila Mista, com espécies importantes economicamente como o *Ilex paraguariensis* (erva-mate). Estudos anatômicos auxiliam na distinção das diversas espécies dentro do gênero, além de fornecer informações importantes do ponto de vista funcional, ecológico e evolutivo. Neste sentido, o trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar anatomicamente o xilema secundário e a casca de *Ilex theezans*, visando determinar as semelhanças nas características destes dois tecidos. Foram selecionados três indivíduos da espécie *Ilex theezans* em fragmento da Floresta Ombrófila Mista no Planalto do Estado de Santa Catarina, Brasil e realizadas a caracterização anatômica do xilema secundário e da casca. Características como anéis de crescimento distintos, porosidade difusa, vasos solitários e agrupados em múltiplos radiais foram observadas. Elementos de vaso sendo 50% mais longos do que os elementos de tubo crivado do floema indicam característica mais derivada dos elementos condutores do floema de *I. theezans*. Placas de perfuração escalariforme no xilema e simples no floema também indicam que o xilema seja mais primitivo que o floema. Cristais e amido foram visualizados nas células do raio. A ausência de fibras, a presença de esclereídes no floema secundário e cristais prismáticos no esclerênquima foram observados nesta espécie. Foi observada uma faixa concêntrica do esclerênquima como característica típica de *I. theezans*. Mesmas características dos raios em ambos os tecidos podem estar relacionados a sua origem, bem como sugerem eficácia no transporte radial de substâncias.

Palavras-chave: Aquifoliaceae, madeira, casca, Floresta Ombrófila Mista

ANATOMY OF SECONDARY XILEM AND BARK of *Ilex theezans* Mart. ex Reissek IN ARAUCARIA FOREST

Abstract: The genera *Ilex* of the family Aquifoliaceae is widely distributed in tropical and temperate regions. In Brazil, its predominance is in the Araucaria Forest, with economically important species such as *Ilex paraguariensis* (mate). Anatomical studies can help to separating the various species within the genera, as well as providing important information of functional, ecological and evolutionary point of view. In this way, the study was performed with the goal to investigating anatomically the secondary xylem and the bark of *Ilex theezans*, aiming to determine the similarities between two tissues. Three individuals of *Ilex theezans* were selected in a fragment of the Araucaria Forest in the south of Santa Catarina State, Brazil, and the anatomical characterization of the secondary xylem and bark was performed. Characteristics such as distinct growth rings, diffuse porosity, solitary vessels and grouped in multiple radial were observed. Vessel elements being 50% longer than the sieve tube elements of the phloem indicate features more derived from the conductive elements of the *I. theezans* phloem. Scalariform perforation plates in xylem and simple plates in phloem also indicate that xylem is more primitive than phloem. Crystals and starch were visualized in ray cells. The absence of fibers, the presence of sclereids in the secondary phloem and prismatic crystals in the sclerenchyma were observed in this species. A concentric sclerenchyma bands was may be a typical feature of *I. theezans*. The same features of the rays in both tissues can be related to their origin, as well as suggest efficacy in the radial transport of substances.

Keywords: Aquifoliaceae, wood, bark, Araucaria Forest

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Ilex*, pertencente à família Aquifoliaceae, é constituído por árvores e arbustos de folha caduca e perenes, com importância econômica como culturas (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil erva-mate) ou ornamentais (GONZALEZ; TARRAGÓ, 2009). Ocorre nas regiões tropicais ao redor do mundo e se estende nas regiões temperadas até 65 °N América e 35°S África (BAAS, 1973) e agrupa mais de 600 espécies, das quais 20 distribuem-se na América do Sul em climas tropicais e subtropicais (GIBERTI, 2008). No Brasil, o gênero *Ilex* ocorre comumente na Floresta Ombrófila Mista no Sul do país, juntamente com a presença marcante da *Araucaria angustifolia*, além de diversas espécies das famílias botânicas Lauraceae e Myrtaceae (NASCIMENTO et al., 2001; NETO et al., 2002; LORENZI, 2014). A Floresta Ombrófila Mista abrange quase todo o Planalto Catarinense, em altitudes que variam de 500 a 1.600 metros com inverno rigoroso associadas a baixas temperaturas médias anuais, marcado pela presença de geadas e até neve o que pode explicar a distribuição e coexistência das espécies florestais (DO ROSÁRIO, 2001; HIGUCHI et al., 2012). Dentre as espécies do gênero, o *Ilex theezans* tem ampla abrangência no Brasil, com distribuição nos biomas da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata atlântica, subdomínio da restinga (LIBERATO e MELO JÚNIOR, 2016; FLORA DO BRASIL, 2020). O *Ilex* é um dos gêneros representativos dentro da Floresta Ombrófila Mista devido a sua densidade e frequência (HIGUCHI et al., 2012; SAUERESSIG, 2012).

Do ponto de vista taxonômico, o conhecimento da morfologia vegetal é crucial para a identificação das diversas espécies dentro do gênero, mas outras características como a anatomia são fundamentais para ajudar na identificação. Assim, o conhecimento dos tipos celulares, e o arranjo formado entre eles, aliado à presença de caracteres especiais, podem auxiliar na caracterização das diferentes espécies (WILKES, 1988). Estudos da anatomia do lenho são mais comuns e se destacam por serem uma importante ferramenta para este fim, já os estudos da casca são mais recentes, e surgiram para complementar os estudos do xilema secundário, como auxílio na identificação e separação de espécies (RICHTER, 1981; TROCKENBRODT e PARAMESWARAN, 1986; ANGYALOSSY e RICHTER, 1991; SOFFIATI e ANGYALOSSY, 1999).

Estudos em relação à anatomia da madeira de *Ilex theezans* foram recentemente realizados por Knies (2016) e Miranda (2015), porém, estudos associados à casca desta espécie são ausentes. Este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar a anatomia do xilema e da casca de *Ilex theezans* e determinar, principalmente, se existem semelhanças nos diversos elementos que constituem o sistema vascular secundário.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta do material

Para a obtenção do material vegetal foram selecionados três indivíduos de *Ilex theezans* Mart. ex Reissek (Figura 1) aleatoriamente em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na região do planalto do estado de Santa Catarina no Município de Otacílio Costa (27.651786°, Long: 49.961997°). A região possui altitude de 840 metros, clima mesodérmico úmido com temperatura média de 16°C. Para as análises de madeira foi retirada uma bagueta (1,4 cm de diâmetro) do fuste, na altura do DAP

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

(Diâmetro a Altura do Peito) utilizando um trado de incremento. Para a obtenção do material para análise da casca, foram retiradas amostras da mesma, na região do DAP, com o auxílio de facão e as amostras obtidas armazenadas em álcool 70%.



Figura 1. Aspecto dos órgãos vegetativos, de *Ilex theezans* coletados na Floresta Ombrófila Mista, Santa Catarina, Brasil. A. Ramos. B. Aspecto externo da casca do caule principal (Fonte: KNISS, 2016).

2.2 Confeção das lâminas histológicas para a caracterização anatômica do xilema secundário e da casca

Para a análise do xilema secundário, porções retiradas das baguetas na região próxima à casca, ficaram submersas em solução de água destilada e glicerina (1:1), sendo posteriormente seccionadas em micrótomo de deslizamento, com a espessura variando de 14 a 18 μm , nos planos transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial. Os cortes anatômicos foram descoloridos com hipoclorito de sódio (20%), corados com safranina (0,8 %). Em seguida, foram desidratados em série alcoólica ascendente (20%, 50%, 70%, 90% e duas vezes álcool absoluto) e fixados em álcool/acetato de butila (3:1; 1:1, 1:3 e acetato de butila 100%).

O material para a análise da casca foi reduzido, em corpos de prova de aproximadamente 1cm^3 , que posteriormente foram incluídos em polietilenoglicol 1500, visando manter a integridade das células para serem seccionadas em micrótomo de deslizamento, com espessura variando de 8 a 12 μm , com auxílio de cola PVC (BARBOSA et al., 2010). Os cortes obtidos foram corados com azul de astra e safranina aquosos e desidratados em série alcoólica, para montagem de lâminas permanentes.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2.3 Elementos dissociados

Foram retiradas lascas do xilema secundário e do floema, para dissociação dos elementos celulares, em solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio, a 60° durante 8 horas, conforme sugerido por Franklin (1945), sendo posteriormente, o xilema secundário corado com safranina 0,8 % e o floema corado azul de astra 1% e montados em lâminas semipermanentes utilizando glicerina.

2.4 Mensuração dos elementos anatômicos

A caracterização anatômica qualitativa e quantitativa do xilema secundário seguiu recomendações do IAWA Committee (1989) exceto para a espessura da parede das fibras e diâmetro do lúmen da fibra que seguiram o descrito por Coradin e Muñiz (1991). A descrição anatômica da casca seguiu as instruções do *IAWA List of Microscopic Bark Features* (ANGYALOSSY et al., 2016).

Todas as análises foram realizadas com auxílio do microscópio LEICA e as medições foram realizadas no programa LAS V 4.8.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O xilema secundário de *Ilex theezans* apresenta anéis de crescimento distintos, delimitados por um achatamento das fibras no lenho tardio (Figura 2a). A porosidade é difusa e os vasos são solitários ou arranjados em múltiplos radiais e em grupos (Figura 2a), sendo 33,25 % solitários, 24,15 % geminados 10,55 % múltiplos de três e 27,31 % múltiplos de mais de quatro. Os vasos apresentam contorno circular (Figura 2a) e placa de perfuração escalariforme (Figura 2b). As pontoações intervasculares são opostas (Figura 2c) e as pontoações raio-vasculares são semelhantes às intervasculares em tamanho e forma (Figura 2d). Há presença de espessamento helicoidal por todo o corpo dos vasos e nos apêndices (Figuras 2b; 2c). As fibras apresentam parede espessa e espessamento helicoidal (Figura 2d). O parênquima axial apotraqueal é do tipo difuso e difuso-em-agregados. (Figura 2a). Os raios apresentam tamanhos distintos com largura de 4 a 10 células ou 1 a 3 células ou unisseriados. (Figura 2e). Os raios são compostos somente por células procumbentes, ou apresentam corpo composto por células procumbentes e até 4 camadas de células quadradas ou eretas, ou são constituídos por células quadradas e eretas misturadas (Figura 2f). Foram observados cristais (Figura 2c) e amido nos raios (Figura 2d). As características quantitativas do xilema estão descritas na Tabela 1.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

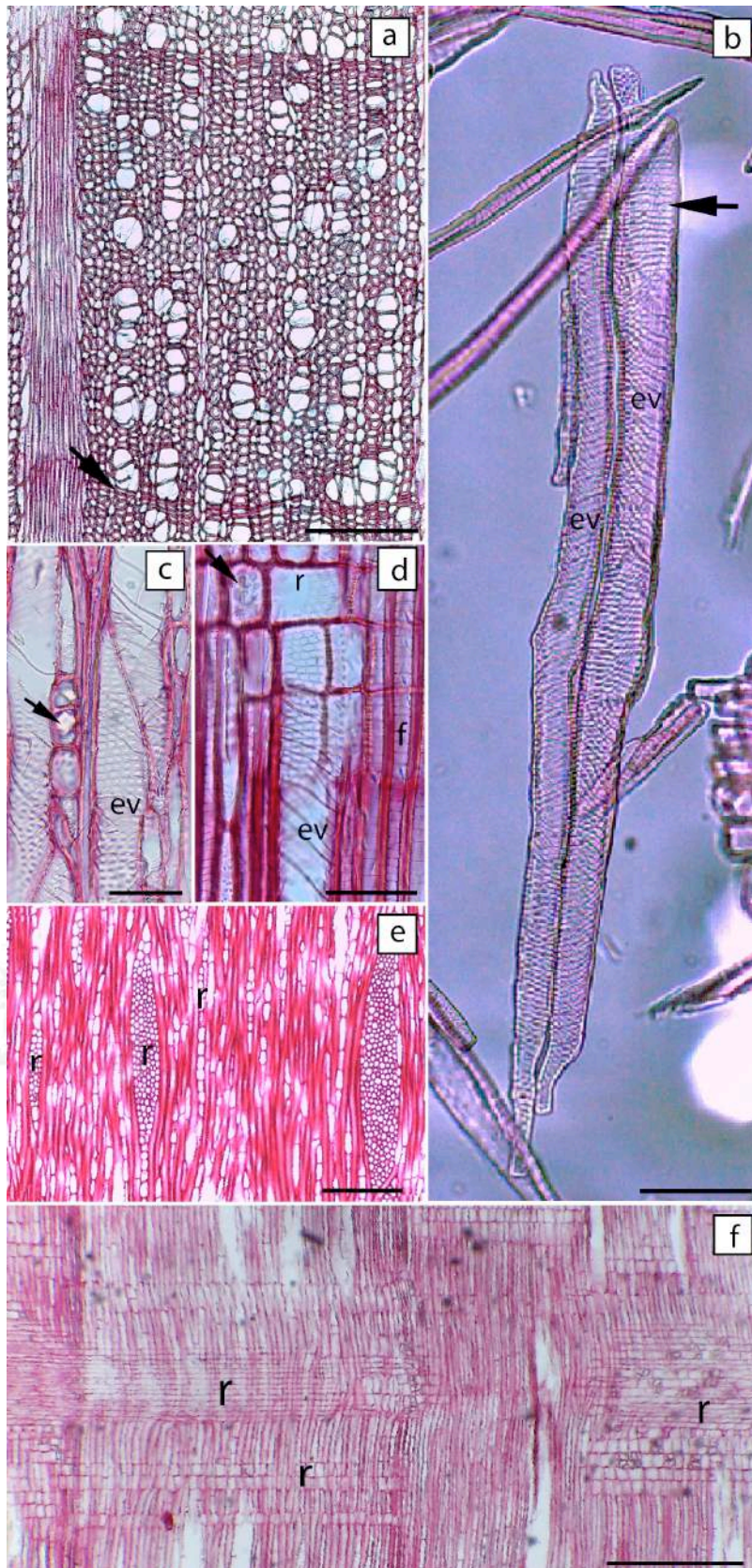


Figura 2. Características qualitativas do xilema secundário de *Ilex theezans* a) Anéis de crescimento distintos (seta), porosidade difusa; parênquima axial com arranjo difuso e difuso-em-agregado em seção transversal; b) Elementos de vaso (ev) com placa de perfuração escalariforme (seta) no material macerado; c) Pontoações intervasculares opostas e cristais nos raios em seção longitudinal tangencial; d) pontoações raio vasculares semelhantes às intervasculares, fibras com espessamento helicoidal e amido nas células do raio (seta) em seção longitudinal radial; e) raios (r) de tamanhos distintos em seção tangencial; f) raios heterocelulares (r) com diferentes composições em seção longitudinal radial. Barras: a; e) = 200 μm ; b) = 100 μm ; c), d) = 50 μm ; f) = 500 μm

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Valores médios (\pm desvio padrão) das características anatômicas do xilema e do floema secundários de *Ilex theezans*

Xilema	
Fibras	
Comprimento (μm)	1732,41(\pm 328,32)
Espessura da parede μm	6,79 (\pm 1,18)
Diâmetro lumen (μm)	12,85 (\pm 2,31)
Vasos	
Diâmetro do lumen (μm)	44,29 (\pm 9,90)
Número de vasos por mm^2	22,98 (\pm 7,25)
Comprimento elementos de vaso (μm)	761,72 (\pm 186,42)
Diâmetro das pontoações intervasculares (μm)	4,91(\pm 0,78)
Diâmetro das pontoações raio-vasculares (μm)	4,66 (\pm 0,79)
Raios	
Altura (μm)	1080,90 (\pm 352,94)
Largura (μm)	146,12 (\pm 43,86)
Número de raios por mm	1,40 (\pm 0,50)
Floema	
Tubos crivados	
Diâmetro dos tubos crivados (μm)	29,07 (\pm 5,24)
Comprimento elementos de tubo crivado (μm)	388,83 (\pm 97,14)
Raios	
Altura dos raios (μm)	857,70 (\pm 321,39)
Largura dos raios	197,04 (\pm 59,19)
Número de raios por mm	1,89 (\pm 0,62)

A casca de *Ilex theezans* é constituída de floema secundário, córtex e periderme. (Figura 3a). A periderme apresenta felema, com parede regularmente espessa e esclerificada de formato quadrado ou retangular e feloderme fina (1 a 2 camadas de células) de natureza parenquimática, e formato quadrado ou retangular (Figura 4c).

O córtex é composto de células parenquimáticas com dilatação por expansão tangencial, e esclerênquima composto por esclereides, com arranjo difuso e difuso-em-agregados (Figura 3a). Cristais prismáticos foram observados no córtex. (Figura. 4c).

O floema secundário de *I. theezans* é constituído por tubos crivados, parênquima e esclerênquima. Os tubos crivados podem ser solitários ou agrupados em pares (Figura 4a). Foi observado uma célula companheira ao lado dos tubos crivados em plano transversal (Figura 4a). As placas crivadas são simples e ligeiramente inclinadas. (Figura 4b). Calose foi observada nos crivos das placas crivadas. (Figura 4b).

O parênquima axial apresenta dilatação por expansão tangencial no final do floema secundário. (Figura 3a) e cristais prismáticos foram observados nas séries do parênquima (Figura 4b).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os raios apresentam tamanhos distintos e apresentam largura de 4 a 10 células ou 1 a 3 células ou são unisseriados (Figura 3b) e apresentam curso reto (Figura 3a). Os tipos de células que compõem o raio são procumbentes (Figura 3c). Grupos de células centrais ou da margem dos raios podem se esclerificar (Figura 4a). Cristais foram observados nos raios.

O esclerênquima é composto por esclereídes, que estão arranjadas em grupos na porção inicial do floema. Na porção mais externa do floema, há formação de uma faixa concêntrica, no limite entre floema e o cortex (Figura 3a). Foi verificada a presença de cristais prismáticos em células de esclerênquima. As características quantitativas do floema secundário estão apresentadas na Tabela 1.

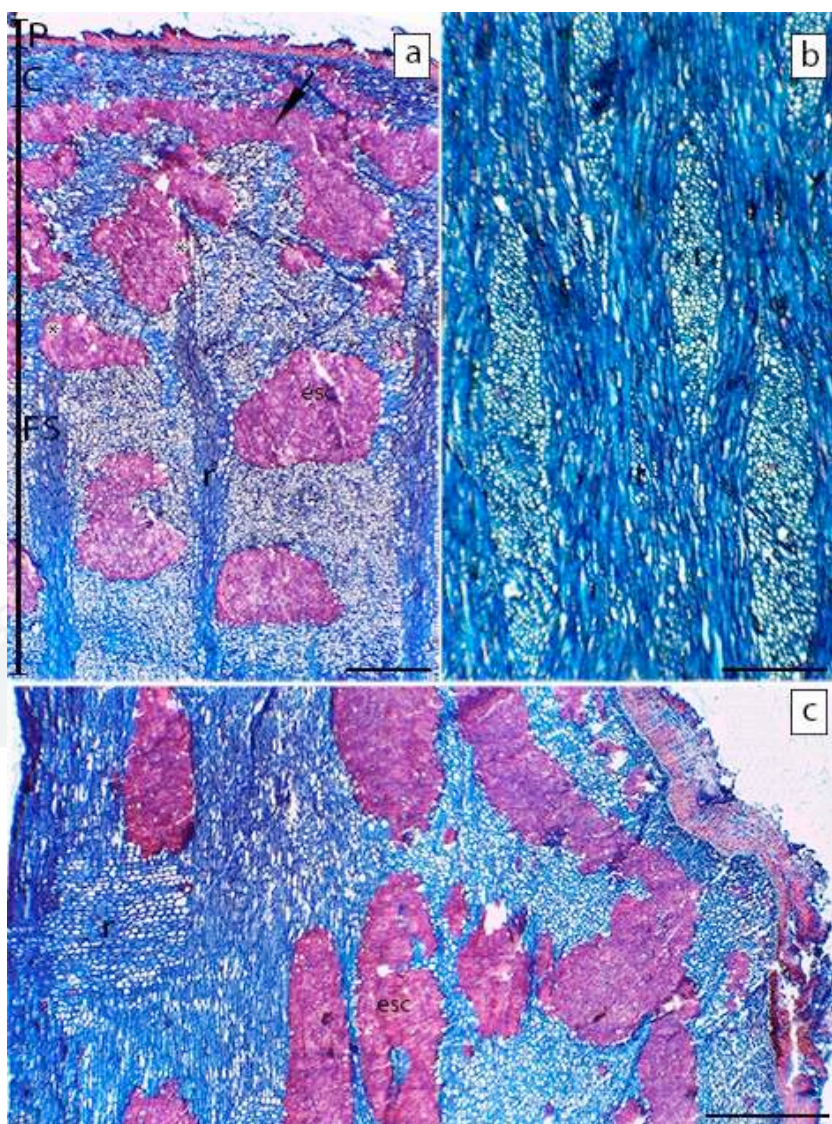


Figura 3. Características qualitativas da casca de *Ilex theezans* a) casca constituída por floema secundário (FS), córtex (C) e periderme (P); raios (r) com curso reto e que pode se esclerificar (*); esclerênquima (esc) em grupos e em faixa concêntrica no limite do floema e o córtex (seta) em seção transversal; b) raios (r) em seção longitudinal tangencial, c) raios (r) composto por células procumbentes em seção longitudinal radial; esc = esclereídes. Barras = 500 µm.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

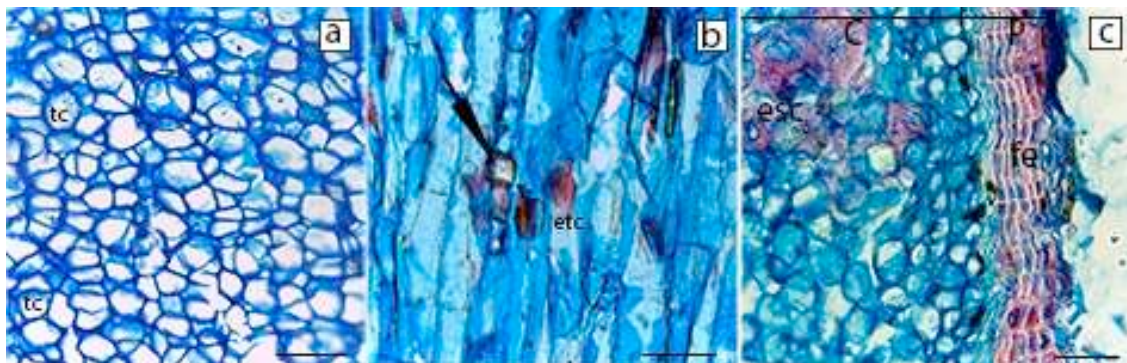


Figura 4. Características da casca de *Ilex theezans*. a) Detalhe do floema secundário evidenciando tubos crivados solitários (tc) e agrupamento de dois tubos crivados (círculo) em secção transversal. b) Calose depositada nos crivos dos elementos de tubo crivados (etc) e cristais no parênquima radial (seta) em secção longitudinal tangencial. c) Detalhe do córtex e da periderme: córtex composto de parênquima que contém cristais e de esclerênquima (esc) que também apresentam cristais; felema(fe) lignificado e feloderme (seta) estreita em secção longitudinalradial. Barras = 50 μ m.

Características como anéis distintos, porosidade difusa, vasos solitários e em múltiplos radiais e espessamento helicoidal na parede dos vasos, que foram observadas no xilema secundário em *I. theezans*, de acordo com Baas (1973) se encontram mais comumente nas espécies tropicais do gênero *Ilex*. Além disso, placa de perfuração escalariforme e o comprimento das fibras estão próximos aos valores encontrados para o gênero *Ilex* que ocorrem em climas tropicais montanos (BAAS, 1973).

Elementos de vaso alongados (Figura 2) com placa de perfuração escalariforme observados em *I. theezans*, sugerem menos especialização (BAILEY, 1953; OLSON 2012). Apesar do xilema secundário de *I. theezans* apresentar características mais primitivas, o floema apresenta características mais derivadas, como elementos condutores mais curtos, placas crivadas simples e menos inclinadas (ZAHUR, 1959). Carlquist (1975) destaca que a evolução dos elementos de tubo crivados longos, com placas crivadas oblíquas para o tipo curto, com placas transversais, seguiu a mesma linha de evolução dos elementos de vaso, não obrigatoriamente ao mesmo tempo. Contrário ao que o mesmo autor menciona, que numa mesma espécie e/ou órgão, o elemento de vaso pode apresentar-se com características mais derivadas do que o elemento de tubo crivado, neste estudo, os elementos de tubo crivado, apresentaram-se 50% menores que os elementos de vaso, sugerindo características mais derivadas no floema secundário de *I. theezans*. Esta diferença nas características das células condutoras que compõem o xilema e floema secundários pode estar relacionada aos mecanismos de condução específicos de cada tecido, sendo que no floema secundário os processos são mais complexos (mecanismo de fluxo sobre pressão) (MÜNCH, 1930).

Características como a ausência de fibras no floema e a presença de cristais prismáticos no esclerênquima foram verificadas em espécies do gênero *Ilex*, indicando ser comuns para o floema secundário deste gênero, podendo ser utilizadas para sua identificação. No entanto, a presença de faixa concêntrica do esclerênquima não foi registrada para nenhuma espécie, o que pode ser uma característica típica de *I. theezans* (BAAS, 1975; FURUNO, 1990).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Raios com diferentes larguras foram descritos tanto para o xilema quanto para o floema de *I. theezans* indicando pouca divergência dessa característica entre os dois tecidos (Tabela 1). A manutenção dessa característica entre os dois tecidos pode estar relacionada a mesma origem dos raios, as células iniciais radiais do câmbio vascular. Como os raios estão envolvidos no transporte radial de substâncias entre o xilema e o floema (EVERT, 2013) manter essa semelhança entre os dois tecidos pode indicar eficácia no transporte radial de substâncias.

4. CONCLUSÕES

Divergências foram encontradas entre os elementos de vaso do xilema e elementos de tubo crivado do floema, sendo estes últimos 50% menores em comprimento do que os elementos de vaso e com placas de perfuração simples, indicando características mais derivadas nos elementos vasculares do floema. Foi observada uma faixa concêntrica do esclerênquima como característica típica de *I. theezans*. Semelhanças nos raios tanto no xilema como no floema de *I. theezans* podem sugerir eficácia no transporte radial de substâncias.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, PROGRAMA PESQUISADOR VISITANTE ESPECIAL-PVE, Projeto Nº 88881.064971/2014-1 pelo financiamento do projeto, ao Instituto Superior de Agronomia de Lisboa/Centro de Estudos Florestais CEF e ao Laboratório de Anatomia da Madeira, da Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC/CAV/Lages.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGYALOSSY, V. A. et al. IAWA List of Microscopic Bark Features. IAWA JOURNAL, v. 37, p. 517–615, 2016.

ANGYALOSSY, V. A.; RICHTER, H. G. Wood and bark anatomy of *Buchenavia* Eichl. (Combretaceae). IAWA Bulletin. n. 12, p. 123-141, 1991.

BAAS, P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. BLUMEA, v. 21, n. 2, p. 193-258, 1973.

BAAS, P. Vegetative anatomy and the affinities of Aquifoliaceae, Sphenostemon, Phelline, and Oncotheca. BLUMEA, v. 22, p. 311-407, 1975.

BAILEY, I.W. Evolution of the tracheary tissue of land plants. American Journal of Botany, v. 4, p. 4–8, 1953.

BARBOSA, A. C. F. et al. A new method to obtain good anatomical slides of heterogeneous plant parts. IAWA JOURNAL, v. 31, n. 4, p. 373–383, 2010.

CARLQUIST, S. Ecological strategies of xylem evolution. Univ. of California Press, Berkeley. 1975, 259p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CORADIN, V. T. R. MUÑIZ, G. M. B. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae. Laboratório de produtos florestais, v. 15, p. 1-19. 1991.

DO ROSÁRIO, D. de A. P. Padrões florísticos e tipos funcionais em floresta com Araucaria e suas relações com o solo. 2001. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

EVERT, R. F. Anatomia das plantas de Esau, meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento. Ed. Blucher. 2013, 648p.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. *Aquifoliaceae*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4900>>. Acesso em: 09 Mai. 2017.

FRANKLIN, G. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood - resin composites and a new macerating method for wood. Nature, v.155, n. 3924, p. 51, 1945.

FURUNO, T Bark structure of deciduous broad-leaved trees grown in the san'in region, Japan. IAWA Bulletin, v. 11, n. 3, p. 239-254, 1990.

GIBERTI, G. C. Aquifoliaceae. In: Zuloaga, FO, Morrone O, Belgrano MJ, eds. Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Monographs in Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden, v. 107, p. 1143-1146. 2008.

GONZALEZ, A.M, TARAGÓ, J. Anatomical structure and secretion compounds of colleters in nine Ilex species (Aquifoliaceae) from southern South América. Botanical Journal of the Linnean Society, v.160, p.197–210. 2009,

HIGUCHI, P. et al. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. Ciência Florestal, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012.

IAWA COMMITTEE. International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin v.10, n. 3, p. 220-332, 1989.

KNISS, D. C. Anatomia comparada do lenho de espécies arbóreas em gradientes altitudinais de Floresta Ombrófila Mista. 2016. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

LIBERATO, I.S; MELO JÚNIOR, J. Morphological plasticity of Ilex theezans Mart. ex Reissek (Aquifoliaceae) in two restinga vegetation of Santa Catarina coastal plain. Acta Biológica Catarinense, v, 2, n. 3 p, 91-101, 2016.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4ª ed. Nova Odessa, Brazil. Ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2014, 384p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MÜNCH, E. Die stoffbewegungen in der pflanze. Gustav Fischer, Jena, Germany. 1930, 234p.

NASCIMENTO, A. R. T. et al. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. *Ciência Florestal*, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.

NETO, R. M. R. et al. Análise florística e estrutural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, situado em Criúva, RS-Brasil. *Ciência Florestal*, v. 12, n. 1, p. 29-37, 2002.

OLSON, M. Linear Trends in Botanical Systematics and the Major Trends of Xylem Evolution. *Botanical Review*, n. 78, p. 154-183, 2012.

RICHTER, H. G. Wood and bark anatomy of Lauraceae I. Aniba Aublet. *IAWA Bulletin*, n. 2, p. 79–87, 1981.

SAUERESSIG, D. Levantamento dendrológico na Floresta Ombrófila Mista e implementação de um sistema de identificação “online”. 2012. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SOFFIATTI, P. ANGYALOSSY, V. A. Estudo anatômico comparativo do lenho e da casca de duas espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.22, n.2, p.175-184, 1999.

TROCKENBRODT, M; PARAMESWARAN, N. A contribution to the taxonomy of the genus *Inga* Scop. (Mimosaceae) based on the anatomy of the secondary phloem. *IAWA Bulletin*. n, 7, p. 62-71, 1986.

WILKES J. Variations of wood anatomy within species of *Eucalyptus*. *IAWA Bulletin*; n. 9, p. 13-23, 1988.

ZAHUR, M. S. Comparative study of secondary phloem of 423 species of woody dicotyledons belonging to 85 families. *Cornell Univ. Agric. Exp. Stan. Mem.* 358. New York State College of Agriculture, v. 358, p. 160, 1959.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ANATOMIA E PROPRIEDADES FÍSICAS DE Dacryodes peruviana DA FLORESTA AMAZÔNICA DO PERU

Leif Armando Portal Cahuana¹
João Vicente de Figueiredo Latorraca²
José Henrique Camargo Pace²
Glacyanne Santos²
Dayane Oliveira Lima²
Letícia Maria Alves Ramos³
Jonny Paz Castro⁴
Wilson Morvely¹

¹ Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

³ Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

⁴ Instituto de Florestas / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



ANATOMIA E PROPRIEDADES FÍSICAS DE *Dacryodes peruviana* DA FLORESTA AMAZÔNICA DO PERU

Resumo: O estudo de novas espécies nativas é importante para incrementar a lista de possibilidades de industrialização de madeiras não tradicionais. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estudar a anatomia e as propriedades físicas da madeira de *Dacryodes peruviana* da floresta amazônica do Peru. Foram coletadas duas árvores em uma floresta nativa do departamento de Madre de Dios. Os discos, obtido através do método destrutivo. Análises macroscópicas e microscópicas foram realizadas utilizando a metodologia padrão de COPANT (1972) e IAWA (1989); para as propriedades físicas da madeira utilizou-se a Norma Técnica Peruana. Os resultados mostram que o parênquima é visível com lupa de 10x, de tipo apotraqueal difuso, com vasos maiormente solitários de diâmetro tangencial de $179,63 \pm 34,23 \mu\text{m}$, com média de $5 \pm 1,68$ vasos por mm^2 , os raios classificados como médios, de estrutura não estratificada. As fibras são libriformes, de paredes grossas ($\cong 3 \pm 0,37 \mu\text{m}$) e comprimento médio ($\cong 1075 \pm 173 \mu\text{m}$). Sobre as propriedades físicas a espécie apresentou densidade básica de $0,43 \text{ g/cm}^3$, é uma madeira moderadamente estável e de bom comportamento à secagem. Conclui-se que a madeira da espécie *D. peruviana*, pode ser utilizada em diferentes produtos, tais como: portas, janelas, laminado, brinquedos, marcenaria, construção e moveis em geral.

Palavras-chave: Madeira nativa, características anatômicas, Madre de Dios.

ANATOMY AND PHYSICAL PROPERTIES OF *Dacryodes peruviana* FROM THE AMAZON FOREST OF PERU

Abstract: The study of new native species is important to increase the list of possibilities of industrialization of non-traditional wood. In this context, the objective of this work was to study the anatomy and physical properties of Peruvian *Dacryodes peruvian* wood. Two trees were collected in a forest native to the department of Madre de Dios. The disks, obtained through the destructive method. Macroscopic and microscopic analyzes were performed using the standard methodology of COPANT (1972) and IAWA (1989); For the physical properties of the wood the Peruvian Technical Standard was used. The results show that the parenchyma is visible with a 10x magnifying glass, diffuse apotracheal type, with mostly solitary vessels with a tangential diameter of $179.63 \pm 34.23 \mu\text{m}$, with an average of 5 ± 1.68 pots per mm^2 , rays classified As medium, of non-stratified structure. The fibers are libriform, with thick walls ($\cong 3 \pm 0,37 \mu\text{m}$) and average length ($\cong 1075 \pm 173 \mu\text{m}$). On the physical properties the species presented basic density of 0.43 g / cm^3 , is a wood moderately stable and of good behavior to the drying. It is concluded that *D. peruviana* wood can be used in different products, such as: doors, windows, laminate, toys, carpentry, construction and furniture in general.

Keywords: Native Madeira, anatomical characteristics, Madre de Dios.



1. INTRODUÇÃO

O Departamento Amazônico de Madre de Dios, localizado no sudeste do Peru fronteira com Brasil (Acre) e Bolívia (Pando), é reconhecida mundialmente como uma das áreas biológicas mais ricas e únicas da terra (BROOKS et al, 2006), e a legislação peruana a denomina “Capital da Biodiversidade do Peru” Lei N°26311 no ano 1994. Este departamento é parte de uns dos maiores fragmentos interrompidos de floresta úmida tropical remanescentes na Amazônia (BRACK, 2003). Sem embargo nos últimos anos o departamento está sujeito a um aumento da migração atraída pela extração dos recursos naturais, principalmente a extração de ouro ilegal e informal (DELGADO, 2008).

Por outro lado, nos últimos 15 anos as exportações do Peru, concentrou-se em madeiras de densidade alta (*Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis*, *Dipteryx odorata*, *Handroanthus serratifolius*, *Manilkara bidentata*, etc), pela demanda do mercado internacional principalmente da China, Estados Unidos e México (ADEX, 2014), isto faz uma exploração mais intensa, a estas populações, onde as árvores ficam cada vês, mas longes.

Os estabelecimentos de madeiras da cidade de Puerto Maldonado, capital do departamento de Madre de Dios, vem utilizando espécies novas sem conhecer as propriedades tecnológicas das madeiras o que ocasiona o uso inadequado dos recursos florestais.

Nos países de Equador e Colômbia, a espécie *Dacryodes peruviana*, tem uma grande importância devido à demanda comercial que tem sua madeira (VILLACRÉS, 2004; ITTO, 2010).

Neste contexto é necessário valorizar a biodiversidade do departamento com pesquisas que ajudem a gerar fontes de trabalho com atividades que respeitem os ecossistemas naturais e diversificando as espécies florestais. Com isso o objetivo do presente estudo foi determinar as características anatômicas e propriedades físicas da espécie *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Lam, provenientes do sudeste do Peru.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi a floresta de produção permanente do senhor Pablo Callo Condori da província de Tambopata e distrito de Las Piedras no departamento de Madre de Dios, onde se obteve as amostras para os ensaios anatômicos e físicos da madeira. Dentro da área se delimitou e georeferenciou área do Plano de Manejo Complementares Anual (PMCA), com 102.00 hectares dentro das quais inventariou-se a espécie de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Lam de nome comum no Peru Caraña.

Foram inventariadas 19 árvores posteriormente selecionaram duas árvores ao acaso, considerando sempre que as árvores estivessem com boas características fitossanitários, de tronco reto, tendo em consideração as características morfológicas da espécie (NTP INDECOPI 251.008:2004)

Obtiveram-se amostras nos diferentes cortes longitudinais (radial e tangencial), um disco, cubos para o ensaio de grão, para o estudo de anatomia e amostras de madeira de 3x3x10 cm, para o estudo de propriedades físicas. As análises realizaram-se na xiloteca da Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, faculdade de Engenharia Florestal e Meio Ambiente. As descrições anatômicas realizaram-se com base nas normas: Comissão Pan-americana de Normas Técnicas COPANT 30:1-19 (1972) e a Associação Internacional de Anatomia da Madeira IAWA (1989). Para a determinação do conteúdo de umidade utilizou-se a Norma Técnica Peruana (NTP.INDECOPI 251.010:2004), para a



determinação da densidade utilizou-se a (NTP.INDECOPI 251.011:2004) e finalmente para a determinação das contrações da madeira (NTP.INDECOPI 251.012:2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características Anatômicas

Características gerais e organolépticas: Em condição seca ao ar, alburno e o cerne é pouco distinto, alburno de cor bege-claro e o cerne de cor róseo-pálido. Anéis de crescimento diferenciados por zonas fibrosas. Odor e sabor não distintivo, grão entrecruzado, textura média, brilho elevado, figuras em arcos sobrepostos (corte tangencial).

Características Macroscópicas: Vasos: Madeira de porosidade difusa, vasos visíveis com lupa de 10x, maioria solitários e escassamente múltiplos radiais de 2,3 e 4 vasos, de forma redonda, com presença de tilose. Parênquima: Visíveis com lupa de 10x, do tipo apotraqueal difuso. Raios: Visíveis com lupa de 10x, classificados como médios, no plano longitudinal tangencial não estratificados.

Características Microscópicas: Vasos/elemento vascular: Porosidade difusa. Diâmetro tangencial médio de $179,63 \pm 34,23 \mu\text{m}$ classificado como médio. Em média de $5 \pm 1,68$ vasos por mm^2 , predominantemente solitários e escassamente múltiplos radiais de 2,3 e 4 vasos. Comprimento médio do elemento vascular de $\cong 300 \pm 56,80 \mu\text{m}$, classificados como muito curtos. Parênquima de tipo apotraqueal difuso. Raios: Na secção tangencial altura de $\cong 316 \pm 62,38 \mu\text{m}$, classificados como muito curtos, 12 ± 2 células de comprimento, $2 \pm 0,24$ células de largura. De $\cong 3 \pm 0,98$ raios/mm classificados como poucos numerosos. Fibras: Libriformes, comprimento médio de $\cong 1075 \pm 173 \mu\text{m}$, classificadas como muito curtas, em média de $\cong 213 \pm 21 \mu\text{m}$ de largura, classificadas como pequenas, de paredes grossas com uma espessura média de $\cong 3 \pm 0,37 \mu\text{m}$, não estratificadas.

Tabela 1: Valores Biométricos de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Lam.

Característica anatômicas quantitativas	(μm)			Desvio Padrão
	Mínimo	Máximo	Média	
Diâmetro tangencial dos vasos	145,4	213,86	179,63	34,23
Altura do raio	253,41	378,17	315,79	62,38
Largura do raio	25,93	39,89	32,91	6,98
Diâmetro total de fibras	17,86	24,28	21,07	3,21
Espessura da parede das fibras	2,26	3	2,63	0,37
Comprimento das fibras	902,14	1248,02	1075,08	172,94
Comprimento dos elementos vasculares	243,33	356,93	300,13	56,8
Característica anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado	
Número de vasos/ mm^2	De 5 a 20	PA	7	
Número de raios/mm	Até 4	MPA	4	
Células de altura em raios			12	
Células de largura em raios			2	

Legenda: MPA = Muito pouco abundante. PA = Pouco abundante.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

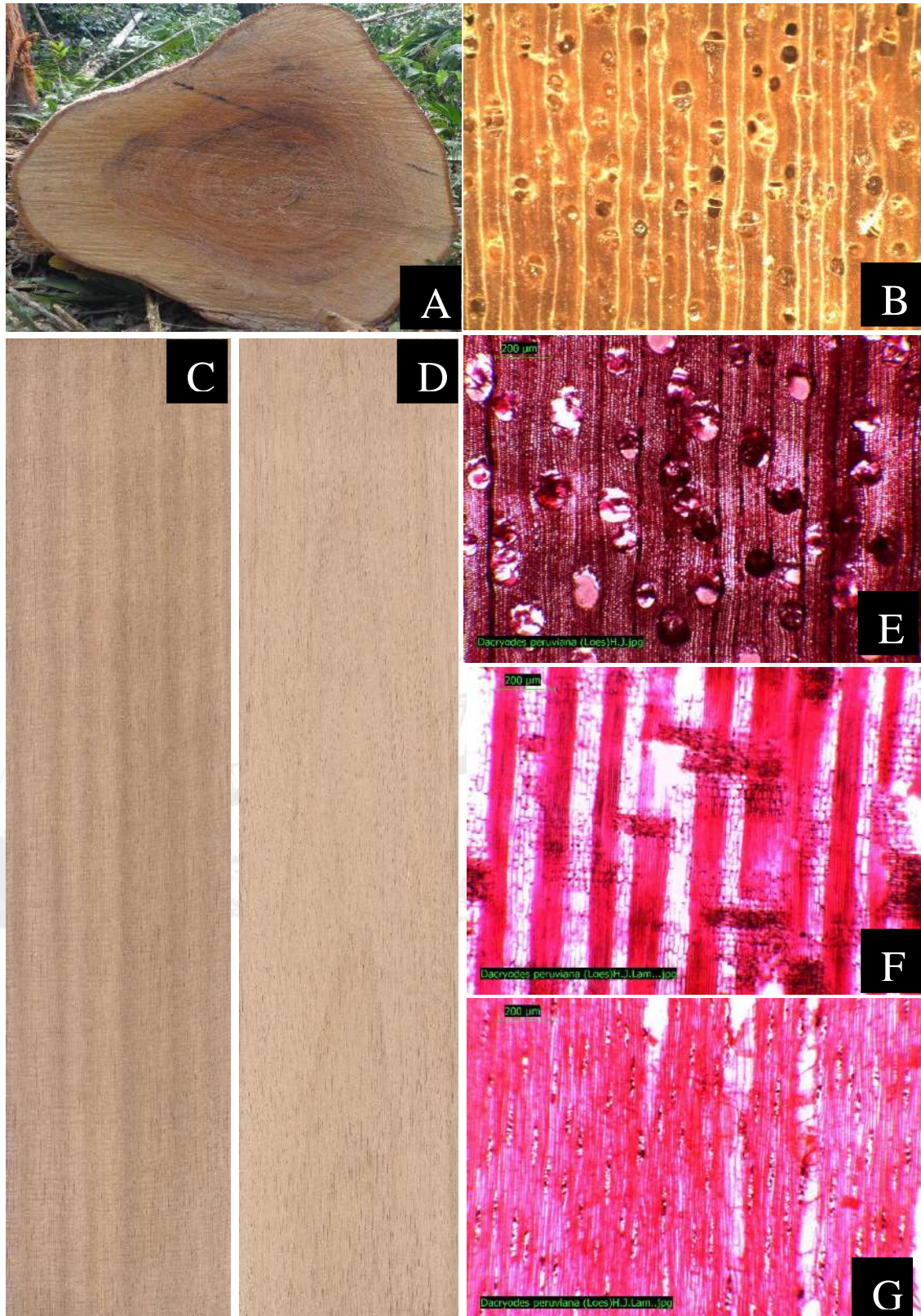


Figura 1: (A) Disco da madeira; (B) Corte transversal macroscópico; (C) Corte longitudinal radial; (D) Corte longitudinal tangencial, (E) Plano transversal microscópica, (F) Plano longitudinal radial microscópica; e (G) Plano longitudinal tangencial microscópica.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





3.2 Propriedades Físicas

De acordo com os resultados na Tabela 2, pode-se classificar a madeira de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Lam, com propriedades físicas médias ou moderadas; considerando a classificação de madeiras peruanas (ACEVEDO e CHAVESTA, 1991; ARÓSTEGUI, 1982) para as madeiras do Peru e em função ao coeficiente de anisotropia $T/R = 2$, indica que é uma madeira moderadamente estável e de bom comportamento à secagem.

Tabela 2. Propriedades Físicas de *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Lam.

Nome comum	U (%)	DB (g/cm ³)	D _{12%} (g/cm ³)	D _{an} (g/cm ³)	Contrações (%)				
					R	T	L	V	T/R
	73.35	0.43	0.51	0.47	3.47	6.8	0.17	8.99	2
Caraña	D.P	0.0006		0.012	0.031	0.1	0.036	1.112	
	C.V (%)	1.39		2.612	0.885	1.466	21.559	12.367	

U (%)= Umidade; DB = Densidade Básica; D_{12%} = Densidade aparente à 12% de umidade; D_{an} = Densidade anidra; R: Radial; T =Tangencial; L= Longitudinal; V: Volumétrico; T/R= coeficiente de anisotropia.

Os dados encontrados a densidade ao 12% de umidade de 0.51 g/cm³, mostra uma diferença ao encontrado por GUTIERREZ E SILVA (2002) que foi de 0.61 g/cm³. Sobre as contrações da madeira o mesmo autor encontrou para a contração radial o valor de 5.1%, para a contração tangencial 7.9% e para a relação T/R 1.5. O que pode ser explicado pela porque as amostras foram coletadas em diferentes lugares e suas propriedades podem mudar em função a geografia, ambiente, altitude, etc. (VIGNOTE E JIMENEZ 1996).

Em função as propriedades físicas da madeira de *D. peruviana* (Loes.) H.J. Lam, pode ser utilizada em diferentes produtos, tais como: portas, janelas, laminado, brinquedos, marcenaria, construção e moveis em geral. GUTIERREZ E SILVA (2002).

4. CONCLUSÕES

A descrição anatômica da madeira de *D. peruviana*, permite inferir que é uma madeira boa para acabamentos em carpinteira e marcenaria pelos tipos de figuras ou desenhos apresentados. Apresenta fácil trabalhabilidade e não ocasiona o desgaste de ferramentas ou serras nos diferentes processos industriais. A madeira caracteriza-se por apresentar propriedades físicas médias a moderadas.

A madeira de *D. peruviana*, tem para o Peru um grande potencial para a industrialização e comercialização da madeira, como acontece em outros países como Equador e Colômbia.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ, à CAPES, ao Programa de Pós-Graduação de Ciências Ambientais e Florestais – PPGCAF/UFRRJ, à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ e à Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, M; CHAVESTA, M. Informe sobre fichas tecnológicas de la madera y asignación a grupos tecnológicos. Proyecto Dantas. Lima, Peru. 1991, 6p.



ADEX. Boletín informativo, elaborado por la Gerencia de Servicios e Industrias Extractivas. 2014, 12 p.

AROSTEGUI, A. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Documento de trabajo N°2. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002.Lima, Perú. 1982, 55 p.

BRACK, A. "Biodiversidad y Desarrollo Sostenible". Lima, Perú. 2003, 59 p.

BROOKS, T. M; MITTERMEIER R. A; DA FONSECA G; GERLACH J; HOFFMANN M. Global Biodiversity Conservation Priorities. Science 313: 58–61, 2006.

COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). Maderas: Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de las maderas angiospermas y dicotiledóneas: anteproyecto de Norma. COPANT 30: 1 – 019. Caracas, Venezuela. 1974, 25 p.

DELGADO C.I. Is the Interoceanic Highway exporting deforestation? Master's Project, Nicholas School of the Environment, Duke University. 37 p, 2008.

GUTIERREZ, V.; SILVA, J. Información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderables de Bolivia; serie técnica XII. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. La Paz, Bolivia. 2002, 352p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin, Leiden, v. 10, n. 3, p. 210-232, 1989.

ITTO. Ordenamiento Forestal Productivo para la zona de reserva campesina del Departamento del Guaviare. PD 32/99 Rev.2 (F). San José del Guaviare, Colombia. 28p, 2010.

NTP.INDECOPI 251.008:2004. Norma Técnica Peruana. Maderas selección y colección de muestras". Lima Perú. 2004.

NTP.INDECOPI 251.010:2004. Norma Técnica Peruana. "Método para determinar el contenido de humedad".2004-06-10,2da Edición. Lima Perú. 2004.

NTP.INDECOPI 251.011:2004. Norma Técnica Peruana "Método para determinar la densidad" 2004-06-10,2da Edición. Lima Perú. 2004.

NTP.INDECOPI 251.012:2004. Norma Técnica Peruana "Método de determinación de la contracción 2004-12-02,2da Edición. Lima Perú. 2004.

VILLACRÉS, D. Análisis del Manejo Forestal Actual en los Bosques de la Provincia de Morona Santiago-Ecuador con miras hacia la Certificación Forestal, Limitantes y Obstáculos. Ecuador. 53p, 2004.

VIGNOTE, S.; JIMÉNEZ, F. Tecnología de la Madera. Madrid, España. 1996, 602 p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Anatomia quantitativa de três espécies da amazônia em solos de várzea e platô

Ricardo Marques Barreiros¹
Bruno Santos Ferreira¹
Francisco Mateus F. de A. Varasquim²
Marcel Yuzo Kondo¹
Rafael Santos²
José Claudio Caraschi¹
Cantídio Fernando Gouvêa³
Waldemar Gehring Junior⁴

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

² Instituto Federal de São Paulo

³ Universidade Federal de Sergipe

⁴ INFLUIR Consultoria



ANATOMIA QUANTITATIVA DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES DA AMAZÔNIA EM SOLOS DE VÁRZEA E PLATÔ

Resumo: A amazônia é constituída por diferentes vegetações, como floresta de várzea e de terra firme, em função das cheias dos rios e cotas de altitude. A madeira sofre influência desses fatores para sua formação, que caracterizam suas propriedades anatômicas. Assim, objetivou-se verificar algumas diferenças anatômicas quantitativas das fibras e dos elementos de vaso entre as espécies de várzea e terra firme, nos lenhos de árvores de *Qualea paraensis*, *Qualea albiflora* e *Mezilaurus lindaviana*. Amostras de madeira em plano transversal foram utilizadas para a determinação do diâmetro e da frequência dos vasos em microscópio trinocular. Fibras foram individualizadas em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio; foram dispostas em lâminas histológicas, sendo medidos o comprimento, a largura, a espessura da parede e o diâmetro do lume das fibras mediante o software QWIN V3 Standard. Tanto na área de várzea quanto na de terra firme, as variáveis determinadas não diferiram para as espécies estudadas, exceto o diâmetro de elemento de vaso, que foi maior nas espécies *Q. paraensis* e *M. lindaviana*. Para as espécies *Q. paraensis* e *M. lindaviana*, somente o DV foi menor para a área de várzea, enquanto que para a *Q. albiflora*, o Dv e a FV não foram diferentes nas duas áreas. Não existem diferenças anatômicas quantitativas para as fibras e os vasos entre as espécies de várzea e de terra firme para a maioria das variáveis estudadas, com exceção ao diâmetro dos vasos para as espécies *Q. paraensis* e *M. lindaviana*, que foi maior para as áreas de várzea.

Palavras-chave: características anatômicas, *Qualea albiflora*, *Qualea paraensis*, *Mezilaurus lindaviana*.

QUANTITATIVE ANATOMY OF THE WOOD OF THREE SPECIES OF THE AMAZON IN SOILS OF LOWLAND AND PLATEAU

Abstract: The Amazon is constituted by different vegetations, as forest of lowland and plateau, due to the floods of the rivers and altitude quotas. The wood is influenced by these factors for its formation, which characterize its anatomical properties. Thus, we aimed to verify some quantitative anatomical differences of the fibers and of the vessel elements between the lowland and plateau species, in the trees of *Qualea paraensis*, *Qualea albiflora* and *Mezilaurus lindaviana*. Transverse wood samples were used to determine the diameter and frequency of vessels in a trinocular microscope. Fibers were individualized in solution of acetic acid and hydrogen peroxide; were arranged in histological slides, the length, width, wall thickness and fiber diameter of the fibers were measured using QWIN V3 Standard software. In both lowland and plateau areas, the determined variables did not differ for the studied species, except for the vessel element diameter, which was higher in the species *Q. paraensis* and *M. lindaviana*. For the species *Q. paraensis* and *M. lindaviana*, only the DV was lower for the lowland area, while for the *Q. albiflora*, the Dv and the VF were not different in the two areas. There are no quantitative anatomical differences for the fibers and vessels between the lowland and plateau species for most of the studied variables, except for the diameter of the vessels for the species *Q. paraensis* and *M. lindaviana*, which was higher for the areas of lowland.



Keywords: anatomical characteristics, *Qualea albiflora*, *Qualea paraensis*, *Mezilaurus lindaviana*.

1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica é uma das poucas reservas naturais que ainda detém os maiores níveis de biodiversidade do mundo, ocupando, aproximadamente, 6 milhões de km² da América do Sul, sendo constituída por diferentes tipos de vegetação (OLIVEIRA e AMARAL, 2004). Segundo Braga (1979) os tipos de vegetação que ocorrem na Amazônia brasileira são: Floresta de terra firme (platô), Floresta de várzea (planície), Campos de terra firme, Campina, Vegetação serrana e Vegetação de restinga. A Amazônia brasileira apresenta uma área de aproximadamente 3,6 milhões de km², o que equivale a 42% do território nacional, onde se estima que existam cerca de 6 mil espécies arbóreas, cuja utilização comercial é limitada em aproximadamente 100 espécies (BIASI, 2005).

Alves e Miranda (2008) relatam que a riqueza de espécies num determinado local está relacionada a diversos fatores ambientais, tais como: latitude, altitude, precipitação, nutrientes no solo, entre outros. A madeira, por sua vez, depende desses fatores para seu crescimento e desenvolvimento, porém influenciam diretamente nas suas propriedades, principalmente nas anatômicas, que por sua vez influenciam as outras. As espécies florestais na região amazônica são numerosas, sendo algumas delas não utilizadas devido à presença de características indesejáveis, tais como densidade, dureza, sílica, óleos, resinas e baixa durabilidade natural. Entretanto, muitas outras espécies não são utilizadas, simplesmente porque suas características físicas e mecânicas ainda são desconhecidas (BIASI, 2005).

É comum, no contexto das empresas que exploram a madeira na região amazônica, discernir se a madeira é proveniente de locais de várzea ou platô. Entende-se por várzea (ou terra baixa), áreas de planície cujo solo é passível de inundações no período de cheia. Em contrapartida, áreas tidas como de platô (ou terra firme), são aquelas situadas em regiões, cujo solo não é inundado, independentemente da sazonalidade climática ao longo do ano (BIASI, 2005). Devido à grande área da floresta amazônica e diferentes locais (várzea e platô), nos quais as espécies se encontram, faz-se necessário um estudo mais aprofundado na anatomia da madeira entre essas mesmas espécies, a fim de avaliar se há ou não mudanças anatômicas.

As fibras são os elementos mais importantes no que diz respeito à resistência mecânica; a estreita correlação entre volume de fibras, massa específica e resistência mecânica é um fato experimentalmente comprovado. Os vasos, por sua vez, já são estruturas fracas, devido suas paredes finas, a forma de disposição no lenho influencia diretamente a resistência da madeira (BURGER e RITCHER, 1991). As fibras são células finas e longas de extremidades fechadas, que têm a função de suporte (DINWOODIE, 1981). No caso das folhosas, as fibras não são perfeitamente arrançadas como no caso das coníferas e são entremeadas por células de parênquima e por elementos de vasos (STAMM, 1964). Com relação aos vasos, por exemplo, as suas dimensões (comprimento de elementos de vaso, diâmetro) e frequência estão sob forte influência da disponibilidade hídrica (DICKISON, 2000).

O estudo das características das mais diversas madeiras nativas tem sido impulsionado pela real e atual carência de conhecimento das espécies conhecidas e amplamente exploradas. Dentre as que têm sido estudadas, estão a madeira de *Qualea albiflora* (mandioqueira lisa), *Qualea paraensis* Ducke (mandioqueira escamosa) e *Mezilaurus lindaviana* Schw. (Itaúba), as quais foram objetos de estudo deste trabalho.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A *Qualea paraensis* Ducke (mandioqueira escamosa), Vochysiaceae, é uma árvore predominante de terra firme com altura variando de 10 a 35 m e DAP entre 12 e 58 cm (PAULA e ALVES, 1997). Segundo ITTO (2017), no Brasil possui distribuição natural nos estados do Amazonas, Pará, e Rondônia, Roraima e Mato Grosso. Possui vasos visíveis a olho nu, pouco numerosos (de 4 a 7 por mm²), médios a grandes, solitários, agrupados em 2-3 vasos, vazios, embora alguns sejam obstruídos por tilos.

Segundo Quinet (2005), a madeira da espécie *Mezilaurus lindaviana* Schw. e Mez (Itaúba) pertence à família Lauraceae e é conhecida popularmente pelos nomes de Itaúba, Itaúba-Abacate e Itaúba-Amarela. É encontrada no Norte e Centro-oeste do Brasil, especificamente nos estados de Roraima, Amapá, Pará, Amazonas e Mato Grosso do Sul. Segundo Mainieri e Chimelo (1989), as fibras são curtas a muito longas, 1100 a 2200 µm; estreitas a largas, de 18 a 40 µm, com paredes espessas a muito espessas. Os vasos são visíveis sob lente; distribuição difusa, solitários predominantes (58%), ocorrendo geminados e múltiplos radiais de até 6; pouco numerosos, 9 a 22, predominando de 11 a 20 (80%) poros por mm²; pequenos a médios, 60 a 200 µm, sendo a maioria entre 100 e 200 µm (92%) de diâmetro tangencial.

A *Qualea albiflora* Warm, também denominada *Ruizterania albiflora* Warm. (ITTO, 2017) (Mandioqueira lisa), Vochysiaceae, ocorre numa área de dispersão que atinge o norte do Brasil, principalmente em várzeas e matas de terra firme nos estados do Amazonas, Pará, Acre, Rondônia e Mato Grosso e os países do norte da América do Sul, principalmente as Guianas (BIASI, 2005; SANTOS, 1987). É também muito conhecida como mandioqueira-lisa, entre outros nomes. Apresenta árvores de 30 m de altura, com diâmetros de 50 a 80, até 100 cm. Os troncos são retos e cilíndricos, com comprimentos comerciais de 20 m. Ele apresenta contrafortes (sapopemas) de até 2 m de altura. Madeira com poros difusos. Vasos solitários e múltiplos radiais curtos. Ocasionalmente, menos que 6 vasos por mm² (ITTO, 2017).

Numerosos fatores, intrínsecos à árvore e/ou relacionados aos fatores ambientais, conduzem a variações quanto ao tipo, número, tamanho, forma, estrutura física e composição química dos elementos anatômicos. A sua estrutura é caracterizada pelo arranjo e quantidade proporcional de diferentes tipos de células, como fibras, traqueídes, vasos, parênquima axial e raios, influenciando as diversas propriedades da madeira (MARCATI, 1992).

Com o objetivo de verificar as diferenças anatômicas das fibras e dos vasos entre as espécies de várzea e terra firme, foi feita a caracterização quantitativa desses elementos nos lenhos de árvores de *Qualea paraensis*, *Qualea albiflora* e *Mezilaurus lindaviana*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

Para a realização deste trabalho foram amostrados aleatoriamente dois indivíduos das espécies: *Qualea paraensis* Ducke (Mandioqueira Escamosa), *Qualea albiflora* Warm (Mandioqueira lisa) e *Mezilaurus lindaviana* Schwacke e Mez (Itaúba), sendo um indivíduo de região de várzea e outro de terra firme. As árvores foram cedidas pela empresa Orsa Florestal, oriundas de manejo sustentável, com área de 545 mil hectares de floresta nativa no Vale do Jari (PA). Nessa reserva, todas as árvores possuem rastreabilidade total, registradas com número de identificação de acordo com os registros do sistema de gerenciamento da cadeia de custódia, pré-requisito do sistema de gestão *Forest Stewardship Council* (FSC). As árvores cortadas tiveram autorização do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Um dos indivíduos foi retirado de vegetação de floresta ombrófila densa de terras baixas (várzea) a uma altitude média de 50 m acima do nível do mar. Esse tipo de formação florestal ocupa planícies costeiras e está localizada entre o 4° de latitude N e o 16° latitude S, a partir dos 5 m até os 100 m acima do mar.

O outro indivíduo foi retirado da formação florestal ombrófila densa de terra firme (submontana ou platô), a uma altitude média de 250 m acima do nível do mar. Este tipo de formação vegetal está situado nas encostas dos planaltos e/ou serras entre o 4° de latitude N e o 16° de latitude de S a partir dos 100 m até 600 m.

Foram identificadas as espécies quanto ao tipo de vegetação e família e medidos os diâmetros (DAP) e as alturas das árvores amostradas, conforme disposto da Tabela 1.

Tabela 1. Dados dos indivíduos amostrados

Espécie	Tipo de vegetação	Família	DAP (cm)	AT (m)	QF
<i>Qualea paraensis</i>	Várzea	Vochysiaceae	73,2	22	1
<i>Q. paraensis</i>	Platô		85,9	12	2
<i>Q. albiflora</i>	Várzea	Vochysiaceae	66,8	17	2
<i>Q. albiflora</i>	Platô		95,5	22	2
<i>Mezilaurus lindaviana</i>	Várzea	Lauraceae	79,6	17	2
<i>M. lindaviana</i>	Platô		73,2	22	2

DAP (cm) = Diâmetro à Altura do Peito (centímetros); AT (m) = Altura Total (metros); QF = Qualidade do Fuste (1 = reto; 2 = pouco tortuoso; 3 = tortuoso).

Amostras em forma de pequenas tábuas foram retiradas a 25% da altura comercial de cada árvore, depois de abatida, por ser a porção da árvore utilizada comercialmente pela empresa que forneceu o material.

2.2 Preparo e confecção dos corpos de prova

O estudo das características anatômicas do lenho foi procedido segundo as normas de procedimentos em estudos da anatomia da madeira. A nomenclatura adotada nas descrições anatômicas da madeira seguiu o critério proposto pela lista da Associação Internacional de Anatomistas de Madeira (IAWA, 1989).

2.2.1 Preparação dos cortes histológicos para medição dos diâmetros e frequência dos vasos

A partir dessas tábuas e com o auxílio de uma serra e um formão, foram confeccionados corpos-de-prova padronizados, apresentando cerca de 2,5 cm³ em formato piramidal. A orientação das arestas dos corpos-de-prova obedeceu aos três planos anatômicos de corte: transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial (Figura 1).



Figura 1. Amostras de madeira utilizadas para a confecção de lâminas histológicas.

Confeccionados os corpos-de-prova, estes foram marcados com suas respectivas identificações utilizando-se de um pirógrafo, sendo em seguida amolecidos em glicerina 25% e água destilada, conforme Kraus e Arduin (1997), durante cerca de 15 horas em fogo brando, até atingirem a consistência adequada para os cortes histológicos em micrótomo de deslize Leica.

Dos corpos-de-prova, vários cortes histológicos do plano transversal foram retirados, e então confeccionadas lâminas histológicas temporárias. Com o auxílio do microscópio trinocular, marca Leica, modelo DM-2500, dotado de uma câmera, marca Leica, modelo DFC-295 de captura de imagem e com o programa de imagem QWin V3 *Standard*, foram medidos os diâmetros dos vasos (μm) e contada a frequência de vasos por mm^2 .

2.2.2 Maceração e medição das fibras do lenho

A partir de cada tábua de cada árvore (Figura 2a), foi retirada uma amostra para a maceração, ou seja, para a dissociação dos elementos celulares. Cada amostra foi picada em pequenas lascas e separadas pelo método dos quadrantes (Figura 2b) até que uma quantidade fosse adequada à maceração. A porção final de lascas, separadas de cada indivíduo, foi então depositada em frasco de vidro contendo solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio, na proporção 1:1 (FRANKLIN, 1945). Cada frasco foi vedado com tampa e levado à estufa a 60°C por 24 horas. Após resfriamento, o material macerado foi lavado em água destilada em intervalos de 15 em 15 minutos, até que a solução utilizada fosse retirada por completo, depois, o material macerado, já dissociado em fibras, foi lavado em etanol 50%.

As células do lenho dissociadas foram coradas com safranina etanólica 50% (Figura 2c) por cerca de 24 horas. Em sequência, as células foram depositadas em lâminas histológicas contendo 1 gota de glicerina 50% e cobertas por lamínulas.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

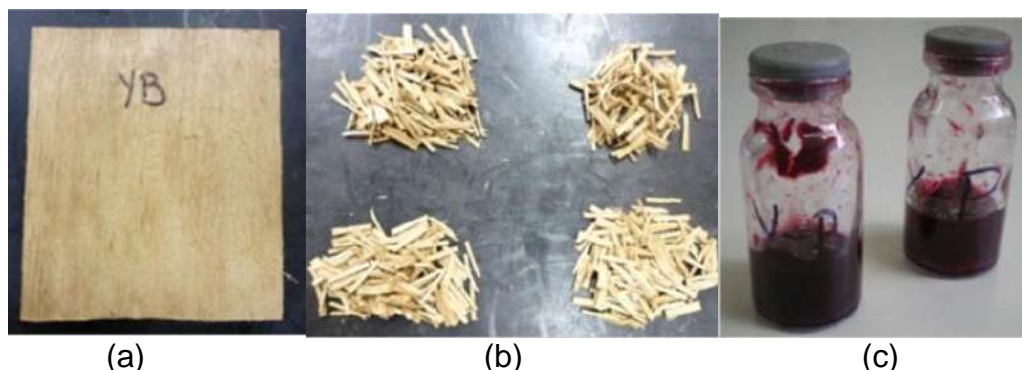


Figura 2. Amostra de madeira identificada (a); lascas de madeira separadas segundo método dos quadrantes (b); frascos com as fibras de madeira já coloridas com safranina (c).

Para a medição dos elementos anatômicos contidos nas lâminas histológicas, utilizou-se o mesmo microscópio óptico Leica em diferentes ampliações, equipado com a mesma câmera Leica DFC-295. As medições foram feitas através do “software” de análise de imagens Leica QWIN V3 *Standard*. Para a medição do comprimento das fibras utilizou-se ampliação de 50x e, para medição dos diâmetros das fibras e lúmen, a ampliação utilizada foi de 200x.

A Figura 3 apresenta uma imagem ilustrativa da medição do comprimento de uma fibra realizada para as amostras de mandioca lisa.

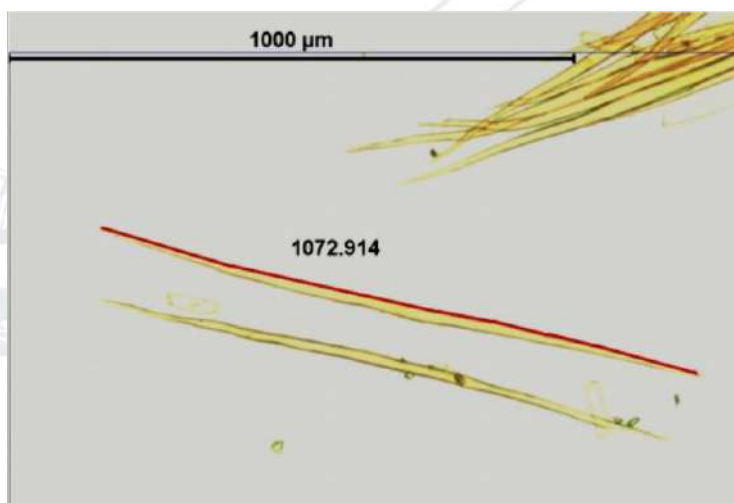


Figura 3. Imagem ilustrativa da medição do comprimento de uma fibra de mandioca lisa (aumento 50x).

2.3 Análise Estatística

Verificou-se através da Equação 1, se o número necessário de repetições das medições era significativo com 90% de probabilidade, utilizando-se da distribuição “t” de *student*.

$$N = \frac{(t^2 \cdot S^2)}{E^2} \quad (1)$$

Em que:

N = Número necessário de medições;

t = Constante da distribuição “t” de *student*, com significância de 10%;

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





S^2 = Variância amostral;

$E^2 = (0,1.x)^2$;

As médias obtidas das medições das variáveis: comprimento de fibra, espessura de parede, espessura de lúmen da fibra, diâmetros de vasos e frequência de vasos foram comparadas ao nível de 10% de significância com a distribuição “t” de *student*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias encontradas para as dimensões das fibras analisadas para as madeiras das árvores das espécies de várzea e terra firme (platô) estão descritas na Tabela 2. Após a medição de 20 fibras e vasos, calculou-se o número necessário de medições (N) para cada variável, para se certificar se eram suficientes. O número necessário de medições para cada variável encontra-se também nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Valores médios das dimensões das fibras analisadas para as madeiras das árvores das espécies de várzea e terra firme (platô)

Espécie/Tipo	CF (mm)	LF (μ m)	DLF (μ m)	EPF (μ m)
<i>Qualea paraensis</i> (Várzea)	1,24 ^{ns}	22,37 ^{ns}	7,45 ^{ns}	7,46 ^{ns}
<i>Qualea paraensis</i> (Platô)	1,25 ^{ns}	21,58 ^{ns}	6,72 ^{ns}	7,43 ^{ns}
<i>Qualea albiflora</i> (Várzea)	1,27 ^{ns}	23,25 ^{ns}	14,55 ^{ns}	4,35 ^{ns}
<i>Qualea albiflora</i> (Platô)	1,32 ^{ns}	23,91 ^{ns}	14,11 ^{ns}	4,90 ^{ns}
<i>Mezilaurus lindaviana</i> (Várzea)	1,33 ^{ns}	29,87 ^{ns}	14,83 ^{ns}	7,52 ^{ns}
<i>Mezilaurus lindaviana</i> (Platô)	1,26 ^{ns}	30,62 ^{ns}	14,28 ^{ns}	8,17 ^{ns}
N	5,6	18,6	19,2	17,9

CF = Comprimento das Fibras; LF = Largura das Fibras; DLF = Diâmetro do Lume das Fibras; EPF = Espessura da Parede das Fibras; N = Número necessário de medições; ns = não significativo a nível de 5%.

As médias encontradas para o diâmetro tangencial e a frequência de vasos por mm^2 para as madeiras das árvores das espécies de várzea e terra firme (platô) estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios do diâmetro tangencial e da frequência de vasos por mm^2 para as madeiras das árvores das espécies de várzea e terra firme (platô)

Espécie/Tipo	DV (mm^2)	FV/ mm^2
<i>Qualea paraensis</i> (Várzea)	208,78*	4,0 ^{ns}
<i>Qualea paraensis</i> (Platô)	174,35*	5,0 ^{ns}
<i>Qualea albiflora</i> (Várzea)	257,07 ^{ns}	4,6 ^{ns}
<i>Qualea albiflora</i> (Platô)	248,52 ^{ns}	4,9 ^{ns}
<i>Mezilaurus lindaviana</i> (Várzea)	125,88*	6,6 ^{ns}
<i>Mezilaurus lindaviana</i> (Platô)	104,83*	6,8 ^{ns}
N	17,3	6,1

DV = Diâmetro dos Vasos; FV = Frequência de Vasos; N = Número necessário de medições; ns = Não significativo a nível de 5%; * = Significativo a nível de 5%.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para as espécies *Q. paraensis* e *M. lindaviana*, somente o DV foi menor para a área de várzea, enquanto que para a *Q. albiflora*, o Dv e a FV não foram diferentes nas duas áreas.

Por causa de um equívoco, não foi possível analisar e comparar a espécie *Dinizia excelsa* entre as duas áreas estudadas, somente foi possível conhecer o valor das variáveis estudadas para a área de terra firme (platô).

4 CONCLUSÕES

Os resultados encontrados mostraram que não existem diferenças anatômicas quantitativas para as fibras e os vasos das madeiras entre as espécies de várzea e de terra firme para a maioria das variáveis estudadas, com exceção ao diâmetro dos vasos para as espécies *Qualea paraensis* e *Mezilaurus lindaviana*, que foram maiores para as áreas de várzea.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Orsa Florestal S/A pela cessão do material estudado e à Unesp pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho, especialmente ao Assistente de Suporte Acadêmico Sr. Waldecir de Araujo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. C. Z. O.; MIRANDA, I. S. Análise da estrutura de comunidades arbóreas de uma floresta amazônica de Terra Firme aplicada ao manejo florestal. ACTA AMAZÔNICA, v. 38, n. 4, 2008.

BIASI, C. P. Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais. 2005. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2005.

BRAGA, P.I.S. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. ACTA AMAZONICA, p. 53-80. 1979.

BURGUER, L. M.; RITCHER, H. G. Anatomia da Madeira. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

DICKISON, H. C. Integrative Plant Anatomy. Harcourt Academic Press, San Diego, 2000. 533 p.

DINWOODIE, J. M. Timber: its nature and behaviour. Wokingham, Berkshire: Van Nostrand Reinhold, 190 p., 1981.

FRANKLIN, G.L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. NATURE, v. 51, n. 1, p. 39-24. 1945.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA BULLETIN, Leiden, v. 10, n. 3, p. 210-232. 1989.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. Disponível em: <
<http://www.tropicaltimber.info/pt-br/>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 25 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. Fichas de características das madeiras brasileiras. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. 420 p.

MARCATI, C. R. Estudo da anatomia e das propriedades tecnológicas da madeira do angico-vermelho (*Piptadenia peregrina* Benth). 1992, 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. ACTA AMAZONICA, Vol. 34(1), p. 21-34. 2004.

PAULA J.E.; ALVES J.L.H. Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília – DF. 1997. 543 p.

QUINET, A. Sinopse taxonômica da família Lauraceae no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Acta Botanica Brasilica, Rio De Janeiro, v. 19, n. 3, p.563-572, 07 jan. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abb/v19n3/27371.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

SANTOS, E. Nossas madeiras. 1 ed., vol. 7, coleção Vis Mea in Labore. Belo horizonte: Editora Itatiaia, 1987. 313 p.

STAMM, A. J. Wood and cellulose science. New York: The Ronald Press Company. 1964. 541 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

APLICAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO PARA A IDENTIFICAÇÃO DA ORIGEM DO CARVÃO VEGETAL

Lívia Ferreira da Silva¹

Renato da Silva Vieira¹

Jianne Rafaela Mazzini de Souza.²

Camila Barbosa Alves²

REGINALDO ARTHUR GLORIA MARCELINO³

Anne Laura Silva¹

Nayara Felício²

Laura Fonseca Duarte²

¹ Campus Sete Lagoas / UFSJ / Universidade Federal de São João del-Rei

² Universidade Federal de São João del-Rei

³ INTERDISCIPLINAR EM BIOSISTEMAS / Universidade Federal de São João del Rei MG / Universidade Federal de São João del-Rei



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

APLICAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO PARA A IDENTIFICAÇÃO DA ORIGEM DO CARVÃO VEGETAL

APPLICATION OF SPECTROSCOPY IN THE NEXT INFRARED FOR THE IDENTIFICATION OF THE ORIGIN OF VEGETABLE CHARCOAL

Resumo: A correta identificação do carvão vegetal contribui para uma fiscalização eficiente, e por consequência diminuição do comércio ilegal e aumento da arrecadação de impostos. A espectroscopia de infravermelho próximo apresenta aspectos técnicos que possibilita a identificação de carvão produzido a partir de diferentes procedências de madeiras. O presente trabalho tem como objetivo verificar a eficiência da espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) na identificação de carvão vegetal de diferentes procedências. As amostras de carvão vegetal utilizadas foram provenientes de madeira de espécies nativas do cerrado tocaninense, e de floresta plantada de *Eucalyptus sp.* Foi realizada análises espectrométricas e tomados os espectros. As amostras foram submetidas à análise imediata do carvão vegetal para a produção de modelos que indique os teores de carbono fixo, materiais voláteis e umidade. A análise dos dados foi realizada por meio do programa Unscrambler 9.8. e a técnica aplicada foi a análise da componente principal PCA e a regressão. Os resultados indicam que para carvão provindos de fornos que não apresentam controle dos parâmetros de carbonização não evidenciaram diferenças entre as amostras. Através das análises quantitativas foi possível indicar a qualidade do carvão vegetal para o variável carbono fixo e materiais voláteis. Em média para espécies nativas possui 68% de carbono fixo e 26% de materiais voláteis, enquanto que para *Eucalyptus sp.* apresentou valores médios de 70% de carbono fixo e 28% de materiais voláteis. Não foi possível identificar a origem da madeira que produziu o carvão e que é possível identificar a tendência de qualidade do carvão.

Palavras-chave: Análise imediata, carbonização, carbono fixo

Abstract: The correct identification of charcoal contributes to an efficient inspection, and consequently, a decrease in illegal trade and an increase in the collection of taxes. Near infrared spectroscopy presents technical aspects that enable the identification of coal produced from different sources of wood. The present work aims to verify the efficiency of the near infrared spectroscopy (NIR) in the identification of charcoal of different origins. The samples of charcoal used came from wood of native species of the cerrado tocaninense, and of planted forest of *Eucalyptus sp.* Spectrometric analyzes were performed and the spectra were taken. The samples were submitted to the immediate analysis of the charcoal for the production of models that indicate the contents of fixed carbon, volatile materials and humidity. Data analysis was performed using the program Unscrambler 9.8. And the technique applied was the analysis of the main PCA component and the regression. The results indicate that for charcoal coming from furnaces that do not present control of the carbonization parameters did not show differences between the samples. Through the quantitative analyzes it was possible to indicate the charcoal quality for the fixed carbon variable and volatile materials. In average for native species it has 68% of fixed carbon and 26% of volatile materials, whereas for *Eucalyptus sp.* Presented average values of 70% of fixed carbon and 28% of volatile materials. It was not possible to identify the origin of the wood that produced the coal and that it is possible to identify the coal quality trend

Key words: Immediate analysis, carbonization, fixed carbon.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A identificação do carvão vegetal realizada durante as fiscalizações em estradas e siderurgias, ainda geram dúvidas quanto à origem da madeira utilizada, essa identificação é importante para coibir o comércio ilegal de carvão vegetal e contribui na redução a supressão de matas nativas.

A pressão que a produção ilegal de carvão proporciona no Cerrado, já resultou em milhares de hectares de desmatamento detectado pelo Ministério Público somente em 2011, no estado de Tocantins, principalmente para atender a demanda da siderurgia nos Estados do Pará e Maranhão (REPÓRTER BRASIL, 2011). A tentativa de melhorar a fiscalização pelas autoridades com a união entre os órgãos fiscalizadores e o ministério público, ainda não é suficiente para amenizar a atividade de desmatamento ilegal para a produção de carvão vegetal.

Uma alternativa viável e com resultados de curto e médio prazo é a associação com a atividade acadêmica e centro de pesquisas, como institutos de tecnologia e universidades. A busca de técnicas alternativas e confiáveis na identificação do carvão vegetal não só no Estado do Tocantins, como no Brasil, seria uma oportuna solução para combater a clandestinidade deste mercado. O sucesso dessa identificação contribuirá para a redução do desmatamento do Bioma Cerrado.

Estudos preliminares tem determinado a qualidade da madeira e do carvão vegetal de florestas plantadas, por meio de técnicas já existentes aplicados em outros produtos, principalmente oriundos da indústria química e petroquímica.

Dentre as técnicas utilizadas encontra-se a espectroscopia no infravermelho próximo (*Near Infrared Spectroscopy* ou NIR). Esta técnica surge como um método que pode ser considerado como não-destrutivo, capaz de predizer propriedades químicas, físicas, mecânicas e anatômicas da madeira, e gerar resultados rápidos, com pouco ou nenhum preparo das amostras. É aplicável a grande número de padrões, no entanto, é necessária obtenção de um banco de dados espectrais para que o material a ser caracterizado apresente um padrão, de forma a identificar diferenças entre amostras. (SO et al., 2004)

Para a obtenção dos resultados baseados nos espectros, as técnicas de análise multivariada são de grande importância. Podem-se citar como exemplo as análises de componentes principais (PCA), que fornecem tendências em dados espectrais, possibilitando a identificação de características de interesse. A técnica pode ajudar na separação, por exemplo, de espécies de madeiras, tamanho de partículas, teores de carbono fixo e material volátil em carvão vegetal, entre outras características.

Desta forma, estudos que visem à identificação da origem do carvão vegetal, oriundo de floresta nativa ou de floresta plantada, mediante a diferenciação da composição química do carvão pela técnica NIR, são plenamente justificáveis, uma vez que é um método rápido, de fácil determinação, embora apresente um custo inicial mais elevado.

O presente trabalho teve com objetivo verificar a eficiência da espectroscopia no infravermelho próximo para a identificação da procedência do carvão vegetal.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção das amostras

Foram utilizadas 400 amostras de carvão vegetal de espécies nativas oriundas do cerrado tocantinense, e 200 amostras de carvão vegetal de espécies de origem plantada do gênero *Eucalyptus sp.*

As amostras do carvão vegetal de espécies nativas foram originadas de discos de madeira obtidos por meio de um convênio firmado com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis, o IBAMA, as espécies utilizadas foram selecionadas pelo corpo técnico do convênio diante informações das espécies ameaçadas pela produção de carvão ilegal.

As amostras de carvão vegetal de *Eucalyptus sp.* foram provenientes de discos de madeira do gênero *Eucalyptus sp.* coletados em empresas especializadas na produção de carvão vegetal.

Foram retirados dos discos corpos-de-prova de dimensões 2,5 x 2,5 x 2,5 cm no sentido medula casca e submetidos à carbonização em forno adaptado com um sistema de recuperação de gases condensáveis. Os parâmetros de carbonização executados foram à temperatura final de 450°C e velocidade de aquecimento de 10°C/min. Após a coleta das amostras de carvão vegetal, as mesmas foram submetidas ao moinho adaptado para moagem de café e peneiradas na peneira 200 mesh, de acordo com AFNO NF EN 1860-2/2004, sendo o material obtido considerado para a mostra.

2.1 Espectroscopias no infravermelho próximo

As amostras das diferentes procedências de madeira e carvão foram submetidas ao espectrômetro. Foram tomados espectros para cada amostra triturada. Para a realização dos espectros foram considerados parâmetros como resolução de 4 cm⁻¹ com 32 scanners por amostra. Os espectros adquiridos contarão com duas repetições para garantir a consistência dos dados espectrais.

2.2 Análise imediata do carvão

Todas as amostras coletadas e analisadas no espectrômetro foram submetidas a análise imediata do carvão vegetal para a produção de modelos que indique os teores de carbono fixo, materiais voláteis e umidade, na Universidade Federal de São João Del Rei. Este método foi realizado de acordo com AFNO NF EN 1860-2/2004.

2.3 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada por meio do programa Unscrambler 9.8. A técnica aplicada para a análise dos dados foi a análise da componente principal PCA e a regressão.

Depois de coletados os espectros para cada amostra, sejam eles, carvão vegetal, de *Eucalyptus sp.* ou de espécies nativas. Os espectros referentes a cada tipo de processo foram submetidos a uma PCA de modo a verificar a possibilidade de diferenciação através do gráfico de scores bem como a origem do carvão vegetal. Foram produzidos os modelos de predição da química imediata do carvão vegetal. Os modelos

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme registrado na tabela 1, observa-se que os parâmetros de qualidade quanto aos componentes do carvão vegetal de diferentes origens, o que permite inferir quanto à qualidade do material lenhoso obtido de florestas plantadas.

Tabela 1. Valores médios de química imediata do carvão vegetal de madeiras nativas e plantadas

	Carvão de Origem Nativa (%)	Carvão de Origem Plantada (%)
Carbono Fixo	69	70
Materiais Voláteis	28	29
Cinzas	3	1

Os teores de material volátil e de carbono fixo tiveram diferenças significativas, sendo as maiores médias de carbono fixo e de material volátil identificadas no carvão vegetal de origem plantada. Essa tendência foi observada por (BARCELOS, 2007), onde apresenta uma média de 70,85% de carbono fixo e 27,47% de material volátil para carvão vegetal de origem plantada, contra 68,08% de carbono fixo e 27,18% de material volátil para carvão vegetal de origem nativa, o que corrobora com os resultados obtidos.

Para o teor de cinzas, o carvão vegetal de origem nativa apresentou a maior média, conforme observado na Tabela 1, porém, para essa variável não houve significância entre as médias. Essa tendência pode ser observada em estudos de química imediata de carvão vegetal de origem nativa realizados por (COSTA, 2011), que identifica um maior teor de cinzas em espécies de cerrado se comparado com espécies exóticas, como *Eucalyptus sp*, baseados também em estudo realizado por (Andrade, 2009).

Os resultados apresentados acima podem ser explicados em razão das espécies plantadas para a produção de carvão vegetal apresentar altos teores de lignina e homogeneidade da matéria-prima, o que facilita o processo de carbonização e aumenta o teor de carbono fixo. Ademais, em função da composição química da madeira, como pode ser observado em estudo de (OLIVEIRA et. al., 1980), houve um maior rendimento de carvão vegetal e alcatrão insolúvel como consequência predominantemente do teor de lignina, que é responsável pelo rendimento de resíduo carbonífero de até 55%. Já os teores de cinzas, superior no carvão de origem nativa, se devem a variedade de espécies que são utilizadas para a produção de carvão vegetal.

As propriedades do carvão vegetal estão estreitamente ligadas aos parâmetros do processo de produção e da matéria-prima. (COLLET, 1956 apud SILVA et al. 2007) afirma que o teor de cinzas após carbonização depende da quantidade de compostos inorgânicos presentes na madeira. Estudos de qualidade do carvão com algumas espécies da floresta nativa amazônica, realizados por (SILVA, 1988), apresentam resultados de análise química imediata, uma média de 2,28% do teor de cinzas, comparando neste mesmo trabalho o *Eucalyptus sp*, que obteve uma média de 0,65% do teor de cinzas. Um dos fatores que evidencia estes resultados é devido às espécies nativas apresentarem maior idade e variedade em relação ao gênero *Eucalyptus*.

Inicialmente os dados foram analisados com todas as amostras sem nenhum tratamento, gerando o gráfico da análise de componente principal (PCA), conforme Figura 1.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



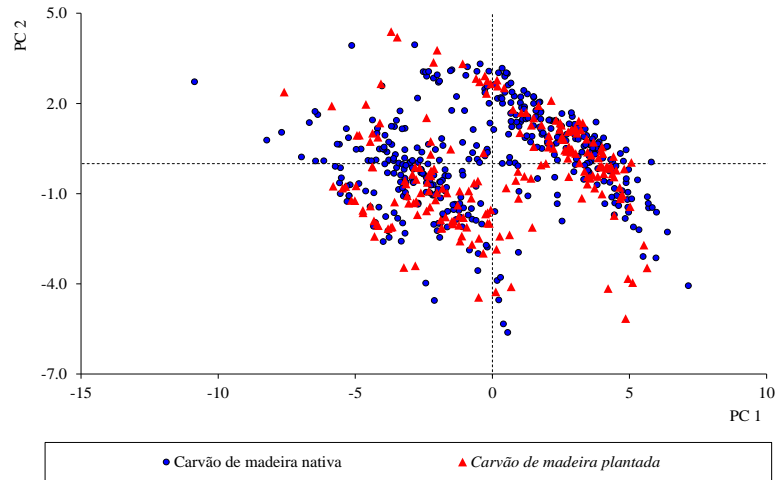


Figura 1. PCA das amostras sem nenhum tratamento.

A distribuição dos pontos na amostra foi explicada em 78% pela primeira componente principal e os 20% restantes foram explicados pela segunda componente, sendo um bom resultado, pois quanto menos componentes principais forem usadas para explicar a variação dos pontos melhor é o resultado. Entretanto, mesmo sendo observada uma segregação dos dados em dois grupos, não foi possível discriminar o tipo de amostra de carvão vegetal, uma vez que esses dois grupos se misturavam com amostras de carvão de madeira nativa e plantada.

Foram gerados também PCA's com os tratamentos denominados Baseline e Spectroscopic. Estes foram os tratamentos os quais obtiveram um melhor resultado na explicação dos dados pelos principais componentes de análise, conforme Figura 2.

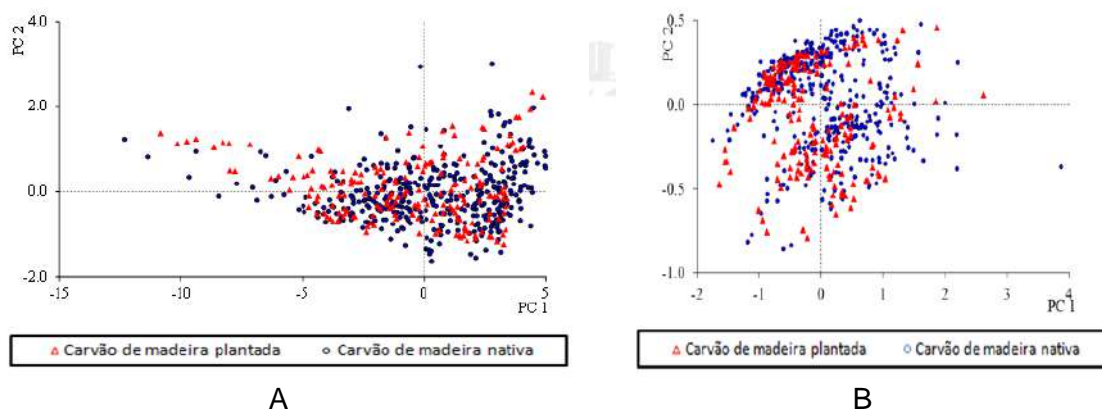


Figura 2. PCAs dos dados tratados pelo modelo Baseline (a) e Spectroscopic (b).

A distribuição dos pontos nas amostras foi explicada em 99% pelas componentes principais, tanto para os dados tratados com modelo Baseline quanto para o modelo Spectroscopic. A diferença entre eles é a importância da primeira componente principal, em que no caso obtido pela Baseline explica 94% da variação dos pontos e, na obtida pela Spectroscopic, explica 86%. As duas opções de análise podem ser



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

consideradas adequadas por apresentarem poucas componentes para explicar a variação dos dados.

Embora os resultados sejam promissores do ponto de vista de agrupamento dos dados semelhantes, não foi possível mesmo com esses tratamentos identificar a origem do carvão vegetal. É possível que esta técnica seja mais sensível às alterações químicas relevantes das amostras analisadas.

Para a estimativa qualitativa do carvão vegetal utilizando a técnica do NIR, foi realizada a regressão, tendo como alvo os parâmetros de carbono fixo, materiais voláteis e cinzas, conforme apresentado nas Figuras 3, 4 e 5.

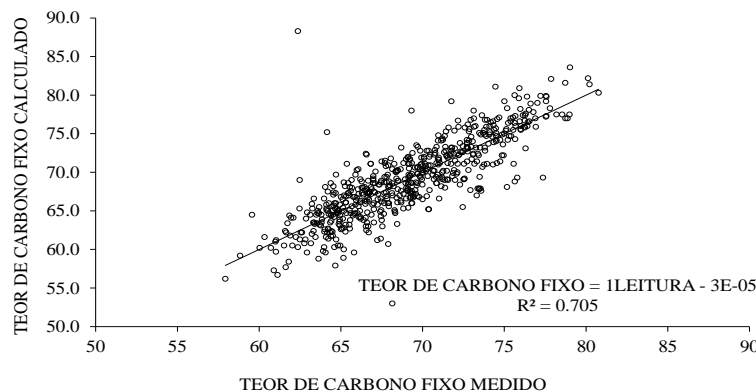


Figura 3. Modelo ajustado do teor de carbono fixo estimado pelo NIR e o teor carbono fixo medido.

Para estimar o carbono fixo foi ajustado modelo com o tratamento dos dados com base no baseline, demonstrando o melhor resultado com um coeficiente de determinação de 70%.

Estudos de outros autores confirma a viabilidade em estimar por meio do NIR este parâmetro. O NIR mede a interação da luz com o material, determinada pela vibração das ligações químicas das moléculas. A técnica baseia-se na espectroscopia vibracional e é fundamentada na absorção seletiva de luz pelas moléculas dos compostos. (SO et al., 2004)

A espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) vem sendo utilizada para avaliar amostras que contenham ligações C-H, O-H, N-H, S-H, ou C=O, possibilitando a realização das análises químicas com precisão e rapidez (PASQUINI, 2003). NIRS consiste na aplicação do infravermelho próximo com diferentes comprimentos de onda baseando nas diferentes características de absorção e dispersão da luz, avaliando de forma quantitativa e qualitativa os componentes moleculares de um tecido biológico (LIMA, 2011). As informações obtidas nas análises são correlacionadas por meio de regressão, através de estatísticas multivariadas, fornecendo a calibração capaz de estimar os valores das propriedades analisadas a partir das informações espectrais de amostras desconhecidas, com rapidez e precisão (ANDRADE, 2009).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



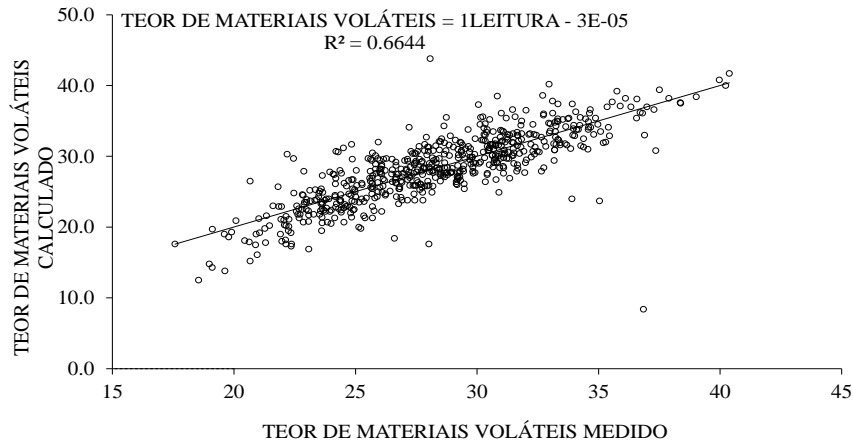


Figura 4. Modelo ajustado do teor de materiais voláteis estimado pelo NIRS e o teor materiais voláteis medidos

Para o parâmetro materiais voláteis, houve também um bom resultado com o mesmo tratamento dos dados para o carbono fixo. Uma vez que o teor de material volátil é inversamente proporcional ao carbono fixo, o coeficiente de determinação para este parâmetro foi de 66%, semelhante ao de carbono fixo.

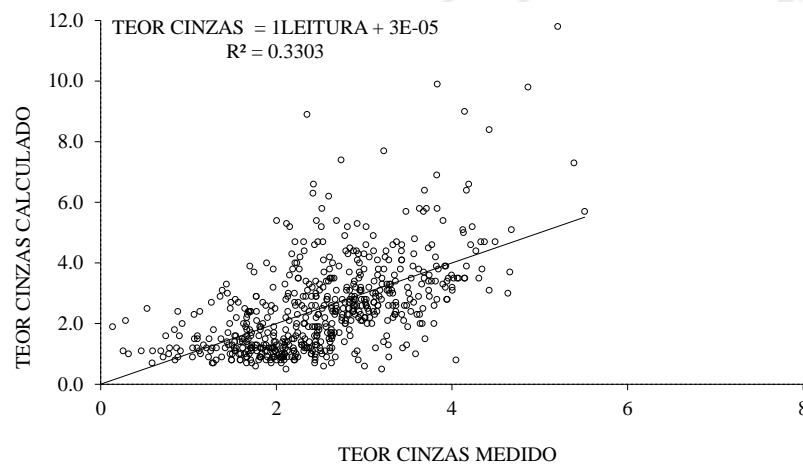


Figura 5. Modelo ajustado do teor de cinzas estimado pelo NIR e o teor cinza medido.

Era de se esperar que para o teor de cinzas, o coeficiente de determinação não fosse bom, uma vez que os comprimentos de onda em que o infravermelho próximo atinge abordam somente componentes orgânicos e, no caso das cinzas, sua constituição é basicamente mineral. Sendo assim, o coeficiente de determinação para este modelo foi de 33%.

4. CONCLUSÃO

Com base na discussão é possível estimar o teor de carbono fixo e o teor de materiais voláteis por meio da espectroscopia de infravermelho próximo. Em relação



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ao teor de cinzas, não houve resultado satisfatório aplicando a técnica NIR, bem como não foi possível identificar a origem do carvão vegetal para o material estudado. Uma possível razão de não ter ocorrido à separação do carvão vegetal de floresta nativa e plantada pode ser devido ao tipo de armazenamento das amostras, e o carvão vegetal coletado nas carvoarias apresentarem grande heterogeneidade por não haver na sua fabricação mão de obra qualificada e controle tecnológico dos fornos de fabricação do carvão. Diante disso, entende-se que são necessários estudos para refinar as análises com a espectroscopia de infravermelho próximo com o carvão vegetal.

5. REFERÊNCIAS

Andrade, C.R. Uso da espectroscopia no infravermelho próximo para avaliar propriedades da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. Lavras : UFLA, 2009. 66p.

BARCELLOS, D. C. Caracterização do carvão vegetal através do uso de espectroscopia no infravermelho próximo. 2007. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Considerações sobre a produção de carvão vegetal com madeira da Amazônia. Circular Técnica IPEF, Piracicaba, v. 2, n. 5, p. 1-25. 1981.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: i. densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. Circular Técnica IPEF, Piracicaba, v. 14, p. 9-20. 1977.

CAMARGO, B. Produção ilegal de carvão vegetal gera desmatamento e escravidão na Amazônia. Repórter Brasil Agência de Notícias, 13 jun 2006. Disponível em: <http://www.reporterbrasil.com.br/exibe.php?id=622>. Acesso em: 26 mai 2008.

COSTA, Tattiane Gomes. Propriedades da madeira de espécies do Cerrado Mineiro e sua potencialidade para geração de energia. Lavras : UFLA, 2011. 75 p.

LIMA, A.; BAKKER, J. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. Rev Bras Ter Intensiva. 2011; 23(3):341-351.

OLIVEIRA, A. C. et al. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, Set. 2010.

OLIVEIRA, de J.B.; GOMES, P.A. ; ALMEIDA, de M.R. 1980. Madeira como fonte de energia. In: Penedo, W. R. Uso da madeira para fins energéticos. Belo Horizonte, CETEC, p. 9-26. (Série de Publicações Técnica, 001).

PASQUINI, C. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 14, n. 2, p. 198-219, 2003.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PINHEIRO, P.C.C. et al. Influência da temperatura e a taxa de aquecimento da carbonização nas propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. Biomassa e Energia, v. 2, n. 2, p. 159-168, 2005.

SILVA, D.A. Qualidade do carvão vegetal produzido com madeiras da região de Manaus em fornos de alvenaria. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM. ACTA AMAZÔNICA, 18 (1 - 2) : 163 - 178. 1988.

SILVA, M.G. et al. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA1. v. 37(1) 2007: 61 - 70

SO, C. L.; VIA, B. K.; GROOM, L. H.; SCHIMLECK, L. R.; SHUPE, T. F.; KELLEY, S. S.; RIALS, T. G. Near infrared spectroscopy in the forest products industry. Forest Products Journal, Amsterdam, v. 54, n. 3, p. 6-16, 2004.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

APLICAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA NO NIR PARA ESTIMATIVA DA DESSORÇÃO DE ÁGUA DE CAVACOS DE EUCALYPTUS

Luana Maria dos Santos¹
Emylle Veloso Santos Costa²
Evelize Aparecida Amaral¹
Raphaela Souza¹
Maria Fernanda Vieira Rocha³
Paulo Fernando Trugilho⁴
Paulo Hein¹

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal

³ Universidade Federal de Viçosa

⁴ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

APLICAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA NO NIR PARA ESTIMATIVA DA DESSORÇÃO DE ÁGUA DE CAVACOS DE *Eucalyptus*

Resumo: A qualidade da madeira pode ser controlada a partir de suas propriedades, no entanto, as empresas de base florestal têm buscado métodos que sejam mais rápidos, confiáveis e não destrutivos. A técnica aplicada atualmente e com sucesso para a caracterização das propriedades da madeira é a espectroscopia no NIR. Inserido nesse contexto objetivo foi avaliar o efeito da qualidade da superfície de cavacos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* na estimativa da dessorção de água. Espectros no NIR foram registrados a partir da fibra ótica nas superfícies transversal, e longitudinal de 40 cavacos de clones de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. A umidade dos corpos de prova foi determinada em laboratório por método convencional e após isso, correlacionada com os espectros no NIR utilizando a regressão dos mínimos quadrados parciais. O tratamento matemático pelo método da normalização da primeira derivada foi aplicado nos espectros obtidos. Os espectros medidos na superfície transversal com e sem aplicação de tratamento da primeira derivada foram o que geraram os melhores modelos de predição, apresentando as melhores estatísticas ($R^2_{cv}=0,91$ e $RMSECV=13,82$; $R^2_{cv}=0,88$ e $RMSECV=15,72$), respectivamente. As calibrações ajustadas a partir dos espectros medidos na superfície longitudinal com e sem tratamento apresentaram desempenho inferior ($R^2_{cv}=0,85$ e $RMSECV=17,69$; $R^2_{cv}=0,84$ e $RMSECV=17,96$). Portanto, a espectroscopia no NIR é uma técnica eficiente para estimar a umidade da madeira e monitorar a dessorção de água de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Palavras-chave: Umidade, Madeira, NIRS.

APPLICATION OF SPECTROSCOPY IN THE NIR FOR ESTIMATION OF WATER DESORPTION OF MOISTURE OF *Eucalyptus* CHIPS.

Abstract: Wood quality can be controlled from its properties, however, forest-based companies have been looking for methods that are faster, more reliable and non-destructive. The technique currently applied successfully for the characterization of wood properties is NIR spectroscopy. The objective of this study was to evaluate the effect of the surface quality of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* wood chips on the determination of desorption of moisture. Spectra in the NIR were recorded from the optical fiber on the transverse and longitudinal surfaces of 40 chip clones of hybrids of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. The humidity of the specimens was determined in the laboratory by conventional method and after that, correlated with the spectra in the NIR using the partial least squares regression. The mathematical treatment by the method of normalization of the first derivative was applied in the obtained spectra. The spectra measured on the transverse surface with and without the application of the first derivative were the best predictive models, presenting the best statistics ($R^2_{cv} = 0.91$ and $RMSECV = 13.82$, $R^2_{cv} = 0.88$ and $RMSECV = 15,72$), respectively. The adjusted calibrations from the spectra measured on the longitudinal surface with and without treatment presented lower performance ($R^2_{cv} = 0.85$ and $RMSECV = 17.69$, $R^2_{cv} = 0.84$ and $RMSECV = 17.96$). Therefore, NIR spectroscopy is an efficient technique to estimate the moisture content of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* wood.

Keywords: Moisture, Wood, NIRS.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A avaliação das propriedades da madeira, é uma prática frequente em vários setores industriais, no entanto, poderia ser utilizada mais intensivamente, desde que o método fosse mais prático, rápido e eficiente. Uma alternativa para a caracterização desse material no campo, é o emprego de técnicas não destrutivas que vem sendo cada vez mais utilizada por setores florestais e industriais, reduzindo o tempo e custos dos ensaios laboratoriais (MUÑIZ et al., 2012).

De acordo com Pasquini (2003) a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) é a técnica que se fundamenta na espectroscopia vibracional, medindo a interação da radiação eletromagnética com os componentes químicos presentes na amostra, sendo que esta vem sendo aplicada com sucesso na determinação de propriedades da madeira.

Vários estudos utilizando NIRS vem sendo realizados a fim de prever as propriedades da madeira. De acordo com Watanabe et al. (2011) a técnica de NIRS é eficiente para a classificação da umidade de madeira de Abeto. Esses autores encontraram coeficientes de determinação dos modelos de predição de 0,93 e 0,93 e erro quadrático médio de 5,25% e 5,70% para a calibração e validação, respectivamente. Zhang et al. (2011) aplicando a técnica para prever a umidade da madeira de pinho coreano (*Pinus koraiensis*), por meio da regressão dos mínimos quadrados parciais (PLS) em sete comprimentos de onda, obtiveram o melhor modelo no comprimento de onda de 1000 a 2100 nm com coeficiente de determinação da validação de 0,9817 e erro quadrático da previsão (RMSEP) de 0,0465. Desta forma, os resultados demonstraram alta precisão na predição da umidade da madeira, utilizando a espectroscopia no NIR.

As pesquisas realizadas utilizando o NIR têm contribuído para o controle de qualidade da madeira, bem como sua identificação e classificação. As principais vantagens da utilização da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), é que é um método que necessita de mínimo preparo da amostra, podendo ser aplicado em moléculas com ligações C-H, N-H, S-H e O-H, além de permitir a aplicação *in-line*, ser rápido e ter baixo custo (SAMISTRARO et al., 2009).

O método mais utilizado para monitorar a umidade da madeira é o gravimétrico, sendo este, destrutivo, que demanda secagem que é irreversível, bem como energia, aumentando os custos, tempo e necessidade de equipamentos, por isso o NIR pode ser utilizado como uma alternativa viável.

O objetivo deste estudo foi utilizar a técnica de espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) para avaliar o efeito da qualidade da superfície de cavacos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* na estimativa da dessorção de água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo do material

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Lavras - UFLA, no departamento de Ciência e Tecnologia da Madeira. O material utilizado foram cavacos comerciais de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* provenientes da Universidade Federal de Viçosa – UFV.

No total foram utilizados 40 corpos de prova, sendo que foram selecionados os que apresentavam melhor superfície para a aquisição os espectros, descartando-se os que apresentavam rachaduras, furos, ou qualquer tipo de defeito que pudesse comprometer

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

o estudo. Os corpos de prova posteriormente foram acondicionados em câmara climática à $20\pm 1^\circ\text{C}$ $65\pm 2\%$ de umidade relativa do ambiente.

2.2 Monitoramento da dessorção de água

A umidade da madeira foi determinada pelo método gravimétrico preconizado pela norma NBR 14929 (ABNT, 2003), que corresponde à relação entre a massa da água contida na madeira e a massa da madeira seca. Para o monitoramento da dessorção de água na madeira, durante a secagem, os espectros das 40 amostras foram medidos em 10 etapas distintas e as massas foram medidas em cada etapa, submetidas a secagem em estufa com circulação de ar a $63 \pm 2^\circ\text{C}$ para chegar em 0% de umidade. Dessa forma, a umidade da madeira dos cavacos foi determinada pela equação 1.

$$U = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100$$

Em que:

U= Umidade (%)
mu= Massa úmida (g)
ms= Massa seca (g)

2.3 Aquisição dos Espectros no NIR

A aquisição de espectros dos corpos de prova foi realizada em um espectrômetro da marca Bruker, em conjunto com o programa OPUS versão 7.0. O equipamento é composto, pelas vias de aquisição: esfera de integração e fibra óptica. Sendo que no estudo foi utilizada apenas a fibra óptica (Figura 1).



Figura 1. Espectrômetro da marca Bruker (A) e via de aquisição fibra ótica (B) utilizada na aquisição dos espectros.

A aquisição dos espectros foi realizada na gama de 12.500 a 3.600 cm^{-1} com resolução espectral de 8 cm^{-1} em modo de reflexão difusa e 32 leituras por corpo de prova. Para a calibração da absorção de luz no infravermelho próximo, utilizou-se como referência, uma base com superfície banhada a ouro. Sendo que os espectros de cada corpo de prova foram obtidos via fibra ótica, a partir das superfícies transversal e longitudinal.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Durante a secagem, os 40 cavacos tiveram as massas e espectros no NIR medidos em 10 etapas de secagem, desde a condição saturada até a condição anidra. Dessa forma, os 40 cavacos foram avaliados 10 vezes durante a secagem, gerando uma base de dados de 400 observações, além da condição anidra, totalizando 440 informações.

2.4 Estatística multivariada

Para o ajuste dos modelos, foi utilizada a análise de regressão dos mínimos quadrados parciais (*PLS regression*), em que foram ajustadas para descrever a relação entre os valores da umidade da madeira (variável dependente) e espectros infravermelhos próximos (variável independente) usando o programa de estatística multivariada *The Unscrambler*® versão 9.7.

As calibrações foram realizadas a partir dos espectros originais e dos espectros tratados matematicamente, aplicando-se o método de normalização da primeira derivada nas informações espectrais, afim de suprimir parte do ruído e melhorar a qualidade dos espectros. Para a validação dos modelos de calibração, utilizou-se o método da validação cruzada.

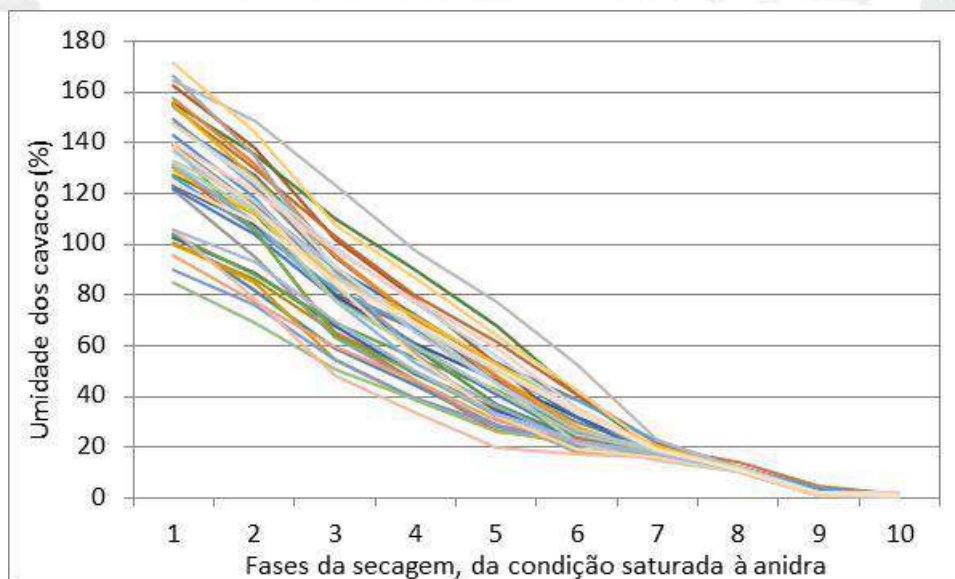
Para a seleção dos modelos seguiu-se os seguintes critérios: (1) coeficiente de determinação do modelo na validação cruzada (R^2_{cv}); (2) erro padrão da validação cruzada (SECV); (3) número de variáveis latentes (VL) utilizado na calibração e relação de desempenho do desvio padrão (RPD).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Umidade da madeira e espectros no NIR

A Figura 2 demonstra a variação de umidade dos cavacos ao longo das 10 observações realizadas a cada 10% de perda de massa durante as etapas de secagem.

O comprimento de onda selecionado para melhor análise dos resultados foi de 4.000 a 9.000 cm^{-1} , por apresentar poucos ruídos. Na Figura 3 são apresentados os espectros dos cavacos úmidos nas duas diferentes faces de 40 amostras de *E. urophylla* x *E. grandis* adquiridos pela via de aquisição fibra ótica.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Figura 2 – Variação de umidade de 40 cavacos durante a secagem avaliada em 10 etapas.

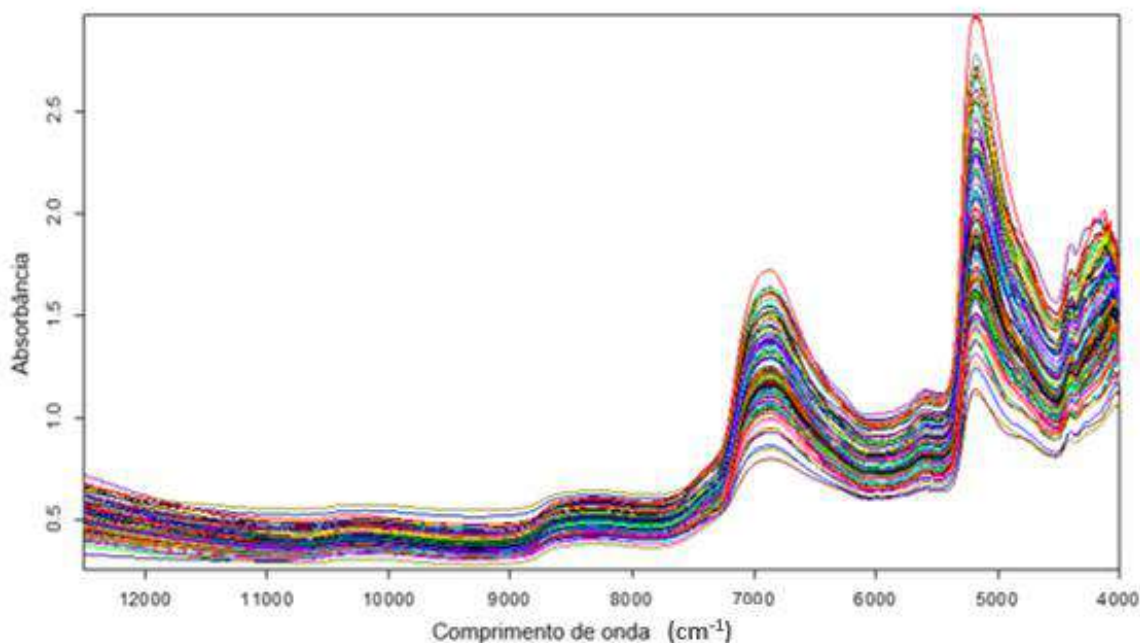


Figura 3 – Espectros dos cavacos úmidos.

3.3 Modelos baseados em espectros no NIR para umidade da madeira

As calibrações e validações para prever a umidade de cavacos madeira pela via de aquisição fibra ótica estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Calibrações e validações cruzadas para estimar a umidade de cavacos de madeira

Modelo	Face	Tratamento	R ² c	RMSEC	R ² cv	RMSECV	RPD	VL
1	Longitudinal	Original	0,84	17,96	0,84	18,2	2,50	5
2	Longitudinal	1 ^a derivada	0,85	17,69	0,85	17,81	2,53	3
3	Transversal	Original	0,91	13,44	0,91	13,82	3,30	7
4	Transversal	1 ^a derivada	0,88	15,57	0,88	15,72	2,90	2

Original – resultado bruto; 1^a derivada – tratamento matemático; R²c - coeficiente de determinação da calibração; RMSEC – erro padrão da calibração (kg/m³); R²cv - coeficiente de determinação da validação cruzada; RMSECV – erro padrão da validação (kg/m³); RPD – relação de desempenho do desvio padrão; VL – número de variáveis latentes.

Os modelos que apresentaram melhor desempenho foram os da face transversal com o tratamento da primeira derivada e sem o tratamento da primeira derivada. No entanto o modelo da face transversal com os espectros originais foi o que apresentou melhores estatísticas (Figura 4), com um maior coeficiente de determinação tanto na calibração representada pela cor azul no gráfico, quanto na validação representada pela cor vermelha, bem como um menor erro padrão e maior relação de desempenho do desvio padrão.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

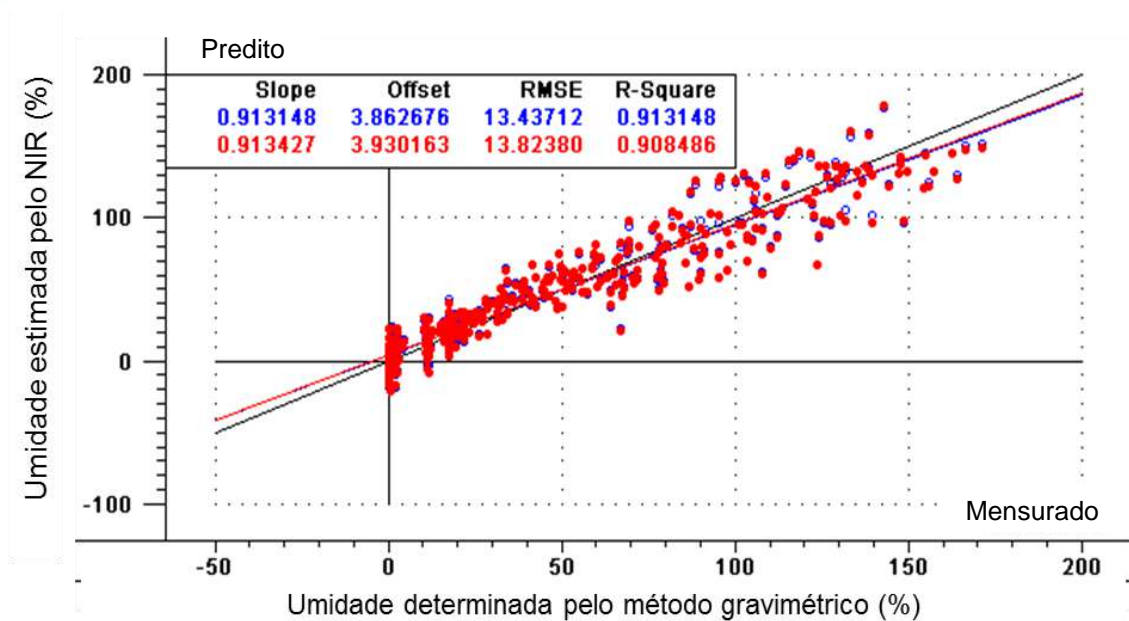


Figura 4 – Plot umidade dos cavacos determinada em laboratório e umidade estimada pelo NIR.

Os valores estimados pelo NIRS são significativamente correspondentes aos valores reais medidos em laboratório, sendo que a face transversal sem tratamento apresentou melhor desempenho em relação a face longitudinal.

Estudos foram realizados nos últimos anos, com o objetivo de calibrar modelos, baseados na espectroscopia no infravermelho próximo para estimar a umidade da madeira. Defo et al. (2007) realizaram estudos sobre calibrações de modelos para prever a umidade de madeira de Carvalho (*Quercus* spp.) recém serrada, coletando espectros da face tangencial, radial e transversal e verificou que a técnica NIRS é eficiente para a predição da umidade da madeira, encontrando resultados semelhantes ao do presente trabalho em que a face transversal também apresentou melhor desempenho, com coeficiente de determinação de 0,93 e erro padrão de predição de 2,9%. No entanto a face que apresentou o menor desempenho foi a face tangencial com coeficiente de determinação de 0,58 e erro padrão da predição de 6,7. Os autores atribuem o bom desempenho da face transversal, devido às diferenças distintas nos anéis de crescimento, e o baixo desempenho da face tangencial pela influência de lenho inicial e lenho tardio.

Mora et al. (2011) utilizaram a espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) para estimar a umidade da madeira de *Pinus taeda*, em que os espectros foram coletados na face transversal de discos de toras comercializáveis, com idade entre 13 e 19 anos. Sendo que foi estudado também, a quantidade de espectros necessários para a obtenção de um modelo satisfatório. Os autores consideraram a aquisição de quatro espectros viável, com coeficiente de determinação de 0,69 e erro padrão da predição de 2,3 %, considerando que esta quantidade de espectros fornece bons resultados em menos tempo.

Jiang e Huang (2006) ao utilizar o método para avaliar os espectros obtidos de madeiras com diferentes umidades, e obterem modelos com coeficiente de determinação de 0,99 e erro padrão de 0,043% consideraram que a espectroscopia no infravermelho próximo é uma técnica eficiente na determinação da umidade da madeira.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Watanabe et al. (2011) aplicaram a espectroscopia no infravermelho próximo para classificar madeira de Abeto de acordo com a umidade. O modelo de previsão baseado no NIR mostrou correlação positiva com os valores calculados reais, determinados por secagem em estufa, independentemente de nós, rugosidade da superfície e mistura de duas espécies de madeira. Os autores consideraram, que os valores obtidos demonstram claramente, que a espectroscopia NIR tem potencial para estimar a umidade da madeira verde. Por meio do modelo de regressão PLS obtiveram um coeficiente de determinação de 0,93 para calibração e validação e erro padrão de 5,25% para calibração e 5,70% na validação. A RPD, que serve como medida estatística do poder preditivo, foi de 3,9 na validação, sugerindo que o modelo é adequado para a triagem.

No geral, a face transversal foi a face com menor variação dos valores estimados em relação aos valores determinados em laboratório tanto nos espectros originais quanto nos tratados. Entretanto, apesar de o método de tratamento da primeira derivada ser muito utilizado, no caso do cavaco, a face transversal sem tratamento obteve melhores estimativas.

4. CONCLUSÕES

A técnica NIRS foi eficaz para prever a umidade de cavacos de *E. urophylla* x *E. grandis* por meio da via de aquisição fibra ótica.

Os espectros provenientes da face transversal dos cavacos resultaram em calibração e validação com melhores estatísticas.

A madeira em forma de cavaco pode ser utilizada com sucesso para estimativas da umidade da madeira pela técnica da espectroscopia no infravermelho próximo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as instituições de fomento FAPEMIG, CNPQ, CAPES e ao Departamento de Ciência e Tecnologia da Madeira da UFLA, pelo auxílio à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEFO, M.; TAYLOR, A. M.; BOND, B. Determination of moisture content and density of fresh-sawn red oak lumber by near infrared spectroscopy. *FOREST PRODUCTS JOURNAL*, v. 57, n. 5, p. 68-72, 2007.

JIANG, Z.H.; HUANG, A. M. Water in wood and its near infrared spectroscopic analysis. *SPECTROSCOPY AND SPECTRAL ANALYSIS*, v.26, n.8, p. 1464-1468, 2006.

LOGSDON, N. B.; CALIL JUNIOR, C. 2002. Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira. *Cadernos de Engenharia de Estruturas*, v. 18, n. 1, p. 77-107, 2002.

MORA, C. R. SCHIMLECK, L. C.; CLARK, A.; DANIELS, R. F. Determination of basic density and moisture content of merchantable loblolly pine logs by near infrared spectroscopy. *JOURNAL NEAR INFRARED SPECTROSCOPY*, v. 19, n. 1, p. 392-399, 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MUÑIZ, G. I. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; CARNEIRO, M. E.; VIANA, L. C. Fundamentos e Estado da Arte da Espectroscopia no Infravermelho Próximo no Setor de Base Florestal. *CIÊNCIA FLORESTAL*, v.22, n.4, p. 865-875, 2012.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. *JOURNAL OF THE BRAZILIAN CHEMICAL SOCIETY*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 198-219, 2003.

SAMISTRARO, G.; MUNIZ, G. I. B.; PERALTA-ZAMORA, P.; CORDEIRO, G. A. Previsão das propriedades físicas do papel Kraft por espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e regressão por mínimos quadrados parciais (PLS). *QUÍMICA NOVA*, v. 32, n. 6, 2009.

WATANABE, K.; MANSFIELD, S. D.; AVRAMIDIS. Application of near-infrared spectroscopy for moisture-based sorting of green, hem-fir timber. *JOURNAL WOOD SCIENCE*, v. 77, n. 1, p. 288-294, 2011.

ZHANG, H.; LI, X.; ZHANG, H.; ZHANG, Y.; LI, P. Application of Near Infrared Spectroscopy in Wood Water Content Prediction. *ADVANCE MATERIALS RESEARCH*, v. 187, n. 1, p. 434-438, 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

APLICAÇÃO DE ANÁLISES NÃO DESTRUTIVAS EM MADEIRA DE *Cedrela fissilis* Vell. UTILIZADA EM RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Carlos Silveira¹

Carolina Nogueira Xavier²

Amanda Arantes Junqueira¹

Norma Maciel¹

José Henrique Camargo Pace³

Alexandre Monteiro de Carvalho⁴

João Vicente de Figueiredo Latorraca³

¹ Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Universidade Federal de Lavras

³ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

⁴ Departamento de Produtos Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



APLICAÇÃO DE ANÁLISES NÃO DESTRUTIVAS EM MADEIRA DE *Cedrela fissilis* Vell. UTILIZADA EM RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Resumo: Com as intensivas ações antrópicas visando expandir fronteiras agrícolas recorrente nas últimas décadas, as práticas de restauração florestal ganharam maior importância no cenário nacional. Ensaio não destrutivo têm sido utilizados nestas práticas devido a sua facilidade de aplicação na avaliação das propriedades da madeira sem a necessidade do corte das árvores. Neste sentido, a pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade da madeira do cedro-rosa por meio de análises não destrutivas, e dessa forma avaliar o estado fitossanitário da árvore por meio da tomografia de impulso e determinar a densidade da madeira pela densitometria de raios-X e pelo método gravimétrico. Sendo assim, 8 indivíduos de cedro-rosa com 16 anos de idade e com diâmetros maiores que 20 cm, foram selecionados. Realizando a análise de tomografia de impulso e após foram retiradas amostras do lenho com auxílio da sonda de Pressler a fim de realizar as análises de densidade básica e de densidade aparente pela densitometria de raios-X. A densidade básica obteve o valor médio de 513,66 kg/m³ e a densidade aparente a 15%, realizada através da densitometria de raios-X de 527,7 kg/m³. A densitometria de raios-X estimou com precisão a idade dos indivíduos. A tomografia apresentou valor médio de propagação de ondas de 539,72 m/s, ressaltando que somente 2 indivíduos apresentaram considerável variação no estado fitossanitário da madeira. As metodologias não destrutivas utilizadas demonstraram ser eficazes no estudo de propriedades físicas de espécies florestais sem a utilização da amostragem destrutiva.

Palavras-Chave: tomografia de impulso, densitometria, densidade e espécie nativa.

APPLICATION OF NON-DESTRUCTIVE ANALYSIS IN WOOD OF *Cedrela fissilis* Vell. USED IN FOREST RESTORATION

Abstract: With the intensive anthropic actions aimed at expanding recurrent agricultural frontiers in the last decades, the forest restoration practices have gained greater importance in the national scenario. Non-destructive tests have been used in practical for their ease of application in the characterization of the disposition of the anatomical elements, monitoring the development of the individuals and elaboration of use proposals according to the quality of the studied wood. The objective of this research was to evaluate the quality of pink cedar wood by non-destructive analysis and to report its development to the practice of forest restoration. Eight individuals of 16-year-old pink cedar with diameters greater than 20 cm were selected. With samples obtained by the Pressler increment borer it were realized the analysis of basic density and apparent density by X-ray densitometry. The basic density was 513,66 kg/m³ and the apparent density at 15%, performed by X-ray densitometry was 527,7 kg/m³. The X-ray densitometry accurately estimated the age of individuals. The impulse tomography showed an average wave propagation of 539,72 m/s, emphasizing that only 2 individuals presented variation in the phytosanitary status of the wood. The non-destructive methodologies used have demonstrated that some studies of physical properties and for the development of native forest species without the use of destructive sampling can be effective.

Keywords: impulse tomography, densitometry, density and native species.



1. INTRODUÇÃO

Dos 886 milhões de hectares de cobertura florestal pertencente à América Central e do Sul, 61% encontram-se no Brasil, tornando o país o segundo em cobertura florestal no mundo, superado apenas pela Rússia (BNDES, 2002). A cobertura florestal brasileira está estimada em 463 milhões de hectares. Desses, estima-se que 98,5% sejam constituídos pela floresta natural, localizada predominantemente na região Norte do país (SFB, 2014).

Entretanto, nossas florestas nativas têm sido alvo de intensivo desmatamento com o passar das últimas décadas.

A agropecuária, a expansão urbana, a construção de empreendimentos de energia, como usinas hidrelétricas, e o próprio consumo da população são os principais motivos que levam ao desmatamento florestal no Brasil (ICMBio, 2014).

De acordo com o ICMBio (2014) a agropecuária afetou no último ano 458 espécies, incluindo aves e peixes, seguida da expansão urbana, com 254 e dos empreendimentos de energia, que somaram 187 espécies ameaçadas.

Por não haver planejamento, o desmatamento seguido pelo uso do fogo é considerado predatório em função dos severos danos que causa ao meio ambiente, gerando, inclusive, enormes passivos ambientais (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004).

Para atenuar o desmatamento, práticas de restauração florestal têm crescido em critérios de estudo para propiciar ao meio ambiente recursos para se estabilizar e desenvolver a fim de retornar a uma condição natural.

A restauração florestal é uma prática antiga na história de diferentes povos, regiões e épocas que visavam relacionar a difícil tarefa de reconstruir a floresta buscando também o restabelecimento da biodiversidade, da estrutura e de complexas relações ecológicas da comunidade (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004).

Para avaliar o desenvolvimento de indivíduos arbóreos utilizados em restauração florestal estão sendo utilizadas metodologias de análise que não efetuam a derrubada da árvore, sendo denominados a estas metodologias análises não destrutivas.

A avaliação não destrutiva é definida como a ciência de identificar as propriedades físicas, químicas e mecânicas de uma peça de determinado material sem, no entanto, alterar suas capacidades de uso final (ROSS et al., 1999). O critério de eficiência desta caracterização não realiza a extração de corpos-de-prova, uma vez que a avaliação é feita na própria peça ou estrutura. Para que os métodos de amostragem não destrutiva sejam confiáveis é necessário um ajuste prévio do método e do equipamento utilizado, a fim de se obter uma maior segurança e confiabilidade nos resultados (OLIVEIRA, 2011).

Os ensaios não destrutivos apresentam como principais vantagens à rapidez na coleta de dados, o baixo custo de aplicação e a possibilidade de avaliação de um grande número de indivíduos (GOMES, 2007).

Estas pesquisas têm contribuído para o avanço do conhecimento da variabilidade natural da madeira, permitindo a identificação de materiais que possuam madeira mais homogênea e livre de defeitos internos (occos e podridão), o que auxilia na escolha da forma mais adequada de sua utilização (GOMES, 2007; OLIVEIRA, 2011).

A espécie *Cedrela fissilis* Vell. foi avaliada nesta pesquisa devido a seu histórico de exploração, comercialização e seu potencial madeireiro, comprovado por meio de ensaios destrutivos e tendo como matéria-prima áreas diferentes das restauradas consideradas



neste trabalho. Referências de trabalhos anteriores são encontradas nas publicações dos autores Lorenzi (2002), Salomone (2011) e Silva (2013).

Neste contexto, essa pesquisa teve como objetivo verificar o perfil fitossanitário da madeira através da tomografia de impulso na madeira de *Cedrela fissilis* Vell.; avaliar o perfil radial da densidade da madeira através da densitometria de raios X; determinar a densidade básica da espécie através do método gravimétrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Procedência e amostragem do material

As árvores estão localizadas na Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, no município de Descalvado, São Paulo. De acordo com estudos anteriores e inventários na área estudada, foram totalizados 31 indivíduos de *Cedrela fissilis* Vellozo. Todos foram implantados em 2001, possuindo 16 anos de idade, quando analisados. A partir das informações obtidas pelo inventário foram sorteados 8 indivíduos que possuíam diâmetro superior a 20 cm. A escolha de indivíduos com estes valores de diâmetro foi orientada pela literatura e por profissionais para tornar a avaliação por meio da tomografia mais eficiente possível, de acordo com a disponibilidade do número de sensores para utilizar na análise.

2.2 Análise do estado sanitário do fuste utilizando a tomografia de impulso

A tomografia de impulso é um método não destrutivo que permite a avaliação do interior do lenho de árvores pela passagem de ondas mecânicas, sendo possível analisar a presença de defeitos (fungos, ataques de insetos, rachaduras, nós, etc.) que possam afetar as propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira. O funcionamento do tomógrafo é baseado na reconstrução de seções transversais de objetos por meio de informações fornecidas pela passagem de ondas provenientes da superfície (AMODEI, 2010).

O tomógrafo de impulso é composto por sensores que são fixados nas seções transversais das árvores. Ao receberem estímulo mecânico com auxílio do martelo, tais sensores produzem ondas mecânicas, onde o tempo de percurso e a velocidade entre sensores são medidos pelo software do equipamento (AMODEI, 2010).

Em cada sensor, são produzidas ondas de impacto geradas pelo estímulo mecânico do martelo no sensor. Essas ondas mecânicas percorreram o lenho até alcançarem os demais sensores e, assim, gerar os tempos de propagação da onda utilizados no cálculo de sua velocidade. Estas são calculadas automaticamente pelo software ARBOTOM utilizando a Equação 1.

$$V = D/T \quad (1)$$

Em que:

V = Velocidade da onda mecânica (m/s);

D = distância percorrida pela onda (m);

T = tempo utilizado para a onda percorrer determinada distância (s).

A partir desses dados foram confeccionados gráficos da velocidade de onda da seção transversal (imagem tomográfica) de cada árvore. As variações da coloração nas imagens permitiram identificar as características distintas da madeira, geradas pelas diferentes velocidades de propagação de onda dentro do lenho. Assim, o uso do tomógrafo



pode ser correlacionado com apodrecimentos, nós e ocós internos, podendo também ser um indicativo de densidade e resistência da madeira.

Foi utilizado o tomógrafo de impulso Arbotom a fim de verificar o estado fitossanitário da árvore, para tal foi realizada a mensuração da circunferência da árvore na altura do DAP (a 1,30 m do solo) e esta foi dividida pelo número de sensores ($n=5$) para que estes fossem fixados equidistantemente na seção transversal da árvore analisada. Os condutores metálicos foram fixados na árvore para sustentação dos cinco sensores de impulsos frontais.

Com os sensores instalados e conectados ao computador, o Arbotom informa os dados da propagação do impulso gerado pelo impacto mecânico do martelo (Figura 1).



Figura 1. Realização da tomografia de impulso. (A) Instalação dos sensores; (B) geração de impulsos através do martelo; (C) imagem 2D representando o tronco de um indivíduo de *Cedrela fissilis* Vell.

2.3 Determinação da densidade da madeira por meio da densitometria de Raios-X

Na altura do DAP (1,30 do solo), obedecendo às normas estabelecidas pelo manual de utilização do trado, inserindo-o no lenho na posição de 90 graus. Foram retiradas de cada árvore duas amostras do lenho, baguetas no sentido Norte-sul e Leste-oeste.

A partir das baguetas foram obtidos corpos de prova para realizar a análise da densidade da madeira no equipamento de densitometria de raios-X. Para isso, foram confeccionados suportes usando um painel de MDF, e após esta etapa as baguetas foram coladas nos mesmos orientando-se a posição da casca e da medula. Depois de coladas, as baguetas foram cortadas com 2 mm de espessura com o auxílio de serra circular vertical dupla.

Após o corte, as baguetas foram acondicionadas em uma câmara climática com 20°C e $70 \pm 5\%$ de umidade por 24h visando atingir a densidade aparente (a uma umidade relativa de 15%), de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997).



Em seguida, as baguetas foram analisadas em um densitômetro de raios-X modelo QTRS-01X, com fonte colimada de feixes de raios-X (Figura 2). A determinação da densidade aparente por densitometria de raios-X foi realizada conforme Amaral & Tomazello Filho (1998).

2.4 Determinação da Densidade básica pelo método gravimétrico

As baguetas foram imersas por cerca de 15 dias em um recipiente com água a fim de atingirem a saturação. Posteriormente, foram mensuradas e pesadas. A densidade básica é definida como a relação entre a massa seca e o volume saturado em água.

$$\rho_{\text{bas}} = m_s / v_{\text{sat}} \quad (\text{Equação 2})$$

Procurou-se verificar se a densidade básica em árvores vivas determinadas por métodos não destrutivos pode ser associada aos valores de tomografia e densitometria de raios-X, assim como estudado por Gonçalves (2009) avaliando metodologias não destrutivas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estado fitossanitário da árvore pela Tomografia de impulso

A análise da tomografia das árvores de *Cedrela fissilis* Vell. gerou as imagens tomográficas 2D apresentadas na Figura 2. A variação da velocidade de propagação da onda mecânica gerada pelo software do tomógrafo promoveu uma variação na coloração das secções transversais.

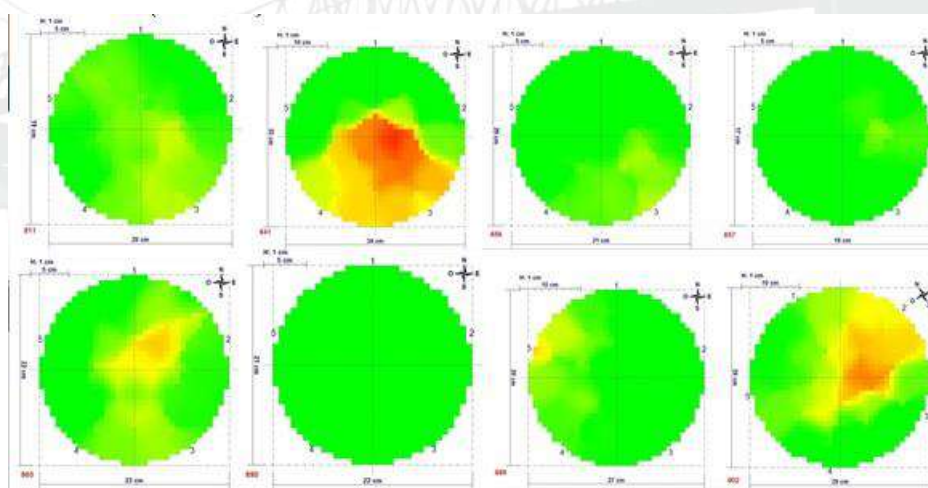


Figura 2. Imagens em duas dimensões (2D) fornecida através da tomografia de impulso dos indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell.

A imagem dos indivíduos demonstra que o lenho apresentou bom estado de sanidade na maioria dos indivíduos e foi constatada presença de defeitos, provavelmente ocós internos, em apenas dois indivíduos.

A variabilidade de cores é uma característica relacionada à heterogeneidade do material analisado, que envolve fatores como idade (as árvores analisadas estavam com 14



anos), ausência de práticas de manejo florestal, usos anteriores para fins acadêmicos e de pesquisa (CASTRO, 2011).

De forma mais generalizada, foi constatada uma coloração esverdeada na maior parte dos perfis analisados, o que denota grande velocidade de propagação da onda gerada no ensaio. Em alguns indivíduos verificaram-se colorações amareladas e avermelhadas nas regiões centrais e de periferia, o que indica uma velocidade de onda menor. De acordo com Castro (2011) esta menor velocidade está associada à natureza do material ali existente e a problemas de sanidade.

As velocidades médias de propagação da onda, dadas em metros por segundo, apresentaram os valores inseridos na Tabela 1.

Tabela 1. Velocidades médias da tomografia de impulso nos indivíduos

Indivíduo	Velocidade média (m/s)
811	818,1
841	314,7
856	469,4
857	764,55
865	478,35
890	560,65
899	351,35
902	560,65
Média	539,72

As imagens tomográficas geradas pelo software Arbotom 2.05c, referentes à estrutura interna do lenho do cedro-rosa, indicaram sintomas de lesões internas mais latentes em dois indivíduos.

Além dos diferentes tipos de madeira, fatores externos como o vento, a chuva, ruídos elevados e influências inerentes ao equipamento, como qualidade da batida feita pelo usuário do equipamento no momento do ensaio (diferentes intensidades de batidas nos sensores) e fixação dos conectores metálicos podem afetar as medições (AMODEI, 2011).

Castro (2011) afirma que em alguns estudos a avaliação das imagens tomográficas pode ser mascarada ou imprecisa, visto que a proximidade entre os sensores distorcem os resultados, principalmente nas regiões mais periféricas. A tomografia de lenhos funciona melhor em indivíduos de maior porte.

3.2 Densidade da madeira a partir da Densitometria de raios-X

Os resultados de densitometria de raios-X gerados pelo QTRS- 01X apresentaram valores calculados para idade das árvores muito próximos e/ou exatamente iguais com as informações levantadas de idade da realização do plantio, como destacado abaixo na Figura 3.

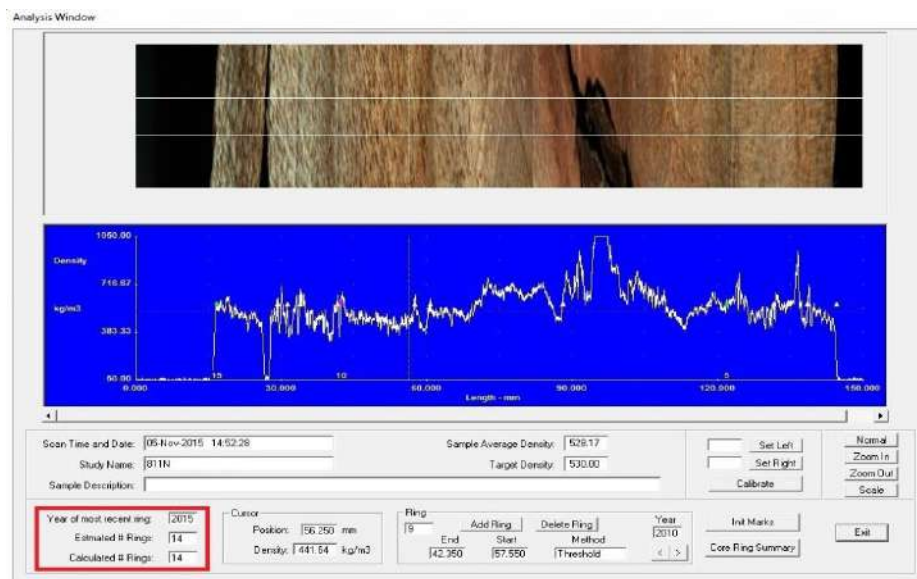


Figura 3. Valores estimados e calculados através da contagem de anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell.

Dessa forma, obtiveram-se a densidade aparente (umidade a 15%) no sentido radial para as duas baguetas de cada árvore (sentido norte-sul e leste-oeste), após foi calculada a média dessas baguetas para obter a densidade aparente média por árvore, conforme valores descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Densidade aparente (15% de umidade) obtido pela densitometria de raios-X dos 8 indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell.

Indivíduo	Densitometria (kg/m ³)
811	526,93
841	528,24
856	528,53
857	525,89
865	526,21
890	534,7
899	533,91
902	517,14
Média	527,70

O perfil radial da densitometria (sentido medula-casca) demonstrou oscilação dos valores, variando de 517,14 a 533, 91 kg/cm³. Os valores encontrados nesta pesquisa são menores do que quando comparado a outros trabalhos que estudaram eucaliptos e o comportamento da densidade aparente através da técnica de densitometria de raios-X (ALZATE, 2004; MAURI, 2010; SETTE JUNIOR, 2010; RODRIGUES, 2013; BOA, 2014).



O incremento em diâmetro das árvores habitualmente forma anéis de crescimento, e a formação destes anéis é um fator que influencia a variação da densidade no sentido medula-casca, podendo estar relacionada às variações nos valores de densidade observadas nas imagens de raios-X digital (BURGER; RICHTER, 1991).

3.3. Densidade básica determinada pelo método gravimétrico

Os resultados apresentados na tabela abaixo (Tabela 3) referem-se aos valores de densidade básica obtidos.

Tabela 3. Densidade básica dos indivíduos analisados

Indivíduo	Densidade básica (kg/m ³)
811	452,97
841	553,74
856	504,45
857	506,84
865	594,5
890	469,5
899	513,7
902	521,5
Média	514,65

Os valores encontrados neste trabalho condizem com as pesquisas realizadas por Jankowsky (1990) apresentaram valores no intervalo em torno de 440 kg/m³ para a madeira do cedro rosa, confirmando a expectativa de uma madeira de média densidade de boa trabalhabilidade, sendo uma espécie com densidade considerada leve a moderada. A densitometria de raios-X confirma esta afirmação, a metodologia estimou com eficiência a densidade aparente da madeira e confirmou os valores encontrados de desta variável para a espécie pelo IPT (1989).

A densidade da madeira estudada, densidade básica obtida pelo método gravimétrico e a densidade aparente obtida pela densitometria de raios-X, não apresentaram diferença estatística no teste Tukey ($P > 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Análise das médias pelos métodos de densidade utilizados

Metodologia	Valor (kg/m ³)
Gravimetria	514,65 ± 41,77 a
Densitometria de raios-X	527,70 ± 5,42 a

Nota: Médias com letras minúsculas iguais, não diferem estatisticamente.



Os dois métodos utilizados mostraram-se eficientes na amostragem dos valores de densidade para *Cedrela fissilis* Vell., sendo precisos na análise e apresentando as médias no mesmo intervalo estatístico, confirmando a informação de que esses valores de densidade favorecem a aplicação desta madeira em diferentes setores madeireiros, tais como construção civil, mobiliário e demais usos.

4. CONCLUSÕES

A análise da densidade aparente dos indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell. através da densitometria de raios-X demonstrou a eficácia do aparelho, pois os valores encontrados condizem com os valores da literatura.

A sanidade de 80% das árvores de *Cedrela fissilis* Vell. analisada com a tomografia de impulso apresentou bom estado fitossanitário.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por auxílio financeiro por meio do Projeto Temático (Processo n. 2013/50718-5).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALZATE, S. B. A. Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*. 2004. 150 p Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

AMODEI, J. B. et al. Avaliação Preliminar da Qualidade da Madeira de *Tectona grandis* L. f. Através da Tomografia de Impulso. Revista Floresta e Ambiente. v.17, n.2, p.124-12, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projetos de estruturas de madeira - Rio de Janeiro, 1997. 107p

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.16, p. 3-30, 2002.

BOA, A.C. Caracterização da madeira da metade superior do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* de 13 anos para produção de celulose. 2004. 93 p Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro . 2004.

BRASIL, M.A.M.; VEIGA, R.A.A.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica nas seções transversais do caule e da base do tronco para a copa de eucalipto. IPEF, n.15, p.73-82, 1977.

BUCUR V. Theory of and experimental methods for acoustic characterization of wood. In: Acoustics of wood. 2 ed. Berlin: Springer-Verlag; ,p. 39-104, 2006.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CARRASCO, E.V.M.; AZEVEDO JÚNIOR, A.P. Avaliação não destrutiva de propriedades mecânicas de madeiras através de ultra-som: fundamentos físicos e resultados experimentais. Revista Cerne, Lavras, v. 9, n. 2, p. 178-191, 2003.

GOMES, A. F. Avaliação das características da madeira e de polpa de *Eucalyptus* mediante a aplicação de métodos não destrutivos na árvore viva. 2007. 141p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2007.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. “Planos de Manejo das Florestas Nacionais do Crepori, Jamanxim e do Amana, localizadas no estado do Pará” Produto 3.2 - Relatório Inventário Florestal da Floresta Nacional do Crepori - Relatório Final 04PND0207 - Consórcio Senografia/STCP. Curitiba/PR. 2009, 376p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Fichas de Características das madeiras brasileiras. São Paulo. ed. 2, n. 1791, 1989.

JANKOWSKY, I. P. et al. Madeiras brasileiras. Caxias do Sul: Spectrum. p. 172, 1990.

LORENZI, H., Árvores Brasileiras – Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas nativas do Brasil. v 1. Instituto Plantarum. Nova Odessa – SP, 2002.

MATOS, J. L. M. Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) –, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1997.

MAURI R. Anatomia e densidade de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com variação de altitude e topografia no estado de Minas Gerais. 2010. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

OLIVEIRA, B. R. U. et al. Microdensitometria de Raios X Aplicada na Determinação da Variação da Densidade do Lenho de Árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Revista Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 103-112, 2011.

OLIVEIRA, F.G.R.; SALES, A. Efeito da densidade e do teor de umidade na velocidade ultrasônica da madeira. Revista Minerva, São Carlos, v. 2, n. 1, p. 25-31, 2005.

REZENDE, M.A.; ESCOBEDO, J. F. Retratibilidade volumétrica e desdensidade aparente da madeira em função da umidade. IPEF, n.39, p.33-40, 1988.

RINNTECH. User Manual - Arbotom 3-D Tree Impulse Tomograph, version 1.59 for Microsoft Windows 98, 2000, XP. Heidelberg: Microsoft Window; 2005. 42 p.

RODRIGUES, B. P. Qualidade do lenho de árvores de clone de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* sob estresse abiótico e o impacto na produção de celulose. 2013. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós- Graduação em Ciências Florestais Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de Florestas Ciliares. In Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. EDUSP/FAPESP 3 ed., p.235-247. 2004.

ROSS, R. J. et al. Inspection of Timber Bridges Using Stress Wave Timing Nondestructive Evaluation Tools. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-114 USDA, Department of Agriculture, Forest Service, Madison, WI. 17 p, 1999.

SALOMONE, L. G. C. Ensaio de Usinagem em Amostras da Madeira de Cinco espécies Nativas Brasileiras. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). 2011. 30p. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. 2011.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB – Sistema Nacional de Informações Florestais. Disponível em <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/bens-e-servicos-que-a-floresta-fornece>>. Acessado em: 05/Mai/2017.

SETTE JUNIOR, C.R. Aplicação de potássio e sódio no crescimento do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. 2010. 153 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

SILVA, C.C. Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal. 101p. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2013.

THE NATURE CONSERVANCY – TNC. Manual de Restauração Florestal. Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. 2013. 130p.

TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M.P.; ROQUE, R.M. Manual de aplicação de densitometria de raios-X em amostras de madeira, CRAD e CERD. Piracicaba, 2005. 32p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CONTROLE TOTAL DE QUALIDADE (TQM) EM UMA EMPRESA DE EMBALAGENS AUTOMOTIVAS DE MADEIRA

Nicolle Christine Sotsek Ramos¹
Ghislaine Miranda Bonduelle¹

¹ Universidade Federal do Paraná



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CONTROLE TOTAL DE QUALIDADE (TQM) EM UMA EMPRESA DE EMBALAGENS AUTOMOTIVAS DE MADEIRA

Nicolle C. **SOTSEK**¹; Ghislaine M. **BONDUELLE**²

¹ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná

² Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná

Resumo: A madeira é um material heterogêneo de difícil estabilidade e controle da qualidade, o que leva a indústria madeireira no Brasil ser caracterizada por altos índices de desperdícios e problemas relacionados com a qualidade e produtividade. Este trabalho tem como objetivo aplicar ferramentas do Controle de Qualidade Total (TQM) para melhorar os processos de uma empresa de embalagens automotivas. Durante a pesquisa foram identificadas anomalias relacionadas à organização dos espaços e dos instrumentos de trabalho; problemas com os procedimentos e falta de qualidade no produto final. Para condução deste estudo o método adotado foi o estudo de caso que auxiliou na seleção e na aplicação de algumas ferramentas do TQM. As ferramentas foram implantadas no setor a fim de reduzir as não-conformidades presentes no produto final. Os resultados mostraram que as exigências dos clientes (em ordem de prioridade) são: Preço, Prazo, Desempenho, Qualidade do Produto e Projeto. Obteve-se uma redução de 72% dos produtos não-conformes, graças as melhorias apresentadas no controle das atividades e na qualidade final do produto. A implantação das ferramentas da qualidade permitiu a análise do processo e tomada de decisão de ações corretivas e de melhorias e, também, proporcionaram um ambiente de trabalho mais organizado e mais qualificado para as atividades.

Palavras-chave: Gestão da Qualidade, Indústria de Embalagens, Setor Madeireiro.

APPLICATION OF TOTAL QUALITY CONTROL (TQM) TOOLS IN A COMPANY OF WOOD AUTOMOTIVE PACKAGING

Abstract: Wood is a heterogeneous material of difficult stability and quality control, which leads the timber industry in Brazil to be characterized by high rates of waste and problems related to quality and productivity. This work aims to apply Total Quality Control (TQM) tools to improve the processes of an automotive packaging company. During the research, anomalies related to the organization of spaces and working instruments were identified; Problems with procedures and lack of quality in the final product. In order to conduct this study, the method adopted was the case study that assisted in the selection and application of some TQM tools. The tools were deployed in the industry in order to reduce the nonconformities present in the final product. The results showed that the requirements of the customers (in order of priority) are: Price, Time, Performance, Product Quality and Design. There was a 72% reduction of the nonconforming products, thanks to the improvements presented in the control of activities and the final quality of the product. The implementation of the quality tools allowed the analysis of the process and decision making of corrective actions and improvements and also provided a more organized and more qualified work environment for the activities.

Keywords: Quality Management, Packaging industry, Wood Sector

1. INTRODUÇÃO

As empresas estão cada vez mais preocupadas em produzir em grande escala para atender a demanda dos seus clientes, entretanto, muitas dessas empresas acabam dando mais ênfase à produtividade e deixam de lado os critérios da qualidade. A indústria madeireira no Brasil é caracterizada por altos índices de desperdícios e problemas

REALIZAÇÃO: APÓCIPROFINANZIAMENTO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

relacionados com a qualidade e produtividade, tendo em vista que a madeira, principal insumo deste setor é heterogêneo e essa característica representa um desafio ao setor manufatureiro considerando a dificuldade em controlar sua qualidade e estabilidade.

Segundo Olandoski (2001) as perdas nos processos industriais com a madeira podem chegar até 70% do volume em tora consumida. A interligação entre Qualidade, Produtividade e Competitividade é um dos fatores mais importantes na economia atual. Deming (1994) e Juran (1992) já afirmavam na década de 1990 que as empresas que conseguissem aumentar a qualidade e a produtividade, conseqüentemente, aumentariam a competitividade. Isso significa aumentar a capacidade de um produto ou serviço, quer seja pelo seu preço, quer pelas suas características específicas.

Devido a esta busca contínua pela produção em massa, muitos dos produtos apresentam defeitos que geram a insatisfação no consumidor. Quando isso ocorre, estes são classificados como “não conformes”, ou seja, eles representam bens que não atendem as necessidades ou ao requisito do cliente. Estes são conseqüências de uma má gestão de qualidade no processo produtivo. O produto que é impróprio para o cliente pode ser retrabalhado ou descartado, e quando isso acontece, geram perdas e custos adicionais no processo (JURAN, 1992).

Empresas que apresentam um sistema de gestão da qualidade asseguram a organização e a padronização do processo para evitar ou minimizar os defeitos no produto. As não conformidades no produto podem estar relacionadas com a estética do produto, com o material fabricado, com um maquinário, ou até mesmo com o pessoal envolvido na produção. Para que o produto satisfaça o desejo do cliente ele deve suprir suas necessidades, e essas exigências podem ser respondidas a partir do conceito de Qualidade Total, que está baseado nas cinco dimensões citadas por Drumond (1998, p.27):

- a) Qualidade intrínseca: satisfazer o cliente em todas as suas necessidades desde aquisição até o pós-venda;
- b) Custo: custo necessário para a realização do produto ou serviço;
- c) Entrega ou atendimento: atender ao cliente no local, data e hora certa;
- d) Segurança: o produto/serviço deve prover segurança evitando acidentes ao usuário;
- e) Moral: deve-se ter um ambiente agradável de trabalho para realização e venda do produto.

Desta forma, as organizações vêm buscando controlar seus processos com objetivo de manter a qualidade do processo e do produto final aplicando as ferramentas de “Controle Qualidade Total” que são capazes de reduzir as não conformidades do processo industrial. Dentre as ferramentas podem-se destacar pelo menos seis: ciclo PDCA, treinamento, *Brainstorming*, *Poka Yoke*, Diagrama de Ishikawa e gráfico de Pareto.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a implantação das ferramentas de qualidade total aplicadas numa empresa fabricante de embalagens de madeira, com intuito de reduzir as não conformidades dos produtos finais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma empresa de Embalagens e Pallets de madeira na região metropolitana de Curitiba. A metodologia empregada para implantar a Qualidade Total foi o estudo de caso, que segundo Gil (1991) é caracterizado pelo estudo intenso e com profundidade de poucos objetos, de forma a obter o conhecimento amplo e específico ao mesmo tempo. A pesquisa teve abordagem qualitativa, de caráter exploratório, dado

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





que foram colocados em práticas, conceito e teorias obtidas a partir de informações fornecidas pelos funcionários e gestores envolvidos no trabalho.

O estudo iniciou-se com uma visita à fábrica, onde foi possível conhecer o produto fabricado e suas características, o processo produtivo, as matérias primas usadas, as características do processo e quais são as suas dificuldades. Em seguida, a fim de organizar o estudo buscou-se criar uma estrutura para implantação de um sistema de controle de qualidade da empresa.

É importante ressaltar que esta metodologia foi organizada em forma de cascata, ou seja, com a aplicação de uma ferramenta detectava-se a necessidade de aplicar outras ferramentas, como pode ser visualizado na Figura 1. A discussão de como as ferramentas de controle de qualidade foram implantadas ao longo do estudo será evocada na discussão dos resultados para melhor compreensão do estudo.

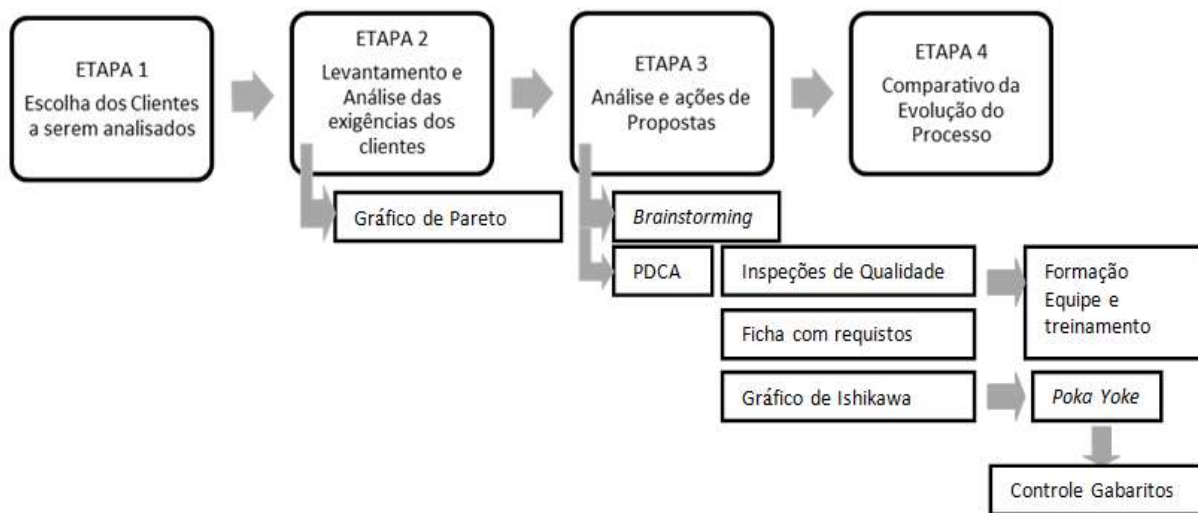


Figura 1- Estratégia da pesquisa.

As etapas que serão descritas a seguir foram colocadas em prática dentro da organização ao longo dos seis meses de estudo:

2.1 Etapa 1: Escolha dos clientes a serem analisados

Para organizar o estudo, dois clientes foram escolhidos, sendo esta escolha em função da frequência desses produtos em linha e pela participação no faturamento da empresa. Juntos, eles representam 80% da produção fabril.

2.2 Etapa 2: Levantamento e análise das exigências dos clientes e resposta da empresa

Os requisitos exigidos pelos clientes foram levantados junto ao departamento comercial da empresa por meio de entrevistas. As respostas da empresa foram elaboradas



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

a partir de documentos internos e entrevistas com os funcionários de cada área relacionada.

2.3 Etapa 3: Análise e ações de proposta de melhorias para atender às exigências dos clientes

Em função das prioridades dos clientes na etapa anterior e das entrevistas realizadas com a equipe do setor foram selecionadas cinco ferramentas do Controle de Qualidade Total para serem aplicadas, conforme o diagrama apresentado na Figura 1. A primeira ferramenta aplicada foi o Gráfico de Pareto, utilizado para demonstrar os resultados das prioridades do ponto de vista dos clientes. Em seguida, o *brainstorming* foi escolhido por ser extremamente importante para fazer os colaboradores da linha de produção participarem do projeto e assim apresentarem suas contribuições.

As reuniões de Brainstorming eram realizadas diariamente, a fim de melhorar o controle de qualidade na produção, pois muitos dos problemas internos não eram do conhecimento geral da equipe, e por esse motivo, nunca tinham sido levados em conta para serem evitados. Nessas reuniões, discussões com relação à produção eram feitas para identificação dos problemas existentes, e a partir deles aplicava-se o ciclo PDCA (PLAN, DO, CHECK, ACTION) para cada situação detectada.

Mais adiante, percebeu-se que seria pertinente utilizar a metodologia PDCA para fazer o gerenciamento de melhorias no setor.

O ciclo PDCA foi desenvolvido em duas etapas:

- a) *Brainstorming*: Realização de reuniões diárias com a equipe de produção;
- b) Elaboração do ciclo PDCA: Elaborar ações que visam evitar as não conformidades e problemas na fabricação.

Em seguida a ferramenta *poka yoke* foi utilizada para evitar erros de não-conformidades durante a utilização dos gabaritos, e o diagrama de Ishikawa para diagnosticar causa raiz de problemas específico no setor.

2.4 Etapa 4: Comparativo da evolução do Processo

Com objetivo de realizar um monitoramento do desenvolvimento das atividades ao longo da implantação das ferramentas da qualidade elaborou-se um gráfico com os dados do processo antes e após a aplicação das ferramentas qualidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Implantação da etapa 1 e 2

Os clientes da empresa foram questionados com relação às características que eles consideram mais importantes na hora de escolher uma embalagem em madeira. O resultado desta enquete pode ser visualizado na Figura 2, que traz as exigências demandas, bem como as características específicas para cada exigência.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

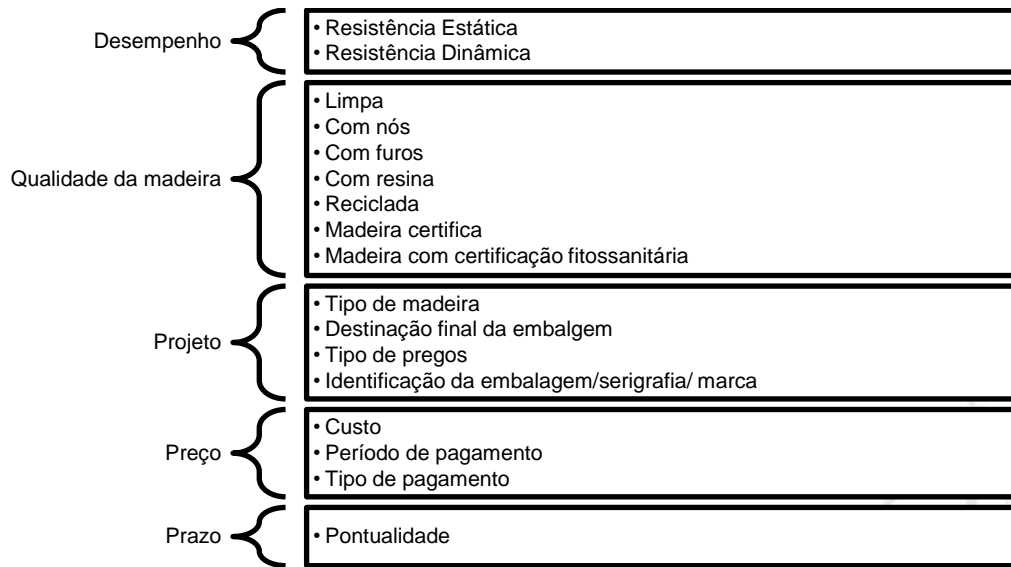


Figura 02- Exigências dos Clientes.

De posse destas informações, os clientes foram novamente questionados com relação ao grau de importância de um requisito com relação ao outro. Para isso, foram estipulados os valores: (3) para o critério de maior importância, (2) para o de importância média, (1) para baixa importância e (0) para pouquíssima importância. O gráfico de Pareto apresentado na Figura 3 mostra o resultado final referente às características que os clientes consideram mais importante.

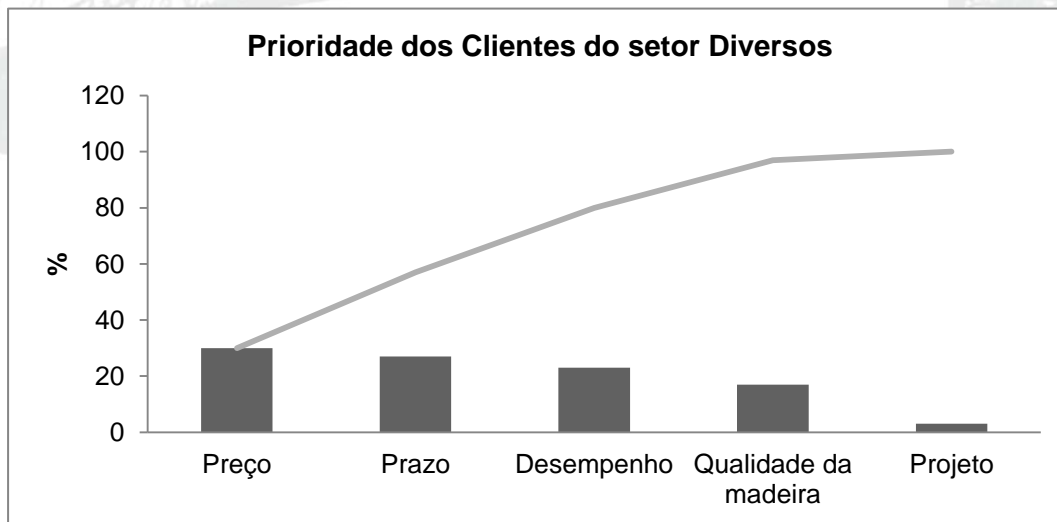


Figura 3- Prioridade dos clientes do setor Diversos.

A Figura 3 mostra a classificação das prioridades dos clientes para as embalagens de madeira. O preço, com resultado de 30% das preferências, foi considerado o fator mais importante a ser trabalhado sob o ponto de vista dos clientes. Observa-se que 80% das exigências são relativas ao preço, prazo e desempenho. Com esta análise pode-se



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

constatar que o setor automotivo, cliente principal da empresa em estudo, tem como critério prioritário o baixo custo para aquisição de embalagens. A segunda prioridade está no prazo de entrega, visto que o setor trabalha com exportação e atrasos com a entrega podem gerar custos adicionais. Apesar de ser um setor com concorrência acirrada e com visibilidade à sociedade, o fator origem sanitária e ambiental da matéria-prima e destinação da embalagem não são os fatores de maior relevância para esse cliente.

A norma brasileira NBR ISO 9001:2015, que fornece os Requisitos para uma Organização implantar um Sistema de Gestão da Qualidade, declara na Clausula 8.5.4- Preservação que as organizações que possuem essa certificação devem preservar as saídas de um produto ou serviço e esta preservação inclui a embalagem e o transporte deste produto e/ou serviço. Entretanto, o setor de embalagem vem trabalhando cada vez mais com menos prazos para produzir e entregar essas embalagens, fato que pode prejudicar a preservação do produto, pois poucas são as empresas automotivas que atendem esse critério da norma e planejam com rigor esta fase do processo de desenvolvimento do produto.

3.2 Implantação da etapa 3

Obtidas as exigências dos clientes os seguintes itens foram analisados e colocados em pauta para serem reestruturados:

- Organizar a produção para realizar a entrega sempre no prazo combinado;
- Melhorar a qualidade dos projetos atualizando-os continuamente;
- Aumentar o controle de qualidade do produto final e da madeira;

A primeira ação foi aplicar a ferramenta *brainstorming* e a partir dele os principais problemas foram destacados:

- a) Problemas com equipamentos pneumáticos;
- b) Falta de quantidade exata da matéria prima para a montagem;
- c) Problemas com o dimensionamento das peças;
- d) Matéria prima de baixa qualidade;

O *brainstorming* e elaboração do ciclo PDCA proporcionaram uma interação melhor entre a equipe e o líder de produção, por meio de desses recursos pequenos problemas como falta de comunicação ou grandes problemas, como erro de dimensionamento puderam ser solucionados. E o mais interessante, foi que o setor inteiro participava desses debates, interagindo e opinando com relação ao assunto. Pode-se visualizar o andamento do ciclo PDCA na Figura 4.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PLANEJAR



FAZER



CHECAR



AGIR



Objetivos/Problemas	Ações/Soluções	PDCA
Problemas com a montagem das embalagens, não conforme gabarito	Controle de qualidade dos gabaritos a cada 3 meses	●
Problemas com a dimensão das peças	Formação da Equipe e treinamento	●
Problemas com o aspecto da madeira	Formação (orientação) da equipe preparação e suprimentos	●
Problemas de falta de comunicação e informação entre os setores	Reunião de Qualidade	●
Ter o conhecimento de algumas informações importantes sobre os clientes	Anexar informações nos projetos	●
Parametro de qualidade ambiguo-padronização	Realização de uma reunião com os responsáveis da qualidade da madeira./ realização do curso de instrução de trabalho voltado para a qualidade da madeira	●
Montagem não conforme o projeto	Responsável PDI fez a atualização do projeto	◐
Problemas com os equipamentos	Responsável PDI fez a atualização do projeto	◐
PDI precisa atualizar desenhos, que estão sem serigrafia e isso dificulta processamento.	Responsável PDI fez a atualização do projeto	●
Sobras de madeiras, que muitas vezes não podemos reutilizar por causa da dimensão incompatível	A partir de uma conversa realizada com o setor Preparação e com o PDI foi proposto uma mudança no projeto para adptar a nossa realidade.	◐
Problemas dimensionamentais com os engradados	Orçar pelo menos dois equipamentos novos para atender a demanda/ verificar o estado de vida dos equipamentos	●
Marteletes grandes com problemas gravissimos	Comercial deve evitar o uso do reciclado com clientes novos ou informa-los de como sera a situação da embalagens quando eles escolherem esse tipo de material	◐
Uso de reciclado tem vantagens e desvantagens que podem prejudicar o cliente quando este for o primeiro, pois a parte estética nem sempre é a melhor	Comercial deve evitar o uso do reciclado com clientes novos ou informa-los de como sera a situação da embalagens quando eles escolherem esse tipo de material	◐

Figura 4- Fases do PDCA aplicadas em cada problema detectado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A partir do resultado PDCA foram elaboradas novas ações, são elas: Inspeção de qualidade, Formação da equipe, Ficha com requisitos de cada cliente e Controle de qualidade dos gabaritos.

a) Inspeções de qualidade

Essa ação teve objetivo de monitorar a montagem durante o processo. Com uma pequena planilha de controle a equipe monitorava um conjunto de amostras, verificando a qualidade do produto ao longo do processo. A partir dessas inspeções a equipe de trabalho conseguiu identificar os problemas presentes nos produtos e em quais locais eles estavam sendo fabricados, ou seja, deu-se uma maior atenção nas etapas que apresentavam problemas. E, no final o resultado foi à redução de defeitos no produto final. A longo prazo, o objetivo é eliminar essas inspeções, afim de que cada funcionário possa ele mesmo fazer essa verificação/controle ao longo do processo evitando que a falha seja detectada somente no final da atividade. A inspeção foi uma ferramenta de suma importância, pois demonstrou a necessidade da formação da equipe de trabalho.

b) Formação da equipe- Instruções de trabalho

Na elaboração dos documentos toda a equipe foi envolvida e a metodologia de uso foi estabelecida da seguinte maneira:

1. Disponibilidade na linha de produção;
2. Acesso livre ao funcionário;
3. Eliminação da dúvida no momento (*just in time*), não provocando atrasos na tarefa.
4. Treinamento.

Com o documento pronto, um treinamento foi fornecido como forma de orientar a equipe e mostrar que todos têm o dever e a função de ter o conhecimento sobre as atividades do setor. De acordo com Deming (1994) “não existe substituto para o conhecimento”, pois a competitividade de uma organização só pode ser aumentada pelo aporte de conhecimento e pelo aporte de capital.

c) Ficha com requisitos de cada cliente- Setor Diversos

Essa ficha tem como objetivo documentar todas as necessidades dos clientes e cada vez que uma dúvida surgir durante o processamento do produto, a equipe poderá se servir do material, evitando assim produtos não compatíveis com o desejo do cliente. Esse documento evita a falta de informações a respeito da especificação feita pelo cliente.

O treinamento e as instruções de trabalho presentes na linha de produção proporcionaram uma redução de dúvidas, e de perdas de tempo que existiam durante o processo provenientes de questões oriundas da forma de realizar a atividade. Além disso, o líder do setor sentiu que a equipe estava mais segura para realizar as tarefas, podendo delegar tarefas e partir para a realização de outras funções. A definição de procedimento padrão é importante para uma empresa estabelecer sua diretriz de controle necessário para a manutenção dos resultados do processo. (CAMPOS, 1992).

d) Controle de qualidade dos gabaritos

O controle de qualidade dos gabaritos, relacionado com a montagem das embalagens, foi colocado no diagrama de Ishikawa para a busca da sua principal causa, Figura 5.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 05- Gráfico de Ishikawa para montagem das embalagens.

A definição das causas raízes é um ponto extremamente importante para a implantação de ações corretivas (NALCO, 2004). O gráfico de Ishikawa apresentado na Figura 05 demonstra as causas de problemas na montagem de embalagens por meio dos 6 M's. Dentre os itens analisados, uma das causas estava relacionada com os gabaritos. Os gabaritos são instrumentos de trabalho que auxiliam o processo facilitando a atividade. Quando utilizados de maneira errônea podem gerar embalagens fora do padrão de qualidade.

A ação para esta causa de não-conformidade foi colocada em prática por meio do método *Poka Yoke*, com objetivo de evitar erros na hora da produção. Essa ferramenta elimina problemas simples como esquecimento de alguma peça ou utilização de uma peça inadequada. Com o método implantado nos gabaritos o seguinte procedimento foi efetuado:

- a) Criaram-se gabaritos informativos, os quais devem ter descrições a respeito da forma de montagem, como por exemplo, as dimensões e os locais para se colocar a peça. Essa sinalização foi realizada através de uma padronização das cores.
- b) A cor vermelha sinaliza o "pare" mostrando que algo não está coerente, o amarelo sinaliza o "alerta" e o verde sinaliza "continue".
- c) Flechas foram inseridas para indicar a direção das peças na hora da montagem.

Além da aplicação desse método, foi criado um controle desse material. Foi estabelecido que a cada três meses o líder do setor tem a responsabilidade de verificar o estado do gabarito. Se as dimensões estão combatíveis, se ele ainda está em um bom estado de uso, e se necessário um novo gabarito será feito. Com essa ferramenta e esse controle reduziram-se os problemas relacionados com a montagem das embalagens.

3.3 Implantação da etapa 4

Essas ações apresentaram resultados significativos na linha de produção. A Figura 6 mostra a redução das não conformidades no setor Diversos após aplicação das ferramentas de qualidade. Antes das ferramentas implantadas, o setor apresentava problemas de não conformidade tais como: produtos fora das dimensões estabelecidas,



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

fora de esquadro, embalagens com as cores e aspectos visuais diferentes das exigidas pelo cliente, entre outros. Com o treinamento da equipe e as ferramentas aplicadas o índice de produtos não conforme reduziu em 72%, ou seja, menos reclamações ocorreram.

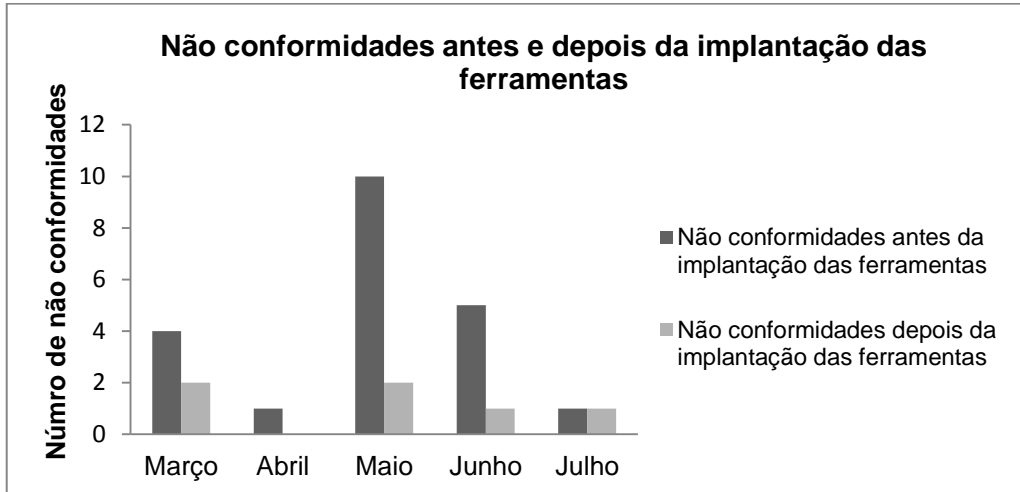


Figura 6- Não conformidades antes e depois da aplicação das ferramentas de qualidade.

Essas ações não só reduziram as não conformidades do setor, mas também orientaram a tomada de decisão para as ações no processo produtivo, facilitando e auxiliando o trabalho de toda a equipe.

4. CONCLUSÕES

O trabalho mostrou as dificuldades identificadas dentro de uma empresa de embalagens de madeira, fabricante mais em específico de embalagens para o setor automobilístico. A fim de gerar melhorias na organização dos processos industriais e anteder as exigências estabelecidas pelos clientes foi proposto aplicação de ferramentas da qualidade total, tais como: *poka yoke*, diagrama de Ishikawa, *brainstorming*, PDCA e o Gráfico Pareto. Com estas ferramentas foi possível identificar as prioridades dos clientes e assim traçar ações para atender as demandas e os problemas de não conformidades presente nos produtos finais.

Percebeu-se ainda que com a implantação das ferramentas as ações proporcionaram um ambiente de trabalho mais organizado e mais qualificado para as atividades. Como trabalhos futuros para a fábrica de embalagens recomenda-se que o líder do setor Diversos possa dar continuidade as atividades colocadas em prática, como as reuniões diárias e as inspeções de qualidade.

Além disso, recomenda-se que cada vez que problemas pontuais, como a “falta de qualidade dos gabaritos” surgir no processo fabril a ferramenta Ishikawa seja utilizada como referencia para identificação das anomalias.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CAMPOS, F.C. Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia-a-dia. Nova Lima: Indg tecnologia e serviços LTDA, 1992.

DEMING, EDWARDS W. Qualidade: a revolução na produtividade. Rio de Janeiro, Marques Saraiva. (1994).

DRUMOND, H. Movimento pela qualidade: de que o gerenciamento de qualidade total realmente trata. São Paulo: Littera Mundi, 1998.

GIL, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1991.

JURAN, J.M. A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços; tradução de Nivaldo Montingelli. São Paulo. 2º edição: Pioneira, 1992.

NALCO. Guia de resolução de problemas. São Paulo: Nalco Company, 2004. Guia Interno.

NBR ISO 9001:2015. Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. ABNT, 2015.

OLANDOSKI, D. P. Rendimento, resíduos e considerações sobre melhorias no processo em indústrias de chapas de compensadas. 2001, 119 f. Dissertação (Trabalho de conclusão do curso de Pós Graduação da Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, 2001.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DA MADEIRA DE SERINGUEIRA SUBMETIDA A IMPREGNAÇÃO COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA

José Henrique Camargo Pace¹
Sabrina Mayer de Almeida¹
João Vicente de Figueiredo Latorraca¹
Sabrina Alvarenga Soares¹
Marina Fernandes Xavier¹
Thalita Barbosa Silva¹
Carlos Silveira²

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AValiação da Contração Volumétrica da Madeira de Seringueira Submetida à Impregnação com Nanopartícula de Prata

Resumo: A madeira de Seringueira é considerada de baixa qualidade por apresentar alta susceptibilidade a agentes xilófagos e também alta instabilidade dimensional. Esse estudo teve como objetivo avaliar o efeito da vaporização e da impregnação de nanopartículas de prata no comportamento da contração volumétrica da madeira de *Hevea brasiliensis*. A madeira utilizada foi do clone de seringueira tri composto (PB311-MDF180), de modo que a madeira foi submetida ao processo de vaporização, durante 24 horas contínuas e posteriormente, imersas em solução contendo nanopartículas de prata, com prévia aplicação de vácuo (750 mmHg). Depois dos tratamentos, as amostras foram encaminhadas para secar em uma estufa à uma temperatura de 65 °C, até atingirem 12% de umidade. A contração volumétrica se deu através de mensurações de seu volume de 15 em 15 min. A vaporização não causou efeito significativo na contração volumétrica, diferente das amostras impregnadas com nanopartículas, pois apresentaram as menores contrações volumétricas. As nanopartículas podem servir como uma alternativa para um melhor controle da contração volumétrica da madeira de seringueira.

Palavras-chave: vaporização, *Hevea brasiliensis*, nanotecnologia.

EVALUATION OF THE VOLUMETRIC CONTRACTION OF RUBBER WOOD SUBMITTED TO IMPREGNATION WITH SILVER NANOPARTICLE

Abstract: The wood of rubber tree is considered of low quality because it presents high susceptibility to xylophagous agents and also high dimensional instability. The objective of this study was to evaluate the effect of vaporization and impregnation of silver nanoparticles on the behavior of the volumetric contraction of *Hevea brasiliensis* wood. The rubber wood used was of the clone tri compound (PB311-MDF180). The wood was subjected to the vaporization process, for 24 continuous hours and afterwards, immersed in solution containing silver nanoparticles, with previous application of vacuum (750 MmHg). After the treatments, the samples were sent to kiln-dried at a temperature of 65°C, until reaching 12% humidity. The volumetric contraction occurred through measurements of its volume every 15 min. The vaporization had no significant effect on the volumetric contraction, different from the samples impregnated with nanoparticles, since they presented the smallest volumetric contractions. The nanoparticles can be considered as an alternative for a better control of the volumetric contraction of the rubber tree wood.

Keywords: vaporization, *Hevea brasiliensis*, nanotechnology.

1. INTRODUÇÃO

Quando a madeira é seca abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), a água de adesão é perdida e, por consequência, sofre a contração (JAWKOLSKY e GALVÃO, 1985). Este processo é alterado quando a água retorna para o interior da parede celular, entumecendo a madeira. A retração é proporcional à quantidade de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

água retirada da parede celular. A contração longitudinal é normalmente desconsiderada por ser muito pequena, já a contração tangencial geralmente é maior que a radial por um fator de 1,5 a 3,0 (BOWYER et al., 2003). Quanto maior essa relação, maior será a tendência ao empenamento e ao fendilhamento da madeira. Para usos que necessitam de uma maior estabilidade na madeira, as melhores opções são aquelas que possuem o menor coeficiente de anisotropia (OLIVEIRA e SILVA, 2003).

A contração e o inchamento representam um dos mais importantes problemas práticos que ocorrem no decorrer da utilização da madeira, afetando e limitando consideravelmente o papel industrial da madeira (OLIVEIRA e SILVA, 2003).

A exploração da madeira de seringueira tem sido a alternativa mais importante quando a produção de látex se encerra, em torno de 25 a 30 anos. No entanto a utilização desta madeira pode ser impedida devido a problemas de contração encontrados nessa espécie. Esse problema incide naturalmente e não pode ser facilmente evitado. Indica-se proteger o seringal do vento para minimizar as torções nos ramos laterais e troncos, que ocasionam sérios danos às árvores (IAC, 2004).

Uma alternativa para diminuir os problemas de contração na madeira é a vaporização da mesma. Durante a vaporização de toras, o transporte de calor ocorre através da condução e convecção (CALONEGO e SEVERO, 2005; CALONEGO e SEVERO, 2006). A vaporização também causa uma acomodação das células das paredes celulares, uma vez que há a probabilidade da liberação das tensões de crescimento pelo relaxamento das deformações por meio do emprego momentâneo de umidade e calor (REZENDE e ESCOBEDO, 1988). Através da liberação contínua das tensões da madeira, ela é transformada de elástica em plástica, com isso tal material não possui probabilidade de contrair, expandir, empenar ou rachar (JAWKOLSKY E GALVÃO, 1985).

Um tratamento que pode ser considerado como uma alternativa para minimizar os problemas de contração na madeira é o tratamento com nanopartículas de prata, essa aplicação possui tais características como: aumento da durabilidade, diminuição da higroscopicidade, alterações na permeabilidade e catalisação da secagem da madeira (DASHTI et al., 2012; TAGHIYARI 2013; TAGHIYARI e MALEK, 2014).

Após a impregnação, as nanopartículas ficam espalhadas por todas as paredes celulares, vasos e pontuações, facilitando a transferência de calor da superfície para o interior da madeira (TAGUIYARI, 2012).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da impregnação de nanopartículas de prata na contração volumétrica da madeira de *Hevea brasiliensis*, e entender como a vaporização pode alterar esse processo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Preparo do material

A madeira de *Hevea brasiliensis* foi fornecida pela fábrica Michelin, localizada em Igrapiúna - BA. A madeira utilizada foi o clone PB311 - MDF180 que é considerado um tri composto, pois apresenta um clone de fuste PB311, visando a produção de látex (clone de origem asiática) e outro de copa MDF180, visando a resistência ao fungo *Microcyclus ulei*. As árvores tinham 20 anos de idade.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para a confecção dos corpos-de-prova, as toras foram desdobradas em uma serra de fita horizontal e em seguida desdobradas nas dimensões 2,5 cm x 2,5 cm x 10 cm (largura x espessura x comprimento). Posteriormente foram enumerados de acordo com cada tratamento e nas extremidades foram feitas marcações onde as dimensões das amostras seriam mensuradas com um paquímetro.

As amostras foram divididas em 6 tratamentos com 12 corpos-de-prova para cada um, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Delineamento experimental

Grupos	Tratamentos	Códigos	n
I	Testemunhas	Testemunha	12
II	Vácuo inicial de 30 minutos com imersão de 6 horas	30min	12
III	Vácuo inicial de 1 hora com imersão de 6 horas	1h	12
IV	Vaporização por 24 horas	Vap24h	12
V	Vácuo de 30 minutos e vaporização de 24 horas	30min-24h	12
VI	Vácuo de 1 hora e vaporização de 24 horas	1h-24h	12

n: Número de repetições por tratamento.

Vaporização

O processo de vaporização dos corpos-de-prova foi realizado em uma Autoclave Horizontal Experimental, com capacidade de aproximadamente 0,18 m³, a qual apresenta controle de temperatura e pressão.

A geração do vapor ocorreu com auxílio de uma caldeira com capacidade de 12 Kg vapor/hora, a temperatura máxima aplicada foi de 96°C±5 e a umidade relativa 90%±5. Durante a vaporização, a válvula de liberação de vapor foi mantida fechada.

No processo de vaporização foram utilizados 36 corpos de prova do clone PB311 - MDF180. Inicialmente as peças foram pesadas para a obtenção do peso úmido, organizadas na autoclave horizontal e, submetidas à vaporização durante 24 horas.

Aplicação de vácuo e impregnação de nanopartículas de prata

A solução contendo os nanoparticulados foi fornecida pela empresa KHEMIA nanopartículas LTDA.

O processo de impregnação das nanopartículas de prata foi realizado em amostras previamente vaporizadas e outras que não passaram por esse processo. A impregnação ocorreu através do método de imersão simples, com o auxílio de uma

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

cuba acrílica, com dimensões de 45 cm x 50 cm x 40 cm (largura x altura x comprimento).

A imersão da madeira na solução de água destilada com as nanopartículas de prata suspensas a uma concentração de 22 ppm, ocorreu após aplicação de um vácuo inicial de 750 mmHg por 30 minutos na metade dos corpos de prova e 1 hora na outra metade.

Os metais nanoparticulados apresentavam tamanho entre 5 a 20nm, sendo consideradas pela empresa como um coloide com excepcional estabilidade e pureza, pois não continha surfactantes, evitando a formação de precipitados.

Para organização das amostras na cuba, foi utilizado um suporte para prendê-las na parte inferior da câmara, garantindo que todas ficassem submersas pela solução (Figura 1). A imersão teve duração de 6 horas.



Figura 1. Corpos de prova organizados na cuba acrílica.
Fonte: Próprio autor.

Contrações volumétricas

A contração volumétrica foi feita seguindo a Norma Brasileira Regulamentar - NBR 7190. Os corpos-de-prova ainda verdes tiveram sua largura, espessura e comprimento mensurados com auxílio de um paquímetro.

Após esse processo, os corpos-de-prova foram colocados em uma estufa com temperatura a 65°C onde a perda de massa de água foi monitorada por pesagens subsequentes junto com as medidas do volume para se obter a contração volumétrica. O acompanhamento ocorreu em um intervalo de 15 em 15 minutos, até as amostras atingirem 12% de umidade. E, para obtenção das condições da madeira anidra, as peças permaneceram na estufa, porém à uma temperatura de 103°C durante um período de 24 horas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características anatômicas das fibras

Os resultados foram analisados por um teste não paramétrico, devido à falta de normalidade nos dados coletados, porém os resultados obtidos na pesquisa apresentaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos. Após constatada a ausência de distribuição normal (teste de Lillefors) nos dados de contração volumétrica, aplicou-se a Análise da Variância para testes não paramétrico de Kruskal-wallis (5% de significância) para a comparação dos postos médios que o teste gera. Detectada diferença significativa na comparação de pelo menos um posto médio, procedeu-se a análise pelo teste de Dunn, também a 5% de significância. As diferenças significativas observadas na comparação entre os postos médios foram expressas na média verdadeira, acompanhada do desvio padrão e o coeficiente de variação (Tabela 2). Procedimentos estatísticos sugeridos por Ayres et al. (2007)

Tabela 2. Estatística descritiva dos tratamentos para a contração volumétrica da madeira de *Hevea brasiliensis*

Tratamentos	Testemunha	30 min	1h	Vap 24h	30min-24h	1h-24h
Valor máximo	7,340	6,390	6,400	6,270	8,060	6,960
Valor mínimo	13,840	8,580	10,730	16,580	13,940	14,790
Média	9,89	7,54	8,52	9,98	10,02	9,87
Desvio Padrão	1,7865	0,7257	1,336	2,527	1,993	1,906
Coeficiente de Variação	18,05%	9,62%	16,20%	25,79%	19,89%	19,31%

Tabela 3. Teste Tukey para o teor de umidade nas transições da fase 1 para a fase 2 e da fase 2 para a fase 3 em cada tratamento

Contração Volumétrica (%)		
Tratamentos	Médias	
Testemunha	9,894 ^(43,625)	b
30 min	7,542 ^(14,333)	a
1h	8,520 ^(27,291)	ab
Vap 24h	9,977 ^(42,725)	b
30min-24h	10,023 ^(43,250)	b
1h-24h	9,867 ^(44,750)	b

A análise dos dados é feito na coluna, valores dentro dos parênteses expressam os postos médios do teste de Dunn. Letras diferentes acusam diferença significativa entre as médias pelo teste de Dunn a 5% de significância

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os valores encontrados estão próximos aos relatados para a espécie por Matan e Kyonkong (2003), de modo que os autores encontraram valores para a contração volumétrica no entorno de 8,2% com uma variação entre as amostras de até 1,8%. Segundo Forest Products Laboratory (2010), a contração volumétrica para *Hevea brasiliensis* seria em torno 7,2%, valores próximos aos encontrados por Oliveira Junior (2003), sendo observado uma contração volumétrica entorno dos 7 a 8%.

Todos os tratamentos que passaram pelo processo de vaporização não apresentaram diferença estatística da testemunha, ou seja, o tratamento com 24 horas de vaporização não proporcionou efeitos significativos na contração volumétrica para a madeira de *Hevea brasiliensis*.

A impregnação de nanopartículas mostrou que pode-se diminuir a contração volumétrica da madeira. O tratamento com 30 minutos de impregnação apresentou a menor contração volumétrica dentre todos os tratamentos, sendo diferente estatisticamente da testemunha. O tratamento com 1 hora de impregnação também diminuiu a contração em relação à testemunha, mas essa diferença não foi significativa.

Porém, ambos os tratamentos de impregnação, 30 minutos e 1 hora, apresentaram o menor coeficiente de variação dentro dos tratamentos, menor que a testemunha, diferente dos tratamentos que passaram pela vaporização, sendo eles os portadores dos maiores coeficientes de variação da pesquisa. Isso pode ser devido a localização das nanopartículas, propiciando uma transferência de calor para o interior das amostras (DASHTI et al. 2012; TAGHIYARI 2013; TAGHIYARI e MALEK, 2014), conseguindo uma contração mais homogênea da madeira, pois as nanopartículas além de atravessarem as paredes celulares, devido ao seu tamanho, podem ficar retidas entre as cadeias de celulose (MONTAZER e ALIMOHAMMADI et al., 2012).

4. CONCLUSÕES

A madeira de *Hevea brasiliensis* (clone PB311-MDF180), apresentou uma contração volumétrica condizente com os estudos para a espécie, visto que os efeitos dos tratamentos geraram bônus e ônus para a madeira. Todos os tratamentos que passaram somente pela impregnação de nanopartículas de prata apresentaram uma redução na contração volumétrica. Foi possível uma melhor homogeneidade na contração volumétrica com as madeiras tratadas com as nanopartículas. O tratamento com nanopartículas de prata pode ser uma alternativa para melhorar a contração volumétrica da madeira.

5. AGRADECIMENTOS

A todos os amigos do Núcleo de Pesquisa e Qualidade da Madeira - NPQM, a FAPERJ por fornecer financiamento para bolsa de iniciação neste projeto, a KHEMIA nanopartículas LTDA. e a Michelin BA, pela doação do material utilizado para a pesquisa.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, M.; AYRES Jr, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. A. BioEstat 5.0 Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Tefé, 380p. 2007

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: An Introduction**. Blackwell Publishing. New York, 2003.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Efeito da vaporização de toras na redução dos defeitos associados a tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 431-440, 2005.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Estimativa do tempo de vaporização de toras de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 457-462, 2006.

DASHTI, H., SALEHPUR, S. TAGHIYARI H. M., AKBARI FAR, F., HESHMATI, S. The Effect Of Nanoclay On The Mass Transfer Properties Of Plywood Digest. **Journal of Nanomaterials and Biostructures**, v. 7, n. 3, p. 853-860, April - June 2012.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood handbook: wood as an engineering material. Madison: U.S. Department of Agriculture, 508p, 2010.

IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Programa Seringueira**. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro_cafe/seringueira/programa_seringueira.htm>. Acesso em: 27 abr. 2017.

JANKOWSKY, I.P.; GALVÃO, A.P.M. Secagem Racional da Madeira. Nobel, 1985, 110p.

MATAN, N.; KYOKONG, B. Effect of moisture content juvenile on some physical and mechanical proprieties rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muler). **Journal of Science and Technology**, Songklanakarin, v. 25, n. 3, p. 327-340, 2003.

MONTAZER, M., ALIMOHAMMADIB, F., SHAMEIA, A., RAHIMIC, M. K. Durable antibacterial and cross-linking cotton with colloidal silver nanoparticles and butane tetracarboxylic acid without yellowing. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.89, p.196-202, 2012.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm.. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p. 381-385, 2003.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

REZENDE, M.A.; ESCOBEDO, J. F. Retratibilidade volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade. **IPEF**, n. 39, p. 33-40, ago.1988.

TAGHIYARI, H.R. Study on the effect of nano-silver impregnation on mechanical properties of heattreated *Populus nigra*. **Wood Sci Technol** 45:399-404, 2012.

TAGHIYARI, H. R., Effects Of Heat-Treatment On Permeability Of Untreated And Nanosilver-Impregnated Native Hardwoods. *Maderas. Ciencia y tecnología* 15(2): 183-194, 2013.

TAGHIYARI, H. R., MALEK, B. M. Effect of heat treatment on longitudinal gas and liquid permeability of circular and square-shaped native hardwood specimens. **Springer-Verlag**. Berlin, Heidelberg, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL EM ÁRVORES DE MOGNO AFRICANO ANTES E APÓS O CORTE

Maria Naruna Felix de Almeida¹
Lourdes Maria Hilgert Santos¹
João Gabriel Missia da Silva¹
Sofia Maria Gonçalves Rocha¹
Graziela Baptista Vidaurre Dambroz¹
Frederico José Nistal França²
Tâmara Suely Filgueira Amorim²

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

² Mississippi State University, Department of Sustainable Bioproducts



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL EM ÁRVORES DE MOGNO AFRICANO ANTES E APÓS O CORTE

Resumo: No Brasil, observa-se um crescente aumento dos plantios de mogno africano, sendo de grande importância conhecer a qualidade da madeira oriunda desses povoamentos para sua melhor destinação. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar os valores de deformação residual longitudinal (DRL) em árvores de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*), antes e após o corte, e verificar a variação da DRL em duas posições ao longo do tronco, após o corte. Foram amostradas quatro árvores de cada espécie, provenientes de um plantio experimental com 19 anos. A medição da DRL foi realizada utilizando um relógio comparador digital (extensômetro), com o qual efetuou-se leituras nas direções cardeais norte e sul do plantio, na altura do DAP das árvores em pé, e nas posições relativas de 25% e 50% da Hc após o corte das árvores. A DRL média na posição DAP foi de 92,8 μm para *K. ivorensis*, e 93,4 μm para *K. senegalensis*. Observou-se a diminuição desses valores após o corte das árvores. Em ambas as espécies, os valores de DRL foram superiores nas posições de 50% da altura comercial. Novos experimentos com o mogno africano são importantes, visto que diversas características podem influenciar na qualidade da madeira a ser produzida.

Palavras-chave: DRL, extensômetro, qualidade da madeira, *Khaya*.

EVALUATION OF LONGITUDINAL RESIDUAL DEFORMATION ON AFRICAN MAHOGANY TREES BEFORE AND AFTER THE COURT

Abstract: In Brazil, there is an increasing of african mahogany plantations, being of great importance to know the quality of timber from these plantations for your best destination. Thus, the objective of this work was to compare the values of longitudinal residual deformation (DRL) in trees of two species of african mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*), before and after cutting, and verify the variation of DRL in two positions along of the trunk after cutting. Four trees of each species were sampled, from an experimental planting with 19 years. The measurement of DRL was performed using a clock digital comparator (extensometer), with which readings were made in the cardinal directions north and south of the plantation, at the high of DAP of standing trees, and in the relative positions of 25% and 50% after cutting the trees. The mean DRL in the DAP position was 92.8 μm for *K. ivorensis*, and 93.4 μm for *K. senegalensis*. It was observed the decrease of these values after cutting. In both species, the DRL values were higher at the 50% commercial height positions. New experiments with african mahogany are important, seeing several features may influence the quality of the wood to be produced.

Keywords: DRL, extensometer, wood quality, *Khaya*.

1. INTRODUÇÃO

Uma limitação comum ao uso da madeira para a serraria é a sua propensão à empenamentos e rachaduras, sendo esses os principais fatores de redução do rendimento operacional (SOUZA et al., 2003). Essas deformações são diretamente relacionadas as tensões de crescimento que estão presentes, e em equilíbrio, na árvore. Entretanto, após

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





sua derrubada, o estado de equilíbrio é modificado ocasionando defeitos nas toras e na madeira serrada (BRAZ, 2014).

Pesquisas apontam que as tensões de crescimento podem estar relacionadas a fatores genéticos, idade, dimensões da tora, taxa de crescimento, inclinação do fuste, espaçamento, entre outros; entretanto, os fatores que causam altas tensões de crescimento ainda não são totalmente conhecidos.

Conhecer os níveis das tensões de crescimento fornece informações importantes sobre os atributos tecnológicos da madeira para seu uso industrial. A medida da deformação residual longitudinal (DRL) é um método não destrutivo que permite determinar indiretamente os níveis das tensões presentes nas árvores (BELTRAME et al., 2012). A DRL consiste na deformação de uma peça em relação ao seu comprimento, isso reflete na diminuição do rendimento em madeira serrada e, em certos casos, pode provocar a inutilização da peça pela indústria.

Poucas informações sobre a variação na intensidade dessas tensões ao longo da altura do fuste são encontradas na literatura, de modo que conhecer esse comportamento pode auxiliar no estudo do sortimento da árvore para diferentes usos, baseado nas tensões suportadas por cada finalidade (TRUGILHO et al., 2006).

Tendo por objetivo atender a demanda de madeira serrada no Brasil, observa-se um crescente aumento dos plantios de mogno africano (gênero *Khaya*, família Meliaceae), sendo os principais usos da madeira a movelaria, a produção de lâminas decorativas e instrumentos musicais, a construção naval e a arquitetura de interiores (SILVA, 2014).

Com ciclo de corte médio de 20 anos, pesquisas que visam informar sobre a qualidade da madeira de *Khaya* spp. no país são escassas. Dessa forma, torna-se importante conhecer os níveis das tensões de crescimento em árvores de mogno africano ao longo do fuste e próximo ao final do ciclo de corte, para que por meio da associação dos valores de DRL e das demais propriedades da madeira, seja possível indicar fatores que colaborem para a seleção de materiais com menor propensão a defeitos (BRAZ et al., 2016).

Diante deste contexto, este trabalho teve como objetivos: comparar os valores de deformação residual longitudinal (DRL) em árvores de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*), antes e após o corte, e verificar a variação da DRL em duas posições ao longo do tronco, após o corte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do material experimental

Neste estudo foram avaliadas duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.), ambas com 19 anos de idade proveniente de um plantio experimental instalado na Reserva Natural Vale (RNV), localizado no município de Linhares, Espírito Santo, Brasil (coordenadas 19°06' a 19°18' Latitude Sul e 39°45' a 40°19' Latitude Oeste).

O relevo da RNV é relativamente plano com altitude variando de 28 a 65 m. A região caracteriza-se por apresentar uma pluviosidade média de 1200 mm.ano⁻¹, temperatura média de 25,08°C e umidade relativa do ar de 82,9%. Segundo a classificação de Koppen, o clima local é do tipo Aw (tropical úmido), com estação chuvosa no verão e seca no inverno.



O espaçamento inicial do plantio foi o 2 x 3 m, sendo os lotes de sementes da espécie *K. senegalensis* provenientes de Burkina-Faso e Senegal, e os da espécie *K. ivorensis* originados da França.

2.2 Amostragem das árvores

Foram amostradas quatro árvores de cada espécie, sendo previamente mensurados o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura comercial (Hc), a qual foi considerada até a inserção do primeiro galho ou bifurcação.

A medição da Deformação Residual Longitudinal (DRL) foi realizada por meio de método não destrutivo, conforme a metodologia do *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêt* (CIRAD – Forêt). O equipamento utilizado para a medição foi um relógio comparador digital, comumente chamado de extensômetro (*Growth Strain Gauge*), sendo as leituras realizadas nas duas direções cardeais, norte e sul do plantio.

As primeiras medições da DRL ocorreram com as árvores em pé, na altura do DAP, em momentos de ausência de vento (Figura 1A). Em seguida, as árvores foram cortadas e realizadas novas medições da DRL nas posições relativas de 25% e 50% da Hc (Figura 1B).

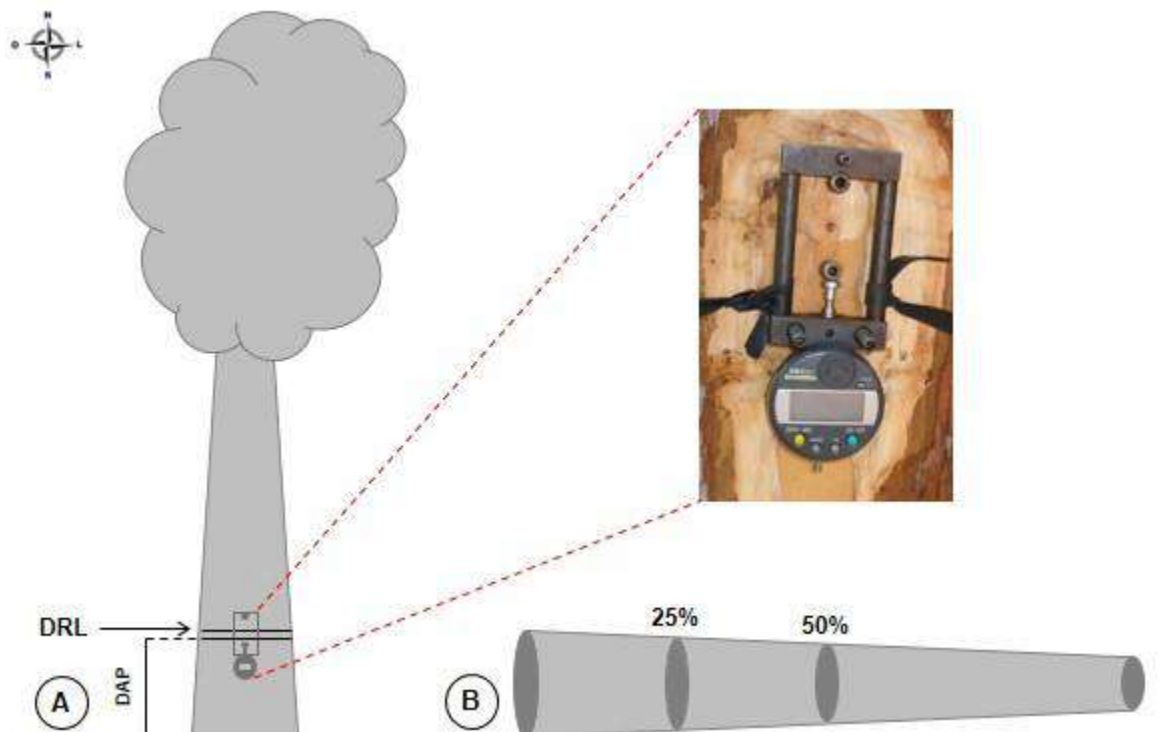


Figura 1. Esquema da amostragem realizada para medição da DRL nas árvores em pé (A) e após o corte (B).

Fonte: Os autores.



Para a medição da DRL, removeu-se a casca das árvores e o extensômetro foi apoiado em dois pinos fixados no tronco na direção da grã e distanciados a 45 mm. Em seguida, realizou-se um furo de 20 mm de diâmetro com um arco de pua para a liberação das deformações de crescimento das fibras. Com a perfuração, houve o rompimento dos tecidos do lenho e a tensão foi liberada, sendo o valor registrado em micrômetros diretamente no visor do extensômetro.

Foi realizada uma análise estatística descritiva para conhecer as possíveis variações dos valores de DRL antes (DAP) e após o corte da árvore (25% da altura comercial) e entre as duas posições longitudinais amostradas no tronco (25% e 50% da altura comercial).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições da DRL nas duas espécies de mogno africano obtidas na altura do DAP (antes do corte) e a 25% e 50% da altura comercial (após o corte) são observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Deformação residual longitudinal (DRL) por orientações cardeais e posições ao longo do tronco em duas espécies de mogno africano (19 anos), antes e após corte das árvores.

Árvore	Posição de medida	DRL (μm)							
		<i>K. ivorensis</i>				<i>K. senegalensis</i>			
		Orientação cardeal		Média	CV (%)	Orientação cardeal		Média	CV (%)
Norte	Sul	Norte	Sul						
Antes do corte	DAP	76,8	108,8	92,8	24,4	58,5	128,3	93,4	52,8
Após o corte	25%	74,5	44,0	59,3	36,4	41,5	73,0	57,2	39,0
	50%	91,3	64,0	77,6	24,8	73,8	118,0	95,9	32,6

CV = coeficiente de variação.

A deformação residual longitudinal (DRL) média para *Khaya ivorensis* foi de 92,8 μm e para *Khaya senegalensis*, 93,4 μm , sendo esses valores verificados nas árvores na altura do DAP, antes do corte. Tendo por base esse resultado semelhante, as madeiras podem apresentar desempenho parecido na produção de serrados. Entretanto, para avaliar o comportamento da madeira serrada dessas espécies, é necessário verificar outras características como densidade, anatomia e resistência mecânica da madeira, visto que as mesmas são diferentes entre as duas espécies.

Os valores médios de DRL obtidos para as duas espécies são semelhantes aos encontrados por Trugilho et al. (2006) e Braz (2016), os quais verificaram em clones do gênero *Eucalyptus* valores médios para DRL de 88 μm em indivíduos com 6 anos de idade, e de 93 μm nos clones estudados com 5 anos, respectivamente.

Valores superiores já foram registrados para clones de *Eucalyptus* spp.: 111 μm (BELTRAME et al., 2012), *Eucalyptus saligna*: 152 μm (BELTRAME et al., 2013) e *Eucalyptus dunni*: 126 μm (BRAZ et al., 2016). Os diferentes valores encontrados provavelmente podem estar associados às condições ambientais e fatores internos de constituição do tronco, além das características próprias de cada espécie.



A madeira de ambas as espécies de mogno apresentaram valores de DRL superiores aos citados na literatura para árvores de *Tectona grandis* aos 13 anos de idade, as quais obtiveram valor médio para DRL de 47 μm (BLANCO-FLÓREZ, 2012), e para árvores de *Acacia mearnsii* que apresentaram DRL de 62 μm aos 7 anos (DELUCIS et al., 2014). Esses resultados podem estar associado à diversas causas, entre elas a variabilidade genética, a procedência e a origem das árvores.

Em relação à posição cardeal, as árvores de *K. senegalensis* apresentaram valor de DRL médio da orientação norte inferior aos encontrados na posição sul para as 3 posições avaliadas. Enquanto que nos indivíduos de *K. ivorensis*, somente na medição realizada na altura do DAP os valores foram inferiores na orientação norte. Esse comportamento pode está associado a fatores como inclinação da copa, direção predominante dos ventos, formação de lenho de reação, orientação da grã, entre outros.

Outros estudos apresentam resultados de valores médios de DRL significativamente diferentes ao longo da circunferência do tronco. Delucis et al. (2014) registraram em árvores de acácia negra valores de DRL obtidos por leituras na posição norte inferiores às realizadas na posição sul. Beltrame et al. (2012), em um estudo com clones híbridos de *Eucalyptus* spp. aos nove anos de idade, concluíram que os valores médios de DRL foram significativamente maiores para o sentido leste, sendo que norte e sul não diferiram estatisticamente entre si. A pesquisa conduzida por Blanco-Flórez (2012) em árvores de teca verificou existir uma tendência de maior tensão de crescimento na direção oeste. Desse modo, pode-se assumir que para a avaliação da DRL é importante que seja efetuada uma amostragem ao longo da circunferência do tronco da árvore, realizando-se leituras que podem ser orientadas nas diferentes posições cardiais.

Na Figura 2 estão apresentados os valores de DRL antes e após o corte. Pode-se observar que a medição na árvore em pé apresentou valores superiores aos obtidos após o corte das árvores para as duas espécies. A diminuição desses valores pode estar associada à liberação de parte das tensões de crescimento imediatamente após o corte da árvore, em função da modificação do estado de equilíbrio que vigorava durante o crescimento.

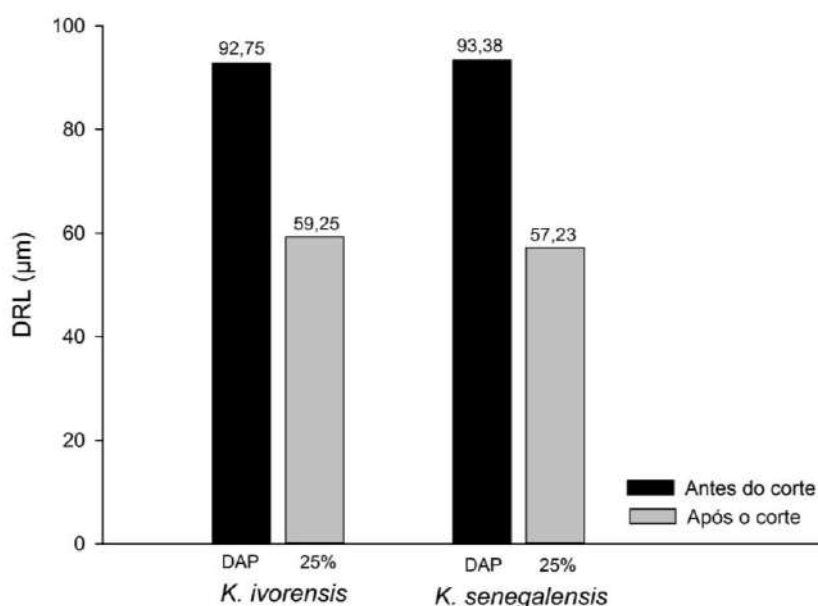


Figura 2. Comparação das medições de DRL antes do corte (DAP) e após o corte (posição relativa a 25% de Hc) das árvores de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos).



Ambas as espécies apresentaram um comportamento semelhante na variação dos valores de DRL nas posições ao longo do tronco (Figura 3). Os valores obtidos na posição 50% da Hc são superiores aos relativos à 25% da Hc. Desse modo, ao considerar o seccionamento do fuste comercial em toras, a primeira tora (base a 25% da Hc) e a subsequente (25 a 50% da Hc) apresentam diferentes índices de deformação em suas extremidades. Este desequilíbrio em uma mesma tora promove uma maior susceptibilidade a rachaduras e empenamentos nas peças serradas originadas desse material.

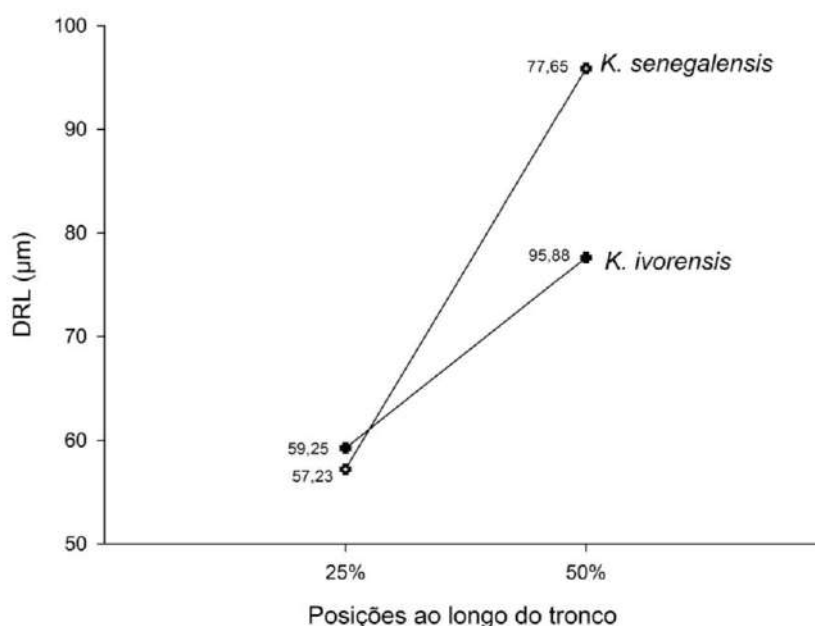


Figura 3. Variação nas medições de DRL nas posições relativas a 25% e 50% da altura comercial das árvores de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos).

As espécies de mogno apresentaram maior variabilidade ao longo do tronco quando comparadas à clones de eucalipto avaliados por Lima et al. (2004) e Trugilho et al. (2002), os quais obtiveram DRL médias semelhantes para duas posições ao longo do tronco (DAP e 2,5 m) e (DAP e 3,0 m), respectivamente. Entretanto, essa diferença pode ser justificada tanto pela origem seminal das árvores de mogno, quanto pela proximidade das posições de medição realizadas pelos autores.

4. CONCLUSÕES

As duas espécies de mogno africano estudadas apresentaram valores de DRL semelhantes, sendo essas medições consideradas intermediárias quando comparadas a outras espécies como teca e clones de eucalipto. Esse fato pode ser um indicativo de níveis médios de tensões de crescimento na madeira, tornando-as aptas para o desdobro em serraria.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A elevada variabilidade observada, antes e após o corte e ao longo do tronco, no material estudado de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* evidencia a importância de se realizar novos experimentos, visto que características como idade, condições de crescimento, espécies ou características genéticas podem influenciar na qualidade da madeira produzida, auxiliando, assim, a seleção de material superior para a produção de serrados.

5. AGRADECIMENTOS

A Reserva Natural Vale pelo material, oportunidade de pesquisa, troca de conhecimentos e estrutura, e a FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo) pelo financiamento da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAME, R. et al. Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 22, n. 2, p. 343-351, 2012.

BELTRAME, R. et al. Evaluation of longitudinal residual strain of *Eucalyptus saligna* Smith. wood. SCIENTIA FLORESTALIS, v. 41, n. 97, p. 095-101, 2013.

BLANCO-FLÓREZ, J. B. Caracterização tecnológica da madeira jovem de teca (*Tectona grandis* L.f.). 2012. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

BRAZ, R. L. Influência das tensões de crescimento e da poda sobre a qualidade da madeira de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. 2014. 253 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BRAZ, R. L. et al. Relação entre a deformação residual longitudinal com crescimento e propriedades da madeira de espécies de *Eucalyptus*. SCIENTIA FLORESTALIS, v. 44, n. 111, p. 629-640, 2016.

DELUCIS, R. A. et al. Predição da deformação residual longitudinal por meio de propriedades dendrométricas e físicas de acácia negra. CIÊNCIA DA MADEIRA (*Braz. J. Wood Sci.*), v. 05, n. 01, p. 42-57, 2014.

LIMA, J. T. et al. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. REVISTA ÁRVORE, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.

SILVA, J. G. M. da. Qualidade da madeira serrada e demarcação do lenho juvenil e adulto do mogno africano. 2014. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

SOUZA, M. A. M. de. et al. Deformação residual longitudinal e sua relação com algumas características de crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus*. REVISTA FLORESTA, v. 33, n. 3, p. 275-284, 2003.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação da tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus*. FLORESTA E AMBIENTE, v. 9, n. 1, p. 38 - 44, 2002.

TRUGILHO, P. F. et al. Deformação residual longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus* spp. CERNE, v. 12, n. 3, p. 279-286, 2006.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO DO ESTADO DE TOCANTINS

Thays Santos¹
Shayani Mota²
Hywre Souza²
Thiago Campos Monteiro¹
Edy Eime Pereira Baraúna¹
Cristiano Moraes²
Marcony Coutinho¹
Sandy Santos¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais

² Universidade Federal do Tocantins



AVALIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO DO ESTADO DE TOCANTINS

Resumo: A avaliação de espécies nativas do cerrado é fundamental para otimizar a exploração de novas matérias-primas e potencializar o seu uso. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a densidade básica no sentido medula casca de três espécies nativas do estado do Tocantins. Foram colhidas três árvores para cada espécie, das quais se retirou um disco no diâmetro a altura do peito (DAP), tomado a 1,30m no nível do solo. Para cada disco foram retiradas duas baguetas e produziram-se amostras em três diferentes regiões radiais. A densidade básica das espécies foi determinada de acordo com procedimento normatizado, a espécie *Qualea* sp. apresentou o maior valor ($0,720 \text{ g.cm}^{-3}$) e a *Hymenaea* sp. o menor ($0,645 \text{ g.cm}^{-3}$). Apenas a espécie *Hymenaea* sp. apresentou diferença significativa da densidade básica entre suas árvores. A densidade decresceu na direção medula casca, na espécie *Qualea* sp. e foi superior na posição intermediária na espécie *Emmotum* sp. A densidade não diferiu entre as regiões ao longo do raio na espécie *Hymenaea* sp. As espécies apresentaram densidade básica com valores moderados e com diferentes comportamentos na direção medula casca.

Palavras-chave: Variação radial, *Hymenaea* sp., *Emmotum* sp., *Qualea* sp.

EVALUATION OF WOOD BASIC DENSITY OF THREE NATIVE SPECIES FROM CERRADO (BRAZILIAN BIOME) OF THE TOCANTINS STATE

Abstract: The evaluation of native species from *Cerrado* (a Brazilian biome) is fundamental to optimize the exploitation of new raw materials and enhance their use. The objective of this study was to evaluate the basic density from pith to bark from three native species from the state of Tocantins. We felled three trees for each species, from which it was withdrawn a disk at the diameter at breast height (DBH), taken at 1,30m at ground level. For each disk two radial profiles were taken and along each one of them three positions were sampled. Basic density of species was determined according to standard procedure, the specie *Qualea* sp. had the highest value (0.720 g.cm^{-3}) and *Hymenaea* sp. the lowest (0.645 g.cm^{-3}). Only the specie *Hymenaea* sp. presented significant difference of the basic density between its trees. Density decreased from pith to bark in specie *Qualea* sp. and increased in the intermediate position in specie *Emmotum* sp. The density did not differ between regions along the radius in the specie *Hymenaea* sp. The species presented moderate basic density and demonstrated different radial density behaviors.

Keywords: Radial variation, *Hymenaea* sp., *Emmotum* sp., *Qualea* sp.



1. INTRODUÇÃO

O estado do Tocantins é um dos 11 estados brasileiros incluindo o Distrito Federal (DF) englobado pelo Bioma Cerrado. Segundo o mapa de biomas e de vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2004) o Bioma Cerrado ocupa 91% do território tocantinense. O estado do Tocantins ocupa o terceiro lugar no *ranking* de maior área coberta por esse tipo de vegetação, perdendo apenas para o DF e Goiás (SANO et al., 2008).

Algumas espécies arbóreas do cerrado, além de contribuir com sua função ecológica, têm potencial madeireiro. Um exemplo é o gênero *Hymenaea*, popularmente conhecido por Jatobá, fornece madeira de durabilidade média, fácil de ser trabalhada, muito usada na construção civil e em carpintaria (CARVALHO, 2010). Em meio a tantas árvores com aplicações conhecidas, ainda são necessários estudos para conhecer a capacidade de uso de numerosos gêneros, como os *Emmotum* e *Qualea*. A caracterização da madeira desses gêneros é importante para otimizar a exploração de novas matérias-primas, assim como para aplicar novas técnicas e métodos que potencialize o seu uso.

Essa aptidão para uso madeireiro pode ser percebida pela avaliação das propriedades físicas da madeira. A propriedade que melhor expressa esse atributo é a densidade básica (DB). Considerada como uma das propriedades físicas mais importantes, por estar associada à maioria das demais propriedades da madeira (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000; CRUZ et al., 2003). Para Mattos et al. (2011), a avaliação da qualidade da madeira com base na sua densidade pode ser útil do ponto de vista tecnológico, sendo um indicador das propriedades da madeira. Os valores de densidade básica são consultados quando se deseja avaliar a qualidade da madeira para produção de carvão vegetal (TRUGILHO et al., 2001). Para aferir o grau de impregnação de líquidos para preservação da madeira (AMARAL, 2012). Além do exposto, a densidade ainda mantém relação com a retratibilidade (DURLO e MARCHIORI, 1992), secagem (ZANUNCIO et al., 2015).

Segundo a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 11941, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003) a densidade básica é a relação da massa seca em estufa a $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ pelo respectivo volume da madeira acima do ponto de saturação das fibras. Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), a densidade pode variar entre gêneros, entre espécies do mesmo gênero, árvores da mesma espécie, e até mesmo entre partes da mesma árvore. Essa variação pode ser tanto no sentido longitudinal, ou seja, da base para o topo (VALÉRIO et al., 2008; MATTOS et al., 2011), como no sentido radial, da medula para a casca (MELO et al., 2006; TREVISAN et al., 2008). Tais variações são decorrentes de uma complexa combinação de fatores anatômicos, físicos e químicos, os quais são influenciados principalmente pela idade da árvore, o genótipo e as condições ambientais (MELO et al., 2013).

Quanto à variação radial, Panshin e De Zeeuw (1980) apresentaram quatro modelos de variação da densidade: 1) crescente da medula para a casca; 2) alta na medula, decrescendo nos primeiros anéis e aumentando ao máximo próximo a casca; 3) a densidade aumenta próximo à medula, depois permanecendo mais ou menos constante, podendo decrescer próximo à casca; 4) e a densidade decrescente da medula para casca. Desta mesma forma, estudos com folhosas demonstram vários comportamentos. Ribeiro et al. (2011) estudaram a madeira de *Toona ciliata* e encontraram diferença significativa entre a parte interna e a externa do tronco, sendo a parte intermediária estatisticamente igual às outras duas posições.



Melo et al. (2006) relatam que a densidade aumenta próximo à medula e depois permanece mais ou menos constante, podendo decrescer próximo à casca, para quatro espécies da região do semiárido. Uma vasta gama de valores é encontrada nas espécies nativas do Brasil. Silveira et al. (2013) estudaram a densidade de nove espécies da floresta Amazônica e encontraram para três espécies valores entre 0,561 e 0,720 g.cm⁻³, classificadas como madeira de média densidade. Os mesmos autores relatam que as densidades das outras seis espécies variaram entre 0,835 a 0,909 g.cm⁻³ e foram classificadas como de alta densidade. Lorenzi (2009) relata valores de densidade para o gênero *Emmotum* de 0,930 g.cm⁻³ e próximo de 0,770 g.cm⁻³ para o gênero *Qualea*.

Poucos são os estudos sobre a densidade básica de espécies nativas do estado do Tocantins bem como a qualidade destas madeiras. Desta forma, visando o conhecimento da biomassa florestal e sua melhor aplicação industrial, o objetivo do presente estudo foi avaliar a densidade básica no sentido medula casca de três espécies nativas do estado do Tocantins.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área e obtenção do material

Neste trabalho foram utilizadas três espécies nativas do estado do Tocantins, presente na formação típica florestal do Bioma Cerrado, segundo qualificação de Sano et al. (2008). A propriedade que cedeu o material para o presente estudo localiza-se no município de Cristalândia, nas proximidades da rodovia TO 374, km 78, sudoeste do estado. Segundo informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2015) o solo é do tipo plintossolo pétrico concrecionário argilossólico, o relevo predominantemente formado por planícies. Clima Tropical com duas estações bem definidas, seca e uma chuvosa, tendo a primeira temperatura com média anual de 26° C e a segunda 32° C, segundo a classificação de Köppen.

Foram utilizadas no estudo as espécies *Hymenaea* sp., *Emmotum* sp. e *Qualea* sp., dos quais foram coletadas três árvores de cada espécie, de acordo com a qualidade do fuste sadio e sem bifurcações em nível do diâmetro a altura do peito (DAP), tomado a 1,30m do nível do solo. Por serem nativas as árvores não tiveram o mesmo diâmetro, Tabela 1. Após o corte, foram retirados e identificados discos do DAP, com aproximadamente 10 cm de espessura, no total de nove discos.

Tabela 1. Diâmetro médio das árvores em estudo

Árvore	Espécie	DAP (cm)
1	<i>Hymenaea</i> sp.	20,526
2	<i>Emmotum</i> sp.	20,126
3	<i>Qualea</i> sp.	18,443

DAP = diâmetro a altura do peito.



No Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Federal do Tocantins, foram realizadas as marcações das baguetas centrais e dos seus respectivos corpos de prova, sendo retirados a partir da medula até a proximidade da casca. Cada bagueta foi dividida em três amostras, interna (próximo à medula), intermediária e externa (próxima à casca), Figura 1.

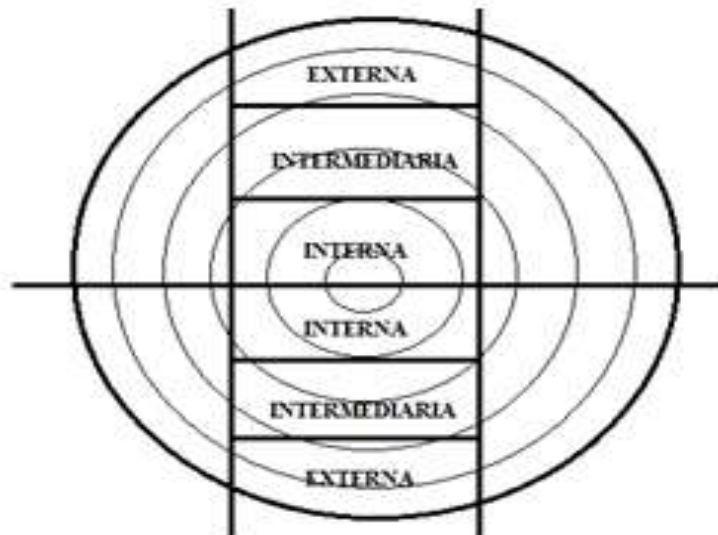


Figura 1. Esquema com a retirada das amostras para determinação da densidade básica da madeira no sentido radial.

Os corpos de prova foram produzidos em uma marcenaria no município de Gurupi - TO. Não foi possível padronizar as dimensões dos mesmos, uma vez que as árvores não tinham o mesmo diâmetro.

2.2 Determinação da densidade básica da madeira e análise estatística dos dados

A densidade básica foi determinada conforme Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 11941, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003).

Para análise estatística, foi empregado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos e três repetições para cada caso. Os dados amostrais foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para estabelecer a diferença mínima significativa entre as médias, foi utilizado o teste de Tukey, para comparar as médias de densidade básica, entre posições do disco de cada espécie, entre árvores da mesma espécie e entre as diferentes espécies, em nível de 5% de significância.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variação da densidade na direção radial e entre as árvores

Para a variação da densidade básica entre a medula e a casca apenas a espécie *Hymenaea* sp. não apresentou diferença significativa entre as regiões (posições) (Tabela 2), sendo a densidade básica média deste gênero igual a $0,645 \text{ g.cm}^{-3}$. Essa menor variação da densidade significa uma homogeneidade da madeira. Vale et al. (2009) afirmaram que durante o crescimento da árvore fatores ambientais e intrínsecos à própria espécie determinam o grau de variação da massa específica no sentido radial e longitudinal.

Tabela 2. Análise da variação da densidade básica radial e análise da densidade básica entre árvores do mesma espécie

FV	GL	<i>Hymenaea</i> sp.	<i>Emmotum</i> sp.	<i>Qualea</i> sp.
Posições	2	0,0579 ^{ns}	6,3565*	6,6315*
Árvores	2	2,9538**	0,5921 ^{ns}	2,2436 ^{ns}

Os valores apresentados na tabela são referentes ao F calculado; FV = Fontes de variação; GL = Grau de liberdade; ** = F significativo em nível de 1%; * = F significativo em nível de 5%; ns = F não significativo a 5%.

Segundo Oliveira et al. (2005), madeiras mais homogêneas, quanto à densidade no interior do tronco, podem se comportar melhor nas operações de processamento e refletir maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas. Os autores ainda afirmam que peças de madeira com menor variação de densidade são adequadas para utilizações que exigem material homogêneo e com menor variabilidade nas propriedades físico-mecânicas.

3.1.1 Variação da densidade básica radial para as espécies *Emmotum* sp. e *Qualea* sp.

Para madeira de *Emmotum* sp. a posição intermediária do disco apresentou maior densidade básica $0,733 \text{ g.cm}^{-3}$, já a posição interna apresentou a menor média, seguida pela densidade básica da posição externa (Tabela 3). Pode-se observar que a posição interna difere da intermediária, porém ambas são estatisticamente iguais à posição externa do disco. O coeficiente de variação baixo indica maior homogeneidade entre as posições longitudinais. Os resultados foram similares ao terceiro modelo de variação da densidade básica proposto por Panshin e De Zeeuw (1980), em que a densidade aumenta próximo à medula, depois permanece mais ou menos constante, podendo decrescer perto da casca (Figura 2).



Tabela 3. Teste de comparação das médias da densidade básica radial para as espécies *Emmotum sp.* e *Qualea sp.*

Posição do disco	<i>Emmotum sp.</i>	CV%	<i>Qualea sp.</i>	CV%
Interna	0,670b		0,810a	
Intermediária	0,733a	3,41	0,694ab	7,56
Externa	0,677ab		0,654b	

CV= Coeficiente de variação. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

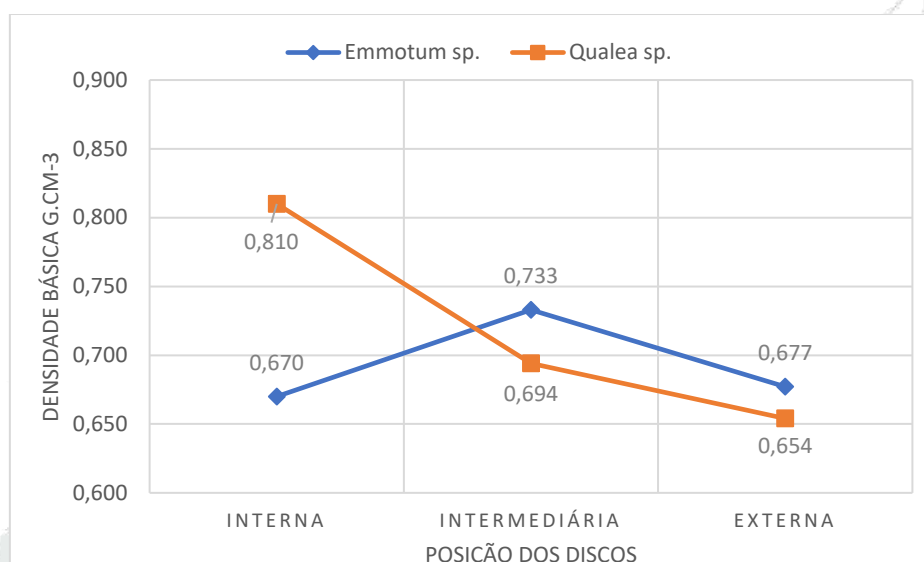


Figura 2. Variação da densidade básica das posições no sentido radial para árvores das espécies *Emmotum sp.* e *Qualea sp.*

Um dos possíveis motivos da menor densidade próxima à medula é relatado por Latorraca e Albuquerque (2000), quando descrevem o efeito da presença da madeira juvenil, a qual é formada no início do crescimento da árvore. Regiões de diferentes densidades são formadas dentro do tronco e, de acordo com Albino e Tomazello Filho (1985), devem-se à formação de madeira de tração, compressão ou outros fatores ligados às condições de crescimento da árvore.

Para Tomazello Filho et al. (2008), a densidade do cerne tem maiores valores, em decorrência da deposição de substâncias como extrativos. Comumente a madeira do cerne é atrelada à maior densidade, madeiras com maior densidade são preferíveis na produção de carvão vegetal e para aplicações na construção civil, por causa da maior proporção de madeira adulta (PEREIRA et al., 2013).

Para a espécie *Qualea sp.* a densidade básica decresceu no sentido medula casca, em que, a parte interna teve a maior média 0,810 g.cm⁻³, na qual difere em nível de 5% de



significância da posição externa. Entretanto, ambas as amostras são estatisticamente iguais na posição intermediária do disco. O coeficiente de variação é baixo, porém quando comparado ao da espécie *Emmotum* sp. sugere uma maior variabilidade e menor homogeneidade entre os tratamentos estudados. Essa variação pode ser motivada pela diferença de idade entre as árvores amostradas, taxa de crescimento ou pelas condições ecológicas do ambiente, todavia essas características não foram avaliadas neste trabalho.

O comportamento da densidade básica radial para a espécie *Qualea* sp. segue o quarto modelo proposto por Panshin e De Zeeuw (1980), onde a densidade decresce da medula para a casca (Figura 2). Este comportamento foi verificado nas três árvores avaliadas da espécie.

3.1.2 Variação da densidade básica árvores da espécie *Hymenaea* sp.

Os valores de densidade básica para as árvores um e dois da espécie *Hymenaea* sp. não diferiram entre si. A árvore dois teve a maior média de $0,723 \text{ g.cm}^{-3}$. Já a árvore três foi estatisticamente diferente das demais (Tabela 4). O coeficiente de variação baixo indica maior homogeneidade entre os dados amostrais. Nota-se que para as espécies *Emmotum* sp. e *Qualea* sp. não houve diferença significativa entre as árvores, admitindo densidade básica média de $0,693 \text{ g.cm}^{-3}$ e $0,720 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 4. Teste de comparação das médias da densidade básica entre as árvores da espécie *Hymenaea* sp.

Árvore	<i>Hymenaea</i> sp.
1	0,665 a
2	0,723 a
3	0,546 b
CV%	9,52

CV = Coeficiente de variação. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Por se tratar de árvores nativas, com diâmetros diferentes, idade e condições ecológicas desconhecidas, espera-se que esses fatores sejam os possíveis motivos da variabilidade que ocorre entre as árvores da espécie *Hymenaea* sp. Segundo Valério et al. (2008), a densidade básica da madeira é influenciada por diversos fatores e varia significativamente em função da idade, procedência, local de origem, espaçamento e taxa de crescimento entre gêneros e espécies e até mesmo entre árvores da mesma espécie. Para Kollmann e Côté Junior (1968), as causas na variação da densidade básica podem ser indiretas, geradas por outras características da própria madeira, em função da espécie ou, por influências externas, como variações ambientais do local onde a árvore se desenvolve.



3.2 Variação da densidade entre espécies

A espécie *Qualea* sp. teve a maior densidade básica, com $0,720 \text{ g.cm}^{-3}$, já a espécie *Hymenaea* sp. possui a menor densidade, com $0,645 \text{ g.cm}^{-3}$, e os dois são diferentes. Em compensação a espécie *Emmotum* sp. foi igual as outras duas espécies. O coeficiente de variação é considerado médio e revela que existe variabilidade entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Teste de comparação das médias da densidade básica para as espécies *Hymenaea* sp., *Emmotum* sp. e *Qualea* sp.

Espécie	Média DB g.cm^{-3}	CV%
<i>Hymenaea</i> sp.	0,645 b	
<i>Emmotum</i> sp.	0,693ab	11,87
<i>Qualea</i> sp.	0,720 a	

CV= Coeficiente de variação. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para Kollmann e Côté Junior (1968), as variações da densidade da madeira entre diversas espécies florestais é causado pela espessura da parede celular, dimensões das células, interrelações entre esses fatores e quantidade de extrativos e componentes orgânicos presentes por unidade de volume. Para Oliveira e Silva (2003), as variações da densidade dependem das mudanças na proporção dos vasos e das espessuras das paredes celulares das fibras.

Conforme o Serviço Florestal Brasileiro - SFB (2017), as madeiras das espécies estudadas podem ser classificadas como de média densidade, por encontrarem-se entre $0,500 \text{ g.cm}^{-3}$ e $0,720 \text{ g.cm}^{-3}$. A densidade básica está ligada à qualidade da madeira e é uma característica utilizada por pesquisadores e melhoristas na determinação do seu uso final.

4. CONCLUSÕES

A madeira da espécie *Qualea* sp. apresentou a maior densidade básica, com valor médio de $0,720 \text{ g.cm}^{-3}$ seguido pela espécie *Emmotum* sp., com densidade média igual a $0,693 \text{ g.cm}^{-3}$ e a espécie *Hymenaea* sp. apresentou densidade média de $0,645 \text{ g.cm}^{-3}$.

Também se pode observar que existe variação da densidade básica radial, para as espécies *Emmotum* sp. e *Qualea* sp. Na espécie *Emmotum* sp. a densidade aumenta próximo a medula, depois permanece mais ou menos constante, podendo crescer perto da casca. Já na espécie *Qualea* sp. a densidade básica radial decresceu sentido medula casca.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Houve diferença na densidade básica apenas entre as árvores da espécie *Hymenaea* sp. e as densidades básicas das espécies estudadas podem ser classificadas como densidade moderada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, J. C. E; TOMAZELLO FILHO, M. Variação da densidade básica da madeira e produtividade de *Eucalyptus* spp. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1985. 43p. (Boletim de Pesquisa, 26).

AMARAL, L. S. Penetração e retenção do preservante em *Eucalyptus* com diferentes diâmetros. 2012. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 11941 - Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p

CARVALHO. P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo: Embrapa – Embrapa Florestas, 2010. 644p. Disponível em: <http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00083860.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2015.

CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variações dentro da árvore e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. Scientia Forestalis. n. 64, p. 33-47, 2003.

DURLO, M.A; MARCHIORI, J.N.C. Tecnologia da madeira: retratibilidade. Santa Maria, CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série técnica, 10).

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. Principles of wood science and technology. Berlin: Springer Verlag, v. 1, 1968. 592p.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. Floresta e Ambiente, v. 7, n. 1, p. 279 - 291, 2000.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 3ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009. 384p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa exploratório de solos, 2015. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/pt/tematicos/solos>>. Acesso em: 21 mar. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Mapas de biomas e de vegetação, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

MATTOS, B.D.; GATTO, D.A.; STANGERLIN, D.M.; CALEGARI, L.; MELO, R.R.; SANTINI, E.J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.6, n.1, p. 121-126, 2011.

MELO, J.E.; CORADIN, V.T.R.; MENDES, J.C. Classes de densidade de madeira para a Amazônia brasileira. In: ANAIS DO CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. *Anais...* São Paulo, 1990. p. 695-699.

MELO, R.R.; PAES, J.B.; LIMA, C.R.; FERREIRA, A.G. Estudo da variação radial da densidade básica de sete madeiras do semiárido. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, v.4, n.7, p. 1-8, 2006.

MELO, R. R.; SILVESTRE, R.; OLIVEIRA, T. M.; PEDROSA, T. D. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* Engelm com diferentes idades. Ciência da Madeira, v. 04, n. 01, 2013.

OLIVEIRA, J. T S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* sm. Revista Árvore, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. Revista Árvore, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. Text book of wood technology. New York: McGraw Hill, 4. ed., 1980. 722p.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação cerne/alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. Scientia Forestalis, v.41, n.98, p. 217 - 225, jun. 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

RIBEIRO, A. O.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; ZIECH, R. Q. S.; MENDES, R. F. Variação da densidade básica da madeira de *Toona ciliata* Roem cultivada em diferentes localidades. *Scientia Forestalis*, v. 39, n. 91, p. 359-366, 2011.

SANO, E. E.; ROSA, R. BRITO, J. L. S. FERREIRA, L. G. Mapeamento de cobertura vegetal do Bioma Cerrado. Embrapa Cerrados, bp.205, 2008. 60p. Disponível em: <<http://www.ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/.../item/.../bolpd-205.p>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB, 2017. Disponível em: <<http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. *Acta Amazônica*, v. 43, n. 2, p.179 – 184, 2013.

TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIN, A.W.; BENJAMIN, C.A. Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, v.10, n. 2, p.139-149, 2008.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; Beltrame, R.; Gatto, D. A.; Calegari, L. Variação radial da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* w. Hill exmaiden. *Floresta*, v. 38, n. 3, 2008.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. *Cerne*, v. 7, n. 2, p. 114-201, 2001.

VALE, A. T.; ROCHA, L. R.; MENEZZI, C. H. S. Massa específica básica da madeira de *Pinus caribaea* var. hondurensis cultivado em cerrado. *Scientia Forestalis*, v. 37, n. 84, p. 387-394, 2009.

VALÉRIO, A.F.; WATZLAWICK, L.F.; SANTOS, R.T.; SILVESTRE, R.; KOEHLER, H.S. Determinação da densidade básica da madeira de peroba (*Aspidosperma polineuron* Muell. Arg.) ao longo do fuste. *Caatinga*, v.21, n.3, p. 54-58, 2008.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; SILVA, L. F.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M. Predicting moisture content from basic density and diameter during air drying of *Eucalyptus* and *Corymbia* logs. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, v. 17, n. 2, p. 335-344, 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM LIGNOSULFONATO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Carolina Rodrigues Barroco¹

Gilmara Palermo²

Henrique Trevisan²

Roberto Carlos Lelis²

Gilmar Correia Silva³

João Vicente de Figueiredo Latorraca²

Rosilei Aparecida Garcia²

¹ Departamento de Produtos Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

³ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB/ Departamento de Fitotecnia e Zootecnia



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM LIGNOSULFONATO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Carolina Rodrigues **Barroco**¹; Gilmara Pires de M. **Palermo**¹; Henrique **Trevisan**¹;
Gilmar Correia **Silva**²; Roberto Carlos da Costa **Lelis**¹; João Vicente de Figueiredo
Latorraca¹; Rosilei Aparecida **Garcia**

¹ Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil; ² Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Resumo: Atualmente o lignosulfonato tem sido utilizado para inúmeras finalidades, dentre as quais se destaca a produção de adesivos. Sua utilização como adesivo deve-se a presença do fenol em sua constituição química, o mesmo utilizado na produção de adesivos de origem petroquímica. Além disso, ele é constituído em sua grande maioria por lignina que é um composto natural das plantas e pouco se sabe sobre sua degradação no ambiente. Desta forma, este projeto tem como objetivo avaliar a deterioração de painéis aglomerados produzidos com lignosulfonato. Foram confeccionados corpos-de-prova provindos de painel comercial e de painéis produzidos no laboratório com três temperaturas de prensagem (140°C, 160°C e 180°C). Os ensaios de deterioração foram realizados em quatro ambientes distintos (sob o solo, fora do solo, soterrado e a pleno sol) durante sete meses. A avaliação da deterioração foi realizada aplicando-se um sistema de notas, onde o estado sanitário das amostras foi definido em função do grau da deterioração. Constatou-se que a temperatura de prensagem e as características de cada ambiente afetaram distintamente a deterioração. De maneira geral, as amostras provindas de painéis prensados à 160°C foram-se significativamente mais duráveis frente à deterioração, quando comparadas às demais. Por outro lado, as amostras provindas de painéis comerciais submetidas à deterioração fora do solo, e as oriundas de painéis prensados a 180°C expostas no ambiente soterrado, foram as mais deterioradas em comparação às demais.

Palavras-chave: preservação da madeira, aglomerado, biodeterioração.

DETERIORATION EVALUATION OF PARTICLEBOARDS PRODUCED WITH LIGNOSULFONATE IN FIELD CONDITIONS

Abstract: Currently, lignosulfonate has been used for many purposes, among which highlights the production of adhesives. Its use as an adhesive is due to the presence of phenol in its chemical constitution, the same used in the production of adhesives from petrochemical. In addition, it is mostly composed of lignin which is a natural compound of plants and there is little knowledge about its degradation in the environment. In this way, this project aims to evaluate the deterioration of particleboards produced with lignosulfonate. Samples were prepared from a commercial particleboard and laboratorial particleboards produced at three pressing temperatures (140°C, 160°C and 180°C). The deterioration tests were performed at four distinct environments (under the ground, out of the ground, buried and in full sunlight) during seven months. The deterioration evaluation was performed by a grading system, where the sanitary condition of the samples was defined according to the deterioration degree. It has been found that the pressing temperature and the characteristics of each environment distinctly affect the deterioration. In general, samples from panels pressed at 160°C

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

were significantly more durable against deterioration than others. On the other hand, samples from commercial panels submitted to deterioration outside the soil, and those from panels pressed at 180°C exposed at the buried environment were the most deteriorated compared to the others.

Keywords: wood preservation, particleboard, biodeterioration.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um dos materiais mais apreciados pelo mundo e sua utilização ocorre desde as épocas mais primitivas. Do ponto de vista estrutural, anatômico e químico, a madeira é considerada um composto orgânico, heterogêneo, anisotrópico, poroso, higroscópico e formado basicamente por celulose, polioses, lignina, extrativos e alguns minerais, sendo um excelente material para ser utilizado na construção civil, na produção de móveis e na indústria de papel e celulose entre outros e devido às suas características atrativas é muito valorizada.

A anisotropia e a heterogeneidade da madeira sólida podem causar o aparecimento de rachaduras, deformações e empenamentos durante o processamento e secagem da madeira, e, dependendo do grau de incidência desses defeitos, impem sua utilização na forma de toras e tábuas. Assim, para minimizar esses defeitos, a madeira sólida é transformada em produtos reconstituídos, como os painéis aglomerados.

Os painéis aglomerados são compostos por partículas de madeira (como pó e serragem), misturadas com adesivos sintético e/ou natural, consolidados sob a ação de altas temperaturas e pressão, podendo, em seguida receber qualquer tipo de revestimento (ex.: finish foil, papel melamínico de baixa pressão, lacca, etc), cujo uso principal é a produção de móveis. Suas principais vantagens são: redução da anisotropia, menor custo de produção, eliminação de fatores redutores de resistência da madeira (nós, desvio da grã, podridão entre outros). Devido a essas vantagens, de acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada (ABRAF, 2013) houve nos últimos anos, um crescimento considerável das indústrias do setor de painéis de madeira e uma maior demanda por adesivos de origem sintética.

Atualmente, os adesivos mais utilizados pelas indústrias de painéis de madeira é o de ureia-formaldeído, devido seu baixo custo quando comparado a adesivos melamina-formaldeído e fenol-formaldeído (ALBUQUERQUE et al.; 2005). No entanto, esses adesivos são provenientes de produtos derivados do petróleo, que elevam o seu custo e emitem formaldeído que é uma substância nociva ao meio ambiente. Por isso, inúmeras pesquisas têm se voltado para o desenvolvimento de adesivos obtidos de fonte renováveis e com potencial para substituir as resinas sintéticas. Entre eles destacam-se o tanino e o lignosulfonato.

O lignosulfonato é um material de origem biológica, derivado da indústria de papel e celulose, sendo composto na maior parte por lignina, que apresenta propriedade aglutinante de partícula e potencial para substituir resinas sintéticas utilizadas na produção de painéis aglomerados e compensados.

O uso do lignosulfonato como aglutinante tem crescido nos últimos anos, visto que sua utilização diminui custo e gasto com o adesivo. No entanto, pouco se sabe sobre a biodeterioração do lignosulfonato e dos painéis aglomerados produzidos com o mesmo, quando em contato com o ambiente.

Desta forma, este trabalho tem o objetivo de avaliar a deterioração no campo de painéis fabricados empregando-se o lignosulfonato como agente aglutinante de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

partículas, em três temperaturas de prensagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta do Material e Preparo dos corpos-de-prova

Para realização desse estudo, o material foi proveniente de painéis de aglomerados do tipo comercial e do tipo produzido com adesivo 100% lignosulfonato.

O painel 100% lignosulfonato foi produzido a partir da coleta de três árvores da espécie *Pinus caribaea var. caribaea*, com idade aproximada de 27 anos, cultivada em área experimental no espaçamento 2 x 3 m. As árvores foram escolhidas ao acaso, porém, selecionou-se aquelas que apresentavam bom aspecto fitossanitário e diâmetros à altura do peito (DAP) variando entre 18 e 22 cm.

As árvores foram cortadas em toretes, sendo em seguida seccionados em discos de aproximadamente 5,0 cm de espessura visando à geração das partículas. O processamento dos discos se deu inicialmente em um gerador de partículas, onde originaram partículas tipo “strand”, cuja espessura é padronizada e em seguida estas foram levadas ao moinho de martelo que gerou partículas tipo “slivers”. As partículas foram secas ao ar, onde atingiram um teor de umidade aproximado de 13%. Em seguida foram classificadas em um peneirador mecânico para retirada dos finos, sendo selecionadas para confecção dos painéis, as partículas que transpassaram pela peneira de 4,1mm e ficaram retidas na peneira de 0,49 mm. Depois de peneiradas, as partículas passaram por novo processo de secagem em estufa com circulação de ar até atingirem a umidade média de 6%. O cálculo da quantidade de material particulado necessário para produção dos painéis foi realizado considerando este teor de umidade. Após o cálculo dos componentes para produção dos painéis em cada tratamento, as partículas foram acondicionadas em um tambor rotatório para aplicação do adesivo misturado ao catalisador, sendo sua aplicação por aspersão, com o auxílio de uma pistola pneumática buscando-se uma distribuição uniforme do adesivo sobre as superfícies de todas as partículas.

Em seguida foi realizada manualmente a formação do colchão, utilizando-se uma caixa formadora de partículas de madeira com dimensões de 40 x 40 x 20 cm. Assim, foi realizada uma pré-prensagem manual para redução do volume e evitar a perda de partículas na borda do colchão no momento do transporte para a prensa hidráulica, com separadores com espessura de 1,27 cm, composta por pratos planos e horizontais com aquecimento elétrico. Foram usadas diferentes temperaturas (140°C, 160°C e 180°C) de prensagem para produção dos painéis.

Após a produção, estes foram separados em três grupos (A, B e C), de acordo com a temperatura de prensagem 140°C, 160°C e 180°C, respectivamente e esquadrejados nas dimensões de 30 x 30 cm e reduzidos em serra circular para obtenção de corpos-de-prova de 30,0 x 5,0 x 2,0 cm, comprimento, largura e espessura, respectivamente.

Para avaliação da deterioração e variação da espessura, foram produzidos 40 corpos-de-prova com dimensões de 5,0 cm de comprimento, 5,0 de largura e 2,0 cm de espessura, para cada temperatura de prensagem (A, B e C). Também foram usados como testemunhas, 40 corpos-de-prova, provenientes de painéis aglomerado do tipo comercial, nas mesmas dimensões e identificados como grupo D.

2.2 Estabilização dos corpos-de-prova

Dos 40 corpos-de-prova de cada grupo (A, B, C e D), mantidos em câmara

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

climática a uma temperatura de 20°C e umidade relativa do ar de 65%, 10 foram selecionados para acompanhamento e verificação da estabilização do peso. Para obtenção da estabilização, os corpos-de-prova foram pesados continuamente até que seus pesos se tornaram constantes.

2.3 Instalação do ensaio de deterioração no campo

Após a preparação e estabilização dos corpos-de-prova, os quatro grupos foram submetidos a diferentes condições de deterioração em quatro ambientes distintos: sob o solo, fora do solo, soterrado e a pleno sol. Mesmo que não seja comum o uso do painel aglomerado em ambiente externo, a escolha desses ambientes se deu pelo fato de não se ter informação sobre o desempenho do adesivo a base de lignosulfonato e nem sobre a deterioração e resistência dos painéis de aglomerados, usando o lignosulfonato como aglutinante de partículas, nestas condições ambientais. Por isso, a adoção dos ambientes com as características escolhidas é oportuna e faz parte das estratégias de avaliação consideradas neste trabalho.

A distribuição dos corpos de prova em cada ambiente foi feita em blocos ao acaso, com 10 amostras de cada tratamento escolhidas aleatoriamente e organizadas em 4 fileiras, de modo que cada linha representasse um tratamento, em 4 ambientes distintos, proporcionando a exposição tanto do intemperismo biótico quanto abiótico.

2.4 Avaliação dos corpos-de-prova no campo

Periodicamente, a cada 30 dias, os corpos-de-prova dos ambientes: sob o solo, fora do solo, soterrado e a pleno sol foram medidos para obtenção de suas dimensões, e avaliados pelo ataque de fungos e/ou cupins e desintegração de suas partículas. Os corpos-de-prova do ambiente soterrado não foram retirados nesse intervalo, pois prejudicaria a incidência de cupins em cada amostra.

O experimento teve início no dia 18/07/2016 e foi retirado no dia 08/02/2017 por algumas amostras apresentarem alto nível de degradação, inviabilizando sua observação caso permanecessem mais tempo.

Assim que o experimento foi finalizado, classificou-se, por meio de notas, o nível de deterioração de cada corpo-de-prova, conforme ilustrado na figura 1.



Figura 1. Notas atribuídas aos corpos-de-prova em função da deterioração.

Os parâmetros adotados na atribuição dessas notas estão descritos na Tabela 1.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Classificação do nível de deterioração dos corpos-de-prova, adaptada de Lepage (1970).

Estado de sanidade	Índice de deterioração
Sadio, nenhum dano visível.	100
Ação leve ou superficial de fungos, térmitas, coleobrocas ou desintegração superficial das partículas.	90
Ação moderada de fungos, térmitas, coleobrocas ou desintegração interna das partículas.	70
Apodrecimento intenso ou ação interna de térmitas com desintegração severa das partículas.	40
Desintegração severa, com ruptura.	0

Para análise estatística, os dados foram processados no programa BioEstat 5.3 (Ayres et al. 2007). Diferenças no índice de deterioração, foram detectadas pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), e a variância dos postos médios foi analisada pelo teste de SNK (Student-Newman-Keuls) ($p < 0,05$).

2.5 Avaliação da espessura dos corpos-de-prova

A análise da variação da espessura dos corpos-de-prova, provindos de chapas prensadas nas temperaturas 140°C, 160°C, 180°C e aglomerado comercial, foram efetuadas, com auxílio de um paquímetro digital, mensurações antes e após a submissão aos processos de deterioração. Com os valores obtidos confeccionou-se gráfico de barras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura, umidade relativa e precipitação médias, durante a exposição no campo das amostras foram: 24°C; 75% e 0,15 mm, respectivamente. Constatou-se que a temperatura de prensagem e as características de cada ambiente afetam distintamente a deterioração. De maneira geral, as amostras provindas de painéis prensados à 160°C apresentaram-se significativamente mais duráveis frente a deterioração, quando comparadas às demais avaliadas no ensaio. Sendo assim, para essa condição, registrou-se um índice médio de deterioração de 87, que quando comparado aos demais, difere estatisticamente (SNK 5% significância) (tabela 2).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 2. Índice de deterioração, \pm desvio padrão, de painéis aglomerados, comercial e fabricados com adesivo a base de lignosulfonato em três temperaturas de prensagem, submetidos por sete meses à deterioração no campo em quatro condições ambientais.

Ambiente Tratamento	Ambiente Florestal			Pleno Sol	Índice médio
	Sob solo	Fora do solo	Soterrado		
140 °C	65 \pm 23 b B	82 \pm 10 b A	86 \pm 8 a A	70 \pm 0 b B	75 \pm 15 b
160 °C	86 \pm 8 a BC	100 \pm 0 a A	72 \pm 15 ab C	91 \pm 3 a B	87 \pm 13 a
180 °C	55 \pm 38 b AB	81 \pm 11 b A	43 \pm 39 b B	82 \pm 10 a A	65 \pm 32 b
Comercial	80 \pm 10 ab A	43 \pm 9 c B	80 \pm 10 a A	85 \pm 8 a A	72 \pm 19 b
Índice médio	71 \pm 26 A	76 \pm 23 A	70 \pm 27 A	82 \pm 10 A	

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, diferem estatisticamente, SNK 5% significância

A essa observação convém ainda relatar que somente a prensagem a 160°C produziu chapas cujas amostras mantiveram-se praticamente sem ação evidente de processos de deterioração. Essa situação foi registrada no ambiente fora do solo, onde atribuiu-se índice 100 (Sadio, nenhum dano visível) a esse material, valor esse diferente estatisticamente dos demais (tabela 2).

Por outro lado, as amostras confeccionadas com painéis comerciais e submetidas à deterioração fora do solo, e as fabricadas com painéis prensados a 180°C e expostas no ambiente soterrado, foram as que receberam o menor índice de deterioração do ensaio, 43; 43m, respectivamente (apodrecimento intenso ou ação interna de térmitas com desintegração severa das partículas (tabela 2). Esses valores revelam que foram essas amostras e ambientes que proporcionaram os registros de deterioração mais evidentes de todo o experimental.

Ainda, a análise geral dos índices de deterioração revela que painéis aglomerados produzidos utilizando-se adesivo a base de lignosulfonato, e prensados a 140; 160 e 180°C, e painéis aglomerados comerciais, sofrem deterioração distinta em cada ambiente. Sendo assim, a pleno sol as amostras mais deterioradas foram as provindas de chapas prensadas a 140 °C, no ambiente soterrado e sob solo, essa constatação foi verificada nas amostras oriundas da prensagem a 180°C. E por fim, para a condição fora do solo, constatou-se que as amostras do painel comercial foram as que se deterioram mais intensamente (tabela 2).

De modo geral observou-se que o adesivo a base de lignosulfonato quando adotado na fabricação de painéis prensados à alta temperatura (180°C), proporciona superior deterioração, quando estes são submetidos nos ambientes soterrado e sob solo. Nas demais temperaturas e ambientes, essa deterioração foi inferior.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

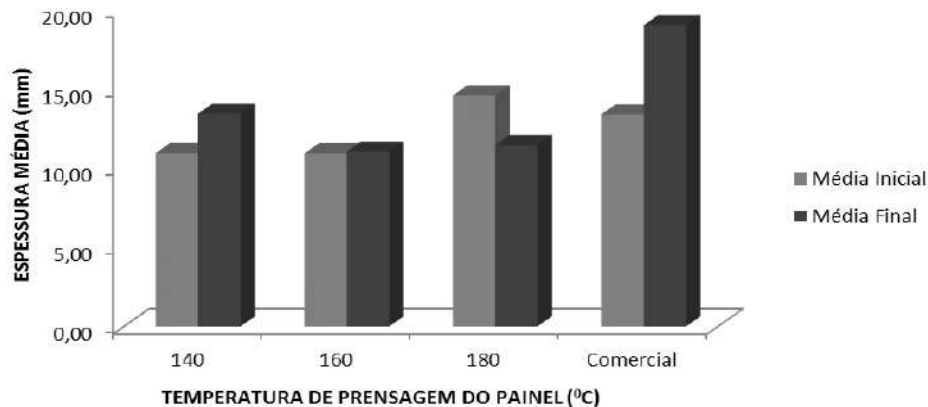


Figura 2. Espessura média, inicial e final, dos corpos-de-prova produzidos de painéis aglomerados prensados em quatro temperaturas distintas e submetidos à deterioração em condições de campo por sete meses.

Com relação à variação da espessura, observa-se que houve um aumento da mesma no painel de aglomerado do tipo comercial e produzidos a uma temperatura de prensagem de 140°C. Já na temperatura de 160°C esse aumento não foi tão evidente e a 180°C houve uma diminuição da espessura devido à maior desintegração das partículas e ação de cupins (figura 2). Provavelmente, os painéis produzidos a 160°C absorvem menos água, acarretando menor inchamento em espessura e dificultando a desintegração do corpo-de-prova.

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o ensaio, conclui-se que:

- A temperatura de prensagem e as características de cada ambiente afetam distintamente a deterioração em condições de campo dos painéis aglomerados fabricados com lignosulfonato como agente aglutinante de partículas.
- A temperatura de prensagem de 160°C proporciona maior resistência aos painéis frente aos processos de deterioração;
- As temperaturas de 140 e 180°C proporcionam características aos painéis que os tornam mais vulneráveis aos processos de deterioração em condições de campo.
- A temperatura de prensagem influencia na espessura dos painéis após submissão aos processos de deterioração
- Os painéis produzidos a 160°C apresentam menor inchamento em espessura, já os prensados a 180°C, apresentam-se menos espessos em relação a condição inicial.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, M.; AYRES JR. M.; AYRES, DL.; Santos, AAS. BioEstat 5.0 – Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Tefé, 2007. 380p.

ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília. 148 p. 2013.

ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S.; KEINERT JÚNIOR, S.; Adesão e adesivos. In: IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba, PR, FUPEF, p. 1-30. 2005.

LEPAGE, E. S. Método Sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira. **Preservação de madeiras**, v.1, p.205-216, 1970.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Erismia uncinatum* Warm. FRENTE A TESTE DE USINAGEM

Paulo Cesar Leal de Carvalho¹
Everton Fernandes Miranda¹
Carlos Silveira²
Cláudia Torres¹
Alexandre Monteiro de Carvalho³
Norma Maciel²

¹ Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

³ Departamento de Produtos Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



AValiação DA MADEIRA DE *Erismia uncinatum* Warm. FRENTE A TESTE DE USINAGEM

Resumo: As florestas brasileiras são internacionalmente reconhecidas por sua diversidade e riqueza de espécies de fauna e flora. A madeira de nossas espécies nativas apresenta características diferenciadas e, de acordo com estas variáveis, podem ser inseridas em diferentes setores do segmento madeireiro. O presente trabalho refere-se à avaliação da qualidade da madeira de *Erismia uncinatum* Warm., vulgarmente conhecida como Cedrinho. A madeira analisada foi obtida no mercado madeireiro e passou por uma série de avaliações no Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira (LPM/DPF/UFRRJ), obedecendo à norma ASTM D 1666-8, visando caracterizar sua trabalhabilidade. Essas avaliações visam analisar e classificar a madeira após aplicação dos testes nos seis corpos de prova, que possuem dimensões de 30 x 12 x 2,5 cm de comprimento, largura e espessura respectivamente, avaliando o surgimento da qualidade e de possíveis defeitos em decorrência da realização dos testes. A madeira de Cedrinho apresentou boas características quanto ao aplainamento e lixamento, bem como excelente aceitação da inserção de pregos, mas mostrou-se ruim para furação e rasgo, o que pode ser fator determinante para as indicações de seu uso. Através da análise de resultados, pode-se inferir que a madeira de Cedrinho é adequada para ser utilizada para fins em que haja o emprego de pregos e em processos produtivos no qual se utilize da plaina desempenadeira. Também, o emprego de lixa para acabamentos, respondendo positivamente às avaliações propostas, tais como o seu emprego em portas, venezianas, parte interna de móveis e lâminas.

Palavras-chaves: Cedrinho, trabalhabilidade, processamento mecânico.

EVALUATION OF THE WOOD OF *Erismia uncinatum* Warm. FORWARD TO THE TEST OF MACHINING

Abstract: The Brazilian forests are internationally recognized for their diversity and richness of species of fauna and flora. The wood of our native species presents differentiated characteristics and according to these variables can be inserted in different sectors of the wood segment. The present work refers to the evaluation of the wood quality of *Erismia uncinatum* Warm., commonly known as Cedrinho. The wood analyzed was obtained in the timber market and was carried out in a series of evaluations, in the Laboratory of Mechanical Wood Processing (LPM / DPF / UFRRJ), obeying the standard ASTM D 1666-8 aiming to characterize its workability. These evaluations aim to analyze and classify the wood after the application of the tests in the six test samples (30 x 12 x 2,5 cm), evaluating the aspect of the quality and possible defects resulting from these tests. The Cedrinho's wood presents with good characteristics as to the planing, sawing, sanding, as well as excellent as the insertion by nails, but it proved to be bad for drilling and tearing, which may be a determining factor for the indications of its use. Through the analysis of results, it can be inferred that the Cedrinho's wood is suitable to be used for purposes where there is the use of nails and in productive processes in which the planer is used, as well as the use of sandpaper for finishing, responding very well at the proposed evaluations, such as their use in doors, shutters, internal furniture, and laminated wood.

Keywords: Cedrinho, workability, mechanical processing.



1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma grande extensão territorial de florestas naturais e plantadas, consequentemente um grande número de espécies a serem estudadas para um melhor proveito da sua matéria prima.

A madeira por ser um material biológico, frente a outros materiais é relativamente mais fácil de ser transformada mecanicamente, apresentando aspecto decorativo (com variações de cores e desenhos que atendem aos mais diversos projetos), somada à sensação de conforto que ela transmite ao usuário nos ambientes em que é empregada. Torna-se um material bastante competitivo em relação aos outros materiais na fabricação de móveis (SALOMONE, 2011).

O conhecimento das propriedades da madeira e de seu comportamento durante a usinagem é de fundamental importância para a sua correta utilização, assim como da melhor seleção de espécies e do bom dimensionamento de máquinas e ferramentas utilizadas na sua usinagem (LUCAS FILHO, 2004).

Segundo Bet (1999), as condições, como o tipo de máquina utilizada, desgaste da ferramenta, vibrações indesejadas, parâmetros de usinagem empregados e até mesmo o operador da máquina refletem de alguma maneira na qualidade da superfície. Todo esse conjunto de informações fornece uma ferramenta muito útil para o controle de qualidade do processo de fabricação.

A usinagem da madeira e suas relações de causa e efeito com as variáveis envolvidas na melhoria dos processos e a definição dos melhores parâmetros para as mesmas, são primordiais para o posicionamento perante a concorrência e para o desenvolvimento de um processo de fabricação mais eficiente (LUCAS FILHO, 2004).

Para usos que demandam alta qualidade da superfície, como por exemplo, a fabricação de móveis, assoalhos e esquadrias, a usinagem bem executada melhora o seu desempenho perante os processos de acabamento superficial, tornando a operação economicamente ajustada (SILVA, 2005).

Com o objetivo de aumentar a competitividade dos produtos madeireiros do Brasil muitos estudos estão sendo direcionados para a melhoria dos processos de usinagem da madeira como forma de promover melhorias no sistema produtivo, reduzindo desperdícios e melhorando a eficiência dos produtos (SILVA et al., 1996). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da madeira de *Erismia uncinatum* Warm., obedecendo a norma ASTM D 1666-8, frente a diferentes ensaios de usinagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrições da madeira

A madeira da espécie *Erismia uncinatum* Warm., vulgarmente conhecida como Cedrinho, foi obtida em comércio madeireiro na cidade de Seropédica, localizado na baixada fluminense, no estado do Rio de Janeiro, contendo as seguintes dimensões 200 cm x 12 cm x 2,5 cm, comprimento, largura e espessura, respectivamente. As peças de madeira foram encaminhadas ao Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira (LPM) do Instituto de Florestal pertencente ao Departamento de Produtos Florestais (DPF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), onde foram obtidos os corpos de prova.

Para a obtenção dos corpos de prova, a peça de madeira adquirida foi cortada a cada 30 cm de comprimento em uma serra circular (figura 1), dando origem aos 6 (seis)



corpos de prova, devido às dimensões em largura e espessura estarem adequadas para a realização dos testes.



Figura 1. Serra circular utilizada para a obtenção dos corpos de prova.

2.2 Descrições dos Testes de Usinagem

Para a realização das análises de qualidade da superfície usinada da madeira, foram feitos os testes descritos a seguir:

- Aplainamento – teste de plaina;
- Lixamento – teste de lixa;
- Furação;
- Rasgo;
- Fendilhamento por pregos.

A avaliação foi realizada de forma visual, baseando-se na sensibilidade dos observadores, que compararam as peças com imagens fotográficas existentes na norma ASTM D-1666-87, que serve como parâmetro de avaliação dos resultados obtidos, bem como orientador para a realização dos testes.

2.3 Aplainamento - Teste de plaina

Neste teste, as amostras foram avaliadas quanto à presença dos seguintes defeitos de marcas de cavaco, grã arrancada, grã felpuda e grã levantada. A plaina utilizada foi a OMIL PLM de quatro faces, 6142 RPM, cabeçote porta-faca e faca calçada com metal duro e comprimento de 16,1 cm, 0,4 cm de espessura, velocidade de avanço automática de $8\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ e durante o plainamento foi utilizado 2 faces de corte com frequência de rotação do eixo de 2600min^{-1} .

Foram realizadas duas operações de desempenho, uma em “discordância”, ou “oposição”; e outra em “concordância” em relação à grã, considerando a movimentação do eixo e da faca, em relação sentido longitudinal da peça ou disposição das fibras, cada tipo de movimentação foi realizado em metade do corpo de prova.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para esse ensaio específico, foram atribuídas notas de 1 a 5 conforme o comportamento observado em cada corpo de prova, onde:

- Nota 1 - excelente: superfícies isentas de quaisquer defeitos;
- Nota 2 - boa: presença de defeitos leves em até metade da peça;
- Nota 3 - regular: presença de defeitos médios, ou leves na maior parte da peça;
- Nota 4 - ruim: presença de defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes;
- Nota 5 - muito ruim: presença de defeitos forte na maior parte da peça.

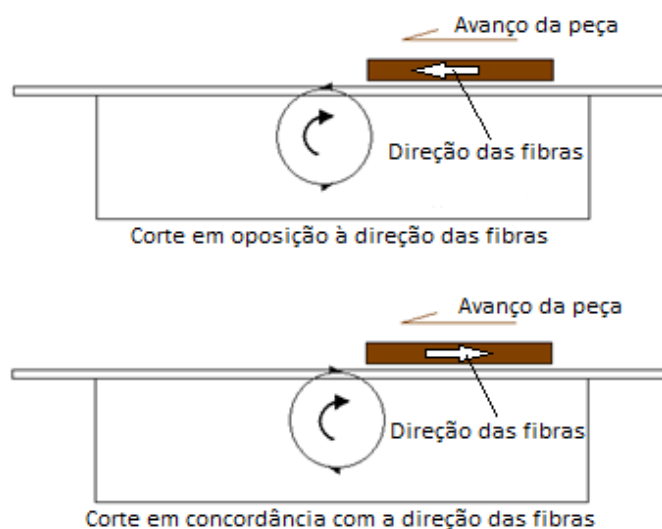


Figura 2. Esquema dos cortes de desempenho em oposição e concordância.



Figura 3. Plaina desempenadeira utilizada na realização do teste.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





2.4 Teste de lixa

O teste de lixamento foi realizado em uma lixadeira de esteira do tipo TECMATIC BLT 920, de esteira, com eixo de entrada de 2106 RPM e eixo de saída de 3500 RPM, com lixas largas de 50 e 120 grana, possui 2,70 m de comprimento entre a roda motriz e a roda guia (figura 4). O teste de lixa foi feito na face oposta a que foi realizado o teste de plaina, sendo a superfície da madeira lixada por 20 segundos.

Neste teste foi avaliada a presença de grã felpuda, classificada da seguinte forma:

- Nota 1 - excelente: superfícies isentas de quaisquer defeitos;
- Nota 2 - boa: superfície com grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça;
- Nota 3 - regular: presença de grã felpuda em metade da superfície da peça;
- Nota 4 - ruim: presença de grã felpuda em maior parte da peça;
- Nota 5 - muito ruim: presença de grã felpuda em quase que totalidade da peça.



Figura 4. Lixadeira de esteira utilizada na realização do teste.

2.5 Teste de Furação

Para a realização deste teste foi utilizada uma furadeira vertical de coluna com velocidade de avanço manual de $3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ e frequência de rotação do motor de 3100 min^{-1} (figura 5).

Foram realizados dois tipos de furações; uma para cavilha e outra para dobradiça. Na furação para cavilha, a furadeira foi equipada com brocas do tipo helicoidal de aço, com 6, 8, e 12 mm de diâmetros, sendo realizados 6 furos passantes por amostra, 2 para cada broca. Na furação para dobradiça, foi utilizada broca chata de 26 mm de diâmetro, confeccionando assim dois furos, sendo um passante e o outro não passante. Os furos devem ter uma distância mínima de 25 mm entre eles e também das bordas. Nas furações, foram feitas observações quanto à presença de grã felpuda, arrancamento de grã e queima da madeira. Para avaliação da furação foram atribuídas notas de 1 a 5:



- Nota 1 - excelente: ausência de defeito em qualquer um dos furos;
- Nota 2 - boa: superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos;
- Nota 3 - regular: presença de defeito leve, em metade dos furos, ou presença de defeito médio;
- Nota 4 - ruim: presença de defeitos severos em um furo, ou presença de defeito médio na maior parte dos furos;
- Nota 5 - muito ruim: presença de defeito severo em mais de um furo.



Figura 5. Furadeira vertical de coluna utilizada na realização do teste.

2.6 Teste de rasgo

O teste foi realizado na lateral direita do corpo de prova em sua porção inferior (figura 6), na qual é realizado o teste de fendilhamento por pregos, com a utilização de uma furadeira horizontal (figura 7) e uma broca helicoidal de 8 mm, foi realizado o rasgo. Para avaliação foram atribuídas notas de 1 a 5, em função do levantamento de fibras presentes nas superfícies do rasgo.

- Nota 1 - excelente: ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo;
- Nota 2 - boa: presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer;
- Nota 3 - regular: presença de levantamento forte em uma e leve em outra;
- Nota 4 - ruim: presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento;
- Nota 5 - muito ruim: presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo.

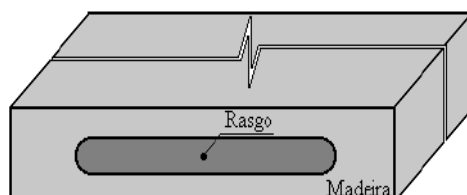


Figura 6. Ilustração do rasgo produzido na lateral das amostras. Fonte: Salomone (2011)



Figura 7. Furadeira horizontal utilizada na realização do teste.

2.7 Teste de fendilhamento por pregos

Para realização deste teste foram utilizados pregos 15 x 15 com 30 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro. Estes foram inseridos com espaçamento de 20 mm entre si e a 10 mm das bordas das peças na porção inferior do corpo de prova (figura 8), com o uso de um martelo de 250 g.

As avaliações foram feitas levando-se em consideração a presença de rachas ou trincas, observadas na superfície de penetração e como é utilizada força humana pode haver algumas variações na penetração do prego sem afetar o objetivo do teste.

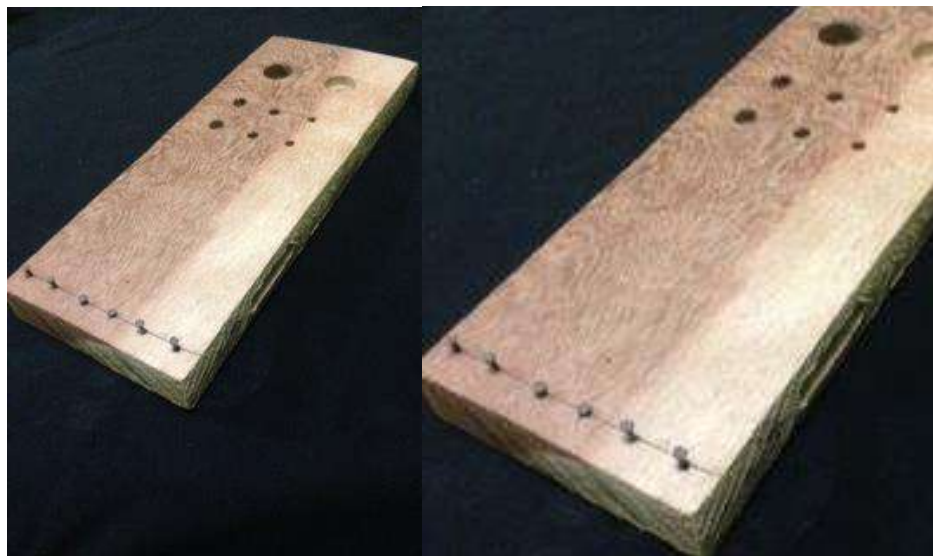


Figura 8. Teste de fendilhamento realizado no corpo de prova número 6.

Os resultados foram classificados em:

- Peça que aceita pregos: amostra sem rachas, trincas ou dimensões insignificantes destes, não alcançando o topo das amostras;
- Peça que não aceita pregos: com trincas ou rachas.

A análise dos testes foi baseada em um cálculo, que é a média da indicativa da qualidade de cada corpo de prova, considerada para todos os testes realizados. Adotou-se para o teste de pregos a nota 0 (zero) para a presença de defeitos e 1 (um) para a ausência. Ao final, estimou-se uma média total para a madeira de Cedrinho, sendo a menor nota (nota 1) aquela que representa uma maior qualidade da madeira, enquanto notas altas, com limite estabelecido até 5 (cinco), representando baixa qualidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação do Teste de Aplainamento

Na execução deste teste, foram observados defeitos de leves a média em aproximadamente 83% dos corpos de prova. Esses defeitos correspondem às amostras de 2 a 6, sendo que apenas a amostra 1 corresponde a aproximadamente 17% do total das amostras, apresentando superfícies isentas de quaisquer defeitos e sendo classificada em sua totalidade como excelente (nota 1). Ressalta-se, ainda, que 100% das amostras avaliadas não apresentaram nenhum defeito quanto à marca de cavacos; 83% não apresentaram grã felpuda e apenas 33% não apresentaram grã comprimida, grã arrancada e grã riscada, sendo estas os defeitos com maior frequência nos corpos de prova avaliados (Tabela1).



Tabela 1. Avaliação relacionada a diferentes tipos de defeitos quanto à grã felpuda, grã comprimida, grã arrancada, marca de cavacos riscos de grã, em que “A” representa a direção em sentido oposto e “B” o sentido em concordância.

APLAINAMENTO SUPERFÍCIE	GRÃ FELPUDA		GRÃ COMPRIMIDA		GRÃ ARRANCADA		MARCA DE CAVACO		GRÃ RISCADA	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Amostra 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Amostra 2	1	1	3	2	2	1	1	1	2	2
Amostra 3	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2
Amostra 4	1	1	3	2	3	1	1	1	2	2
Amostra 5	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1
Amostra 6	3	2	2	1	2	1	1	1	2	1

Carvalho et al. (2010), trabalhando com mogno africano (*Khaya ivorensis*), espécie que vem substituindo substancialmente o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), encontrou 83% e 87% de notas 1 para ensaios de plaina e lixa respectivamente; para o Cedrinho foram encontradas 65% de notas 1 e aproximadamente 28% de notas 2 para os ensaios de plaina.

3.2 Avaliação do Teste de lixa

Os corpos de prova no processo de lixamento, em sua maioria, apresentaram a presença de grã felpuda, em que as amostras 1, 5 e 6, correspondentes a aproximadamente 50% dos corpos de prova, obtiveram nota 2, observando-se a presença de grã felpuda em uma parte pequena da peça; a amostra 3, correspondente a aproximadamente 17% das amostras, foi classificada como regular, devido ao fato de apresentar grã felpuda em metade do corpo de prova, enquanto a amostra 2, também representando 17% do total das amostras, foi classificada como ruim por apresentar grã felpuda em maior parte da peça; porém, a amostra 4 apresentou um comportamento diferente das demais, sendo classificado como excelente (nota 1) por resultar em superfícies isentas de quaisquer defeitos (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação em madeira de Cedrinho realizado em lixadeira de esteira e classificado em relação a sua nota quanto a sua superfície.

CORPO DE PROVA	NOTA	GRÃ FELPUDA SIM/NÃO
1	BOA	SIM
2	RUIM	SIM
3	REGULAR	SIM
4	EXCELENTE	NÃO
5	BOA	SIM
6	BOA	SIM

Dias Junior et al. (2014), em seu trabalho com espécies nativas brasileiras: Angelim (*Andira anthelmia*), canela (*Anila firmula*), cedro (*Cedrela fissilis*), ipê amarelo (*Tabebuia alba*) e muiracatiara (*Astronium lecointein*), no teste de lixamento, encontrou notas máximas



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

para todas as espécies, ou seja, não apresentaram nenhum tipo defeito, diferente do comportamento observado nos corpos de prova da madeira de Cedrinho.

Os processos de lixamento seguem parâmetros importantes que são a espécie de madeira, a pressão exercida, o tipo de mineral abrasivo, a orientação do movimento da lixa e a dimensão dos grãos abrasivos (Taylor et al., 1999).

A qualidade de uma superfície usinada de madeira é destacada pela sua “rugosidade”, ou seja, irregularidades e imperfeições no perfil da peça. De acordo com Palermo (2010), as irregularidades deixadas por uma lixa mais grosseira diminuem com a aplicação de uma lixa de granulometria mais fina.

3.3 Avaliação do Teste de furo

Os furos de maior qualidade foram os de maior diâmetro, sendo que utilizando na broca helicoidal, todos os furos apresentaram grã levantada em sua face oposta ao furo, indicando ser este tipo de madeira propício a este defeito. Já em relação à broca chata, observou-se uma grande ocorrência de grã levantada e marcas de cavaco nos furos passantes. No furo não passante essa ocorrência foi menor (Tabela 3).

A qualidade da superfície furada depende do tipo de madeira, da ponta da broca, da densidade e da velocidade de avanço da broca. As madeiras de maior densidade tendem a apresentar menos defeitos de grã arrancada e grã levantada durante a operação de furação. No entanto, existem algumas madeiras que fogem a regra, pois elas possuem alto conteúdo de extrativos e sílica que interferem no fio da ferramenta de corte, gerando defeitos de usinagem (PALERMO, 2010).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 3. Avaliação do teste de furação realizado com furadeira vertical de coluna equipada com brocas de diferentes diâmetros helicoidal para realização do teste de furação em madeiras de *Erisma uncinatum* Warm.

Testes de Furação										
Corpo de Prova	7/8" Chata				6 mm Helic.		8 mm Helic.		12 mm Helic.	
	Passante		Não passante		Nota	Defeito	Nota	Defeito	Nota	Defeito
	Nota	Defeito	Nota	Defeito						
1	2	Marca de Cavaco	2	Grã Felpuda	3	Grã Levantada	2	Grã Levantada e Marcas de Cavaco	2	Grã Levantada
2	2	Grã Levantada	2	Grã Felpuda	3	Grã Levantada	3	Grã Levantada	2	Grã Levantada
3	3	Grã Levantada	2	Grã Felpuda	3	Grã Levantada	3	Grã Levantada	2	Grã Levantada e Marcas de Cavaco
4	2	Grã Levantada	2	Arrancamento de Grã	3	Grã Levantada	3	Grã Levantada	2	Grã Levantada
5	3	Grã Levantada	2	Arrancamento de Grã	2	Grã Levantada	2	Grã Levantada	2	Grã Levantada
6	2	Grã Levantada	2	Grã Felpuda	2	Levantada e Marca de Cavaco	3	Grã Levantada	3	Grã Levantada

3.4 Avaliação do teste de rasgo

Todos os corpos de prova apresentaram grã levantada no teste de rasgo, porém em maiores e menores intensidades. Pode-se afirmar que aproximadamente 50% dos corpos de prova apresentaram levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer, sendo classificados como bom, 17% foram classificados como regular devido a presença de levantamento forte em uma e leve em outra e 33% foram classificados como ruins devido a presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e no fundo isento de levantamento.

Monteiro (2010) encontrou resultados semelhantes em seu trabalho com usinagem com Pinus, onde grande parte das amostras apresentaram levantamento leve da grã em uma ou duas faces e outra parte tendo apresentado alta incidência dos defeitos.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 4. Avaliação do teste de rasgo realizado com furadeira horizontal para realização do teste em madeiras de Cedrinho (*Erisma uncinatum* Warm.).

CORPO DE PROVA	NOTA	DEFEITO
1	2	Grã levantada
2	4	Grã levantada
3	3	Grã levantada
4	2	Grã levantada
5	4	Grã levantada
6	2	Grã levantada

3.5 Avaliação do teste de fendilhamento por pregos

O teste de fendilhamento por pregos nos 6 (seis) corpos de prova apresentou resultados satisfatórios. Após feita uma análise visual, pode-se observar que não foi constatado o surgimento de rachas ou trincas em 100% dos corpos de prova, este mostra que a madeira de *Erisma uncinatum* Warm. aceita muito bem o uso de pregos, não apresentando defeitos.



Figura 10. Análise do teste de fendilhamento por pregos no corpo de prova 3.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





4. CONCLUSÃO

Portanto, com a não ocorrência de defeitos no teste de prego e a presença de defeitos de leves a médios no teste de aplainamento, pode-se afirmar que estes testes apresentam melhores resultados no comportamento da madeira de *Erisma uncinatum* Warm. quando comparados com os testes de furação e de rasgo.

Diante destes resultados, a madeira de *Erisma uncinatum* Warm. mostrou-se adequada para ser utilizada em fins e segmentos madeireiros onde ocorra a utilização de pregos e em processos produtivos no qual se utilize da plaina desempenadeira, bem como a lixadeira, sendo que, para os processos de furação, esta não se mostrou muito adequada. Entretanto, outros fatores não mensurados podem ter influenciado nos resultados, como as condições de armazenamento e secagem desta madeira, visto que a madeira utilizada para a realização das análises foi adquirida em um comércio local.

5. REFERÊNCIAS

BET, L. Estudo da medição da estrutura de superfície com sondas mecânicas e com sondas ópticas tipo seguidor. 1999. 243 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BURDURLU, E.; USTA, I.; ULUPINAR, M.; AKSU, B.; ERARSLAN, Ç. The effect of the number of blades and grain size of abrasives in lanning and sanding on the surface roughness of European black pine and Lombardy poplar. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, V. 25, p. 315-321, 2005.

CARVALHO, A. M.; DA SILVA, B. T.B.; LATORRACA, J. V. de F. Avaliação da Usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). *Revista Cerne*, Lavras - MG, v. 16, Suplemento, p. 106-114, 2010. Disponível em: <<http://www.dcf.ufla.br/ebramem/Artigo%2015.pdf>>. Acesso em 11 maio, 2017.

DIAS JÚNIOR, A. F. Usinagem da Madeira de Cinco Espécies Nativas Brasileiras. *REVISTA ELETRÔNICA EM GESTÃO, EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL – REGET*, V. 18, n 03, p.1200-1206, 2014.

LUCAS FILHO, F. C. Análise da usinagem da madeira visando a melhoria de processos em indústrias de móveis. 2004. 160 f. Doutorado (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PALERMO, G. P. M. Avaliação qualitativa e quantitativa da superfície da madeira usinada de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, antes e após tratamento de 26 termorreificação. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.



III CBCTEM

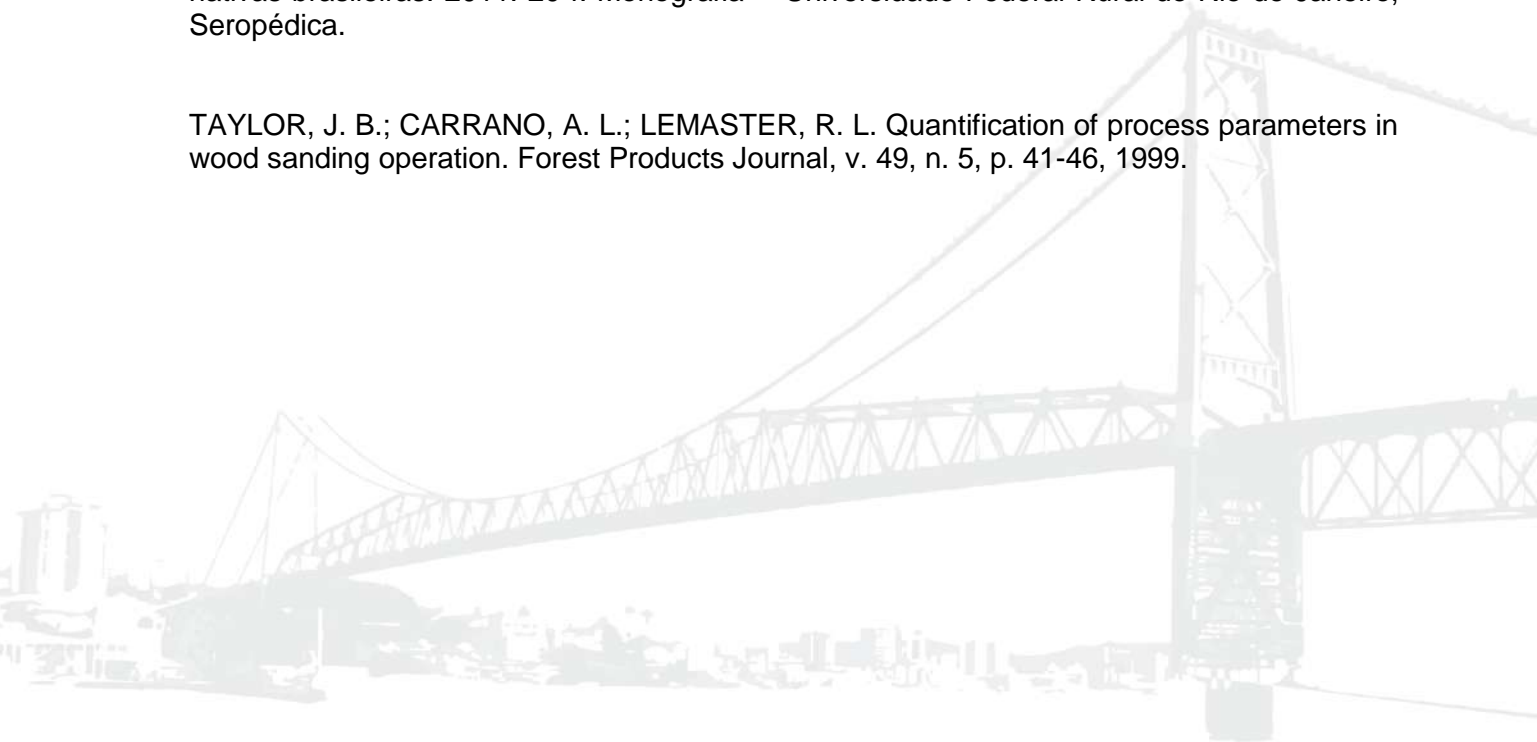
Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SILVA, J.R.M. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Revista *Árvore*. v.29, n.3, p.479-487, 2005. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000300016>. Acesso em 09 de mai, 2017.

SILVA, J.R.M. et al. Afição de ferramentas para o setor madeireiro. Lavras: UFLA/DCF. 1996. 37p.

SALOMONE, L. G. C. Ensaio de usinagem em amostras da madeira de cinco espécies nativas brasileiras. 2011. 20 f. Monografia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

TAYLOR, J. B.; CARRANO, A. L.; LEMASTER, R. L. Quantification of process parameters in wood sanding operation. *Forest Products Journal*, v. 49, n. 5, p. 41-46, 1999.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Hymenaea courbaril* Linnaeus EM ENSAIOS DE USINAGEM

Osmar de Freitas Neves Junior¹
DIUNE BUENO DE ALBUQUERQUE¹
Carlos Silveira²
Alexandre Monteiro de Carvalho³

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

³ Departamento de Produtos Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Hymenaea courbaril* Linnaeus EM ENSAIOS DE USINAGEM

Resumo: O conhecimento científico sobre a madeira das espécies nativas brasileiras é imprescindível visando descobrir suas potencialidades de uso no segmento madeireiro. Assim, o objetivo deste presente trabalho refere-se à avaliação da usinagem da madeira de *Hymenaea courbaril* Linnaeus, vulgarmente conhecida como jatobá. A madeira analisada foi obtida no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e avaliada no Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira (LPM/DPF/UFRRJ), obedecendo a adaptação da norma ASTM D1666-11 visando caracterizar sua trabalhabilidade. As avaliações permitiram a classificação da madeira após a aplicação dos testes nos oito corpos de prova (30 x 12 x 2,5 cm), avaliando o surgimento e o grau dos defeitos apresentados. A madeira de jatobá apresentou resultados satisfatórios para o teste de plaina sendo as notas 1 e 2 em pelo menos 50% das amostras, assim como para o teste de lixamento a espécie apresentou excelentes resultados, demonstrando assim que a espécie é adequada para acabamentos superficiais. Já para o teste de dobradiça, resultados satisfatórios foram alcançados, porém para o teste de cavilha os resultados obtidos foram regulares, observou-se que a furadeira para cavilha se demonstrou pouco eficiente, sendo provável um necessário aumento na rotação do aparelho. De modo geral, a madeira da espécie *Hymenaea courbaril* Linnaeus se mostrou moderadamente fácil de trabalhar, indicando que esta madeira possui uma variedade de aplicações para construção civil, assoalhos, mobiliários entre outros.

Palavras-chave: espécie nativa, jatobá, processamento mecânico, trabalhabilidade.

QUALITY ASSESSMENT OF *Hymenaea courbaril* Linnaeus WOOD IN MAQUINABILITY TESTS

Abstract: The scientific knowledge about the wood of brazilian native species is essential in order to develop their potential of use in the timber segment. Thus, the purpose of this research refers to evaluate the machining of the wood of *Hymenaea courbaril* Linnaeus, commonly known as jatobá. The analyzed wood was obtained at the Federal University of Rio de Janeiro campus and evaluated at the Madeira Mechanical Processing Laboratory (LPM/DPF/UFRRJ), following the adaptation of ASTM D1666-11 standard. The classification of wood was based after the application of the tests in the eight specimens (30 x 12 x 2,5 cm), evaluating the appearance and degree of defects. The jatobá wood presented satisfactory results for the planer test, with notes 1 and 2 in at least 50% of the samples, as well as for the sanding test the species presented excellent results, demonstrating that the species wood is suitable for surface finishes. However, for the hinge test, satisfactory results were achieved, but for the wooden pile test the results obtained were regular, it was observed that the drill for the peg was not very efficient, and a necessary increase in the rotation of the apparatus is probable. In general, the wood of the species *Hymenaea courbaril* Linnaeus was moderately easy to work, indicating that this wood has a variety of applications for civil construction, floors, furniture and others.

Keywords: native species, jatobá, mechanical processing, workability.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é tradicionalmente um dos principais materiais empregados em todas as etapas da construção civil devido a sua alta diversidade de espécies e versatilidade com

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





propriedades e usos diferenciados. Além da construção civil, a madeira pode ser utilizada para diferentes fins como geração de energia, produção de polpa celulósica e fabricação de móveis, entre outros.

A madeira tem sido aplicada na construção de habitações e estruturas em inúmeros países, ao contrário do que ocorre no Brasil, onde o potencial desse material não tem sido devidamente explorado. A escassez de mão de obra qualificada, as restrições de natureza histórico-cultural e o desconhecimento das espécies e de suas propriedades são alguns dos principais fatores que limitam tal emprego (PEDRESCHI et al., 2005). Para madeiras nativas este quadro é ainda mais agravante devido à carência de conhecimentos técnico-científicos sobre o potencial de produção das espécies nativas para usinagem, sendo este um entrave significativo para a sua aplicação em larga escala.

O gênero *Hymenaea* tem cerca de quinze espécies espalhadas pelo México e em partes tropicais da América Central e do Sul. Dessas espécies, treze ocorrem no Brasil e uma delas é a *Hymenaea courbaril* Linnaeus, vulgarmente conhecida como jatobá (LEE & LANGENHEIM, 1974).

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1989a), a densidade aparente da espécie *Hymenaea courbaril* Linnaeus a 15% de umidade (ρ_{ap} , 15) é de 960 kg/m³ e a densidade básica (ρ básica) é de 800 kg/m³. Este resultado foi obtido de acordo com a norma Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Quanto ao processamento a madeira de jatobá é moderadamente fácil de trabalhar, pode ser aplainada, colada, parafusada e pregada sem problemas, apresenta certa resistência para toronar e faquear. O acabamento é bom além de aceitar pintura, verniz e lustre. Quando submetida à secagem ao ar livre a madeira apresenta poucas deformações. Observa-se a presença de rachaduras e empenamentos quando a secagem é muito rápida. A secagem ao ar deve ser realizada em local protegido de luz solar direta, com boa ventilação, para evitar rachaduras radiais (JANKOWSKY, 1990).

O conhecimento das propriedades da madeira associado ao domínio de sua trabalhabilidade, contribuem decisivamente para o melhor aproveitamento desse importante recurso natural. Aspectos como as características silviculturais de uma espécie e as propriedades tecnológicas da sua madeira permitem a determinação do seu potencial para usos específicos (SANTOS et al., 2016).

Segundo Silva (2002), usinar a madeira não é somente cortá-la, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e a qualidade da superfície. A aplicação correta desta atividade está diretamente ligada ao conhecimento sobre as características da espécie que está sendo trabalhada e a eficiência desta atividade determina a produção econômica de tábuas, redução de perdas, melhor acabamento superficial além de agregar valor ao produto final. Sendo assim, tem-se a necessidade de investir em trabalhos técnico-científicos voltados para a avaliação da qualidade da madeira de espécies nativas.

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação do potencial de jatobá (*Hymenaea courbaril* Linnaeus) para usinagem de madeira com a finalidade de produção de madeira para movelarias, construção civil, entre outros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo foi utilizada a madeira de um indivíduo de jatobá (*Hymenaea courbaril* Linnaeus), proveniente do campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). A árvore utilizada apresentava diâmetro aproximado de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





30 cm, 20 metros de altura e idade em torno de 30 anos. Foi coletado um torete de 1,5 m de comprimento, sendo a sua posição no fuste de 0,3 m a 1,8 m. O torete foi levado para o Laboratório de Processamento Mecânico de Madeira do Departamento de Produtos Florestais (DPF), Instituto de Florestas (IF), da UFRRJ, onde foi realizado o desdobro e a confecção dos corpos-de-prova.

Foram confeccionados 8 corpos-de-prova com dimensões de 30 cm x 12 cm x 2,5 cm (Figura 1), seguindo o procedimento descrito em IBAMA (1997), o qual apresenta uma adaptação da norma ASTM D1666-11 "Standard Test Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood-Base Materials".

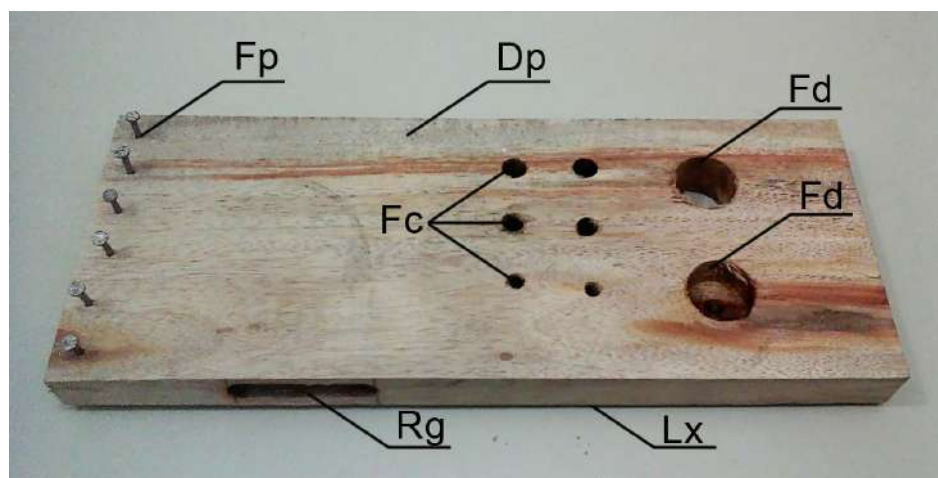


Figura 1. Corpo-de-prova utilizado nos ensaios de usinagem. Dp - desempenho; Fd - furação para dobradiça; Fc - furação para cavilha; Rg - rasgo; Fp - fendilhamento por pregos; Lx - lixamento.

Os defeitos e suas intensidades provenientes dos ensaios de usinagem foram avaliados através de notas que variaram de 1 a 5, em que a nota 1 significou amostra sem defeitos e as demais notas em função de cada intensidade dos mesmos, sendo a nota 5 para 100% de defeitos. A avaliação dos ensaios pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Notas e classificações utilizadas nos testes de usinagem

Nota	Classificação	Defeitos (%)
1	Excelente	Sem defeitos
2	Boa	Menos de 50
3	Regular	50
4	Ruim	Mais de 50
5	Muito ruim	100

Os corpos de prova foram avaliados em relação a cada tipo de defeito citado de acordo com o teste que a amostra foi submetida, conforme a figura abaixo.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

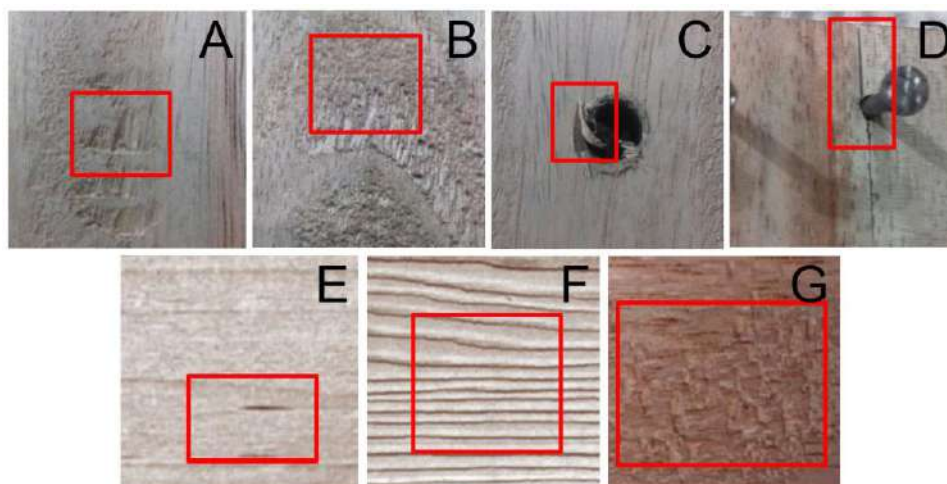


Figura 2. Defeitos apresentados em usinagem de madeira. A - Grã arrancada; B - Grã felpuda; C - Grã levantada, D - Racha, E - Marca de cavaco, F - Riscamento e G - Grã comprimida.

No teste de plaina, as amostras foram avaliadas quanto à presença de quatro diferentes defeitos: marcas de cavaco, grã arrancada, grã felpuda e grã levantada, após a passagem das amostras em uma plaina desempenadeira de duas facas, com frequência de rotação do eixo de 2600 min^{-1} e espessura de corte de aproximadamente 1,6 mm.

Para esse ensaio específico, as notas descritas na Tabela 1 foram detalhadas segundo as seguintes avaliações:

- Nota 1 (excelente) – Superfície isenta de quaisquer defeitos;
- Nota 2 (boa) – Presença de defeitos leves em até metade da peça;
- Nota 3 (regular) – Presença de defeitos médios ou leves na maior parte da peça;
- Nota 4 (ruim) – Presença de defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes;
- Nota 5 (muito ruim) - Presença de defeitos fortes na maior parte da peça.

Para o teste de plaina, duas operações foram realizadas. A face usinada foi dividida em duas partes, uma para o aplainamento em “discordância” e outra em “concordância” (Figura 3) à orientação da grã, para posteriormente serem comparadas através dos defeitos gerados em cada tratamento.

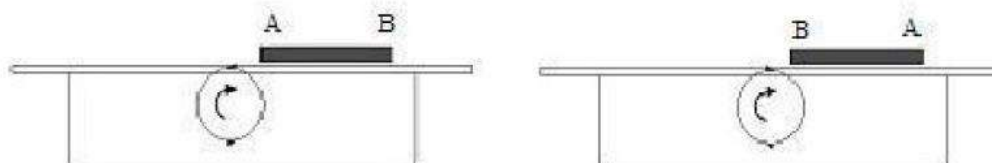


Figura 3. Esquema do aplainamento em oposição e concordância à orientação da grã.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





O teste de lixa foi realizado em lixadeira de esteira com 2,70 m entre a roda motriz e a roda guia, com lixa de granulometria 80. Esse teste foi feito na face oposta à face utilizada no teste de plaina. A superfície do corpo-de-prova foi lixada por 20 segundos. Foi avaliado o riscamento de superfície e grã felpuda. As notas dadas nesse ensaio seguiram os seguintes critérios:

- Nota 1 (excelente) – Superfície sem defeitos;
- Nota 2 (boa) – Superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça;
- Nota 3 (regular) – Presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça;
- Nota 4 (ruim) – Presença de riscamento ou grã felpuda na maior parte da peça;
- Nota 5 (muito ruim) – Presença de riscamento ou grã felpuda em quase a totalidade da peça.

Para o teste de furação foi utilizada uma furadeira vertical de coluna (Figura 4), com velocidade de avanço manual, com frequência de rotação do motor de 3100 min^{-1} . Foram realizadas as furações “para cavilha” e “para dobradiça”.



Figura 4. Furadeira vertical de coluna.

Na furação para cavilha, a furadeira foi equipada com brocas do tipo helicoidal de aço, com 6, 8 e 12 mm de largura. Foram realizados seis furos passantes por amostra, sendo dois para cada broca. Foi dada uma distância mínima de 25 mm entre os furos e também das bordas do corpo-de-prova.



Para o teste de furação para dobradiça foi utilizada a mesma furadeira, porém equipada com broca chata de 26 mm. Foram confeccionados dois furos, sendo um passante e outro não passante.

No teste de furação para cavilha foi avaliada a presença dos seguintes defeitos: grã felpuda, arrancamento de grã e queima da madeira. No teste de furação para dobradiça foi avaliada a presença dos seguintes defeitos: grã felpuda, arrancamento de grã, queima e esmagamento de grã.

As notas dadas nesse ensaio seguiram os seguintes critérios:

- Nota 1 (excelente) – Ausência de defeito em qualquer um dos furos;
- Nota 2 (boa) – Presença de defeito leve em apenas um ou dois furos;
- Nota 3 (regular) – Presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio;
- Nota 4 (ruim) – Presença de defeito severo em um furo, ou presença de defeito médio na maior parte dos furos;
- Nota 5 (muito ruim) – Presença de defeito severo em mais de um furo.

O teste de rasgo foi realizado na lateral da peça, utilizando-se uma furadeira horizontal com broca helicoidal de 8 mm. A avaliação foi feita em função do levantamento de fibras nas superfícies do rasgo sendo:

- Nota 1 (excelente) – Ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo;
- Nota 2 (boa) – Presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer;
- Nota 3 (regular) – Presença de levantamento forte em uma face e leve na outra;
- Nota 4 (ruim) – Presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento;
- Nota 5 (muito ruim) – Presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo.

Para a realização do teste de fendilhamento por pregos foram utilizados pregos 15 x 15 com 30 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro. Foi dada uma distância mínima de 20 mm entre os pregos e de 10 mm das bordas da peça. Para este teste foi utilizado um martelo de 250g. Foi avaliada a presença de rachas ou trincas na superfície de penetração, sendo usada a seguinte classificação:

- Peça que aceita pregos: Ausência de rachas e/ou trincas, ou com dimensões insignificantes, não alcançando o topo da amostra;
- Peça que não aceita pregos: Presença de trincas ou rachas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores relativos correspondentes às notas aplicadas na avaliação para o teste de plaina dos corpos de prova estudados estão descritos na Tabela 2.



Tabela 2. Avaliação da madeira de *Hymenaea courbaril* Linnaeus para o teste de plaina

Nota	Tipo de defeito							
	Marcas de cavaco		Grã arrancada		Grã felpuda		Grã levantada	
	C	D	C	D	C	D	C	D
1	87,5%	100%	87,5%	12,5%	50%	25%	100%	100%
2	12,5%	0%	0%	37,5%	25%	12,5%	0%	0%
3	0%	0%	0%	50%	12,5%	25%	0%	0%
4	0%	0%	12,5%	0%	12,5%	37,5%	0%	0%
5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Onde: C - desempenho em concordância; D - desempenho em discordância; Nota 1 - superfície isenta de quaisquer defeitos; Nota 2 - presença de defeitos leves em até metade da peça; Nota 3 - presença de defeitos médios ou leves na maior parte da peça; Nota 4 - presença de defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes; Nota 5 - Presença de defeitos fortes na maior parte da peça.

Para o teste de plaina com desempenho em concordância e discordância, de modo geral apresentaram bons resultados, sendo as notas 1 e 2 em pelo menos 50% das amostras, exceto em relação ao resultado para desempenho em discordância para grã felpuda que apresentou 62,5% para notas 3 e 4. Nenhuma das amostras apresentaram uma expressiva quantidade de grã levantada e 100% das amostras apresentaram nota 1, Indicando que a madeira da espécie aceita o nivelamento apresentando bom acabamento quando submetido a este processo.

Os valores relativos correspondentes às notas aplicadas na avaliação para o teste de lixa dos corpos de prova estudados estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Avaliação da madeira de *Hymenaea courbaril* Linnaeus no teste de lixamento

Nota	Tipo de defeito	
	Riscamento	Grã felpuda
1	100%	37,5%
2	0%	62,5%
3	0%	0%
4	0%	0%
5	0%	0%

Onde: Nota 1 - superfície sem defeitos; Nota 2 - superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça; Nota 3 – presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça; Nota 4 – presença de riscamento ou grã felpuda na maior parte da peça; Nota 5 – presença de riscamento ou grã felpuda em quase que a totalidade da peça.

No teste de lixa a espécie demonstrou acabamento superficial excelente com 100% das peças sem riscamento e 62,5% apresentaram nota 2, apresentando presença de grã felpuda moderadamente em apenas parte das amostras. Os resultados obtidos comprovam a fácil trabalhabilidade da espécie quando submetida ao lixamento, sendo esta uma atividade importante quando o uso da madeira é para fins de acabamento estético. Os



resultados obtidos demonstraram que a madeira se comportou satisfatoriamente na operação de lixamento, sendo esta uma vantagem para fins de acabamento estético.

Os valores relativos correspondentes às notas aplicadas na avaliação para o teste de furação para cavilha dos corpos de prova estudados estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Avaliação da madeira de *Hymenaea courbaril* Linnaeus no teste de furação para cavilha.

Nota	Tipo de defeito		
	Grã felpuda	Arrancamento de grã	Queima da madeira
1	0%	25%	100%
2	0%	62,5%	0%
3	12,5%	12,5%	0%
4	87,5%	0%	0%
5	0%	0%	0%

Onde: Nota 1 - ausência de defeito em qualquer um dos furos; Nota 2 – superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos; Nota 3 – presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio; Nota 4 – presença de defeito severos em um furo, ou presença de defeito médio na maior deles; Nota 5 – presença de defeito severo em mais de um furo.

Para o teste de cavilha as amostras apresentaram resultados regulares onde 87,5% das amostras receberam nota 4 para presença de grã felpuda e 62,5% obtiveram nota 2 para a presença de grã arrancada e nenhuma das espécies apresentou queima da madeira. Observou-se que a furadeira para cavilha se demonstrou pouco eficiente, sendo provável um necessário aumento na rotação do aparelho.

Os valores relativos correspondentes às notas aplicadas na avaliação para o teste de furação para dobradiça dos corpos de prova estudados estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Avaliação da madeira de *Hymenaea courbaril* Linnaeus no teste de furação para dobradiça.

Nota	Tipo de defeito			
	Grã felpuda	Arrancamento de grã	Queima da madeira	Esmagamento de grã
1	12,5%	25%	100%	100%
2	50%	75%	0%	0%
3	37,5%	0%	0%	0%
4	0%	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%	0%

Onde: Nota 1 – ausência de defeito em qualquer um dos furos; Nota 2 – superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos; Nota 3 – presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio; Nota 4 – presença de defeito severos em um furo, ou presença de defeito médio na maior deles; Nota 5 – presença de defeito severo em mais de um furo.



Para furação em dobradiça os resultados obtidos foram bons de modo geral, não apresentando queima da madeira e nem esmagamento de grã em nenhuma das amostras, sendo mais de 50% das amostras com notas 1 e 2 para grã felpuda e arranchamento de grã. Neste teste podemos observar uma melhor adequação do aparelho quando comparado ao teste de furação para cavilha.

Os valores relativos correspondentes às notas aplicadas na avaliação para o teste de rasgo dos corpos de prova estudados estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6. Avaliação da madeira de *Hymenaea courbaril* Linnaeus no teste de rasgo

Nota	Levantamento de fibras
1	37,5%
2	25%
3	37,5%
4	0%
5	0%

Onde: Nota 1 – ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo; Nota 2 – presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer; Nota 3 - presença de levantamento forte em uma e leve em outra; Nota 4 – presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento; Nota 5 – presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo.

No teste de rasgo (Figura 5) por furadeira horizontal foi avaliado o levantamento de fibras provocado por este processo. De modo geral a espécie teve bons resultados sendo 37,5% apresentado nota 1, 25% apresentando nota 2 e 37,5% apresentando nota 3, o que demonstra bom desempenho da espécie para esse teste.



Figura 5. Rasgo produzido na lateral das amostras

Os valores relativos correspondentes às avaliações para o teste de fendilhamento por pregos dos corpos de prova estudados estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7. Avaliação da madeira de *Hymenaea courbaril* Linnaeus no teste de fendilhamento por pregos

Avaliação	% das peças
Sem rachas	75%
Com rachas	25%



No teste de fendilhamento por pregos (Figura 6) a madeira apresentou bons resultados. Das oito amostras submetidas a este teste, apenas 25% apresentaram rachas, sendo apenas uma racha por peça. Portanto a espécie aceita pregos.



Figura 6. Teste de fendilhamento por pregos

4. CONCLUSÃO

A madeira de *Hymenaea courbaril* Linnaeus avaliada se mostrou moderadamente fácil de trabalhar e apresentou resultados satisfatórios nos testes de usinagem, recebendo notas 1 e 2 em pelo menos 50% das amostras. Para o teste de lixamento a espécie apresentou excelentes resultados, demonstrando assim, ser adequada para usos de acabamento superficial na construção civil, indústria moveleira, de esquadrias e assoalhos, bem como para uso em artigos esportivos, cabos de ferramentas e implementos agrícolas. Já para o teste de furação para dobradiça os resultados foram satisfatórios, porém para o teste de furação para cavilha os resultados foram regulares, observou-se que a furadeira para cavilha se demonstrou pouco eficiente, sendo provável um necessário aumento na rotação do aparelho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D1666-11: Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials. Philadelphia, 2011. p. 226-245.

CARVALHO, A. M. Avaliação da Usinagem E Caracterização das Propriedades Físicas da Madeira de Mogno Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). Cerne, Lavras, v. 16, Suplemento, p. 106-114, jul. 2010.

CARVALHO, P. E. R. Espécies Nativas para fins produtivos. Colombo: EMBRAPA-PR, Curitiba-PR, 1998 p. 116-117.

CURY, G.; TOMAZELLO FILHO, M. Descrição Anatômica de Espécies de Madeira Utilizadas na Construção Civil. Floresta e Ambiente, v. 18, n. 3, p. 227–236, 2011.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COSTA, W. S.; SOUZA, A. L.; SOUZA, P.B. Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia de Espécies Nativas da Mata Atlântica. Espécies Nativas da Mata Atlântica. n. 2, 2011.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Madeiras da Amazônia: características e utilização - Amazônia Oriental. Brasília, 1997. v. 3. p. 24-27.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. Fichas de Características das Madeiras Brasileiras. 2a ed. São Paulo: IPT, 1989a. 418 p. (publicação IPT No 1791).

JANKOWSKY, I. P. et al., Madeiras Brasileiras. Caxias do Sul: Spectrum, v. 1, 172 p., 1990.

MARCHESAN, R. et al., Eficiência Técnica no Desdobro principal de toras de três Espécies tropicais. FLORESTA, Curitiba-PR, v. 44, n. 4, p. 629-636, out. / dez. 2014.

PEDRESCHI, R.; GOMES, F. C.; MENDES, L. M. Avaliação do desempenho da madeira na habitação utilizando abordagens de sistemas. Cerne, v. 11, n. 3, p. 283-293, 2005.

SANTOS, P. V. et al., Qualidade tecnológica da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson submetida ao processo de termorreificação. Sci. For., Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 343-350, jun. 2016.

TEIXEIRA, V. C. M. Avaliação da Usinagem da Madeira de Mogno Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). 2011. 45 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek

Luciana Villela¹
Vinícius Mendes¹
Jane Guimarães²
Blêndali Cardoso²
Érica Amaral³
William Rodrigues Martins²
Lourival Marin Mendes¹
José Benedito Guimarães Júnior¹

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Goiás

³ Instituto Federal Goiano



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek

RESUMO: Neste trabalho, objetivou-se a caracterização física, química e anatômica da madeira de *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek. Coletaram-se três árvores na região de Jataí-GO, e foram retirados discos nas posições longitudinais de 0, 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial, para caracterização física e anatômica. Também foi retirado um disco na altura do DAP (diâmetro a altura de 1,3 m do solo) para análise química. Com relação a propriedade física determinou-se a densidade básica de acordo com o método de imersão em água. Para a análise anatômica determinou-se as porcentagens de cerne e alburno e a relação entre eles. Para a caracterização química determinou-se a quantidade de extrativos totais, holocelulose, lignina e cinzas. Os principais resultados encontrados para análise química foram: 11,36 % de extrativos totais; 59,15 % de holocelulose; 28,27 % de lignina e 1,22 % de cinzas. A densidade básica se apresentou decrescente da base para o topo, sendo a madeira considerada de média densificação. A relação cerne/alburno foi maior nos discos coletados na base da árvore e menores no ápice.

Palavras-chave: Caracterização físico-química, características anatômicas, cafézinho

EVALUATION QUALITY THE WOOD *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek

ABSTRAT: In this work, the objective was the physical, chemical and anatomical characterization of the wood of *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek. Three trees were collected in the Jataí-GO region, and disks were removed at the longitudinal positions of 0, 25, 50, 75 and 100 % of the commercial height, for physical and anatomical characterization. A disk at the height of the DAP (diameter at the height of 1.3 m from the soil) was also removed for chemical analysis. With respect to physical property the basic density was determined according to the method of immersion in water. For the anatomical analysis the percentages of heartwood and sapwood and the relation between them were determined. For the chemical characterization, the amount of total extractives, holocellulose, lignin and ash was determined. The main results for chemical analysis were: 11.36 % of total extractives; 59.15 % holocellulose; 28.27 % lignin and 1.22 % ash. The basic density presented decreasing from the base to the top, the wood being considered medium densification. The core / sapwood ratio was higher in the discs collected at the base of the tree and smaller at the apex.

KEW-WORDS: Physical-chemical characterization, anatomical characteristics, coffee

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado perde apenas para a Amazônia como maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km², cerca de 22 % do território nacional (BRASIL, 2016). A maior parte está localizada no Planalto Central Brasileiro que,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

conforme a denominação, compreende regiões de elevadas altitudes, na porção central do país (SANTOS, 2015). O Cerrado brasileiro compreende um gradiente natural de fisionomias, de campos abertos a savanas e florestas, dependendo das condições do solo e da disponibilidade de água no local (SILVA *et al.*, 2015).

Dentre as espécies arbóreas do cerrado destaca-se o *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek, conhecido como cafezinho ou cafezinho-do-cerrado, que apresenta ampla distribuição no Brasil, principalmente em áreas ribeirinhas, sendo muito utilizado para fins medicinais (SILVA, *et al.*, 2012).

A qualidade da madeira se refere à sua capacidade para atender aos requisitos necessários para a fabricação de um produto, ou ainda, como a combinação de propriedades físicas, químicas, anatômicas e estruturais da árvore ou de suas partes que levam a um máximo aproveitamento e uma melhor aplicabilidade para determinado fim (AMORIN *et al.*, 2013).

Do ponto de vista da tecnologia da madeira, uma propriedade anatômica importante é a quantificação das porcentagens de cerne e alburno porque um maior percentual de um ou outro influencia nas utilizações dadas à madeira (OLIVEIRA, 1997). Com relação a propriedade física, a determinação de sua densidade é um dos principais parâmetros de qualidade quando se visa sua utilização como matéria-prima industrial ou energética (RIBEIRO, *et al.*, 2011). Já com relação aos seus constituintes químicos, as hemiceluloses atuam como matriz de suporte para as microfibrilas de celulose, a celulose confere à fibra vegetal resistência à tração paralela, já a lignina é parcialmente responsável por sua resistência à compressão (GARCÍA HORTAL, 2007).

As características tecnológicas referentes à madeira de *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek em relação a sua anatomia, propriedades físicas e químicas são pouco expressivos, necessitando de mais estudos científicos sobre esta madeira, proporcionando assim um melhor conhecimento sobre essa espécie e possibilitando o desenvolvimento e sua exploração na região onde se encontra.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar as características físicas, químicas e a relação cerne/alburno da madeira de *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek provenientes de uma área de mata seca localizada em Jataí- GO.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção do material

O material utilizado foram árvores da espécie *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek proveniente de uma área de mata seca localizada em Jataí – GO (17S52'51" 51W42'50"). Uma amostra botânica foi registrada no Herbário Jataiense da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí. Foram obtidas três árvores de onde foram retirados discos nas posições longitudinais de 0, 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial, para determinação da densidade básica, porcentagem de cerne e alburno e relação cerne/alburno. Também foi retirado um disco na altura do DAP (diâmetro a altura de 1,3 m do solo) para análise química.

2.2 Análises físico-químicas

A densidade básica foi determinada de acordo com o método de imersão em água, conforme descrito pela norma técnica NBR 11941. Para a análise da

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

composição química da madeira as amostras foram primeiramente transformadas em serragem em moinho tipo Wiley, conforme a norma TAPPI T257 om-92 (1996). As análises foram efetuadas na fração de serragem, classificadas em peneiras de 40/60 mesh (ABNT 1998/ TAPPI 1994) e condicionadas a uma umidade relativa de 50 ± 2 % e temperatura de 23 ± 1 °C. Para determinar o teor de extrativos totais da madeira de *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek utilizou-se a norma NBR 7987 T204 om-88 (1996). A composição química da madeira foi determinada em amostras livres de extrativos, após a extração em etanol/tolueno, etanol e água quente, de acordo com a Norma NBR 7988. O teor de lignina foi determinado pela norma T222 om-88. O teor de cinzas foi obtido pelo método T211. O percentual de holocelulose foi obtido por diferença.

2.3 Caracterização anatômica macroscópica

Os procedimentos utilizados para determinação da relação cerne/alburno (C/A) estão de acordo com a metodologia descrita por Evangelista (2007). Inicialmente identificou-se, em cada torete, a região limite entre cerne e alburno, com o auxílio de uma lupa com aumento de dez vezes, observando-se a alteração na cor e a ocorrência de poros obstruídos por tilos, denotando, portanto, a região do cerne. De uma extremidade à outra de cada torete, traçaram-se duas retas perpendiculares, passando pelo centro da medula. Foram feitas as medições do diâmetro total e do diâmetro do cerne com uma régua de precisão igual a 10 mm. A relação cerne/alburno (C/A) foi calculada pela fórmula:

$$C/A = Dc^2/(D^2-Dc^2)$$

Sendo,

Dc: Diâmetro do cerne, em cm; e,

D: Diâmetro do disco sem casca, em cm.

2.4 Análise dos resultados

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Para avaliação da densidade básica e relação cerne/alburno nas diferentes posições utilizou-se regressão linear, com teste “F” a 5 % de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade da madeira de *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek (Figura 1) é maior nos discos coletados na base da árvore e diminui ao longo desta, sendo os menores valores encontrados no ápice, onde a madeira é mais jovem. O valor médio encontrado foi $0,56 \text{ g/cm}^3$ sendo considerada de média densidade de acordo com a classificação do IPT (1956) que caracteriza as madeiras consideradas de baixa densidade quando apresentam valor menor ou igual a $0,500 \text{ g/cm}^3$; de densidade média, de $0,500 \text{ g/cm}^3$ a $0,720 \text{ g/cm}^3$ e madeiras densas acima de $0,720 \text{ g/cm}^3$.

A densidade da madeira está diretamente relacionada à porosidade (SANTOS, 2008), segundo Angyalossy *et al.* (2005) a densidade da madeira está diretamente relacionada à quantidade de celulose que a constitui, e Trugilho (2011) complementa que, a madeira apresenta uma rápida elevação dos valores de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

densidade da fase juvenil até atingirem a maturidade, devido ao ritmo de crescimento, ou seja, taxa de incorporação de biomassa crescente, tendendo a se estabilizar quando a árvore atinge a fase adulta.

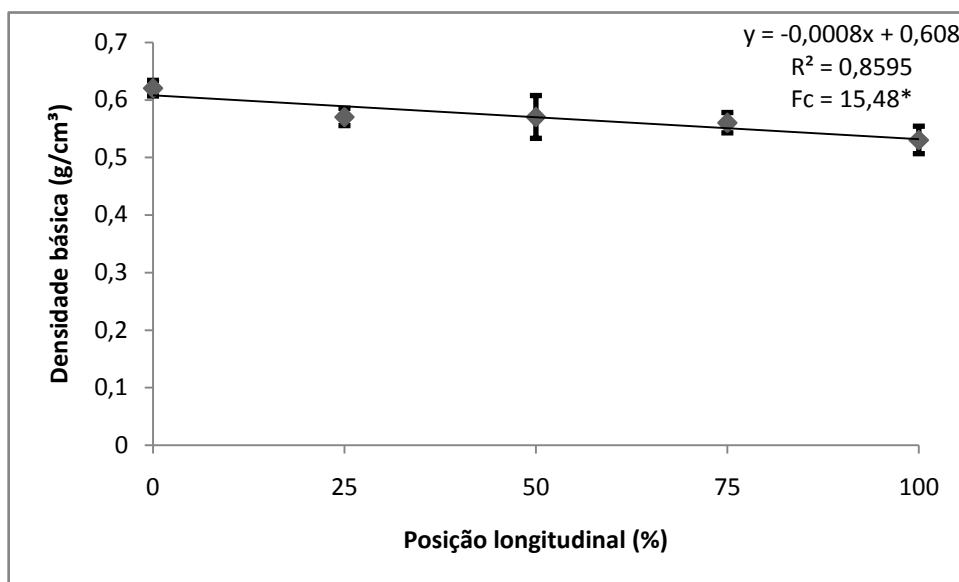


FIGURA 1 – Gráfico de densidade básica de *Rhamnidium elaeocarpum* Resisek.

Na Figura 2 estão apresentados os resultados da análise química para a madeira de *Rhamnidium elaeocarpum* Resisek, que apresentou média dos valores de extrativos de 11,36 %, sendo este valor próximo aos observados por GUIMARÃES JÚNIOR *et al.* (2012) para madeira de desrama de *Acaciámangium* Willd, encontrado valores médios de 12,6 %.

O teor de lignina apresentou-se com um valor alto, de acordo com Santos (2008), no qual os valores de lignina estão correlacionados diretamente com a densidade da madeira, desta forma essa madeira apresenta boas características para fins comerciais, principalmente para fins energéticos.

Com relação ao teor de cinzas verifica-se que a média foi alta, considerando o intervalo de variação mencionado por Tsoumis (1991), onde o intervalo normal é de 0,2 a 1 %. Neste sentido, sugere-se a utilização desta madeira com cautela pela indústria de desdobra, uma vez que valores acima do intervalo normal podem levar a desgaste acentuado em equipamentos de corte.

Os valores de holocelulose foram inferiores aos observado por Trugilho *et al.* 2011, avaliando diferentes clones de eucaliptos, concluindo que menores valores destes carboidratos proporcionam madeiras com melhor desempenho energético.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

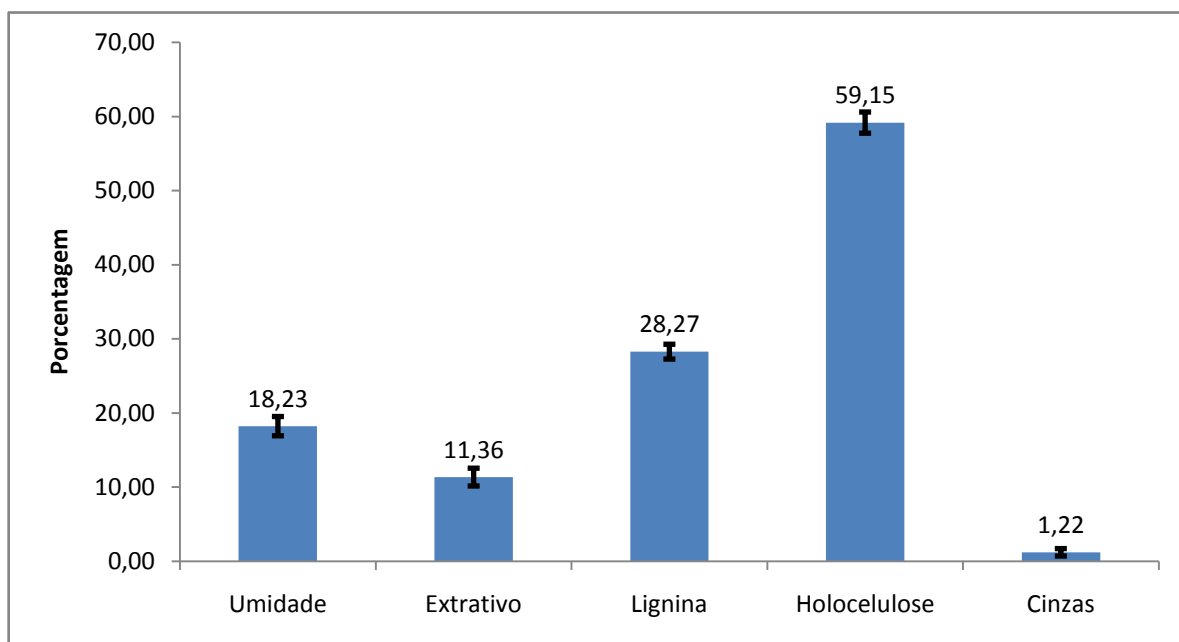


FIGURA 2 – Análise química da madeira de *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek (CV = I).

A porcentagem de cerne (figura 3) apresentou valores maiores nas posições longitudinais de 0 % e 25 % da altura comercial, sendo que nestas posições também são apresentadas uma maior densidade de madeira, pois o cerne apresenta uma maior obstrução dos vasos por tilos, apresentando assim menores espaços vazios.

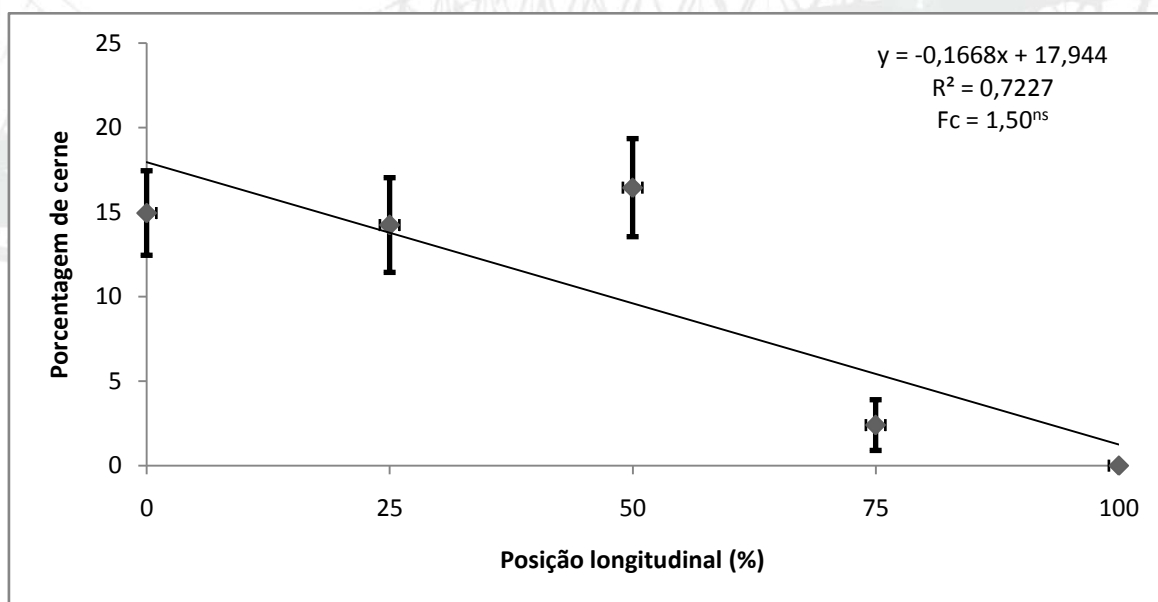


FIGURA 3 – Porcentagem de cerne de *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek.

Segundo Trevisan *et al.* (2008), a presença de maior ou menor porcentagem de cerne e alburno na madeira auxilia na definição de seu uso nos produtos finais. Por exemplo, quanto maior a porcentagem de alburno na árvore, melhor será a sua capacidade de impregnação com produtos preservativos. Assim, essa diferença

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





encontrada nas proporções de albúrnio e cerne da madeira do cafeeiro irá interferir também no teor de taninos da madeira, uma vez que a maior parte dos taninos se encontra no cerne.

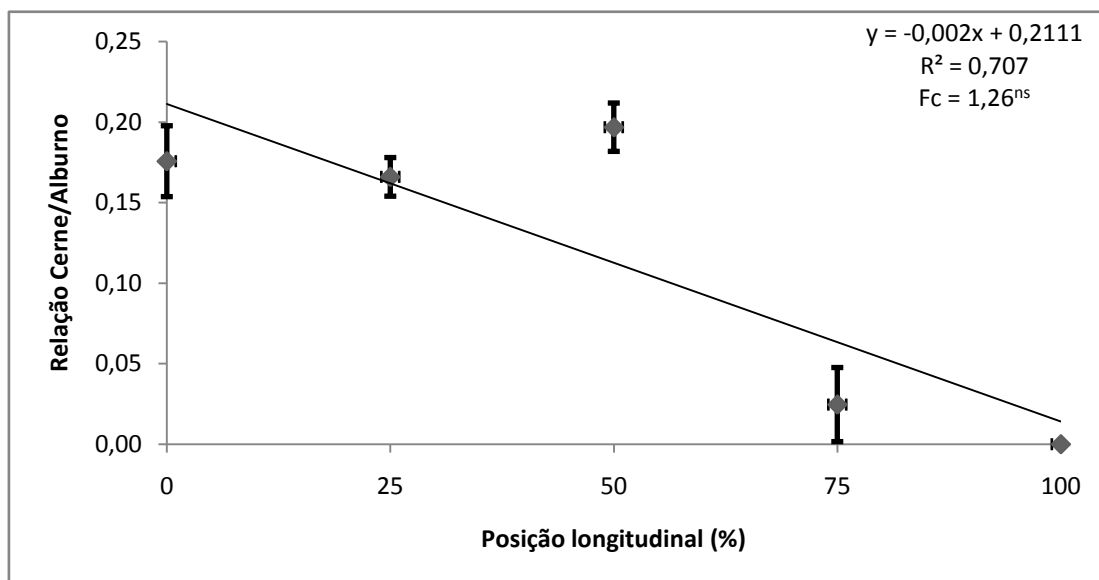


FIGURA 4 – Relação cerne/albúrnio de *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek.

Observa-se que houve um decréscimo significativo da relação cerne/albúrnio no sentido longitudinal da árvore (figura 4). De acordo com Santos *et al.* (2004), isso se deve a participação das camadas recém-formadas na proporção total de madeira que vai aumentando gradativamente da base para o topo do caule. Assim, proporcionalmente, existe mais madeira jovem do que adulta nas posições mais altas, e como o desenvolvimento do cerne acompanha o avanço da idade do lenho, a proporção do mesmo é maior onde o lenho é mais velho, ou seja, a proporção de cerne diminui da base para o topo da árvore. Sendo assim, madeiras de maiores diâmetros apresentam maior área de cerne, e conseqüentemente maiores relações C/A.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados para a madeira de *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek, espécie nativa do cerrado é possível concluir que:

- A madeira foi considerada de média densificação, com variação da densidade decrescendo da base para o topo.
- Os altos teores de cinza podem prejudicar a utilização desta madeira para fins de desdobro
- Pelo seus valores de alta quantidade de lignina e baixa holocelulose essa madeira pode apresentar boa qualidade energética.
- A madeira apresentou tendência decrescente de sua relação cerne/albúrnio ao longo do eixo longitudinal (base-topo).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

REFERÊNCIAS

ANGYALOSSY, V.; AMANO, E.; ALVES E.S. Madeiras utilizadas na fabricação de arcos para instrumento de corda: aspectos anatômicos. Acta Botanica Brasílica. v. 19, n. 4. Brasília, DF, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Técnicas. NBR 7988 – Determinação de extratíveis da madeira em água, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Técnicas. NBR 7987 – Determinação de extrativos totais madeira, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11941: Madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Bioma Cerrado - 2016. Disponível em: . Acesso em: 6 fev. 2017.

EVANGELISTA, W.V. Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril. 2007. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

GARCÍA HORTAL, J. A. Fibras papeleras. Barcelona: UPC, 2007. 243 p

GUIMARÃES JÚNIOR, J.B.; ARAÚJO, E.F.; AGUIAR, A.S.; MARTINS, E.H.; LOPES, O. Caracterização da madeira de desrama da *Acacia mangium* Willd cultivada no sul do estado do Piauí para fins técnicos. Enciclopédia Biosfera. v. 10, n. 18, Goiânia, GO, 2014.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Madeiras ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 2014 2989 nacionais: tabelas de resultados de ensaios físicos e mecânicos. Boletim IPT, São Paulo, n.31, 1956.

OLIVEIRA, J. T. S. Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil. 1997. 429 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

RIBEIRO, A.O.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; ZIECH, R. Q.; MENDES, R. F. Variação da densidade básica da madeira de *Toona ciliata* Roem cultivada em diferentes localidades. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 359-366, set. 2011.

SANTOS, C. O espírito do capitalismo na ocupação dos cerrados brasileiros nos estados da Bahia e do Piauí. GOT, Revistade Geografia e Ordenamento do Território, n. 8, p. 229-253, 2015. Disponível em: Acesso em: 7 fev. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.17127/got/2015.8.012>

SANTOS, P. E. T. GARCIA, J. N. GERALDI, I. O. Posição da tora na árvore e sua relação com a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 66, p. 142-151, 2004.

SANTOS, I.D. Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado. UnB. Brasília, 2008.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SILVA, R.B.M.D., FRANCELINO, M.R., MOURA, P.A., MOURA, T.A., PEREIRA, M.G., OLIVEIRA, C.P.D. Soil-vegetation relation in cerrado environment under influence of the group Uruçuia. *Ciência Florestal*, v. 25, n. 2, p. 363-373, 2015.

SILVA, L.A.; SALES, J.F.; OLIVEIRA, J.A.; SANTOS, H.O.; SOARES, M.A.; LARA, T.S. Alterações fisiológicas em sementes de cafeeiro-do-cerrado [*Rhamnidium elaeocarpum* Reissek (Rhamnaceae)] submetidas à secagem. In: I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Rio Verde do IFGoiano, 2012. Anais... Rio Verde, GO, 2012.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY-TAPPI. Acid – insoluble lignin in wood and pulp. TAPPI T-222 om-88. Atlanta: Tappi Press, 1999b.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY - TAPPI -. TAPPI test methods T 257 cm-85: sampling and preparing wood for analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, 1996. v.1.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. Basic density and moisture content of pulpwood. Atlanta: TAPPI, 1994.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A.; CALEGARI, L. Variação radial da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill exMaiden. *Floresta*, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 553-559, 2008.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. *Revista Cerne*, Lavras, v. 7, n. 2, p. 114-201, jul./dez. 2001.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligma*. *Revista Cerne*. UFLA- Lavras-MG, 1996.

TSOUMIS, G. Science and technology of Wood: structure, properties, utilization. New York: Chapman & Hall, 1991. 494p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA NA INTERFACE MADEIRA E ADESIVO EM CORPOS DE PROVA PADRONIZADOS DE CISALHAMENTO

Aléxia Brandão Ribeiro¹
Nilson Tadeu Mascia¹
Benedetto Pizzo²
Paolo Burato²

¹ UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas)

² IVALSÀ (Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree)



AValiação DA RESISTÊNCIA NA INTERFACE MADEIRA E ADESIVO EM CORPOS DE PROVA PADRONIZADOS DE CISALHAMENTO

Resumo: O uso de sistemas compósitos em laminas vem sendo incrementado na engenharia de estruturas decorrente da necessidade cada vez maior de se obter materiais com melhores propriedades de rigidez e de resistência em direções definidas. Nesse contexto, torna-se necessário o estudo destes materiais compósitos e suas propriedades mecânicas para se estabelecer critérios de segurança para o correto dimensionamento. Portanto, esse trabalho tem como objetivo avaliar a tensão de cisalhamento na linha da cola em relação à da madeira maciça utilizando-se a madeira Spruce (*Picea abies*) e dois diferentes tipos de adesivos, um epóxi e um poliuretano, através de ensaios padronizados. Ao final, conclui-se que ambos os adesivos apresentaram bons resultados na colagem da madeira Spruce segundo parâmetros internacionais e que é recomendado sua utilização para as aplicações de compósitos de madeira, como na madeira laminada colada.

Palavras-chave: Epóxi; Poliuretano; Qualidade da Colagem; Spruce (*Picea abies*);

STRENGTH ASSESSMENT IN THE INTERFACE OF WOOD AND ADHESIVE OF SHEAR STANDARD TEST SPECIMENS

Abstract: The composite systems' use has been incremented in structural engineering through the increasing need of materials with greater rigidity and resistance properties in defined directions. In this context, it is necessary to study these composite materials and their mechanical characteristics for the development of safety criteria and consequently the correct design. Therefore, this work aims to assess the shear stress on the glue line to the shear stress on the solid wood using the wood specie Spruce (*Picea abies*) and two different types of adhesives, an epoxy and a polyurethane, through standard tests. At the end, it is concluded that both adhesives have good performance in the bonding of the wood and their use are recommended for applications in wood composites, such as laminated wood.

Keywords: Epoxy; Polyurethane; Bond Quality; Spruce (*Picea abies*);

1. INTRODUÇÃO

O uso de sistemas compósitos em laminas, por exemplo, viga laminada colada vem sendo incrementado na engenharia de estruturas. Em geral um material compósito é constituído por um conjunto de materiais heterogêneos associados para realizarem uma função que os materiais constituintes isoladamente não poderiam exercer.

Pesquisas na área de materiais compósitos têm sido bastante intensas nas últimas décadas, fato esse decorrente da necessidade cada vez maior de se obter materiais com melhores propriedades de rigidez e de resistência em direções definidas, bem como, com redução de custos de fabricação desses sistemas.

Na engenharia civil, particularmente na área de estruturas de madeira, as vigas de madeira laminada colada (MLC) constituem-se num exemplo importante. Pois em sua forma natural, a madeira pode apresentar defeitos, como nós, que diminuem sua capacidade resistente. A laminação, para formação de um conjunto estrutural mais eficaz, é uma das soluções para um melhor aproveitamento da madeira (BODIG e JAYNE, 1982).

Por tratar-se de um material compósito, a madeira laminada colada possui diferentes propriedades do seu material componente fazendo-se necessário um melhor conhecimento sobre seu desempenho mecânico.



Sobre a resistência ao cisalhamento da junta colada a norma brasileira NBR 7190 (ABNT, 1997) prescreve que deve ser no mínimo igual à resistência ao cisalhamento longitudinal da madeira, porém isso não ocorre na maioria das colagens.

Por outro lado, Pizzo e Smedley (2015) consideram que se o produto das relações entre a tensão cisalhante na linha de cola e a tensão cisalhante na madeira maciça seca e úmida deverá ser pelo menos 0,8 para ser considerada uma colagem de boa qualidade. Nesse contexto, torna-se necessário um melhor conhecimento para se estabelecer melhores critérios de dimensionamento.

Tendo isso em vista, esse trabalho tem como objetivo avaliar a tensão de cisalhamento na linha da cola em relação à da madeira maciça utilizando-se a madeira Spruce (*Picea abies*) e dois diferentes tipos de adesivos, um epóxi e um poliuretano, através de ensaios destrutivos.

2. MATERIAIS

2.1. Madeira

A madeira utilizada foi Spruce (*Picea abies*) uma espécie italiana de grande utilização em madeira laminada colada e em CLT (*Cross laminated timber*). Pode ser comparada em termos de propriedades físicas e mecânicas à espécie *Pinus* do Brasil.

Ela é classificada como C24 na EN 338:2009 (Tabela 1). No Brasil (ABNT-NBR 7190/97) se enquadraria em relação às classes de resistência entre C20 e C25, e para propriedade de elasticidade entre C25 e C30.

Tabela 1. Propriedades físico-mecânicas C24

Propriedades	
Resistência Tração Paralela Característica (Mpa)	14
Resistência Tração Perpendicular Característica (Mpa)	0,4
Resistência Compressão Paralela Característica (Mpa)	21
Resistência Compressão Perpendicular Característica (Mpa)	2,5
Resistência ao Cisalhamento Característica (Mpa)	4
Módulo de Resistência à Flexão Característica (Mpa)	24
Módulo de Elasticidade Longitudinal Média (GPa)	11
Módulo de Elasticidade Transversal Média (GPa)	0,69
Densidade Característica (kg/m ³)	350
Densidade Média (kg/m ³)	420

Madeira em situação de equilíbrio com temperatura de 20°C e 65% de umidade do ar.

Fonte. Adaptado de EN 338:2009

Segundo Pizzo et al. (2003), a resistência média ao cisalhamento calculada a partir de ensaios em mais de 150 corpos de prova cortados de diferentes pranchas é de 8,2 MPa com coeficiente de variação (CV) de 17%. Sendo que os valores variaram de um mínimo de 4 MPa à um máximo de 14 MPa (95% destes valores estando entre 5 e 10,5 MPa).

2.2 Adesivos

2.2.1 Epóxi

O primeiro adesivo utilizado foi o Mapei Mapewood Gel 120, um adesivo epoxídico isento de solvente com consistência de gelatina composta de dois componentes que devem



ser misturadas antes da utilização (Parte A = resina e Parte B = endurecedor), a Tabela 2 trás suas principais propriedades mecânicas (MAPEI, 2010).

Tabela 2. Informações Técnicas Mapei Mapewood Gel 120

Propriedades (valores típicos)	
Densidade (kg/m ³)	1010
Cisalhamento à compressão (MPa)	9
Resistência à tração (MPa)	30
Resistência à compressão (MPa)	65
Módulo de resistência à flexão (MPa)	60
Módulo de elasticidade na flexão (GPa)	2
Módulo de elasticidade na compressão (GPa)	5

Fonte: Mapei (2010)

2.2.2 Poliuretano

O segundo adesivo utilizado foi o PURBOND® HB S609, um adesivo poliuretano monocomponente. Os adesivos de poliuretano monocomponente (1C PUR) são classificados como adesivos reativos. A cura destes produtos - a formação de uma ligação forte capaz de suportar as cargas requeridas - envolve uma reação química. A vantagem de utilizar-se um adesivo monocomponente é que o segundo componente é a umidade e a umidade está normalmente presente em quantidade adequada na atmosfera e particularmente na madeira.

A tecnologia de poliuretano para a construção de painéis termo-portantes foi pioneira na década de 1980 por Purbond, na Suíça. A primeira cola PUR para a produção de elementos estruturais em painéis laminados foi aprovada pela Purbond em 1994 na Alemanha. É um adesivo novo para aplicação estrutural se comparado com as resinas epóxi, mas está ganhando mercado na Europa e propõe maior sustentabilidade (HENKEL AG & CO, 2017).

Obucina e Gondzic (2014) realizaram ensaios com esta cola e chegaram à valores médios para a resistência ao cisalhamento de 2,51 MPa, 4,92 MPa e 3,7MPa em peças confeccionadas nas pressões de 12MPa, 14MPa e 16MPa, respectivamente.

3. MÉTODOS

O desenvolvimento experimental foi realizado por Mascia (2016-Relatório de pesquisa do CNPq), no centro de pesquisa CNR (*Consiglio Nazionale delle Ricerche*)-Ivalsa, Sesto Fiorentino, Itália.

3.1 Corpos de prova

Para a realização dos ensaios de cisalhamento na madeira e na linha da cola foram utilizadas peças de madeira de Spruce, as quais foram aparelhadas, e condicionadas para as condições de teor de umidade ao redor de 12%, em câmara de condicionamento.

Após esta etapa, foram coladas as duas peças lado a lado, utilizando os dois diferentes tipos de adesivos Epóxi e Poliuretano e colocadas em equipamento de pressão para a completa adesão do adesivo nas peças de madeira. A pressão adotada foi de cerca de 0,8 Mpa por cerca de 24 horas. Após a completa cura dos adesivos os corpos de prova foram mantidos em câmara de condicionamento até serem ensaiados.



As dimensões dos corpos de prova foram as propostas por Pizzo e Smedley (2015). Este tipo de arranjo foi escolhido, pois se pode fazer a comparação direta entre a resistência ao cisalhamento da madeira maciça com a madeira colada, pois se tratando de um mesmo corpo de prova as variabilidades típicas da madeira que influenciam diretamente em sua resistência como espessura dos anéis de crescimento, variação dos anéis, orientação das fibras, entre outros são minimizadas (Figura 1).

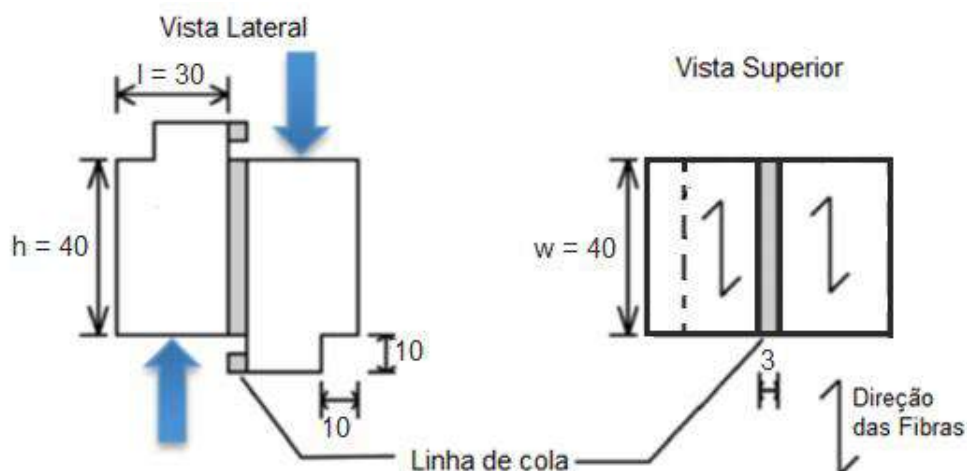


Figura 1. Esquema dos corpos de prova (dimensões em mm)
Fonte. Adaptado de Pizzo e Smedley (2015)

Foram elaborados 8 corpos de prova para cada uma das situações tanto para os ensaios de cisalhamento no compósito e na madeira. Após a preparação dos corpos de prova houve a necessidade do descarte de alguns corpos de prova devido a defeitos como nós e fissuras totalizando um número menor de corpos de prova para a realização efetiva dos ensaios. Na Tabela 3 está listado o total dos corpos de prova ensaiados.

Tabela 3. Total de corpos de prova ensaiados

Adesivo	Cisalhamento do Compósito	Cisalhamento da Madeira
Epóxi	8	8
PU	6	6

3.2 Ensaio

Para o ensaio foi utilizado a máquina universal de ensaios Shimadzo de capacidade 50kN, localizada no Laboratório de Ensaios Mecânicos, do Ivalsa (*Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree, Sesto Fiorentino, Florença, Itália*). Os ensaios foram realizados com temperatura ambiente de 25° C, umidade relativa do ar 50%. A velocidade de ensaio adotada foi de 20mm/min. A Figura 2 mostra o equipamento para ensaio de cisalhamento em corpo de prova de cisalhamento e o aparato de ensaio com um corpo de prova alocado na posição para ensaio.

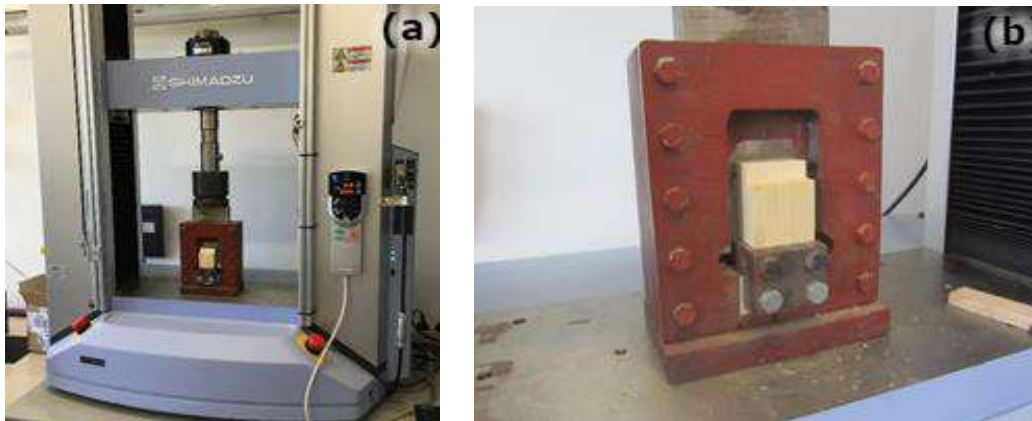


Figura 2. (a) Equipamento de ensaio (b) aparato de ensaio para corpo de prova de cisalhamento à compressão.
Fonte. Mascia (2016)

Para o cálculo das tensões de cisalhamento máximas fez-se a razão entre a força última de ruptura aplicada e a área cisalhante, para tanto, foram consideradas as dimensões reais (h e w) dos corpos de prova aferidas em laboratório.

$$\tau = \frac{F_{m\acute{a}x}}{h \cdot w} \quad (1)$$

Onde:

τ é a tensão de cisalhamento de ruptura;

$F_{m\acute{a}x}$ é a força máxima aplicada;

h é a largura conforme Figura 1;

w é a espessura conforme Figura 1.

Para avaliar a influência da colagem na resistência ao cisalhamento utilizou-se o parâmetro “ η ” que se trata da relação entre as resistências na linha de cola e na madeira maciça (PIZZO e SMEDLEY, 2015).

$$\eta = \frac{\tau_{lc}}{\tau_m} \quad (2)$$

Onde:

η é a relação entre as tensões resistentes (linha de cola/ madeira);

τ_{lc} é a tensão cisalhante resistente na linha de cola;

τ_m é a tensão cisalhante resistente da madeira.

3.3 Análise Estatística das médias entre as amostras

Seja μ_1 a média da primeira amostra de μ_2 a média da segunda amostra. Para se testar se estas duas amostras pertencem a um mesmo universo, emprega-se a seguinte hipótese:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ versus } H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Calculando-se a significância através da expressão 3.



$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \leq t\phi(P\%) \quad (3)$$

Onde:

- x_1 é a estimativa da média da amostra 1;
- x_2 é a estimativa da média da amostra 2;
- s_1 é o desvio padrão da amostra 1;
- s_2 é o desvio padrão da amostra 2;
- n_1 é a quantidade de amostras da população 1;
- n_2 é a quantidade de amostras da população 2;
- $t\phi(P\%)$ é o valor de 't-Student' com P% de confiança.

Aceita-se a hipótese $H_0: \mu_1 = \mu_2$ versus $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ caso, ou seja, as amostras pertencem ao um mesmo universo, não havendo diferença entre as amostras.

Por outro lado, para se verificar se as médias das amostras são estatisticamente equivalentes, isto é, se o intervalo da diferença das médias μ_2 e μ_1 contém o zero, determina-se o seguinte intervalo:

$$\Delta_- = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t\sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2} \leq \mu_2 - \mu_1 \leq (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t\sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2} = \Delta_+ \quad (4)$$

A fim de analisar estatisticamente a diferença entre as médias das resistências ao cisalhamento estudadas, realizou-se o teste denominado: "TWO SAMPLE" com $\alpha = 0,05$ que define um intervalo com 95% de confiança da diferença entre as médias das amostras. Com $t(\alpha/2)$ definido em tabela padrão em função dos graus de liberdade (df) definido na equação 3 (RYAN e JOINER, 1994).

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)}{\frac{1}{n_1 - 1} \left(\frac{s_1^2}{n_1}\right) + \frac{1}{n_2 - 1} \left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)} \quad (5)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tensões máximas para cada corpo de prova nos ensaios da linha de cola e da madeira maciça são apresentadas no gráfico da Figura 3.

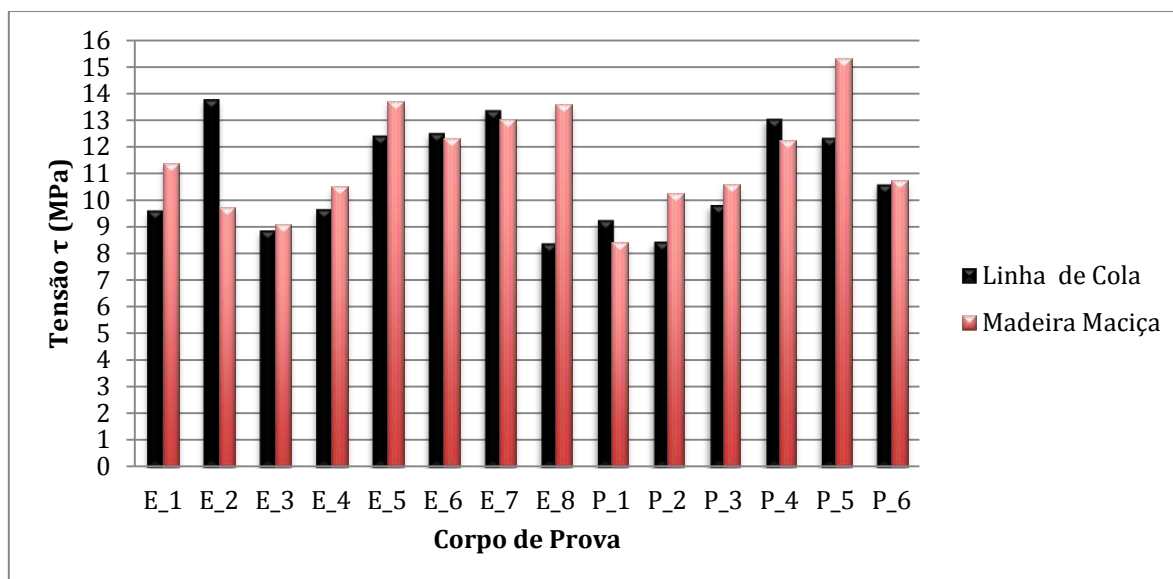


Figura 3. Tensão cisalhante máxima para cada corpo de prova ensaiado

Através deste, pode-se observar que os corpos de prova (CP) melhor comportados foram o P_6 com uma relação entre resistências de 0,99 e o E_3 com relação de 0,98.

No geral, observa-se uma dispersão nos valores de resistências. Sendo que, 35,7% dos corpos de prova apresentam valores superiores de resistência na linha de cola em relação à resistência madeira maciça enquanto 64,3% apresentam o comportamento contrário.

A seguir, apresentam-se as relações de resistência ao cisalhamento para os oito corpos de prova com o adesivo epóxi (Tabela 4).

Tabela 4. Tensão Cisalhante Resistentes nos corpos de prova de madeira colada com Epóxi e da madeira maciça e a relação entre elas

CP	τ_{lc} (MPa)	τ_m (MPa)	η
E_1	9,61	11,38	0,84
E_2	13,78	9,74	1,41
E_3	8,86	9,08	0,98
E_4	9,66	10,50	0,92
E_5	12,42	13,71	0,91
E_6	12,51	12,32	1,02
E_7	13,36	13,04	1,02
E_8	8,38	13,58	0,62
Média	11,07	11,67	0,95

O menor valor de resistência observado foi o obtido para o corpo de prova E_8 (8,38 MPa) no ensaio de cisalhamento da cola, para esse mesmo corpo de prova tem-se umas das melhores performances da madeira (13,58 MPa) o que indica uma falha na colagem deste corpo de prova ou um defeito na madeira localizado próxima a região da linha de cola.

O efeito oposto ocorreu no corpo de prova E_2 que obteve um dos piores desempenhos da madeira (9,74 MPa) e a maior resistência na região da cola (13,78 MPa), indicando uma colagem eficaz que pode ter contribuído com a resistência da madeira em seu estado natural.



Na Tabela 5 são apresentados os resultados dos seis corpos de prova com o adesivo poliuretano.

Tabela 5. Tensão Cisalhante Resistentes nos corpos de prova de madeira colada com PU e da madeira maciça e a relação entre elas

CP	τ_{lc} (MPa)	τ_m (MPa)	η
P_1	9,24	8,43	1,10
P_2	8,45	10,26	0,82
P_3	9,82	10,59	0,93
P_4	13,04	12,24	1,07
P_5	12,32	15,31	0,81
P_6	10,59	10,74	0,99
Média	10,58	11,26	0,94

Já o adesivo poliuretano a menor relação observada foi a do CP P_5 o que pode ser explicado pela alta resistência alcançada pela madeira neste CP.

Seguindo as equações 3, 4 e 5 automatizadas através do software MINITAB®, os resultados podem ser vistos na tabela 6.

Tabela 6. Two sample T for C1 vs C2

	n	Média (μ)	StDev	SEMean
C1	8	11,07	2,16	0,76
C2	6	10,58	1,79	0,73

95% CI for μ C1 - μ C2: (-1,83; 2,82)
T-Test μ C1 = μ C2 (vs not =): T = 0,47 P = 0,65 df = 11 t ϕ (95%) = 1,796

Como $t < t\phi(95\%)$ pode-se concluir que as amostras pertencem a um mesmo universo. Destaca-se, também, que o intervalo das diferenças entre as amostras é **$\{-1,83 \text{ MPa} \leq d \leq 2,82 \text{ MPa}\}$ contem o zero com 95% de probabilidade.**

Em vista dos resultados dos testes de hipótese, via TWOSAMPLE, é possível concluir que as amostras são estatisticamente equivalentes.

Na Figura 4 podem-se observar dois dos corpos de prova depois de ensaiados, um na lamina de cola quanto e um do ensaio na madeira maciça.

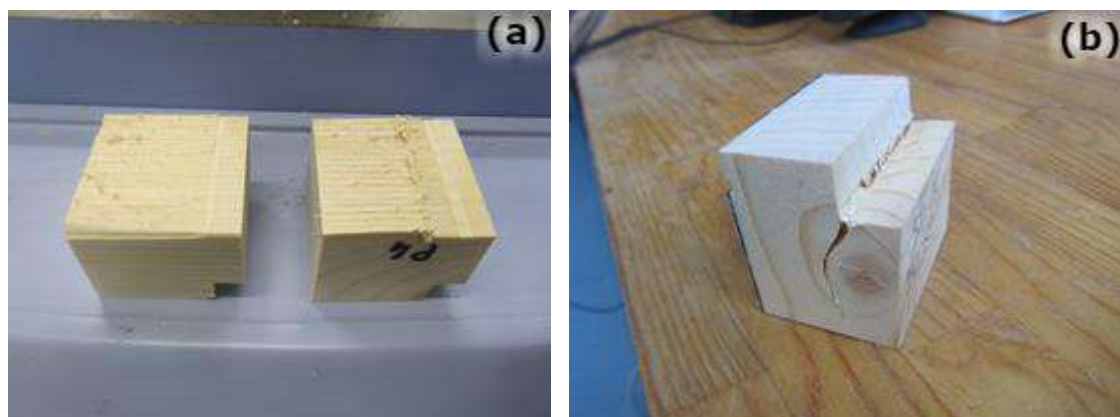


Figura 4. Corpo de prova após ensaio de cisalhamento (a) linha da cola (b) madeira



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A falha observada no corpo de prova de madeira maciça (próxima à aplicação da pressão) indica uma ruptura prematura da madeira devido a uma falha localizada em uma região de concentração de tensões, que pode ser o motivo da menor resistência em alguns corpos de prova em relação à resistência na linha de cola.

5. CONCLUSÕES

Segundo a normativa brasileira, somente os corpos de prova com resistência relativa acima de 1, que significa que a resistência da linha de cola é superior à da madeira maciça, estariam conformes, isso representaria somente 35,7% dos corpos de prova e reprovaria a média de ambas as colas.

Adaptando-se para este trabalho, onde foram ensaiadas somente amostras secas, sugere-se o uso de adesivos com pelo menos $\eta > 0,9$. Em vista que a resistência relativa foram em média 0,95 e 0,94 para a cola epóxi e poliuretano, respectivamente, conclui-se que ambas as colas apresentaram bons resultados na colagem da madeira Spruce e que é recomendado sua utilização para as aplicações de compósitos de madeira, como na madeira laminada colada.

Não houve uma diferença expressiva entre o desempenho das duas colas demonstrada pela análise estatística, mostrando que a hipótese de que a diferença entre as médias seja inexistente está dentro do intervalo das diferenças das médias com 95% de confiabilidade.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, ao CNR-Ivalsa, Itália e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *NBR7190*: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

BODIG, J.; JAYNE, B. A. *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Van Nostrand, New York, N.Y. 430 p. 1982.

EUROPEAN STANDARD (*EN 338*). Structural Timber. Strength Classes. Brussels. 14p. 2009.

Henkel AG & Co. Purbond. Switzerland, 2017.

MAPEI®. Mapewood Gel 120. Milano, Italia, 2010.

MASCIA, N. T. Estudo de propriedades de fibras e seus compósitos para análise de vigas laminadas coladas de madeira reforçadas por fibras. Relatório de atividades sobre pesquisa de bolsa de pós-doutorado do cnpq no exterior. Florença, Itália, 2016.

OBUCINA, M; GONDZIC, E. The influence of pressure by thickness bonding on the shear strength of glulam. 18th International Research/Expert Conference, Budapest, Hungary, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PIZZO, B.; LAVISCI, P.; MISANI, C.; TRIBOULOT, P.; MACCHIONI, N. Measuring the shear strength ratio of glued joints within the same specimen. *HOLZ ALS ROH- UND WERKSTOFF*, 61 (4), 273-280. 2003.

PIZZO, B.; SMEDLEY, D. Adhesives for on-site bonding: Characteristics, testing and prospects. *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*. 97:67-77. 2015.

RYAN, B.F., JOINER, B.L. 1994. *Minitab Handbook*. Duxbury Press. Belmont, California.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL EM MADEIRA DE *Artocarpus heterophyllus* Lam. SUBMETIDAS AO FRESAMENTO PERIFÉRICO

Rodrigo Aragão Ribeiro¹

Amanda Arantes Junqueira²

Carlos Silveira²

Norma Maciel²

Alexandre Monteiro de Carvalho³

¹ Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

³ Departamento de Produtos Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL EM MADEIRA DE *Artocarpus heterophyllus* Lam. SUBMETIDAS AO FRESAMENTO PERIFÉRICO

Resumo: A demanda por madeira vem crescendo a cada dia, tornando imprescindível a busca por alternativas que possibilitem o suprimento deste material de forma sustentável. Uma das alternativas é a exploração da madeira de espécies invasoras, visto que essas são uma ameaça à biodiversidade local e acredita-se que tenham potencial de uso para a indústria madeireira. No entanto, é necessário que se conheça melhor as espécies invasoras para que seja possível potencializar seus usos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a superfície aplainada de *Artocarpus heterophyllus* Lam. em diferentes velocidades de avanço. Para tal, avaliou-se a madeira de 6 árvores da espécie, em área de floresta secundária localizada no Campus Mata Atlântica da Fundação Oswaldo Cruz, com aproximadamente 15 anos de idade. As árvores foram abatidas e as toras foram processadas no Laboratório de Processamento da Madeira, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (LPM/DPF/IF/UFRRJ). Foram obtidas 10 amostras para a determinação da densidade básica e 16 corpos de prova com dimensões de 30 x 120 x 600 mm para o teste de aplainamento, sendo utilizadas ambas as superfícies dos corpos de prova, em condições de diferentes velocidades de avanço (6m/min, 8m/min, 10m/min e 13m/min). Em seguida, a qualidade superficial foi obtida por meio de rugosímetro digital. As amostras destinadas à caracterização física da madeira de jaqueira apresentaram densidade básica média de 450 kg/m³. Os resultados de qualidade superficial mostraram que as amostras aplainadas sob velocidade de avanço menor geraram menores valores de rugosidade.

Palavras-chave: jaqueira, usinagem, velocidade de avanço.

EVALUATION OF SURFACE RUGOSITY IN WOOD OF *Artocarpus heterophyllus* Lam. SUBMITTED TO PERIPHERAL PLANING

Abstract: The demand for wood is growing every day, making it essential to search for alternatives that make it possible to supply this material in a sustainable way. One alternative is the exploitation of wood from invasive species, these trees are a threat to local biodiversity and are believed to have potential for use in a timber industry. However, it is necessary to know each other better the invasive species so that its uses can be enhanced. In this context, the objective of this research was to evaluate a planed surface of *Artocarpus heterophyllus* Lam. at different feeding speeds. It were evaluated the wood of 6 trees, in a secondary forest area located in the Atlantic Forest Campus of the Oswaldo Cruz Foundation, approximately 15 years old. The logs of the tress were processed in the Laboratory of Wood Processing, Federal University of Rio de Janeiro (LPM/DPF/IF/ UFRRJ). Ten samples were obtained for a determination of the basic density and 16 test specimens with dimensions of 30 x 120 x 600 mm for the planing test, being used on both surfaces of test specimens under different feed rates (6 m/min, 8 m/min, 10 m/min and 13 m/min). After this process, the surface quality was measured by means of a digital rugosimeter. The samples for physical characterization of the wood of the present presented average basic density of 450 kg/m³. The results of surface quality showed that planed samples under the speed of smaller values gave smaller values of roughness.

Keywords: jackfruit, machining, feed speed.



1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material de extrema importância desde os primórdios da sociedade. Sendo utilizada como abrigo, arma, combustível e no transporte (PANSHIN & ZEEUW, 1980), o que justifica sua demanda crescente ao longo dos anos, fato que perdura até os dias atuais.

Como forma de suprir essa crescente demanda de matéria-prima para a indústria existe uma tendência em buscar novas fontes de material, como por exemplo, madeiras de espécies exóticas consideradas invasoras. No estado do Rio de Janeiro, uma espécie invasora que se destaca por apresentar uma grande frequência em unidades de conservação é a jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

A jaqueira ocupa extensas áreas dos fragmentos florestais da cidade do Rio de Janeiro, entre eles os principais parques públicos do estado. Tal fato tem ocasionado alterações significativas nas comunidades vegetais da região, impedindo o crescimento de essências que são típicas de Floresta Atlântica (ABREU, 2005).

A Política Nacional de Biodiversidade, fundamentada na Convenção Internacional sobre Diversidade Biológica, recomenda a adoção de medidas preventivas, de erradicação e controle de espécies exóticas, frente à iminência da bioinvasão (BRASIL, 2002).

Diante desse contexto, a alta frequência de jaqueiras na região revela um potencial de exploração madeireira dessa espécie, considerando que existem evidências de um processo de bioinvasão já estabelecido que precisa ser controlado.

A madeira da jaqueira já é utilizada na construção naval devido a sua capacidade de resistência em meio líquido e, na Bahia, é comum a manufatura de móveis com as variedades de jaqueiras cultivadas (CHAVES et al., 1967), porém não há condução apropriada das árvores dessa espécie para este e outros segmentos de consumo.

A ampliação do uso da madeira dessa espécie, bem como à agregação de valor da mesma, requer um maior entendimento de suas características intrínsecas, fazendo-se necessário o uso de métodos de avaliação que possam retornar valores como os de densidade e acabamento superficial. Sendo necessário, portanto, conhecer suas características e seu comportamento durante a usinagem para que seu uso seja potencializado (LUCAS FILHO, 2004).

Existem inúmeras técnicas de avaliação da qualidade da superfície da madeira usinada, entre elas, pode-se destacar o método quantitativo, que envolve a medição da rugosidade através da análise de um perfil bidimensional da superfície da madeira.

Na avaliação da qualidade de um perfil bidimensional da superfície da madeira, pode-se utilizar o equipamento denominado rugosímetro, utilizado na análise da rugosidade e que mede a superfície segundo a variação vertical de sua constituição através do deslocamento horizontal de um sistema preciso de determinação dos chamados “picos” ou “saliências” e “vales” ou “reentrâncias” representados em um gráfico (SILVA et al., 2006).

Como a rugosidade é afetada pelo tipo de matéria-prima e por diversas variáveis do processo de usinagem, o conhecimento da interferência destes sobre a qualidade da superfície usinada é de fundamental importância (LEMASTER e BEALL, 1996).

Durante o processamento da madeira, são deixadas marcas ou sulcos pela ferramenta na superfície da madeira. Essas irregularidades são chamadas de rugosidades ou textura primária. A rugosidade e a ondulação são parâmetros aceitos para controle e qualificação de superfícies (SIQUEIRA et al, 2003).



A rugosidade em superfícies de madeiras sofre influência de diversos aspectos, como: o tipo de processo de usinagem empregado; estrutura anatômica; grã; largura dos anéis de crescimento; raios; nós; madeira de reação e relação de lenho inicial e lenho tardio (TAYLOR et al., 1999).

Com base no exposto, o objetivo com este trabalho foi avaliar a superfície aplainada de *Artocarpus heterophyllus* Lam., em diferentes velocidades de avanço.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e preparo do material

Para a realização do presente estudo foram utilizadas 6 árvores de *Artocarpus heterophyllus* Lam., provenientes do Campus Mata Atlântica da Fundação Oswaldo Cruz (CFMA/FIOCRUZ), localizado anexo ao Parque Estadual da Pedra Branca no município do Rio de Janeiro.

As toras, uma de cada árvore, traçadas a 30 cm do solo, com 1,30 m de comprimento, foram levadas para o Laboratório de Processamento de Madeira - LPM/DPF/IF/UFRRJ, onde foram confeccionados os corpos de prova a serem avaliados no estudo. As toras foram desdobradas em tábuas de 30 mm de espessura, com o auxílio de serra fita horizontal portátil (Modelo MCA 600) e operador capacitado (Figura 1).



Figura 1. (A) Desdobro primário sendo realizado com auxílio de serra-fita horizontal portátil; e (B) corpos de prova utilizados.

De cada tábua foram confeccionados 10 corpos de prova com as dimensões de 30 x 20 x 50 mm para avaliação da densidade básica da madeira estudada.

Para os testes de usinagem, foram confeccionados 16 corpos de prova com as dimensões 30 x 120 x 600 mm e os mesmos foram destinados para os quatro tratamentos que levaram em consideração diferentes velocidades de avanço das peças ao longo do processo de aplainamento.

2.2 Densidade básica

A densidade básica foi obtida considerando-se a NBR 7190/97. Para tal, os corpos de prova foram imersos em água até atingirem a saturação, após isto, foram retirados da água e medidos em comprimento, largura e espessura para obtenção do volume saturado.



Logo após a determinação do volume saturado os corpos de prova foram secos em estufa ajustada a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até peso constante, para obtenção do peso seco.

A densidade então foi determinada pela relação entre a massa seca e o volume saturado (Equação 1).

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (1)$$

Em que:

ρ_{bas} : densidade básica, kg/m^3 ;

m_s : massa seca da madeira kg; e

V_{sat} : volume da madeira saturada, m^3 .

2.3 Aplainamento

Os corpos de prova foram submetidos aos testes de aplainamento da madeira adaptados dos parâmetros estabelecidos pela norma ASTM D 1667-87/1994. No aplainamento foi utilizada a Plaina Baldan DPC-4 (Figura 2A) e as amostras foram usinadas em ambas as superfícies, no sentido de crescimento axial da árvore. Para o avanço das amostras sob velocidades controladas foi utilizado o avanço automático modelo PF-32 (Figura 2B).

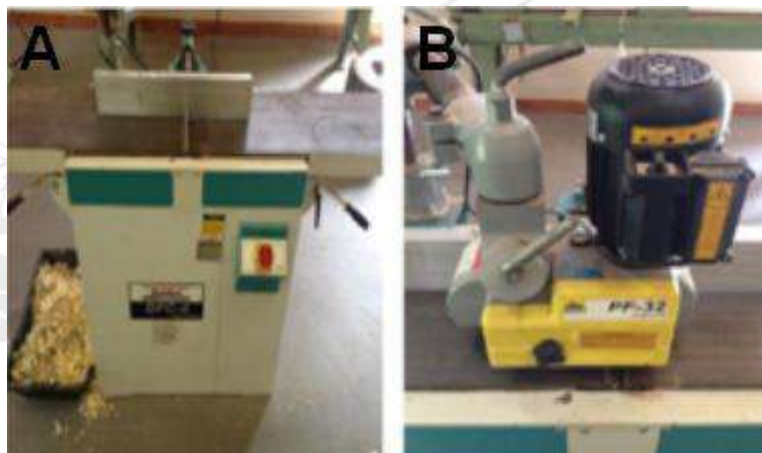


Figura 2. (A) Plaina modelo Baldan DPC-4; e (B) avanço automático modelo PF-32 utilizados nos testes de aplainamento.

Nesse modelo de avanço automático as velocidades são selecionadas por meio de engrenagens, que de acordo com seu arranjo no equipamento, fornecem as diferentes velocidades de avanço.

Foram utilizadas as duas faces de cada corpo de prova, totalizando oito faces para cada uma das seguintes velocidades de avanço: 6m/min; 8m/min; 10m/min e 13m/min.

2.4 Acabamento superficial

Para a medição da rugosidade superficial das peças de madeira após aplainamento empregou-se um rugosímetro portátil digital, modelo DIGIMESS TR200, de haste de medição com ponta apalpadora cone-esférica de diamante (Figura 3).



Figura 3. Instrumento de medição da rugosidade, empregado para medição do acabamento superficial das amostras.

As amostras de madeira, depois de usinadas no processo de aplainamento para cada condição de ensaio preestabelecida, foram submetidas às medições de rugosidade das superfícies.

A medição da rugosidade foi realizada em regiões da superfície dos corpos de prova determinadas através de sorteio aleatório, onde a superfície foi subdividida em quatro quadrantes e cada um desses subdivididos em setores retangulares de 5 cm x 4 cm, sendo sorteado um setor por quadrante. A rugosidade foi medida no sentido paralelo as fibras, totalizando 128 medições.

Como parâmetro de rugosidade foi adotado o Ra, definido como a média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil da linha média, visto que esse parâmetro é o que melhor se adequa aos estudos de acabamento superficial. Sendo o mais utilizado como indicador da rugosidade de superfícies (ALVES et al., 2010).

O comprimento de amostragem (“Cut Off”) escolhido foi o de 2,5 mm, segundo valor sugerido pela ABNT 6405/1988, de acordo com o Ra esperado, indicado para uma faixa de rugosidade entre 2,0 e 10,0 μm . A norma estabelece ainda que seja feita 5 medições, sendo assim, o percurso de medição foi de 12,5 mm.

2.5 Análise estatística

Os registros dos resultados da rugosidade foram anotados em uma tabela para geração de uma planilha Excel. A análise estatística foi realizada com o uso do programa Action 2.9, e os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), adotando-se o método de fator simples, e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os valores de densidade básica para cada amostra, obteve-se a densidade média de 450 kg/m^3 . Em estudo visando a utilização da madeira de jaqueira para carvão, foi encontrada densidade básica de 550 kg/m^3 , para árvores de 35 anos de idade (VALADARES, 2013). Essa diferença pode ser justificada pela idade. Em geral, a madeira de árvores mais jovens por serem constituídas por alta porcentagem de lenho juvenil possui menor valor médio de densidade.

Em relação à rugosidade da madeira, quanto maior os valores de Ra, maior é a rugosidade da superfície. Na Figura 4, podemos observar que o Ra aumentou à medida que a velocidade de avanço alcançou maiores valores, ou seja, maiores velocidades resultaram em superfícies menos lisas. Alguns autores encontraram comportamento parecido ao



estudar a rugosidade da madeira de diversas espécies de eucalipto (SILVA et al., 2006; DIAS JÚNIOR et al., 2013; BRAGA et al., 2014).

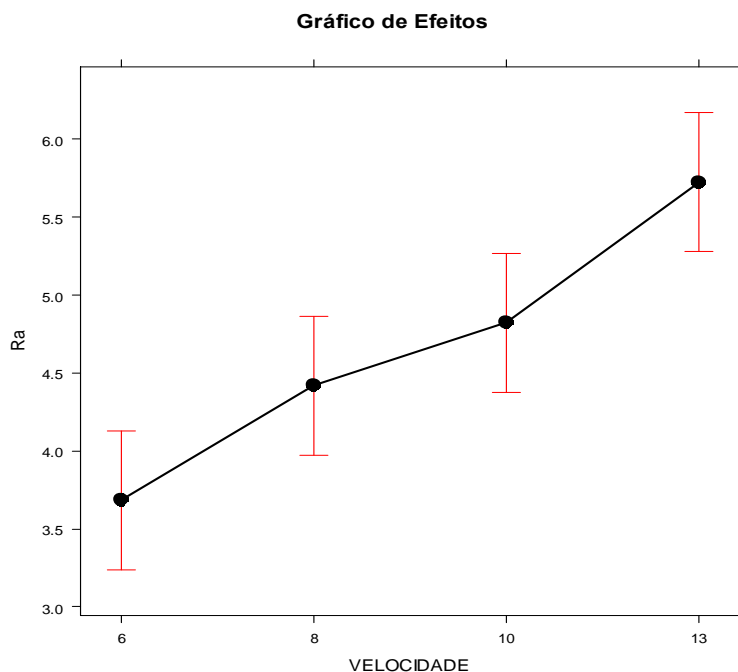


Figura 4. Rugosidade “Ra” com ilustração do desvio padrão para cada velocidade de avanço.

Como pode ser observado na Tabela 1, entre as velocidades de avanço de 8 e 10 m/min não foram verificadas diferenças significativas na qualidade da superfície da madeira usinada, assim como entre as velocidades de avanço de 8 e 6 m/min.

Tabela 1. Avaliação do teste de Tukey para a igualdade entre os fatores

Velocidade (m/min)	Ra
13	5,723813 a
10	4,823594 b
8	4,419781 bc
6	3,684938 c

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foi observado também que a velocidade de avanço de 8m/min não diferiu estatisticamente das velocidades de 6 e 10 m/min. Já para a velocidade de avanço de 13m/min foi verificado diferenças significativas na qualidade da superfície da madeira em relação as outras velocidades de avanço, apresentando a pior qualidade de superfície



observada entre as 4 velocidades. O que corrobora com a ideia de Silva et al. (2009), de que o aumento da velocidade resulta em menor qualidade de acabamento.

Na Figura 5 são apresentados os gráficos médias dos valores das 16 amostras gerados pelo software TimeSurf for TR 200 v.1.4, do rugosímetro utilizado.

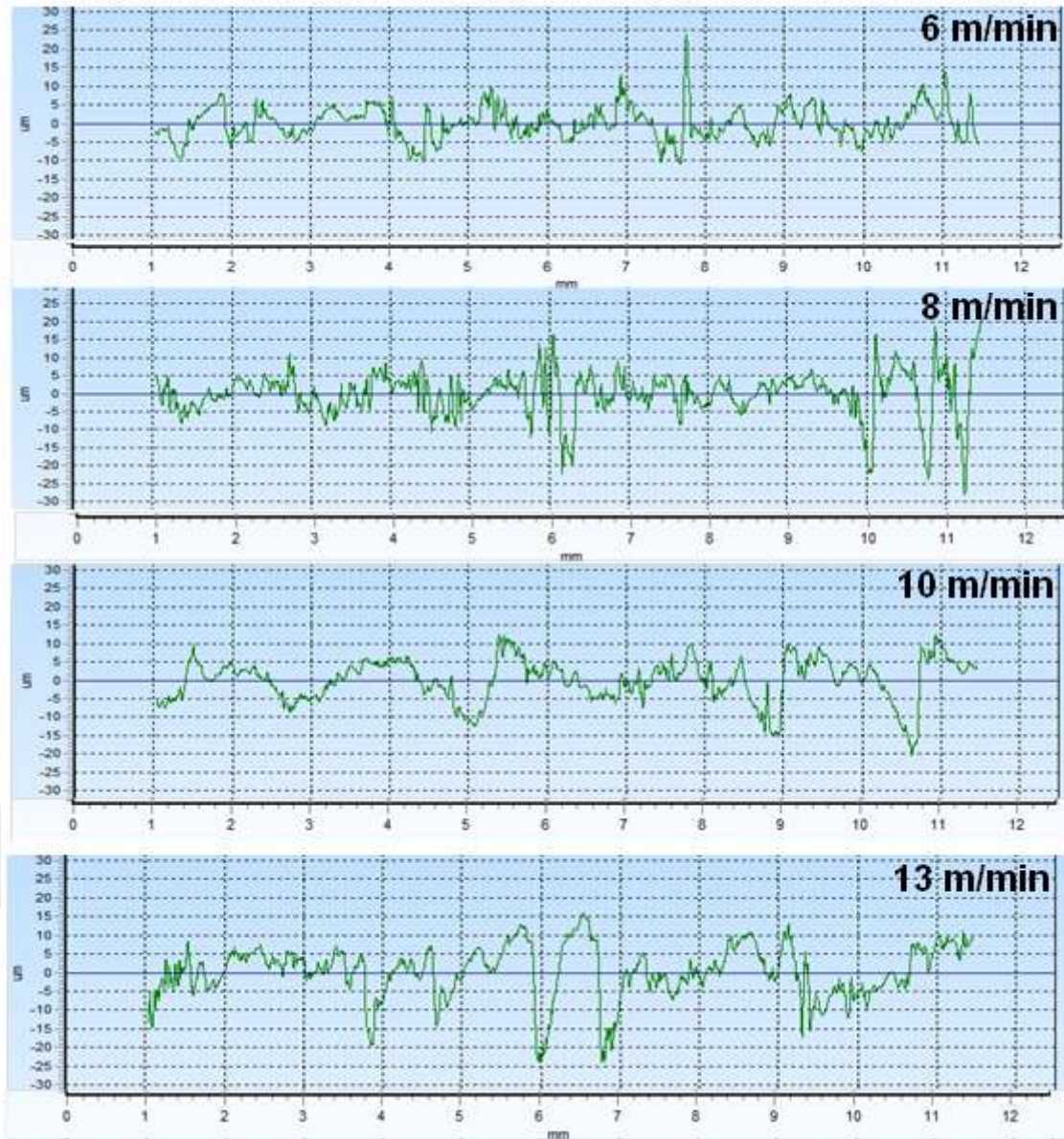


Figura 5. Perfil de rugosidade após aplainamento de amostras da madeira de *Artocarpus heterophyllus* Lam., nas velocidades de avanço de 6 m/min, 8 m/min, 10 m/min e 13 m/min.

O valor obtido de R_a é a média dos valores obtidos no perfil de rugosidade, o que o leva a sofrer grande influência de picos e vales. Portanto, podemos observar que para a velocidade de 6 m/min, pelo teste estatístico apresentado o pico observado entre 7 e 8 mm pode ser responsável pela igualdade de médias com a velocidade de avanço de 8 m/min.



Além disso, podemos observar que a velocidade de 6 m/min apresentou menores variações entre picos e vales, o que caracteriza superfícies com menores rugosidades para essa velocidade.

A rugosidade e a cor são determinadas pelas células de uma árvore. Madeiras duras têm células tubulares denominadas veios, visíveis como vazios na madeira, se as células têm grandes tamanhos, a rugosidade da madeira é ligeiramente áspera ou aberta, se as células têm pequenos tamanhos, a rugosidade é macia; estas madeiras são descritas como de rugosidade fechada (GUIDE, 2004).

No entanto, são determinados vários parâmetros para avaliar a rugosidade, mas o significado dos parâmetros calculados para uma superfície de madeira não é inteiramente compreendido. Assim, um conjunto de parâmetros que seja capaz de distinguir tipos particulares de rugosidade da madeira terá ainda que ser estabelecido. Um único parâmetro nunca poderá descrever a qualidade de uma superfície de madeira, isso apenas nos mostra que a maior limitação na avaliação de rugosidade da madeira é que nem instrumentação específica nem métodos e parâmetros universais foram ainda desenvolvidos ainda (COELHO et al, 2011).

Esta análise comprova que a rugosidade é intrinsecamente ligada à composição e disposição dos elementos anatômicos da madeira, seus processos de usinagem e velocidades de avanço utilizadas no processamento da mesma, mas não pode ser definida como um único parâmetro para se afirmar a qualidade da madeira de determinada espécie. Assim, madeiras com maiores valores de rugosidade, submetidas a maiores valores de velocidades de avanço durante o processamento, possuem maior dificuldade na aplicabilidade de vernizes, adesivos e seu uso industrial.

4. CONCLUSÕES

O aplainamento da superfície da madeira utilizando baixas velocidades de avanço resulta em melhores valores de rugosidade, e, portanto, melhor acabamento superficial.

A rugosidade média (R_a) é um parâmetro na avaliação da qualidade da superfície da madeira, porém para a descrição da qualidade da madeira mais estudos e parâmetros devem ser desenvolvidos.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Campus Fiocruz Mata Atlântica pelo apoio logístico, licenciamento, amostragem das árvores e doação do material.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, H. J. et al. Polimento em Peças de Porcelanato: avaliação da porosidade final e da resistência ao manchamento. *Cerâmica Industrial*, v. 15, n. 2, p. 23-29, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projetos de estruturas de madeira – NBR 7190. Rio de Janeiro: 1997. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT, NBR. 6405/1988- Rugosidades de superfícies - NBR 6405. Rio de Janeiro: 1988. 9p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ABREU, R. C. R. Estrutura de populações de uma espécie exótica na Mata Atlântica: O caso da potencial invasora *Artocarpus heterophyllus* L. (jaqueira) no Parque Nacional da Tijuca. 2005. 87 p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BRAGA, P. P. C. et al. Qualidade da superfície de madeira de *Coffea arabica*. CERNE, v. 20, n. 1, p. 21-28, 2014.

BRASIL. Decreto n. 4339, de 22 de agosto de 2002. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Ago. 2002.

CHAVES, C. M. et al.. Arboreto carioca 3. Centro de Conservação da Natureza, Rio de Janeiro. 1967. 28p.

COELHO, C.; CARVALHO, L.; MARTINS, J.. ESTUDO DOS EFEITOS DOS PARÂMETROS DE MAQUINAÇÃO DA MADEIRA NAS CARACTERÍSTICAS OBJECTIVAS E PERCEPÇÃO SUBJECTIVA DE UM ACABAMENTO. São Paulo, 11p., 2011.

DIAS JÚNIOR, A. F. et al. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. CIÊNCIA DA MADEIRA, v. 04, n. 01, p.93-107, 2013.

GUIDE, C.. O básico da madeira para móveis. Disponível em: <<http://casa.hsw.uol.com.br/um-guia-para-madeiras-de-moveis.htm>>. Acesso em: 06 jul. 2017.

LEMASTER, R. L.; BEALL, F. C. The use of an optical profilometer to measure surface roughness in medium density fiberboard. FOREST PRODUCT JOURNAL, v. 46, n.12, p.73-80, 1996.

LUCAS FILHO, F. C. Análise da usinagem de madeiras visando à melhoria de processos em indústrias de móveis. 2004. 176p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 4ª. ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 722 p.

SILVA, J. R. M. et al. A utilização de rugosímetro na qualificação das superfícies usinadas em madeiras de *Eucalyptus sp.* In: ENCONTRO NACIONAL EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., São Pedro. Anais... São Carlos: EBRAMEM, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, J. R. M. et al. Parâmetros de qualidade da usinagem para a determinação dos diferentes usos da madeira de *Eucalyptus*. CERNE, v. 15, n. 1, p. 75-83, 2009.

SIQUEIRA, K. P.; MONTEFUSCO, A. R. G.; G. NETO, A. B.. Principais metodologias de medição de estado de superfícies. Revista Ciências Exatas e Naturais, Curitiba, n.32, p.20-28, 02 dez. 2003.

TAYLOR, J. B.; CARRANO, A. L.; LEMASTER, R. L. Quantification of process parameters in a Wood sanding operation. FOREST PRODUCTS JOURNAL. v. 49, n. 5, p. 41-46, 1999.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

VALADARES, L. B. Propriedades da madeira e do carvão vegetal de *Artocarpus heterophyllus* Lamk. 2013. 47 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AValiação da Secagem de Toras de Eucalyptus urophylla em Temperaturas Elevadas

Aylson Costa Oliveira¹
Bárbara Luísa Corradi Pereira²
Benedito Rocha Vital³
Wagner Davel Canal⁴
Angélica de Cássia Oliveira Carneiro⁵

¹ Departamento de Engenharia Florestal / Faculdade de Engenharia Florestal / Universidade Federal de Mato Grosso

² Universidade Federal de Mato Grosso

³ Universidade Federal de Viçosa

⁴ Laboratório de Propriedades da Madeira

⁵ UFV -DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL / Universidade Federal de Viçosa



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA SECAGEM DE TORAS DE *Eucalyptus urophylla* EM TEMPERATURAS ELEVADAS

Aylson Costa **OLIVEIRA**; Bárbara Luísa Corradi **PEREIRA**¹; Benedito Rocha **VITAL**², Wagner Davel **CANAL**²; Angélica de Cássia Oliveira **CARNEIRO**²,

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

² Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a velocidade de secagem de toras de *Eucalyptus urophylla* a altas temperaturas e a influência da presença ou ausência de casca e do diâmetro da madeira na velocidade de secagem em diferentes temperaturas. Utilizaram-se toretes de *Eucalyptus urophylla* com 60 cm de comprimento, em três classes diamétricas: 8-12 cm; 12,1-16 cm e 16,1-20 cm. Os toretes foram submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar, na presença ou ausência de casca em cinco temperaturas: 50, 75, 100, 125 e 150°C. Determinou-se a massa e a umidade inicial de cada torete e com pesagens periódicas acompanhou-se a perda de água, encerrando o processo de secagem quando os toretes de madeira atingiam a umidade de 20%. Concluiu-se que o aumento da temperatura promove a redução do tempo de secagem, sendo significativo o efeito do diâmetro na secagem. Na secagem das toras de eucalipto em temperaturas superiores a 100°C, o efeito da casca não foi significativo.

Palavras-chave: Umidade, Diâmetro, Estufa.

DRYING EVALUATION OF *Eucalyptus urophylla* LOGS UNDER HIGH TEMPERATURES

Abstract: The objective of this work was to evaluate the drying speed of *Eucalyptus urophylla* logs at high temperatures as well as to evaluate the influence of the presence or absence of bark and the logs diameter at the drying rate at different temperatures. *Eucalyptus urophylla* short logs with 60 cm length were used. The following diameter classes were considered: 8-12 cm; 12.1-16 cm and 16.1-20 cm. The wood were submitted to forced air drying in the presence or absence of bark in five temperatures: 50, 75, 100, 125 and 150°C. The mass and the initial moisture of each short log were determined and by means of periodic weighing the loss of water was monitored. The drying process was terminated when the moisture content of 20% was reached. It is concluded that the increase in temperature promotes the reduction of the drying time. The diameter of the logs has a significant effect. For the drying of eucalyptus logs at temperatures above 100°C, the effect of the bark is not significant.

Keywords: Humidity, Diameter, Greenhouse.

1. INTRODUÇÃO

A umidade da madeira tem grande influência no tempo de carbonização e na qualidade do carvão vegetal produzido. No entanto, as empresas ainda empregam a secagem ao ar livre com principal método, que segundo Zanuncio et al. (2013) é uma técnica que demanda elevado período de tempo para redução da umidade da madeira a níveis satisfatórios para a carbonização, entre 30 e 40%, além de apresentar grande heterogeneidade da umidade em função das dimensões das toras e posição na pilha.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A secagem artificial em secadores industriais poderia reduzir ser utilizada visando menores umidades e maior homogeneidade. Em ambos os métodos de secagem, as características da madeira juntamente com as condições de temperatura, umidade relativa e circulação do ar do ambiente influenciam a velocidade de saída da água. No entanto, na secagem ao ar livre as condições ambientais serão as verificadas no local onde a madeira está exposta, enquanto que na secagem artificial, torna-se possível a alteração do ambiente utilizando ventiladores para circulação e renovação do ar e sistemas de aquecimento para aumento da temperatura, além do controle da umidade relativa.

Segundo Galvão e Jankowsky (1985), temperaturas mais elevadas favorecem o processo de secagem da madeira, fornecendo mais energia para evaporação da água e elevando o potencial do ar em receber maior quantidade de vapor de água. Deste modo, a utilização de secadores industriais utilizando como fonte de calor os gases combustos da carbonização possibilitará a homogeneização da umidade de grandes volumes de madeira, redução do tempo de secagem e obtenção de menores teores de umidade em relação ao normalmente verificado na secagem ao ar livre.

Segundo Yang et al. (2007) durante a carbonização da madeira são gerados diversos compostos gasosos ricos em carbono e hidrogênio, sendo os principais CO, CO₂, H₂ e CH₄. Estes gases, em condições e sistemas adequados, podem sofrer reações químicas na presença de oxigênio (combustão), tornando as emissões da carbonização constituídas somente de CO₂ e vapor de água e liberando energia na forma de calor (CARDOSO et al., 2010). As temperaturas dos gases liberados para o ambiente pela chaminé, após a combustão no interior da fornalha, podem atingir de 200 a 500°C (OLIVEIRA et al., 2013).

Uma forma de aproveitamento do calor gerado pelas fornalhas no processo produtivo do carvão vegetal seria o seu direcionamento para a secagem das toras de madeira por meio de secadores industriais. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a velocidade de secagem da madeira em toras de *Eucalyptus urophylla* a altas temperaturas, como subsídio aos futuros projetos de secadores industriais. Objetivou-se também avaliar a influência da presença ou ausência de casca e do diâmetro da madeira na velocidade de secagem em diferentes temperaturas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As toras de madeira utilizadas neste estudo foram provenientes de um plantio de *Eucalyptus urophylla*, com idade de 7 anos, cultivados em espaçamento de 3 x 2 m, localizados na cidade de Viçosa-MG. Esse município apresenta altitude média de 650 m, o clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso. A precipitação média anual é de 1200 mm e a temperatura média anual é de 20,5°C, com mínima de 14,6°C e máxima de 26,3°C (ZUCOLOTO et al., 2011).

2.1 Preparo das amostras

Foram coletadas 7 árvores de *Eucalyptus*, com diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 18 cm e altura média de 25 m. Cada árvore foi seccionada em toras com 1,3 m de comprimento até o diâmetro mínimo de 8 cm. De cada tora foram determinadas as circunferências da base e topo para cálculo do diâmetro médio. Posteriormente, elas

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

foram separadas em 3 classes de diâmetro. A Classe 1 foi composta pelas toras obtidas na parte superior das árvores com diâmetros de 8 a 12 cm; a Classe 2 composta por toras obtidas na região intermediária da altura da árvore, com diâmetros de 12,1 a 16 cm e a Classe 3, toras de 16,1 a 20 cm, obtidas mais próximas à base das árvores.

Após a separação por diâmetro, as toras foram seccionadas em toretes de 60 cm, retirando um disco central, com cerca de 10 cm de espessura de cada tora para determinação da umidade inicial de cada torete pelo método gravimétrico. Em seguida, metade dos toretes de cada classe de diâmetro permaneceu com casca e a outra metade foi descascada manualmente.

Posteriormente, os toretes foram dispostos sobre uma estrutura elevada a 0,5 m do chão para que houvesse uma maior circulação do ar entre eles dentro de um galpão coberto para secagem natural até teor médio de umidade igual a 60% ($\pm 10\%$). Determinou-se a massa inicial de cada torete, cuja umidade inicial foi estimada em função da umidade verificada nos discos correspondentes. Seguiu-se com pesagens periódicas dos toretes até a massa correspondente a umidade estabelecida. Neste momento, cessava-se a secagem natural e os toretes eram acondicionados em sacos plásticos com tetraborato de sódio deca hidratado, para reduzir a perda de água e ataque de organismos decompositores da madeira até que todos os toretes atingissem a umidade de $60 \pm 10\%$, para posteriormente realizar a secagem em estufa.

2.2 Secagem em estufa

Quando todos os toretes atingiam umidade média de 60%, retirava-se uma fração de serragem de toda a região radial da tora (sentido casca-medula) com auxílio de uma furadeira elétrica e através de uma balança determinadora de umidade com lâmpada de halogêneo da marca OHAUS MB35 Halogen determinava-se a umidade inicial de cada torete, de acordo com metodologia descrita por Donato et al (2014).

Em seguida, determinou-se a massa inicial de cada torete e realizou a impermeabilização das extremidades dos toretes com tinta metálica, visando minimizar a perda de água na direção longitudinal da madeira, fazendo com que a secagem ocorresse preferencialmente na direção radial da madeira.

Posteriormente, os toretes foram levados para secagem em estufa, avaliando-se o efeito do diâmetro, presença ou ausência de casca e diferentes temperaturas de secagem, 50, 75, 100, 125 e 150°C, na velocidade de secagem da madeira de Eucalyptus. Foi utilizada uma estufa laboratorial com circulação forçada de ar no sentido horizontal, com controle de temperatura até 200°C, com capacidade de 480 litros

Para avaliar a velocidade de secagem, os toretes foram pesados individualmente em intervalos regulares de tempo que variaram conforme o tratamento avaliado, encerrando a secagem em estufa quando os toretes atingiam a massa correspondente a 20% ($\pm 2\%$) de umidade. A partir da relação da massa seca e da massa úmida periódica de cada torete, calculou-se a umidade da madeira ao longo do tempo.

A partir dos valores médios de umidade das toras ao longo do tempo e do tempo total necessário para os toretes atingirem 20% de umidade procedeu-se a confecção das curvas de secagem em função da classe diamétrica, presença ou ausência de casca e temperatura de secagem na estufa. Com o auxílio do programa CurveExpert 1.4., definiu-se modelos que poderiam explicar a redução da umidade em função do tempo

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ou as curvas de secagem, selecionando-se entre eles os melhores, baseado no coeficiente de determinação (R^2), no erro padrão residual e na distribuição dos resíduos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo matemático que melhor descreveu a redução no teor de umidade das toras nos diferentes tratamentos (presença ou ausência de casca, diâmetro das toras e temperatura de secagem, exceto para 150°C, Classes 1 e 2) ao longo do tempo foi um modelo exponencial de dois parâmetros:

$$y = a * \exp(-bx)$$

Em que:

y = valor estimado de umidade para toras de eucalipto (%); x = tempo de secagem (dias); a, b = parâmetros do modelo

Para a temperatura de 150°C com presença ou ausência de casca para toras com diâmetro variando entre 8 e 12 cm (Classe 1) e entre 12,1 e 16 cm (Classe 2), o modelo que melhor se adequou aos valores de redução da umidade ao longo do tempo foi um modelo linear com dois parâmetros:

$$y = ax + b$$

Em que:

y = valor estimado de umidade para toras de eucalipto (%); x = tempo de secagem (dias); a, b = parâmetros do modelo

Provavelmente, o modelo linear para a secagem à 150°C para as Classes 1 e 2 deve-se a maior velocidade de evaporação da água e secagem das toras em razão da elevada temperatura.

As equações ajustadas para a estimativa do teor de umidade médio da madeira em tora de eucalipto ao longo do tempo apresentaram coeficientes de determinação (R^2) superiores a 99%, demonstrando assim, que o modelo foi satisfatório na modelagem da secagem da madeira em tora. As estimativas dos parâmetros a e b para as curvas de secagem nas diferentes condições de temperatura, diâmetro e casca estão apresentadas na Tabela 1.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Parâmetros dos modelos ajustados para redução do teor de umidade das toras ao longo do tempo para as Classes 1, 2 e 3, nas diferentes temperaturas e na presença e ausência de casca

Classe Diamétrica	Temperatura	Casca	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²	
Classe 1 (Ø8-12 cm)	50°C	Presente	71,75	0,07	0,9955	
		Ausente	65,462	0,059	0,9991	
	75°C	Presente	58,253	0,325	0,9963	
		Ausente	55,576	0,355	0,9961	
	100°C	Presente	55,258	0,666	0,9965	
		Ausente	57,502	0,87	0,9929	
	125°C	Presente	51,932	1,931	0,9675	
		Ausente	50,879	1,889	0,9987	
	150°C*	Presente	- 55,007	44,666	0,9973	
		Ausente	- 49,957	47,071	0,9992	
	Classe 2 (Ø 12,1 -16 cm)	50°C	Presente	50,127	0,044	0,9958
			Ausente	46,148	0,068	0,9889
75°C		Presente	55,668	0,151	0,9951	
		Ausente	53,464	0,192	0,9949	
100°C		Presente	48,964	0,474	0,9940	
		Ausente	50,673	0,551	0,9908	
125°C		Presente	45,005	0,907	0,9774	
		Ausente	55,615	0,908	0,9871	
150°C*		Presente	-40,144	53,597	0,9865	
		Ausente	-37,963	48,947	0,9942	
Classe 3 (Ø 16,1 - 20 cm)		50°C	Presente	54,693	0,040	0,9963
			Ausente	50,128	0,059	0,9959
	75°C	Presente	79,600	0,086	0,9978	
		Ausente	78,455	0,095	0,9981	
	100°C	Presente	68,930	0,420	0,9957	
		Ausente	59,546	0,420	0,9984	
	125°C	Presente	67,466	0,674	0,9894	
		Ausente	74,060	0,739	0,9903	
	150°C	Presente	71,451	0,618	0,9823	
		Ausente	69,161	0,607	0,9922	

*Modelo Linear

Verifica-se nas Figuras 1 e 2 que as toras de menor diâmetro, pertencentes à Classe 1, apresentaram os menores tempos de secagem, exceto para a secagem realizada em temperatura de 50°C. Em média, para as toras da Classe 2 atingirem 20% de umidade, o tempo necessário foi 50% superior ao verificado para a Classe 1. Para as toras de maior diâmetro da Classe 3, o tempo de secagem foi 2 e 3 vezes maior, respectivamente, em relação às Classes 1 e 2.

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os valores médios estimados de umidade das toras de eucalipto ao longo do tempo, nas diferentes temperaturas de secagem na estufa para cada classe diamétrica, na presença e ausência de casca.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

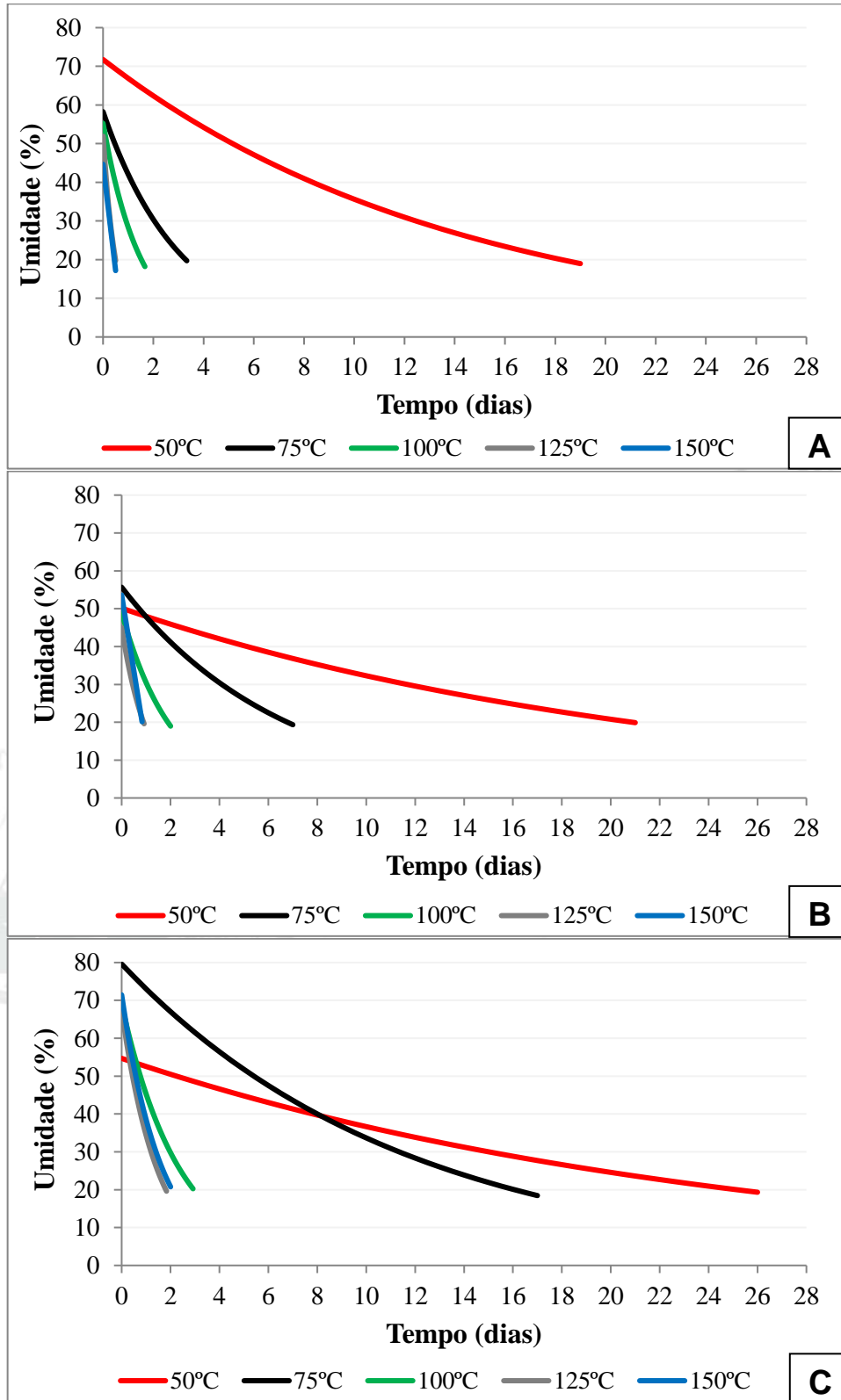


Figura 1. Valores médios estimados de umidade das toras de eucalipto com casca em função da temperatura de secagem. (A) Classe 1 (Ø 8-12 cm); (B) Classe 2 (Ø 12,1-16 cm); (C) Classe 3 (Ø 16,1-20 cm).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

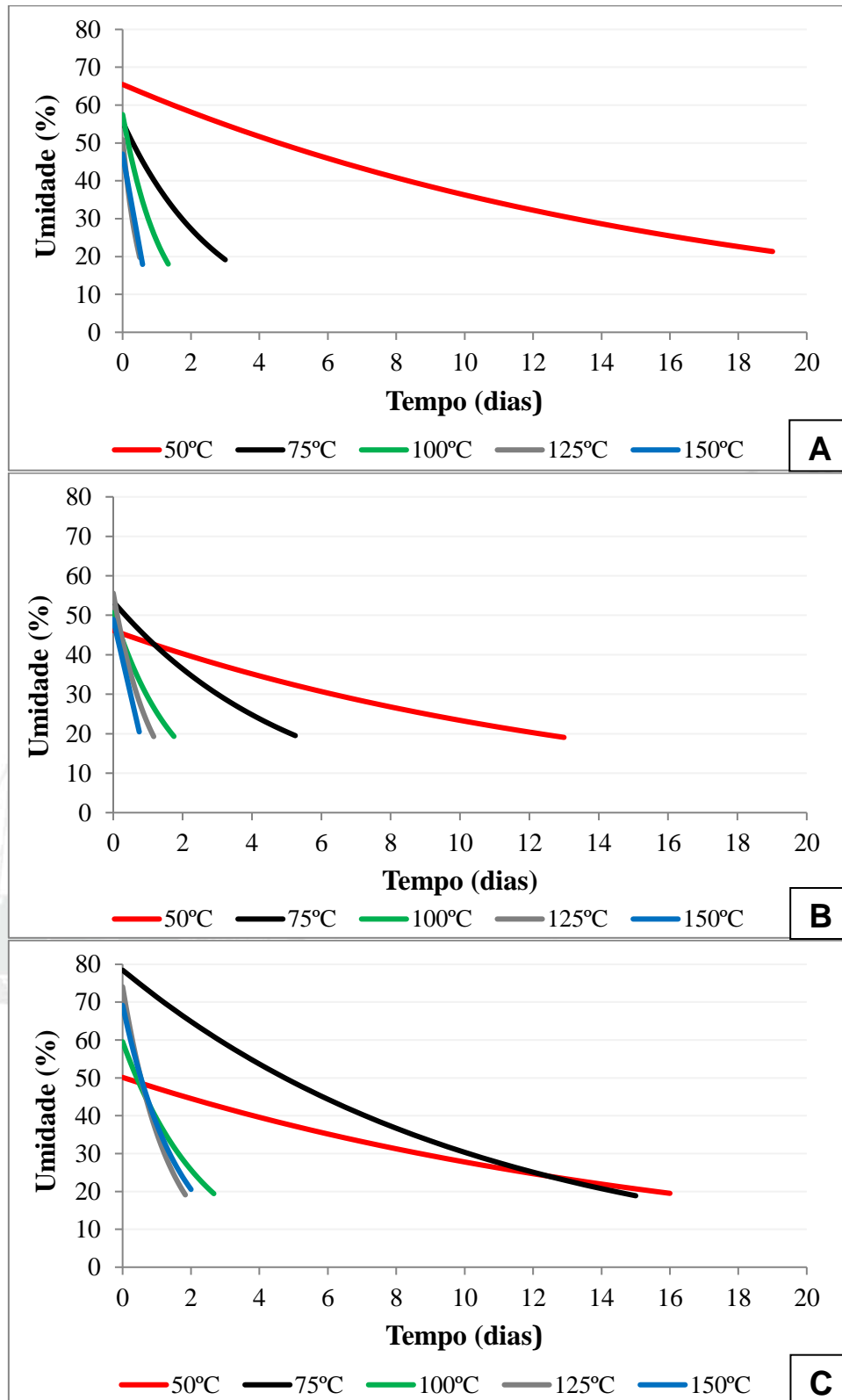


Figura 2 - Valores médios estimados de umidade das toras de eucalipto com casca em função da temperatura de secagem. (A) Classe 1 (Ø 8-12 cm); (B) Classe 2 (Ø 12,1-16 cm); (C) Classe 3 (Ø 16,1-20 cm).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

De acordo com o observado nas Figuras 1 e 2, independente da presença ou ausência de casca, quando maior o diâmetro das toras de eucalipto, maior foi o tempo necessário para secagem a 20% de umidade. Segundo Vital et al. (1985), o diâmetro das toras está relacionado com a distância a ser percorrida pela água do interior da madeira para sua superfície, onde será evaporada. Assim, verifica-se que mesmo a secagem ocorrendo em temperaturas superiores às condições naturais (25 °C a 35°C), o diâmetro das toras afeta a velocidade de saída de água do interior da madeira, conseqüentemente, influencia o tempo de secagem. Assim, recomenda-se a a separação das toras em classes diamétricas anteriormente à secagem em estufa para melhor operação e maior homogeneidade do teor de umidade da carga de madeira.

Neste trabalho (Figuras 1 e 2), constatou-se até a temperatura de 125°C, reduções variáveis de 2 a 3 vezes no tempo de secagem das toras, e a partir de 125°C, o aumento da temperatura de secagem para 150°C promoveu redução de 10% no tempo, ou nenhuma alteração, como verificado para as toras da Classe 1, logo, pode-se afirmar que o tempo de secagem das toras de eucalipto reduz com o aumento da temperatura da estufa, para os diferentes diâmetros e na presença ou ausência de casca. Raad (1997) avaliando a secagem da madeira de *Eucalyptus* spp. em temperaturas variando de 75°C a 225°C verificou uma redução de cerca de 30% no tempo de secagem a cada incremento de 25°C na temperatura de secagem até 150°C, acima desta temperatura não houveram alterações na curva de secagem e no tempo total de secagem.

O menor tempo de secagem em altas temperaturas se deve ao aumento da taxa de fornecimento de calor para a madeira, resultando no aumento da velocidade de migração da umidade interna para a superfície, elevando a velocidade de secagem (SANTOS et al, 2010; COELHO, 2013). Outra razão da maior eficiência da secagem em altas temperaturas seria a maior velocidade de secagem da superfície da madeira, elevando o gradiente de umidade entre superfície e interior, além de aumentar a capacidade do ar em receber maior quantidade de vapor de água.

Em relação ao efeito da casca sobre a secagem da madeira em tora, observa-se que o tempo total necessário para alcançar umidade de 20% foi menor para as toras sem casca para pertencentes às Classes 2 e 3 (Figura 2), principalmente nas menores temperaturas de secagem, 50°C e 75°C. Para as toras da Classe 1, a retirada da casca pouco influenciou no tempo de secagem, independente da temperatura. Como a retirada da casca envolve maquinário, mão de obra e tempo de operação, a decisão de se realizar o descascamento, deve considerar os custos e ganhos envolvidos.

Diversos estudos avaliando a secagem natural de toras de eucalipto relatam que o tempo mínimo de secagem é de cerca de 60 dias para que toras de menor diâmetro alcancem umidade média igual a 30% (REZENDE et al., 2010; PINHEIRO, 2013). Assim, a utilização de estufas com temperaturas elevadas é uma opção para a redução do tempo de secagem da madeira em tora e obtenção de menores teores de umidade, pois para alcançar umidade igual a 20%, foram necessários em média, desconsiderando o efeito diâmetro, 20 dias de secagem à 50°C; 8 dias em 75°C; 2 dias para 100°C e 1 dia para 125°C e 1 dia para 150°C, sendo verificados maiores tempos para as toras pertencentes ao maior diâmetro avaliado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

A secagem de toras de madeira em estufa à altas temperaturas promoveu a redução da umidade a valores próximos a 20% para todas as classes diamétricas, com presença ou ausência de casca, em tempos inferiores a 30 dias.

A presença de casca na madeira de *Eucalyptus urophylla* em toras foi insignificante na secagem em temperaturas superiores a 100°C, não sendo recomendado o descascamento das toras.

Recomenda-se a realização da secagem de toras de *Eucalyptus urophylla* em temperatura igual a 125°C, em classes diamétrica separadas.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Universidade Federal de Mato Grosso.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, M. T.; DAMÁSIO, R. A. P.; CARNEIRO, A. C. O.; JACOVINE, L. A. G.; VITAL, B. R.; BARCELLOS, D. C. Construção de um sistema de queima de gases da carbonização para redução da emissão de poluentes. 2010. Cerne, Lavras, v. 16, Suplemento, p. 115-124, 2010.

COELHO, L. D. N. Modelagem e simulação da secagem de partículas sólidas de biomassa em temperaturas típicas de combustão. 2013. 86p. Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2013.

DONATO, D. B.; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. L. M.; PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; BARBOSA, C. J. Determinação da umidade da madeira em tora por diferentes métodos. 2014. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 34, n. 80, p. 449-453, 2014.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; PEREIRA, B. L. C.; VITAL, B. R.; CARVALHO, A. M. L.; TRUGILHO, P. F.; DAMÁSIO, R. A. P. Otimização da produção do carvão vegetal por meio do controle de temperaturas de carbonização. 2013. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.37, n.3, p.557-566, 2013.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. Secagem racional da madeira. São Paulo, Nobel, 1985. 111 p.

PINHEIRO, M. A. Influência das dimensões da madeira na secagem e nas propriedades do carvão vegetal. 2013. 80p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2013.

RAAD, T. J. Modelagem do processo de secagem do *Eucalyptus* spp a altas temperaturas. 1997. 86p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 1997.

REZENDE, R. N.; LIMA, J. T. PAULA, L. E. R.; FARIA, A. L. R. Secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* em Lavras, MG. 2010. Cerne, Lavras, v.16, Suplemento, p. 41-47, 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SANTOS, C. T.; BONOMO, R. F.; CHAVES, M. A.; FONTAN, R. C. I.; BONOMO, P. Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.) em secador de bandeja. 2010. Acta Scientiarum Technology, Maringá-PR, v. 32, n. 3, p. 309-313, 2010.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; VALENTE, O. F. Estimativa do teor de umidade de lenha para carvão em função do tempo de secagem. Revista Árvore, v.9, s/n, p.10-27, 1985.

YANG, H.; YAN, R.; CHEN, H.; LEE, D. H. ; ZHENG, C. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. 2007. Fuel, v. 86, p. 1781-1788, 2007.

ZANUNCIO, A. J. V.; MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; ANDRADE, H. B.; CARVALHO, A. G. Drying biomass for energy use of *Eucalyptus urophylla* and *Corymbia citriodora* logs. 2013. BioResources, v.8, n. 4, p. 5159-5168, 2013.

ZUCOLOTO, M.; COSTA, M. G.; CARVALHO, L. M.; SANTOS, D.; SIQUEIRA, D. L. Estimativa da produção de sementes de porta-enxertos cítricos por meio da massa de frutos. 2011. Revista Ceres, Viçosa-MG, v. 58, n. 1, p. 126-128, 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS SUBMETIDAS A ENSAIO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

JULIO CEZAR HOFFMANN DOS SANTOS¹
Mayra Daniela Ferreira³
Francislene Junia Telles da Silva¹
Daniela Silva Lilge²

¹ Universidade Federal de Pelotas

² Universidade Federal do Pampa

³ Universidade Federal de Mato Grosso

AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS SUBMETIDAS A ENSAIO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

Resumo: O presente estudo objetivou avaliar o comportamento superficial da madeira de duas espécies florestais *Eucalyptus grandis* e *Tetrorchidium rubrivenium* (canemaçu) revestidas com produtos de acabamento de uso externo quando submetidas a ciclos de intemperismo artificial. Para tanto, foram confeccionados cinquenta corpos de prova com dimensões 1,0 x 5,0 x 7,0cm para cada uma das espécies florestais. O estudo foi caracterizado por cinco tratamentos (madeira *in natura*, polisten, verniz marítimo, tinta à base de óleo e tinta à base de água), em que, foram utilizados dez corpos de prova para cada uma das espécies em cada tratamento. Os corpos de prova foram revestidos pelos diferentes produtos de acabamentos através do método manual de pincelamento. A caracterização física e superficial dos materiais ao longo do ensaio de envelhecimento acelerado foi realizada por meio da determinação do ângulo de contato e morfologia superfície. Verificou-se que o ângulo de contato para a madeira *in natura* de canemaçu aumentou após a exposição, enquanto que para a madeira de *E. grandis* não foram observadas diferenças significativas, já, a molhabilidade da maioria dos revestimentos aumentou após a exposição de 480h. Em relação às alterações na morfologia das madeiras não foi possível observar nenhuma modificação, tal como micro rachaduras, e descascamento dos revestimentos. Dessa forma, após os ciclos de envelhecimento acelerado, concluiu-se para a molhabilidade, todos os revestimentos aumentaram a hidrofobicidade da superfície da madeira em relação ao seu estado natural, no entanto, após a exposição de 480h, a repelência da água tende a diminuir.

Palavras-chave: revestimentos para madeira; intemperismo acelerado; caracterização da superfície; qualidade da madeira.

Abstract: This study aimed to evaluate the superficial behavior of wood from two forest species *Eucalyptus grandis* and *Tetrorchidium rubrivenium* (canemaçu) coated with outdoor finishing products when subjected to cycles of artificial weathering. To achieve this, fifty samples measuring 1,0 x 5,0 x 7,0 cm for each forest species were prepared. The study was characterized by five treatments (uncoated wood, polisten, marine varnish, oil-based paint and water-based paint). Ten samples of each species were used in each treatment. The samples were coated by brushing method. Physical and surface characteristics of the apparent contact angle and morphology. Apparent contact angle of uncoated canemaçu wood increased after exposure for 480h, while *E. grandis* uncoated wood did not present significant differences. In general, wettability of the most of coated wood increased after exposure for 480h. Regarding surface morphology, characteristic defects caused by weathering - microcracks and peeling,

for example – were not observed. Therefore, uncoated wood presented the highest surface darkening. All type of coatings resulted in increment of wood hydrophobicity in comparison to uncoated wood. Nevertheless, water repellence tends to decrease after exposure for 480h.

Keywords: coatings for wood, accelerated wathering, surface characterization, wood quality.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material versátil com aplicações que variam de cunho estético a estrutural. Para cada finalidade, exige-se da madeira diferentes características, em que, para uso estrutural requer-se o mínimo de resistência mecânica e, ao usá-la para um fim estético (móveis), seja em ambientes internos ou externos, deseja-se que permaneça com boa aparência.

A exposição da madeira à ação de agentes climáticos, especialmente o sol, o orvalho ou a chuva, resulta em degradação superficial do material, perdendo assim algumas de suas características naturais, como cor, brilho e textura. Dessa maneira, produtos comerciais de acabamento são utilizados com a função de revestir a superfície da madeira, permitindo a preservação aparente do material quando em serviço.

Ressalta-se a existência de produtos de acabamento formadores de película, tais como tintas, vernizes e stain; e impregnantes, tais como hidro-repelentes e stain semitransparente (WILLIAMS et al., 1996), cada qual com suas características técnicas quanto ao tipo de material em que deve ser aplicado e os métodos de aplicação.

Considerando que existem soluções técnicas para fazer um bom uso da madeira como material, a escolha do tipo de madeira a ser utilizada torna-se um dos pontos mais importantes, visto que o Brasil possui uma abundante base florestal, composta por espécies exóticas e nativas, cada uma com seus desempenhos característicos.

Em suma, algumas espécies florestais são facilmente encontradas no mercado madeireiro brasileiro, apresentando reconhecidas aplicações para usos estruturais e estéticos, como é o caso da madeira de *Eucalyptus grandis*. No entanto, além de saber da existência e aplicação dessa madeira e de outras espécies de reflorestamento, é relevante avaliar outras possibilidades, tais como espécies nativas, em função do seu potencial madeireiro. Dessa maneira, de acordo com os resultados obtidos, investir na elaboração do plantio e manejo da espécie para a geração de madeira sólida e derivados.

Uma dessas espécies em potencial é a *Tetrorchidium rubrivenium*, popularmente conhecida como canemaçu, a qual ainda é pouco estudada, porém há possibilidade de utilizá-la em serrarias para beneficiamento primário e posterior aplicação na forma de aberturas, esquadrias e móveis de jardins (PERTUZZATTI, et al, 2015).

Os ensaios que simulam o intemperismo podem ser realizados em câmaras que trabalham em uma atmosfera controlada, com radiação UV, temperatura e umidade. A simulação se dá a partir da alternância de fenômenos, como: sol (radiação ultravioleta obtida através de reatores fotoquímicos, lâmpadas de luz ultravioleta), chuva e orvalho (por bicos aspersores de água), sempre regidos por normas. Os efeitos provocados nos materiais são similares aos que ocorrem com o intemperismo natural. Segundo Stangerlin et al., (2013) dentre os ensaios que têm por finalidade a caracterização de alterações superficiais da madeira, destaca-se a molhabilidade e o ângulo de contato, ambos são indicados para avaliar processos voltados a tecnologia da madeira, analisando produtos/processos de acabamento e colagem de superfícies, métodos de secagem e estocagem, tratamentos térmicos.

O objetivo desse trabalho é avaliar o comportamento superficial da madeira de duas espécies florestais revestidas com quatro produtos de acabamento de uso externo quando submetidas a ciclos de intemperismo artificial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo foram utilizadas madeiras de duas espécies florestais: *Eucalyptus grandis* e *Tetrorchidium rubrivenium* popularmente conhecida como canemaçu.

As tábuas destinadas à confecção dos corpos de prova foram selecionadas de maneira a não conter defeitos, tais como nós, rachaduras e empenos. Posteriormente, as mesmas receberam acabamento com lixa grão 50 de um lado da superfície para adequá-las ao

recebimento dos produtos. Confeccionou-se um total de 100 corpos de prova, cinquenta unidades para cada espécie, com dimensões de 5,0 x 1,0 x 7,0cm (radial, tangencial e longitudinal respectivamente). As dimensões dos corpos de prova foram definidas de acordo com os compartimentos da câmara de intemperismo artificial.

2.1 Aplicação dos produtos de acabamento

Para a aplicação dos produtos de acabamento, seguiram-se as instruções dos fabricantes. Cada corpo de prova recebeu três demãos pelo método manual de pincelamento. Buscou-se controlar a quantidade de produto que cada superfície recebeu, visando manter a uniformidade da película para todos os tratamentos. A espessura nominal dos revestimentos foi de aproximadamente 4,5µm.

Após a aplicação dos revestimentos, os corpos de prova foram novamente acondicionados em câmara climática com temperatura ambiente de 20 ± 2 °C e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa (UR) para a cura dos produtos de acabamento pudesse ser completada, visto que, a cura de cada tratamento varia em razão do tipo de produto. Sendo assim, os mesmos permaneceram no mínimo 24h na câmara.

O delineamento experimental adotado está descrito na tabela 1. Cada um dos cinco tratamentos foi composto por vinte corpos de prova, dez representantes de cada espécie estudada.

Tabela 1. Delineamento experimental dos tratamentos superficiais das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Tetrorchidium rubrivenium*.

	Tratamento	Espécie	Quantidade de corpos de prova
<i>In natura</i> (T0)		<i>Eucalyptus grandis</i>	10
		<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	10
		<i>Eucalyptus grandis</i>	10
Polisten (T1)		<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	10
		<i>Eucalyptus grandis</i>	10
Verniz marítimo (T2)		<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	10
		<i>Eucalyptus grandis</i>	10
Tinta base-óleo (T3)		<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	10
		<i>Eucalyptus grandis</i>	10
Tinta base-água (T4)		<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	10
			TOTAL 100

2.2 Ensaio de envelhecimento acelerado

Dos dez corpos de prova confeccionados para cada tratamento, oito seguiram para o ensaio de envelhecimento acelerado, enquanto dois foram retirados ao acaso para permanecerem em câmara climática e representar o tratamento controle (T0).

O envelhecimento acelerado foi conduzido em uma câmara de intemperismo artificial, modelo BASS-UUV-STD-SPRAY-4400/2013, pertencente ao Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do curso de Engenharia Industrial Madeireira (UFPEL). A câmara foi responsável por simular os efeitos de degradação causados pela luz solar, chuva e orvalho na superfície dos corpos de prova.

Os corpos de prova foram expostos em ciclos alternados de radiação, umidade e

temperatura, controlados de acordo com o especificado na norma da American Society for Testing and Materials - ASTM G 154 (2006). A tabela 2 apresenta os parâmetros técnicos que foram aplicados no ensaio. As madeiras foram expostas a quarenta ciclos de intemperismo, cada um com 12h de duração, totalizando 480h.

Tabela 2. Parâmetros técnicos aplicados no ensaio de envelhecimento acelerado.
Parâmetro Característica

Radiação 1,35W/m²/nm com o uso de lâmpadas UVA 340 com comprimento de onda de aproximadamente 340nm.

Exposição luminosa 8h na faixa do ultravioleta (UV) a 60 ± 3°C

Exposição à umidade 0,25h de umidade com spray (sem luz) em temperatura não controlada

Condensação 3,75 h de condensação a 50 ± 3°C

Fonte: ASTM G 154, 2006.

2.3 Ângulo de contato

A molhabilidade superficial do material não revestido e revestido com produtos de acabamento foi avaliada antes e após o ensaio de envelhecimento acelerado (ciclos 0 e 40). Para tal, utilizou-se um goniômetro Krüss, modelo DSA25 pertencente ao Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (UFPR).

Para caracterizar cada um dos tratamentos, foram selecionados ao acaso cinco corpos de prova, sendo dois controles e três submetidos ao intemperismo, totalizando vinte e cinco amostras para cada espécie. O ângulo de contato aparente (CA) de cada corpo de prova foi obtido a partir do método gota sésil. Três gotículas de água deionizada (volume de 5µl) foram depositadas em três pontos distintos da superfície de cada corpo de prova. O CA foi mensurado após 5s de deposição da gotícula na superfície do corpo de prova.

2.4 Morfologia da superfície

As variações morfológicas do revestimento superficial em função do tempo de exposição foram investigadas por meio de um estereomicroscópio Zeiss Discovery 1.0. As imagens de alta resolução foram capturadas a 10x de aumento e utilizadas para identificar aspectos relacionados à fotodegradação, tais como descascamento do revestimento, perda de brilho e surgimento de micro rachaduras. As imagens foram capturadas em amostras dos ciclos 0 e 40.

2.5 Análise dos dados

Os dados de ângulo de contato foram submetidos à análise de variância multifatorial, em que se avaliou o efeito dos fatores (ciclo e tratamento) isoladamente e a interação entre os mesmos. Em caso de rejeição da hipótese nula, realizou-se um teste de médias HSD de Tukey em 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Molhabilidade

As análises de variância multifatorial (Tabela 3) apontaram efeito significativo em nível de 5% de probabilidade de erro para todos os fatores (ciclo e tratamento), além de interação entre os dois fatores (A x B) sobre o ângulo de contato aparente (CA) para a espécie *Eucalyptus grandis*. No que diz respeito à madeira da espécie de canemaçu, apenas o fator tratamento (B) e a interação entre os fatores ciclo e tratamento (A x B) apresentaram significância.

Tabela 3. Análise de variância multifatorial em razão do ângulo de contato aparente (CA) para as duas espécies estudadas.

Fonte de Variação SM GL QM Razão-F *Eucalyptus grandis*

A:Ciclo 899,23 1 899,23 19,64* B:Tratamento 2101,13 4 525,28 11,47* A
x B 1389,79 4 347,45 7,59* RESIDUOS 2701,87 59 45,79

Canemaçu

A:Ciclo 0,765399 1 0,765399 0,02ns B:Tratamento 3692,42 4 923,105
20,27*

A x B 2840,94 4 710,234 15,60* RESIDUOS 2732,3 60 45,5383

Em que: SM= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio; F= valor de F calculado; ns= não significativo; *= significativo em 5% de probabilidade de erro.

Na tabela 4 são apresentados os valores médios de CA para as madeiras antes do envelhecimento artificial (0h) e no final do ensaio (480h) para as duas espécies estudadas.

Tabela 4. Valores médios de ângulo de contato aparente para os tratamentos de ambas as espécies em função dos controles e último ciclo de exposição.

Tratamentos	<i>Eucalyptus grandis</i>		TE <i>In natura</i>		Polisten Verniz marítimo	
			Tinta óleo	Tinta água		
0	71,02 a A (2,96)	80,03 b B (3,44)	58,01 a A	76,41 b A	63,15 a A	69,77 b A
480	67,31 ab A	79,23 b B (11,52)	86,62 b B (3,78)	(5,66)	(5,86)	
		Canemaçu (6,59)	(5,59)			
			79,45 c B (6,20)		77,64 b A	
0	48,20 a A (4,07)	68,1 ab B (2,41)	79,78 c B	68,92 ab A (1,42)	63,98 b A	
480		65,27 a A (6,82)	84,63 c A (4,23)	75,03 ab B (8,10)		(3,19)
			(7,81)	(10,10)		

Em que: TE= tempo de exposição (em horas). Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação. Letras minúsculas iguais na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna não apresentam diferença significativa em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste HSD de Tukey.

Observa-se que para as duas espécies, todos os acabamentos tornaram a superfície da madeira mais hidrofóbica em relação ao seu estado natural. De acordo com Ziglio (2010), maiores valores de ângulo de contato implicam em uma superfície menos molhável. Portanto,

dentre todos os tratamentos, o aumento mais significativo da repelência a água na superfície dos materiais revestidos deu-se para a tinta à base de óleo. Antes da exposição ao intemperismo artificial (0h), tanto a madeira de canemaçu, como a madeira *Eucalyptus grandis* revestida com polisten, verniz marítimo e tinta à base de óleo se comportaram de maneira similar, ou seja, os valores do CA não diferiram estatisticamente. Por outro lado, o acabamento com tinta à base de água e a madeira *in natura*, mostraram-se estatisticamente iguais para o *Eucalyptus grandis*.

Já a madeira de canemaçu, sem tratamento (*in natura*) e com revestimento de tinta à base de água foram estatisticamente distintas.

Ao comparar os diferentes acabamentos ao término do ensaio de envelhecimento acelerado (480h), observa-se para a madeira de canemaçu *in natura*, acabada com verniz marítimo e com tinta à base de água, apresentaram valores de CA estatisticamente iguais. Para o *Eucalyptus grandis*, os acabamentos com polisten, tinta óleo e base água apresentaram mesmo comportamento quanto a esse parâmetro.

Para a madeira de canemaçu, verifica-se que o CA entre 0h e 480h de exposição variou significativamente para todos os acabamentos, com exceção do revestimento com tinta à base de óleo. A madeira *in natura* de canemaçu apresentou um valor superior após as 480h. Para Martins et al. (1992), este aumento do ângulo de contato pode estar relacionado com a migração de ácidos graxos para a superfície da madeira devido à ação da radiação UV.

O comportamento do CA em função do ciclo para os acabamentos na madeira de *Eucalyptus grandis* foram estatisticamente distintos para polisten, verniz marítimo e tinta à base de óleo. Por outro lado, para a madeira *in natura* e acabamento base d'água os níveis não apresentaram variação significativa.

Com exceção da madeira *in natura* e do acabamento com tinta à base água, todas as demais situações apresentaram uma redução significativa do ângulo de contato, enfatizando que a molhabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* tratada com os diferentes produtos e exposta a 480h de intemperismo acelerado é aumentada.

Geralmente, a superfície da madeira em estado natural torna-se mais molhável, devido a superfície resultante do processo de lixiviação dos voláteis provocada pela ação das intempéries apresentar altos teores de celulose com grandes concentrações de grupos carbonilos, carboxilos, quinona, peróxido, e grupos hidroperóxidos (FEIST; HON, 1984). De acordo com Kishino e Nakano (2004), devido à presença desses grupos, em especial dos hidroxilos de celulose, a molhabilidade da madeira aumenta.

Na tabela 4, pode-se observar que os valores do CA para os revestimentos com verniz, polisten e tinta à base de óleo reduziram significativamente após as 480h de ensaio. Logo, mesmo que a maioria dos revestimentos de uso externo apresente em suas formulações químicas absorventes orgânicos de radiação UV, a ação dos mesmos não é permanente, pois a matriz polimérica do revestimento é degradada pela exposição prolongada da madeira à radiação UV (PICKETT, 2004; CUSTÓDIO e EUSÉBIO, 2006). Além disso, segundo Nguyen et al. (2002) e Nichols (2005), a água (chuva) degrada fisicamente os revestimentos, uma vez que, os ligantes orgânicos da maioria dos revestimentos estão sujeitos à hidrólise, isto é, clivagem das cadeias poliméricas em presença das moléculas de água. Ressalta-se também que esse processo ocorre em todas as temperaturas.

Portanto, as diferenças encontradas para o CA em função das condições da madeira, seja *in natura* ou revestida em função dos ciclos podem ser atribuídas a uma série de fatores, tais como, migração de extrativos à superfície, fechamento de micro poros, maior ou menor grau de oxidação superficial e variação da rugosidade da madeira (CHRISTIANSEN, 1991; OLIVEIRA, 2009; CADEMARTORI et al., 2015)

De modo geral, seja para a madeira da espécie de canemaçu, como para a de *Eucalyptus grandis* os valores de CA foram inferiores à 90°, o que caracteriza segundo Mattos et al. (2014) como madeira de superfície hidrofílica.

3.2 Morfologia da superfície

A partir das imagens de alta resolução (Figuras 01 e 02) é possível verificar qualitativamente quais foram os principais efeitos do intemperismo acelerado na madeira de

Eucalyptus grandis e canemaçu em seu estado natural e nos diferentes revestimentos

Figura 01. Superfície da madeira de *Eucalyptus grandis* antes e após a exposição ao intemperismo acelerado para os diferentes tratamentos (aumento de 10x)

Figura 02. Superfície da madeira de canemaçu antes e após a exposição ao intemperismo acelerado para os diferentes tratamentos (aumento de 10x).

De modo geral, como se pode observar (Figuras 02 e 03) as madeiras *in natura* bem como os diferentes revestimentos comportaram-se de maneira similar para ambas às espécies. Além disso, as modificações na morfologia foram restritas a alterações colorimétricas, pois não foram encontradas micro rachaduras e descascamentos nos revestimentos.

Com exceção das superfícies revestidas com verniz marítimo (T2), todos os demais tratamentos tiveram perda de brilho. As superfícies das madeiras tornaram-se opacas após 480h de exposição. Também devido ao envelhecimento acelerado, as madeiras das duas espécies com os diferentes tratamentos ficaram com a superfície mais escura em relação ao estado inicial.

Destacam-se dentre todos os tratamentos, os dois revestimentos com tinta, os quais apresentaram as menores variações na cor. Quanto a ausência de micro rachaduras e descascamento da superfície dos revestimentos, pode se dizer que todos os tratamentos resistiram bem ao tempo de exposição (480h). Ou melhor, o tempo de exposição de 480h não foi suficiente para que ocorresse o surgimento de micro rachaduras na madeira *in natura* e revestida, bem como descascamento e aparecimento de bolhas nos revestimentos da madeira. Dessa maneira, as observações qualitativas visualizadas morfologicamente corroboram com os valores mensurados através da análise colorimétrica.

No mercado atual é crescente o surgimento de produtos de acabamento para madeira das mais diversas marcas e formulações químicas, no entanto, sabe-se que dependendo do tipo de formulação, cada produto desempenha conforme o destino final do material, um comportamento específico. Portanto, ressalta-se a importância de avaliar o desempenho tecnológico de produtos de acabamento perante determinadas situações (intemperismo, por exemplo), pois assim, é possível comparar produtos e analisar as melhores possibilidades para cada aplicação.

4. CONCLUSÕES

De maneira geral, a molhabilidade da madeira revestida aumentou significativamente após a exposição por 480h. O ângulo de contato da madeira *in natura* de canemaçu aumentou após a exposição, enquanto que para a madeira de *E. grandis* não observou diferenças significativas.

As modificações morfológicas observadas foram restritas a modificações da cor, uma vez que, não foram observados danos superficiais, tais como micro rachaduras e descascamento do revestimento

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM G 154: Standard practice for operating fluorescent light apparatus for uv exposure of nonmetallic materials. Philadelphia: ASTM, 2006. 4p.

CADEMARTORI, Pedro Henrique Gonzalez de. **Propriedades tecnológicas da madeira termorretrificada de três espécies de Eucalyptus**. 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2012.

CUSTÓDIO, J. E. P.; EUSÉBIO, M. I. Waterborne acrylic varnishes durability on wood. **Progress in Organic Coatings**, v.56, p.59–67, 2006.

CHRISTIANSEN, A. W. How overdrying wood reduces its bonding to phenolformaldehyde adhesives : a critical review of the literature. Part II, Chemical reactions. **Wood and Fiber**

Science, v. 23, n. 1, p. 69-84, 1991.

FEIST, W. C.; HON, D. N. S. Chemistry of weathering e protection. In: **The chemistry of solid wood**. Washington: R. M. Rowell, Am. Chem. Soc, p.614, 1984.

GINDL, M. et al. Effects of surface ageing on wettability, surface chemistry and adhesion of wood. **Holz as Roh-und Werkstoff**, v.62, n.4, p.273-280, 2004.

KISHINO, M.; NAKANO, T. Artificial weathering of tropical woods. Part 1: Changes in wettability. **Holzforschung**, v.58, n.6, p.552-557, 2004.

MARTINS, A. et al. Wettability of weathered wood. **J. Adhesion Sci. Technol.** v. 6, n. 12, p. 1325-1330, 1992.

NGUYEN, T., MARTIN, J., BYRD, E.; EMBREE, N. J. **Coat.Tech.**, v.74, n.65, 2002.

NICHOLS, Mark E. Paint weathering tests. In: **Handbook of Environmental Degradation of Materials**. Myer Kutz Associates, Inc. Delmar, New York, 2005, p. 387-404.

PERTUZZATTI, A. et al. Alterações físicas e superficiais da madeira de canemaçu (*Tetrorchidium rubrivenium*) termorretrificada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n.1, p.140-146, 2015.

PICKETT, J. E. UV absorber permanence and coating lifetimes. **Journal of Testing and Evaluation**, v.32, 2004.

STANGERLIN, D. M. et al. Molhabilidade da madeira de três espécies amazônicas submetidas a ensaios de apodrecimento acelerado. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.8, n.2, p.266-272, 2013.

WILLIAMS, R. S.; KNAEB, M. T.; FEIST, W. C. **Finishes for exterior wood**: Selection, application and maintenance. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin. 1996.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE USINAGEM NA OPERAÇÃO DE TORNEAMENTO DE MADEIRA TERMORRETIFICADA

Luciano Rossi Bilesky¹
Manoel Alves²
PRISCILA ROEL DE DEUS³

¹ Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito / Fatec Capão Bonito

² Departamento de Eng. Mecânica / Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

³ Silvicultura / (Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito) / FATEC Capão Bonito (Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito)



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE USINAGEM NA OPERAÇÃO DE TORNEAMENTO DE MADEIRA TERMORRETIFICADA

Luciano R. **BILESKY**¹; Priscila Roel de **DEUS**¹; Manoel Cléber Sampaio **ALVES**²

¹ Tecnologia em Silvicultura, Fatec Capão Bonito, Brasil

² Engenharia Mecânica, Unesp Guaratinguetá, Brasil

Resumo: A termorreificação é o processo pelo qual a madeira é submetida a temperaturas entre 100°C e 250°C com a finalidade de alterar as suas propriedades através da degradação de alguns de seus constituintes pelo processo da pirólise. O tratamento térmico da madeira aparece como alternativa na alteração das propriedades, colorimétricas, higroscópicas e da densidade. Inúmeros são os trabalhos encontrados na literatura sobre o tema, porém poucos tratam da usinagem deste tipo de material. Este trabalho tratou termicamente as madeiras de *Pinus elliottii* e *Corymbia citriodora* nas temperaturas de 100°C, 140°C, 160°C, 180°C e 200°C e avaliou a temperatura na ferramenta de usinagem deste material em torneamento com as ferramentas de corte de metal duro, metal duro polido e metal duro com revestimento de TiB₂. Verificou-se o aumento da temperatura de usinagem com o aumento da temperatura do tratamento térmico.

Palavras-chave: *Tratamento térmico, Pinus elliottii, Corymbia citriodora, Ferramenta de corte.*

EVALUATION OF MACHINING TEMPERATURE IN THE OPERATION OF HEAT-TREATED WOOD TURNING

Abstract: Heat-treatment is the process by which the wood is subjected to temperatures between 100°C and 250°C in order to alter its properties through the degradation of some of its constituents by the pyrolysis process. The thermal treatment of wood appears as an alternative in the alteration of properties, colorimetric, hygroscopic and density. Numerous works are found in the literature on the subject, but few deal with the machining of this type of material. This work heat-treated the wood of *Pinus elliottii* and *Corymbia citriodora* at temperatures of 100°C, 140°C, 160°C, 180°C and 200°C and evaluated the temperature in the tool of machining of this material in turning with the tools of Cutting of hard metal, polished hard metal and hard metal with TiB₂ coating. The increase of the machining temperature was verified with the increase of the temperature of the heat treatment.

Keywords: *heat treatment, Pinus elliottii, Corymbia citriodora, Tool.*

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A termorretificação é o processo no qual a madeira é submetida a temperaturas entre 100°C e 250°C com o objetivo de alterar algumas de suas características e diferenciá-la de sua madeira original em algumas propriedades com a finalidade de aplicações específicas (BRITO; GARCIA, 2006).

As aplicações das madeiras tratadas termicamente podem ser estruturais, acústicas, em compósitos, embalagens e também para a preservação da madeira.

O processo de submeter a madeira à ação do calor de forma que provoque transformações na estrutura da madeira é denominado de pirólise (BRITO; GARCIA, 2006).

Durante o processo de pirólise a composição química de elementos de constituição do lenho, como as hemiceluloses, celulose e lignina são alteradas e degradadas, podendo ser verificado com a perda de sua massa (redução) que ocorre durante o processo de termorretificação.

Poubel (2011) verificou que o processo de termorretificação promoveu alterações químicas na madeira, apresentando maior teor de lignina e menor teor de celulose e hemicelulose, devido a degradação dos polímeros durante o processo.

A termorretificação causa diversas alterações nas propriedades físicas da madeira, estas alterações estão relacionadas com a espécie da madeira, temperatura de tratamento e tempo de exposição.

A cor da madeira termorretificada, se apresenta mais escura após o tratamento (HUANG; et al, 2012) podendo a intensidade variar conforme a temperatura do tratamento, tempo de exposição e espécie da madeira.

As propriedades mecânicas da madeira termorretificada variam conforme a temperatura do tratamento e a espécie da madeira utilizada (BORREGA; KÄRENLAMPI, 2007).

Diversos estudos, tem apontado que o processo de termorretificação em madeiras resulta na diminuição das propriedades mecânicas importantes, como resistência à flexão, cisalhamento e compressão (MOURA; BRITO; BORTOLLETO JÚNIOR, 2012).

A madeira foi um dos primeiros materiais a serem usinados devido a sua disponibilidade no meio ambiente. Embora seja um material muito utilizado, ainda existe muito a ser estudado nesta área, pois devido a sua variabilidade, para cada processo existem diversos parâmetros que afetam a usinagem para conceber qualidade a peça.

Alguns fatores são fundamentais na qualidade final da usinagem da madeira, os quais podemos dividir em dois grupos, sendo os fatores anatômicos, de colheita e preparação para a usinagem e em fatores de operação durante a usinagem.

A ferramenta utilizada é um dos principais fatores que influenciam a operação da usinagem devido ao seu material de constituição e geometria de construção. Para madeira, as principais propriedades que devem ser observadas nas ferramentas são a resistência a abrasão, tenacidade, rigidez e a oxidação do material (LUCAS FILHO, 2004).

A temperatura na região de corte, deve ser controlada, pois a madeira é considerada um isolante térmico devido a sua baixa condutividade térmica, o que dificulta a dissipação do calor gerado durante a usinagem, pois praticamente toda a energia mecânica associada à formação do cavaco é transformada em energia térmica, o aumento excessivo da temperatura na região de corte pode ocasionar os denominados "traços de queimadura", além de acelerar o desgaste da ferramenta podendo ocasionar maior aspereza na superfície da peça usinada, estes defeitos podem

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

requerer a necessidade de operações adicionais, como o lixamento, onerando custo ou reduzir a qualidade final do produto (GOZELOTO; GONÇALVES, 2009).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a temperatura na ferramenta de usinagem e a temperatura na madeira no processo de torneamento de madeira de *Pinus elliottii* e *Corymbia citriodora* termorreticadas a 100°C, 140°C, 160°C, 180°C e 200°C com as ferramentas de metal duro, metal duro polido e metal duro com recobrimento de TiB₂.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A termorretificação da madeira de *Pinus elliottii* e *Corymbia citriodora* foi realizada no laboratório do departamento de Materiais e Tecnologia da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.

Os corpos de prova foram selecionados a partir de classificação visual e escolha daqueles que não apresentavam nenhum tipo de defeito anatômico ou de desdobro.

Foi utilizada uma estufa de vácuo marca Quimis modelo QS19V12. O tratamento térmico, foi realizado nas temperaturas de 100°C, 140°C, 160°C, 180°C e 200°C por cinco horas.

Para os ensaios de torneamento foi utilizado um torno CNC Compact 5 da marca EMCO. A velocidade de corte foi mantida em 175m/min (1800RPM) de forma que todas estivessem submetidas as mesmas condições. A velocidade de avanço foi mantida em 100 mm/min.

O trabalho foi desenvolvido utilizando o método de Taguchi, onde foram analisados três fatores diferentes com até 6 níveis de variação em um fator, ficando notado da seguinte forma:

Fator A corresponde à temperatura de tratamento térmico, sendo dividida em 6 níveis, nível 1 correspondente a madeira em temperatura ambiente sem tratamento para o controle; nível 2 correspondente à temperatura de 100°C; nível 3 correspondente ao tratamento em temperatura de 140°C; nível 4 temperatura de termorretificação de 160°C; nível 5 à temperatura de termorretificação de 180°C e nível 6 correspondente à temperatura de 200°C de termorretificação.

O fator B, corresponde ao tipo de madeira utilizado, sendo esse de duas espécies, divididos em dois níveis: nível 1 madeira de *Corymbia* e nível 2 madeira de *Pinus*.

O fator C, corresponde ao tipo de ferramenta de usinagem, sendo o nível 1 a ferramenta de metal duro; nível 2 a ferramenta de metal duro polido e o nível 3 a ferramenta de metal duro com recobrimento de TiB₂.

A matriz ortogonal L 18 mista foi utilizada para a realização dos ensaios. Os dados obtidos dos ensaios foram compilados no software comercial Minitab® 17 e expressos em gráficos que representam os efeitos principais das médias dos parâmetros analisados e o gráfico que representa os efeitos principais da relação S/N.

Para a medição da temperatura na ferramenta de usinagem e no corpo de prova foi utilizado uma câmera termográfica da marca FLIR®, modelo I3.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 1 - Câmera termográfica utilizada para aquisição da temperatura.
Fonte: Autor.

As imagens termográficas foram coletadas para cada uma das três repetições após a metade do curso da ferramenta em cada ensaio para padronizar o tempo da aquisição. As imagens foram analisadas no software FLIR Tols+®. A máxima temperatura foi coletada na ponta da ferramenta e também no corpo de prova, como mostrado na figura 2.

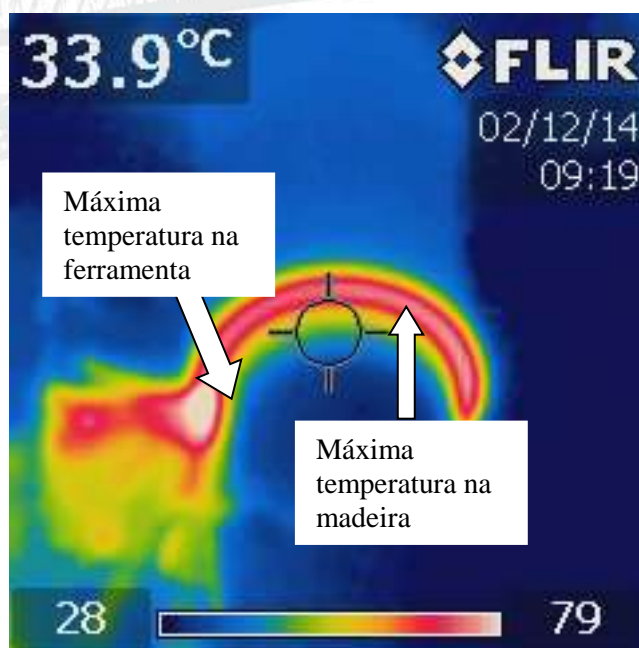


Figura 2 - Regiões de coleta e análise da temperatura.
Fonte: Autor.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura na interface ferramenta peça foi avaliada a partir de fotos termográficas que estão exemplificadas na figura 3 para a madeira de *Pinus elliottii* e na figura 4 para a madeira de *Corymbia citriodora*.

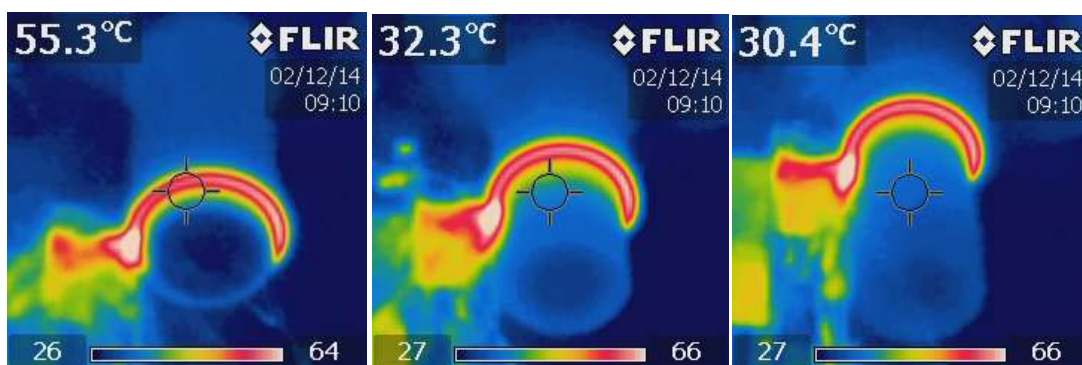
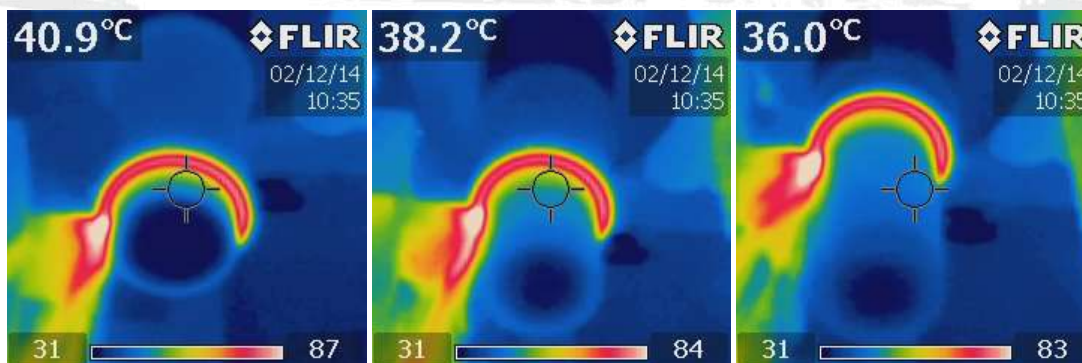


Figura 3 - Termográfica da usinagem da madeira de *Pinus elliottii* termorreteificada.
Fonte: Autor

No teste ANOVA na análise da temperatura na ponta da ferramenta em contato com o corpo de prova utilizando o método de Taguchi, verifica-se através da Tabela 1 - que não houve p-value significativo ao nível de 10% para nenhum dos fatores analisados.

Figura 4 - Termografia da madeira de *Corymbia citriodora* termorreteificada.



Fonte: Autor

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1 - Análise de Variância para Médias das temperaturas na ponta da ferramenta em contato com o corpo de prova durante a usinagem.

Fonte	GL	SQ Seq	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	F	P
Temperatura	5	8,1939	11,2194	2,2439	3,91	0,106
Espécies	1	0,3296	0,3296	0,3296	0,57	0,491
Ferramenta	2	2,6943	4,4265	2,2132	3,85	0,117
Erro de Resíduos	4	2,2972	2,2972	0,5743		
Total	17	17,8113				

Fonte: Autor

Legenda: número de graus de liberdade (GL); soma dos quadrados sequenciais (SQ Seq); soma dos quadrados ajustados (SQ (Aj.)); quadrados médios ajustados (QM (Aj.)); estatística F (F) e p-valor (P).

A Figura 5 exibe o gráfico dos efeitos principais para as médias das temperaturas na ponta da ferramenta durante a usinagem.

Verifica-se que para o fator A (temperatura de tratamento térmico), a temperatura na ferramenta vai sofrendo acréscimo do nível 1 (controle) onde encontra-se com uma média de 83,4°C até o nível 4 (temperatura de tratamento de 160°C) com média de 104,8°C. Machado et al (2011) afirmam que a temperatura na interface ferramenta/peça é proveniente trabalho de cisalhamento interno do material e do atrito entre as duas superfícies, provadas pela sua aderência. Desta forma podemos concluir que as forças de atrito e força mecânica (responsável pelo cisalhamento) nesta região foram maiores nos intervalos do nível 2 (tratamento térmico de 100°C) ao nível 5 (tratamento de 180°C) com pico no nível 4.

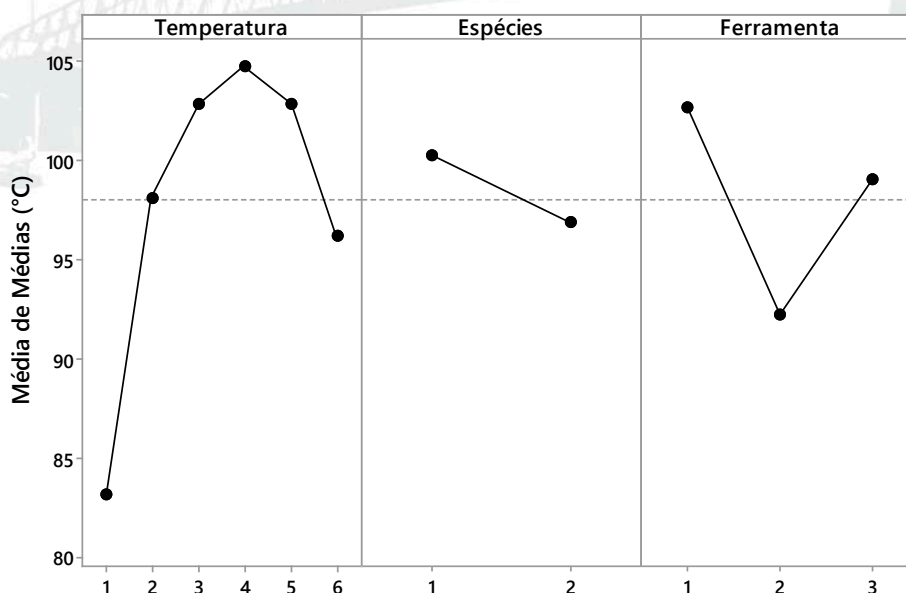


Figura 5 - Gráfico dos efeitos principais para as médias da temperatura na ponta da ferramenta.

Fonte: Autor.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

No fator B (espécie de madeira) mostrado no gráfico da Figura 5, verifica-se uma maior temperatura no nível 1 (*Corymbia citriodora*) em relação ao nível 2 (*Pinus elliottii*), fato este que se deve à maior densidade do *Corymbia* e conseqüentemente maior força aplicada, gerando maior calor, assim aumentando a temperatura na ponta da ferramenta.

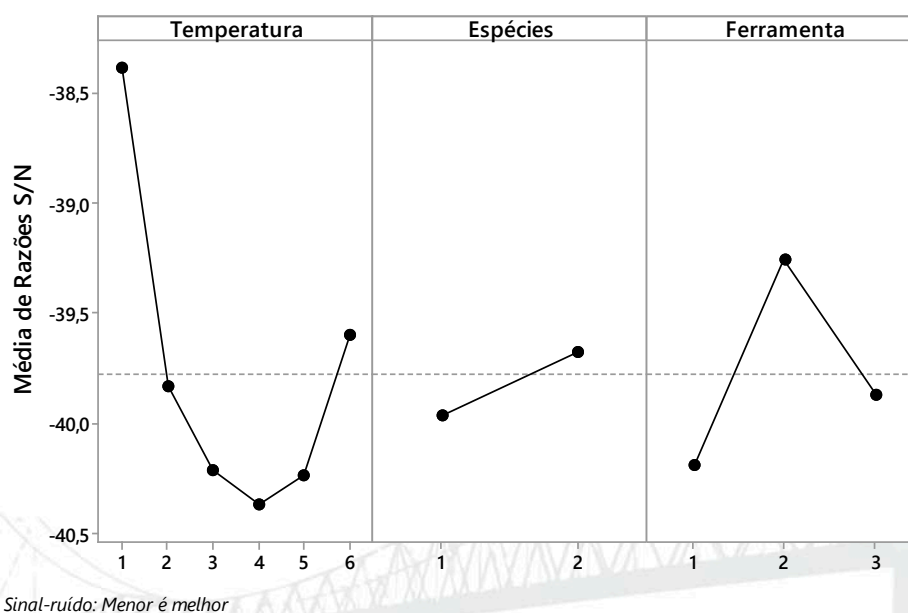


Figura 6 - Gráfico dos efeitos principais para a razão S/N da temperatura na ponta da ferramenta.
Fonte: Autor.

Na análise do gráfico fator C (tipo de ferramenta) mostrado na Figura 5, fica evidenciado que a ferramenta que possui a maior temperatura em sua ponta é a ferramenta de metal duro (nível 1).

O gráfico dos efeitos principais para a razão sinal/ruído da Figura 6 está dentro do esperado com o sinal é inversamente proporcional à resposta das médias presentes no gráfico da Figura 5.

Na análise da temperatura de usinagem com o teste ANOVA, utilizando o método de Taguchi, os fatores Temperatura (A), Espécies (B) e Ferramenta (C) apresentaram um nível de significância de 10%.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 2 - Análise de Variância para Médias das temperaturas de usinagem.

Fonte	GL	SQ Seq	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	F	P
Temperatura	5	10,218	9,883	1,9765	4,09	0,098*
Espécies	1	7,685	7,685	7,6848	15,91	0,016*
Ferramenta	2	11,958	7,547	3,7736	7,81	0,042*
Erro de Resíduos	4	1,932	1,932	0,4829		
Total	17	33,194				

Fonte: Autor

*valor significativo ao nível de 10% de significância.

Legenda: número de graus de liberdade (GL); soma dos quadrados sequenciais (SQ Seq); soma dos quadrados ajustados (SQ (Aj.)); quadrados médios ajustados (QM (Aj.)); estatística F (F) e p-valor (P).

É visto através do gráfico da Figura 7 que para o fator A (temperatura de termorretificação), incide em um aumento da temperatura média de usinagem do nível 1 (material sem tratamento térmico) até o nível 5 (tratada a 180°C), isto se deve pela alteração da composição da madeira pelo processo de pirólise resultando na alteração de propriedades térmicas do material.

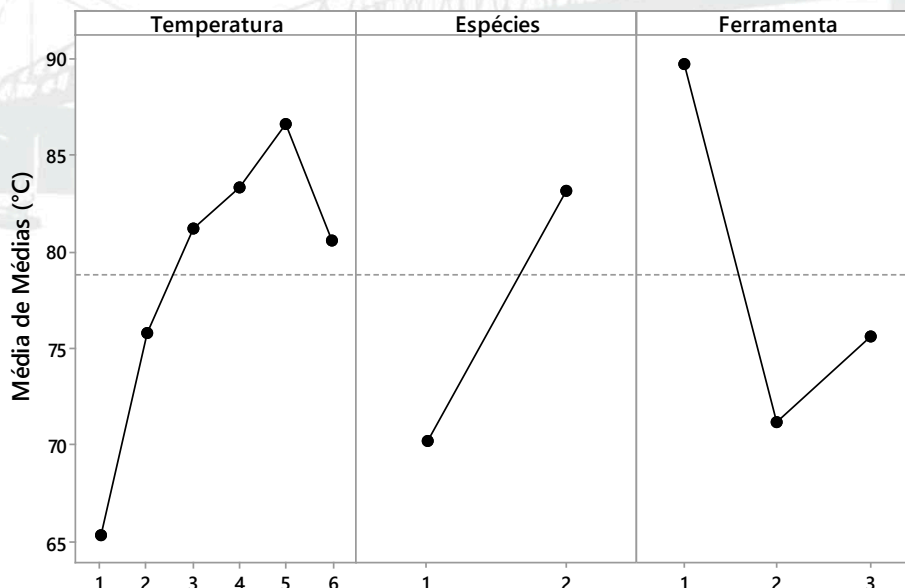


Figura 7 - Gráfico dos efeitos principais para as médias da temperatura de usinagem.

Fonte: Autor.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

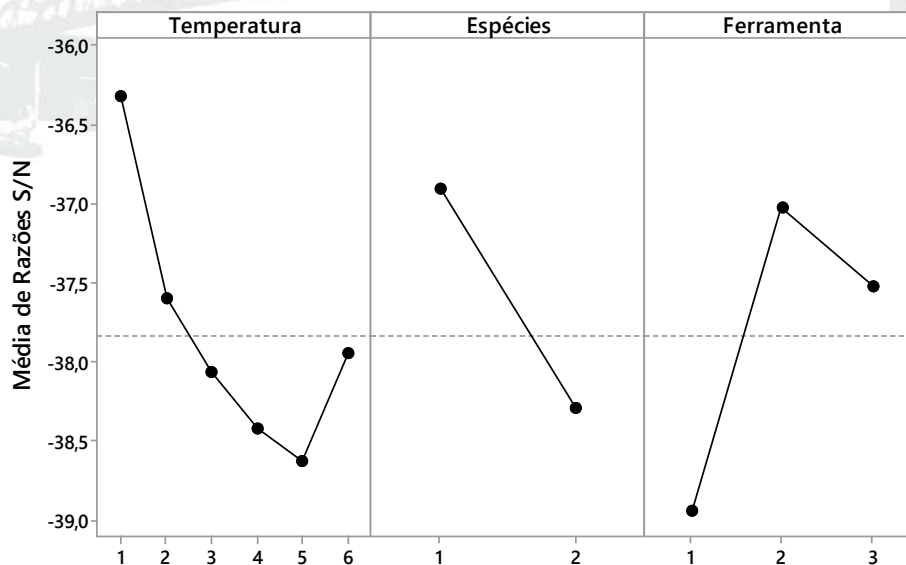
Com o aumento da temperatura, a hemicelulose é degradada aumentando o teor de lignina e celulose da madeira (BOONSTRA, 2006), e reduzindo o teor de água no material. A celulose possui baixo coeficiente de condutibilidade térmica, sendo assim, é considerado um mal condutor de energia térmica, desta forma aliada ao baixo teor de umidade, dificulta a dissipação da energia térmica da peça usinada. Kol e Sefil (2011) encontraram a diminuição da condutividade térmica para as madeiras de *Abies bornmülleriana* e *Fagus orientalis* em função da temperatura de tratamento térmico, Kaboorani (2009) verificou que a estabilidade térmica de fibras de madeira termorretificada é aumentada em função da temperatura de termorretificação, por consequência da degradação das hemiceluloses e celulose.

Outro fator que influencia a condutibilidade térmica da madeira é a densidade, pois Siau (1984) afirma que a condutibilidade térmica da madeira é diretamente proporcional a sua densidade, sendo desta forma a diminuição da densidade pelo processo de termorretificação verificado em diversos trabalhos também é um fator que pode influenciar na dissipação da energia térmica e consequentemente na temperatura da usinagem.

Para o fato B (espécie de madeira) a maior temperatura média de usinagem é para a madeira de *Pinus*, devido a sua menor densidade e consequentemente menor coeficiente de condutividade térmica em relação a madeira de *Corymbia citriodora*.

No fator C (ferramenta) verifica-se uma temperatura menor de usinagem para os níveis 2 e 3 em relação ao nível 1. Esta diferença se dá devido ao coeficiente de atrito entre a ferramenta e a peça, sendo este menor em ferramentas polidas e com recobrimento, o que implica em menor força de corte e consequentemente menor temperatura de usinagem (DINIZ, MARCONDES, COPPINI; 2013).

O gráfico dos efeitos principais para a razão sinal/ruído da Figura 8 está dentro do esperado com o sinal inversamente proporcional à resposta das médias presentes no gráfico da Figura 7.



Sinal-ruído: Menor é melhor

Figura 8 - Gráfico dos efeitos principais para a razão S/N da temperatura de usinagem.

Fonte: Autor

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

Nenhum fator analisado se apresentou significativo na análise da temperatura na ponta da ferramenta de torneamento.

Na análise da temperatura de usinagem, os fatores temperatura de tratamento, espécie da madeira e ferramenta se apresentaram significativos.

A temperatura de usinagem aumentou com o aumento da temperatura de tratamento térmico.

A espécie que apresentou menor temperatura de usinagem foi *Corymbia citriodora*.

As ferramentas de metal duro polido e metal duro com revestimento de TiB_2 apresentaram os melhores desempenhos proporcionando menores temperaturas de usinagem.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOONSTRA, M. J.; TJEERDSMA, B. Chemical analysis of heat treated softwoods. Holz als Roh und Werkstoff. V. 64, p. 204-2011, 2006.

BORREGA, M.; KÄRENLAMPI, P. P. Mechanical behavior of heat-treated spruce (*Picea abies*) wood at constant moisture content and ambient humidity. Holz Roh Werkst, Joensuu, v.66, n.1, p. 63-67, Out. 2007.

BRITO, J. O. Densidade básica e retratibilidade de madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termoretificação. Cerne, v.12, n.2, p.182-188, jun. 2006.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. Tecnologia da Usinagem dos Materiais. 8. ed. São Paulo: Art Liber, 2013. 272 p.

GOZELOTO, M.; GONÇALVES R. Dióxido de carbono em forma de névoa na refrigeração da ferramenta de corte, durante a usinagem da madeira. Ciência Rural, v. 39, n. 5, p. 1426-1432, 2009.

HUANG, X.; KOCAEFE, D.; KOCAEFE, Y.; PICHETTE, A. A spectrophotometric and chemical study on color modification on heat-treated wood during artificial weathering. Applied Surface Science. v. 258, p. 5360-5369, 2012.

KABOORANI, A. Thermal properties of composites made of heat-treated wood and polypropylene. Journal of composite materials. v. 43, n.22, p. 2599-2607, 2009.

KOL, H. S.; SEFIL, Y. The thermal conductivity of fir and beach wood heat-treated at 170, 180, 190, 200, and 212°C. Journal of applied polymer science. v. 112, p. 2473-2480. 2011.

LUCAS FILHO, F. C. Análise da usinagem de madeira visando a melhoria de processos em indústrias de móveis. 2004. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. C. Teoria da usinagem dos materiais. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 297p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MOURA, L. F.; BRITO, J. O. Effect of thermal treatment on machining properties of *Eucalyptus grandis* and *Pinus caribea* var. *hondurensis* wood. PROCEEDINGS OF THE 51st INTERNATIONAL CONVENTION OF SOCIETY OF WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY. 2008, Concepción. Anais do congresso. Wood Science and Technology, 2008. p. 1-9.

POUBEL, D. S. Efeito da termorreificação nas propriedades tecnológicas da madeira normal e de compressão de *Pinus caribea* Morelet. 2011. 29f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

SIAU, J. F. Transport processes in wood. New York: Springer-Varlag, 1984. 245p.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Avaliação da trabalhabilidade da madeira de Hevea brasiliensis (Clone MDF-180)

Nathália Felipe da Rocha¹
Sabrina Mayer de Almeida¹
José Henrique Camargo Pace¹
Davi Abdalla¹

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



AValiação DA TRABALHABILIDADE DA MADEIRA DE *HEVEA BRASILIENSIS* (CLONE MDF-180)

RESUMO: O processamento da *Hevea brasiliensis* (seringueira) inclui uma cadeia de atividades para prepará-la em um produto final, a partir da conversão com atividades de serraria e laminação e submissão a processos como secagem, para ser utilizada na construção de móveis e produtos de valor agregado. O estudo foi realizado com o objetivo de verificar a trabalhabilidade e o comportamento de sua madeira do clone MDF-180 quando submetida aos ensaios de aplainamento, lixamento, furação, rasgo e fendilhamento por pregos, nesta sequência e, além disso, a quantificação de resíduos produzidos. Os corpos de prova foram confeccionados nas dimensões de 30 cm x 8 cm x 2,5 cm (comprimento, largura e espessura) e obtidos a partir de uma tora de madeira, cedida pela empresa Michelin, localizada em Igrapiúna – BA. Após aplicação de todos os testes, as amostras foram avaliadas com base em notas de 1 a 5, sendo a primeira relacionada com a ausência de defeitos na peça e a última com a presença elevada dos mesmos. A partir da avaliação, foi possível concluir que a madeira de Seringueira apresentou resultados satisfatórios nos testes de lixa e de fendilhamento por pregos, visto que é uma madeira macia e apresenta boa trabalhabilidade. Nos testes de furação, rasgo e plaina os corpos-de-prova obtiveram defeitos consideráveis, contudo pode ser aplainado, ranhurado e lixado facilmente, sendo ideal para a construção de móveis, painéis, tábuas, placas de fibras de média densidade e placas de cimento, todavia não é uma madeira convencional.

Palavras-chave: Seringueira; usinagem; acabamento.

EVALUATION OF THE WORKABILITY OF WOOD *HEVEA BRASILIENSIS* (CLONE MDF-180)

ABSTRACT: The processing of *Hevea brasiliensis* (rubber tree) includes a chain of activities to prepare it in a product, from the conversion with activities of sawing and lamination and submission to processes such as drying, to use in the construction of furniture and products of value aggregate. The study was carried out with the objective of verifying the workability and the behavior of its wood the clone MDF 180 when subjected to the tests of planing, sanding, drilling, tearing and nailing, in this sequence and, in addition, the quantification of residues produced. The specimens were made in sizes of 30 cm x 8 cm x 2,5 cm (length, width and thickness) and obtained from a wooden log, provided by Michelin, located in Igrapiúna - BA. After applying all the tests, the samples were evaluated based on grades 1 to 5, where the first one related to the absence of defects and the last one with the high presence of the same. From the evaluation, it was possible to conclude that the wood of Seringueira presented satisfactory results in sandpaper and nail splitting tests, since it is a soft wood and presents good workability. In the drilling, ripping and planing tests the specimens obtained considerable defects, but can be planed, grooved and sanded easily, being ideal for the construction of furniture, panels, boards, medium density fiber boards, cement slabs, however it isn't a conventional wood.

Keywords: Rubber wood, machining tests, finishing.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O Brasil conta com aproximadamente 7 milhões de hectares de floresta plantada em toda sua extensão territorial e, do total, 7,2% (521.121 mil hectares) correspondem a plantios de espécies florestais não convencionais como Paricá, Araucária, Acácia, Pómulos, Teca e Seringueira. A madeira proveniente desses plantios destina-se à construção civil, painéis de madeira, carvão vegetal, energia industrial, fabricação de fósforos e brinquedos, produção de borracha, produção de papel e celulose, entre outros exemplos. (ABRAF, 2013).

Pertencente à família das Euphorbiaceae e do gênero *Hevea*, a Seringueira tem como área de ocorrência a Amazônia brasileira, Colômbia, Peru, Bolívia, Venezuela, Equador, Suriname e Guiana e, de acordo com Coneglian (2011), das onze espécies existentes, a originária do Brasil, chamada *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. (seringueira), é a maior fonte para a produção de borracha e para matéria-prima de múltipla utilização na indústria.

O Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (2004) relatou que as florestas plantadas de seringueira no Brasil procuraram ocupar “áreas de escape”, onde não ocorre problemas com doenças foliares, em especial o “mal das folhas”, causado pelo fungo *Microcyclus ulei*, atingindo a região sul do país, no nordeste do Paraná, onde obteve excelente potencial para o seu cultivo e ainda afirmou que considerando redução da oferta e elevação do preço da borracha natural, é possível visualizar o impacto e contribuição econômica e ambiental de seu cultivo, principalmente nessa região.

Com a falta de madeira no mundo e no Brasil, pesquisas estão sendo realizadas com a seringueira para melhorar sua produção, elevar sua resistência a ventos e a doenças, bom incremento no perímetro do tronco, crescimento retilíneo e ter madeira de boa qualidade, principalmente quando o seringal já estiver imprestável para a exploração do látex, que é sua principal forma econômica (SOUZA, 2007).

Práticas de agregação de valor à madeira da *Hevea brasiliensis*, com seu uso no final do ciclo produtivo de látex, já foram relatadas, incluindo na produção de serrados e outros produtos à base de madeira e estima-se que no período de 2016 a 2021, a produção potencial de toras de seringueira para indústria atingirá aproximadamente 52 milhões de m³ e desse total apenas 14 milhões de m³ serão para produção de madeira serrada e compensados, logo, toras com diâmetro de até 15 cm serão destinadas às serrarias e produção de compensados e as toras com diâmetro inferior, entre 5 e 15 cm, serão destinados para produção de energia. (DHAMODARAM, 2008).

Dhamoradam (2008) dita ainda que o processamento da madeira de borracha inclui uma cadeia de atividades para prepara-la em um produto final, classificado em primário, os que necessitam de conversão com atividades de serraria e laminação, feitas diretamente no tronco das árvores e secundário, onde a madeira serrada é submetida a processos como secagem, seca em fôrnia seca e lenha, incluindo para construção de móveis e produtos de valor agregado.

Com o objetivo de verificar a trabalhabilidade e o comportamento da madeira de *Hevea brasiliensis*, foram realizados testes de usinagem e preparo de corpos de prova, realizados no Laboratório de Processamento da Madeira da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, o que inclui ensaios de aplainamento, lixamento, furação, rasgo e fendilhamento por pregos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material de pesquisa:

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Corpos de prova de dimensões de 30 cm x 8 cm x 2,5 cm (comprimento, largura e espessura) (Norma ASTM D-1666-87).

2.2 Ensaios de usinagem:

Os ensaios de usinagem foram realizados na seguinte ordem: aplainamento (teste de plaina), teste de lixa, teste de furação, teste de rasgo e teste de fendilhamento por pregos. Os ensaios foram feitos nos 12 corpos de prova.

2.2.1 Avaliação dos ensaios de usinagem:

A avaliação dos corpos-de-prova foi realizada de acordo com os defeitos e suas respectivas intensidades, atribuindo notas de 1 a 5, sendo a nota 1 referente à integridade plena da amostra.

Tabela 1: Avaliação da sanidade dos corpos-de-prova

Nota	Classificação
1	Excelente
2	Boa
3	Regular
4	Ruim
5	Muito Ruim

2.2.2 Aplainamento – teste de plaina

Este teste consiste em passar os corpos-de-prova numa plaina desempenadeira de duas facas, com frequência de rotação do eixo de 2660 min⁻¹ e espessura de aproximadamente de 1,6 mm.

Sendo realizadas duas operações de desempenho na mesma face de cada corpos-de-prova, uma em metade da superfície no sentido “oposto” e na outra parte em “concordância” à grã, considerando a movimentação do eixo e da faca em relação ao sentido longitudinal da peça ou disposição das fibras.

As avaliações das amostras foram feitas a partir da presença de quatro tipos de defeitos: marcas de cavaco, grã arrancada, grã felpuda e grã levantada.

2.2.3 Teste de lixa:

O teste de lixa é realizado com uma lixadeira de esteira, que possui 2,70 metros entre a roda motriz e a roda guia com uma lixa de grã 100, onde a face oposta ao teste de aplainamento é apoiada na mesma durante 30 segundos.

Tal teste avalia o riscamento de superfície e grã felpuda, sendo estipuladas as seguintes notas para o estado dos corpos-de-prova:

Tabela 2: Avaliação do aplainamento e lixa

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Nota	Aplainamento	Lixa
1	Excelente (superfície isenta de quaisquer defeitos)	Excelente (superfície sem defeitos)
2	Boa (presença de defeitos leves em até metade da peça)	Boa (superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça)
3	Regular (presença de defeitos médios ou leves na maior parte da peça)	Regular (presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça)
4	Ruim (presença de defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes)	Ruim (presença de riscamento ou grã felpuda na maior parte da peça)
5	Muito Ruim (presença de defeitos fortes na maior parte da peça)	Muito Ruim (presença de riscamento ou grã felpuda em quase que a totalidade da peça)

2.2.4 Teste de furação:

Este teste utiliza uma furadeira vertical de coluna, com velocidade de avanço manual, com frequência de rotação do motor de 3100 min⁻¹. Serão realizadas as furações na face que passou pela lixadeira, sendo feitos os seguintes furos: “para cavilha” e “para dobradiça”.

Na furação para cavilha a furadeira será equipada com brocas do tipo helicoidal de aço, com 6, 8 e 12 mm de largura, sendo realizados seis furos passantes por amostra, dois para cada broca, apresentando uma distância mínima de 25 mm entre os mesmos e das bordas. No teste de furação para dobradiça será utilizada broca chata de 26 mm, sendo confeccionados dois furos, um passante e outro não passante. Nas furações será observada a presença de: grã felpuda, arrancamento de grã e queima da madeira.

2.2.5 Teste de rasgo:

Este teste é realizado por uma furadeira horizontal com broca helicoidal de 8 mm, a qual faz uma fresa na lateral das peças, em lado oposto aos furos de cavilha e dobradiça. E para a avaliação serão atribuídas notas de 1 a 5, em função do levantamento de fibras presentes nas superfícies do rasgo:

Tabela 3: Avaliação do teste de furação

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Nota	Furação	Rasgo
1	Excelente (ausência de defeito em qualquer um dos furos)	Excelente (ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo)
2	Boa (superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos)	Boa (presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer)
3	Regular (presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio)	Regular (presença de levantamento forte em uma e leve em outra)
4	Ruim (presença de defeito severos em um furo, ou presença de defeito médio na maior parte dos furos)	Ruim (presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento)
5	Muito Ruim (presença de defeito severo em mais de um furo)	Muito Ruim (presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo)

2.2.6 Teste de fendilhamento por pregos:

Nesse teste serão utilizados pregos de 15 x 15 com 30 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro. Os mesmos serão inseridos com espaçamento de 20 mm entre si e 10 mm das bordas do corpo-de-prova, sendo utilizado um martelo.

A avaliação será realizada de acordo com a presença de rachaduras ou trincas presentes na superfície de penetração. A classificação será feita da seguinte forma:

- Peça que aceita pregos: amostra sem rachas ou trincas, ou dimensões insignificantes destes, não alcançando o topo das amostras;
- Peça que não aceita pregos: com trincas ou rachas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

a. Teste de plaina:

A partir dos resultados encontrados no teste de aplainamento, a madeira de seringueira foi classificada com nota 3, o que equivale à Regular, devido a presença de defeitos médios na maior parte da peça, decorrentes do levantamento da grã ao passar no sentido contrário à mesma na plaina desempenadeira.

b. Teste de lixa:

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os corpos-de-prova obtiveram nota 1 na avaliação deste teste, o que isso significa dizer que seus resultados foram Excelentes, já que a madeira permaneceu sem defeitos em suas superfícies, ou seja, suas faces ficaram totalmente lisas.

c. Teste de Furação:

Observando os resultados encontrados nos corpos-de-prova, a madeira foi classificada com nota 5, logo obteve uma resposta Ruim quanto aos furos realizados no teste o que inclui a presença de defeitos médios na maior dos mesmos, o que pode ser explicado porque a madeira “embuchava” nas brocas utilizadas.

d. Teste de Rasgo:

Os resultados encontrados para este teste também foram Ruins, com nota 5, porque há presença de levantamento forte das fibras nas quatro faces do rasgo e em seu fundo.

e. Fendilhamento por pregos:

Em geral, os corpos-de-prova não apresentaram rachaduras e trincamentos, sendo assim a peça aceita pregos, isso significa que a madeira é macia e foram raros os defeitos apresentados.

(a)

(b)



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

(c)

(d)



(e)



Figura 1. Resultado dos testes de Aplainamento (a), Lixa (b), Furação (c), Rasgo (d) e Fendilhamento com pregos (e).

4. CONCLUSÕES

A madeira de *Hevea brasiliensis* possui ótima funcionalidade e trabalhabilidade, assim sua serração e usinagem são consideradas boas, podendo ser aplainado, ranhurado e lixado facilmente, conferindo atrativos, como a grã, brilho e capacidade de aceitar tintura, sendo ideal para a construção de móveis. Além disso, pode ser construído painéis, tábuas, placas de fibras de média densidade (MDF), placas de cimento, entre outros, contudo não é uma madeira convencional. (DHAMORADAM, 2008)

Diante do exposto, a madeira de *Hevea brasiliensis* apresentou resultados satisfatórios nos testes de lixa e de fendilhamento por pregos, visto que é uma madeira macia e apresenta boa trabalhabilidade. Nos demais testes de furação, rasgo e plaina os corpos-de-prova obtiveram defeitos consideráveis, não sendo apropriados para uso dessa maneira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília, 2013. 148 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-abraf13-br.pdf>>. Acesso em: 30/05/2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CONEGLIAN, A. Efeito da Resistência Natural e Tratamentos Químicos no Lenho Juvenil e Adulto de *Hevea brasiliensis* Mull. Arg. Ao Fungo Manchador *Botryodiplodia theobromae* e Cupim *Cryptotermes brevis*. 2011. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – área de Concentração em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, SP, 2011. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0745.pdf>>. Acesso em: 30/05/2017.

DHAMODARAM, T. K. Status of rubber Wood processing and utilization in India: a country report. In: Promotion of Rubberwood Processing Technology in the Asia-Pacific Region. Haikou, ITTO/CFC, 2008. p.17-37. 141p. Disponível em: <http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2392/Technical/WorkshopProceedings.pdf>. Acesso em: 30/05/2017 IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (2004). O Cultivo da Seringueira (*Hevea* spp.). Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento.

Disponível em: < http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/cultsering.pdf>. Acesso em: 30/05/2017.

SOUZA, I.A. Avaliação dos clones de seringueira (*Hevea* spp.) em Piracicaba – SP. 2007. Dissertação (Mestre em Agronomia) – área de Concentração: Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, SP, 2007. Disponível em: < <file:///C:/Users/Nath%C3%A1lia%20Felipe/Downloads/itamaralvinosouza.pdf>>. Acesso em: 30/05/2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE LÂMINAS DE PAPELÃO NA PRODUÇÃO DE COMPENSADOS DE MADEIRA

Alice Souza¹
Mylene Augusto Costa¹
Saulo Rocha Ferreira¹
Danillo Wisky Silva²
Rafael Mendes¹

¹ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Engenharia

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais



AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE LÂMINAS DE PAPELÃO NA PRODUÇÃO DE COMPENSADOS DE MADEIRA

Resumo: Diante da crescente preocupação com o meio ambiente, materiais não convencionais vêm ganhando destaque, em especial na construção civil, uma área na qual promove acentuada extração dos recursos naturais. O objetivo principal do trabalho foi desenvolver um painel compensado não convencional com substituição parcial das lâminas de madeira por lâminas de papelão, visto que é um material com ampla utilização no ramo. Para produção dos painéis foram utilizadas lâminas de madeira da espécie *Pinus oocarpa*. As lâminas de papelão foram desenvolvidas utilizando três folhas de papelão coladas com resina a base de PVA – Acetato de Polivinila (250 g/m²), prensadas a frio. Foram avaliados dois tratamentos, um compensado referência contendo cinco lâminas de madeira e o compensado desenvolvido com substituição de duas lâminas de madeira por lâminas de papelão. A prensagem das lâminas para produção dos compensados foi realizada à frio a uma pressão de 1,2 MPa e com o adesivo PVA (400 g/m²). Para averiguar a viabilidade de utilização foram avaliadas as propriedades físicas (massa específica e umidade) e mecânicas (módulo de ruptura - MOR e módulo de elasticidade - MOE à flexão estática). Ao avaliar as propriedades físicas não foi observado variação de umidade entre os tratamentos. Observou-se um aumento nos valores médios de massa específica com a substituição da madeira por papelão. Em relação ao comportamento mecânico, a referência apresentou melhor performance. Contudo, pode-se concluir que foi atendido o propósito de dar ao resíduo papelão uma nova destinação, podendo aplicar esse compensado em ambientes internos sem fim estrutural.

Palavras-chave: Painéis de madeira, *Pinus oocarpa*, adesivo PVA.

EVALUATION OF THE USE OF CARDBOARD BLADES IN THE PRODUCTION OF PLYWOOD

Abstract: Facing the increasing environmental concerns, non-conventional materials have become more prominent, especially in civil construction, an area that promotes a sharp extraction of natural resources. The primary goal of the project was to develop an unconventional plywood panel with a partial substitution of wood slides for cardboard slides, since it is a material with wide use in the field. For production of panels were used wood species *Pinus Oocarpa*. The cardboard slides were developed through three cardboard leaves bonded with PVA - Polyvinyl Acetate based resin (250 g/m²), cold pressed. Two treatments were evaluated, one ply reference with five slabs of wood, and the plywood developed with the replacement of two sheets of wood by cardboard slides. The pressing of the slides to produce the plywood was carried out cold at a pressure of 1.2 MPa and with the PVA adhesive (400 g/m²). The physical properties (specific mass and moisture) and mechanical properties (modulus of rupture - MOR and modulus of elasticity - MOE with static bending) were evaluated to verify its feasibility. When evaluating its physical properties, no variation of moisture between treatments has been observed. There was an increase in the mean values of specific mass with a replacement of the wood by cardboard. In relation to mechanical behavior, the reference presented better performance. However, it can be concluded that the purpose of giving a noble destination to the waste cardboard has been approved, being able to be used in internal environments without an structural end.

Keywords: Plywood, *Pinus oocarpa*, PVA resin.



1. INTRODUÇÃO

Atualmente há a necessidade de buscar materiais alternativos, em especial materiais que possam ser reciclados. A construção civil é uma área na qual exige acentuada extração dos recursos naturais e vem dando enfoque a estudos e pesquisas relacionados a essa área. Diante disso tem-se a celulose como matéria prima de muitos materiais que são descartados em grande escala no meio ambiente, como o papelão, devido a sua ampla aplicação na industrialização de embalagens e caixas.

Em 2015 aproximadamente 26% do lixo brasileiro era composto por papel e papelão. A temática de sustentabilidade ambiental ganha destaque com o uso do papelão, dando enfoque para a tendência de utilização de materiais alternativos e ecologicamente corretos (ABRELPE,2016; BRONDANI et al., 2009).

Por sua vez a madeira é um material renovável, de fácil trabalhabilidade, boa resistência ao impacto, além de possuir bom acabamento superficial. Essa matéria prima tem se mostrado muito satisfatória não só em seu estado maciço, mas também na forma particulada e laminada presente em painéis (BAL et al., 2015).

Os painéis compensados vieram para sanar as desvantagens da madeira maciça, como dimensões limitadas, anisotropia e baixo desempenho mecânico. Tal material possui uma variada gama de aplicações, principalmente na construção civil e na indústria moveleira, isso se dá pelo fato da boa estabilidade dimensional do material, resistência a impactos e vantagens socioeconômicas. Sua utilização contribui significativamente com os fatores econômicos e sociais do país, gerando mão de obra e capital para pequenos municípios (IWAKIRI et al., 2011; BAL et al., 2015).

De acordo com Brondani et al. (2009), os estudos voltados para a condição mista, como o uso de madeira e papelão, adaptam sua nova metodologia de ensaios laboratoriais seguindo técnicas pré-existentes. Assim, os dados são obtidos através de analogia às normas destinadas à madeira. Visando aproveitar embalagens de papelão na produção de painéis compensados, este trabalho teve o objetivo de avaliar as propriedades físico-mecânicas de painéis compensados com substituição parcial de lâminas de madeira por papelão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Preparo das lâminas de madeira

Para a pesquisa foram utilizadas três árvores de *Pinus oocarpa*, com aproximadamente 28 anos de idade, ambas as árvores foram provenientes de um plantio experimental localizado no campus da Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil.

As toras foram divididas em toretes de 55 cm de comprimento. Esses foram cozidos em um tanque na temperatura de $60\pm 3^{\circ}\text{C}$, por um período de 24 horas. Posteriormente, foram laminados com um torno laminador (Figura 1), a fim de obter lâminas com espessura de 2 mm (Figura 2). As lâminas foram guilhotinadas e esquadrejadas, tendo os dois lados iguais com dimensão de 350 mm. O material foi mantido em estufa com temperatura de 60°C até a umidade de 7%.



Figura 1. Processo de extração das lâminas.



Figura 2. Lâmina de Pinus (350x350x2 mm).

2.2. Preparo das lâminas de papelão

Para o preparo das lâminas de papelão, as caixas de papelão ondulado de parede simples foram abertas e cortadas até atingir a dimensão de 350 x 350 mm, de acordo com a Figura 3.

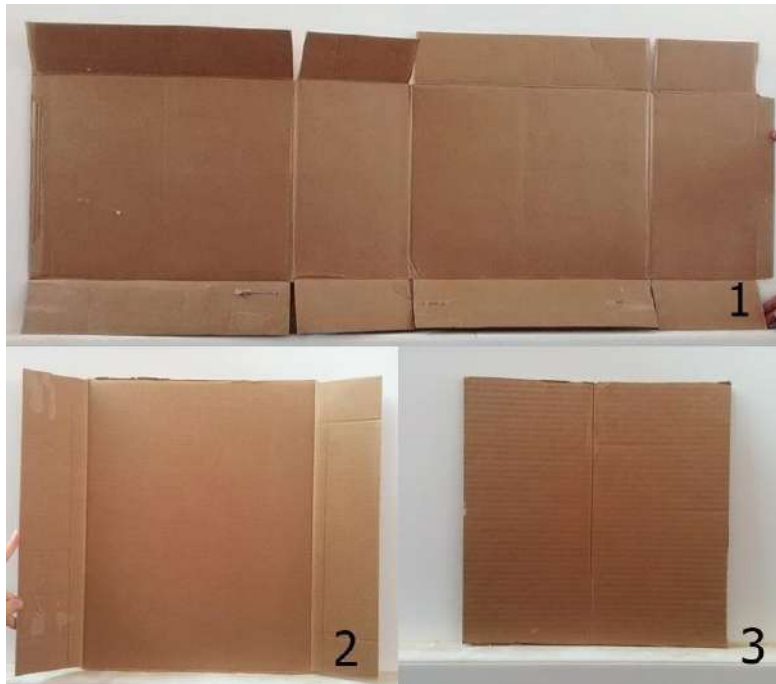


Figura 3. 1) Caixa de papelão desmontada; 2) Corte das maiores sessões retangulares; 3) Corte das abas laterais.

Em seguida, três folhas de papelão foram coladas com cola PVA – Acetato de Polivinila extraforte numa gramatura de 250 g/m², como mostra a Figura 4 e prensadas durante 4 horas com pressão de 1,2 MPa.



(a)



(b)

Figura 4. a) Pesagem da cola PVA; b) lâmina após aplicação da cola com auxílio de pincel.

As três camadas de papelão estavam dispostas de forma que as ondulações ficaram perpendiculares entre si. As folhas externas determinaram a direção das ondas da lâmina de papelão. A Figura 5 apresenta a lâmina de papelão.



Figura 5. Lâmina de Papelão.

2.3. Preparo do painel compensado

Foram produzidos painéis compensados em dois tratamentos, um tratamento controle composto por 5 lâminas de madeira de *Pinus oocarpa* (Tratamento 1) e outro substituindo duas lâminas internas de madeira por lâminas de papelão (Tratamento 2), como mostra a Figura 6.

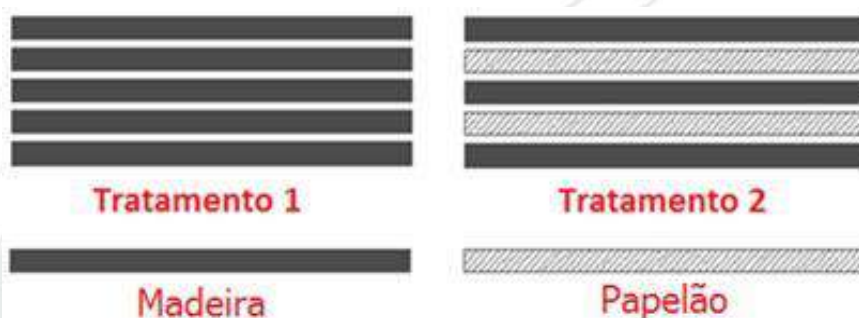


Figura 6. Plano experimental dos compensados desenvolvidos.

As lâminas foram dispostas de forma que as fibras estivessem sempre perpendiculares entre si. As mesmas foram coladas com resina PVA extraforte com gramatura de 400 g/m² (Figura 7) e prensadas por 24 horas em temperatura ambiente e a pressão de 1,2 MPa, como mostra a Figura 8.



Figura 7. Colagem das lâminas.



Figura 8. Prensagem das lâminas.

Após a prensagem os painéis ficaram dispostos em ambiente climatizado com umidade relativa de $65\pm 5\%$ e temperatura de $20\pm 2^\circ\text{C}$. Desses painéis foram retiradas amostras para o ensaio da massa específica de acordo com a norma NBR 9485 (ABNT, 2011), umidade de equilíbrio - NBR 9484 (ABNT, 2011) e módulo de ruptura (MOR) paralelo e perpendicular e módulo de elasticidade (MOE) paralelo e perpendicular, no ensaio de flexão estática, ambos seguindo os procedimentos da norma EN 310 (ECS, 1993). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo os resultados obtidos avaliados através de análise de variância com 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que antes da prensagem realizada na produção das lâminas de papelão, as três folhas de papelão juntas apresentavam espessura de 12 ± 1 mm e após a prensagem, as lâminas obtiveram espessura de 3 ± 1 mm, medidas mensuradas com o auxílio de um paquímetro. Assim, a espessura após a produção das lâminas reduziu em 75%, como mostra a Figura 9. Esse resultado se aproximou da espessura da lâmina de madeira.



Figura 9. Espessura lâmina de Papelão.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados de umidade e massa específica com seus devidos desvios padrão. Tais resultados não apresentaram diferença estatística por meio da análise de variância a 5% de significância, afirmando assim, que não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 1- Propriedades físicas do painel compensado

Treatamento	Umidade (%)	Massa específica (g/cm ³)
Controle	14,786 (5,816)* ^{ns}	0,591 (5,750) ^s
Com papelão	14,798 (10,555) ^{ns}	0,779 (6,675) ^s

*Os valores entre parênteses representam o coeficiente de variação em porcentagem.

NS = Análise de variância não significativa; S: Análise de variância significativa.



Para a propriedade massa específica foi constatada diferença estatística. Sendo que o maior valor encontrado foi para o compensado com duas laminas de papelão, o aumento da massa específica foi de 24,13% em comparação com o compensado composto apenas por madeira. Fato decorrente da maior densidade das lâminas de papelão em comparação com as lâminas de pinus utilizadas neste estudo. A massa específica da madeira *Pinus oocarpa* foi de 0,501 g/cm³. Em contraponto, a massa específica da lâmina de papelão foi de 0,914 g/cm³.

Os valores de módulo de ruptura e módulo de elasticidade no sentido perpendicular as fibras estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2- Módulo de Ruptura e Módulo de Elasticidade Perpendicular.

Tratamentos	Perpendicular		Paralelo	
	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
Controle	22,03 (65,86)* ^s	1922,24 (81,34) ^s	26,42 (11,54) ^s	2926,78 (32,47) ^s
Com papelão	6,53 (23,12) ^s	280,98 (35,32) ^s	11,74 (14,65) ^s	1660,86 (48,79) ^s

*Os valores entre parênteses representam o coeficiente de variação em porcentagem.

S: Análise de variância significativa.

Houve diferença estatística entre os tratamentos para o MOR e MOE no sentido perpendicular e paralelo. Os melhores resultados foram observados para os compensados produzidos apenas com madeira de pinus.

As Figuras 10 e 11 apresentam as curvas médias de tensão/deformação específica obtidas no ensaio de flexão estática para a amostra com disposição das fibras perpendiculares e paralelas. Pode-se observar, como esperado pelas Tabelas 2, o tratamento 1 apresentou maior tensão no momento de ruptura.

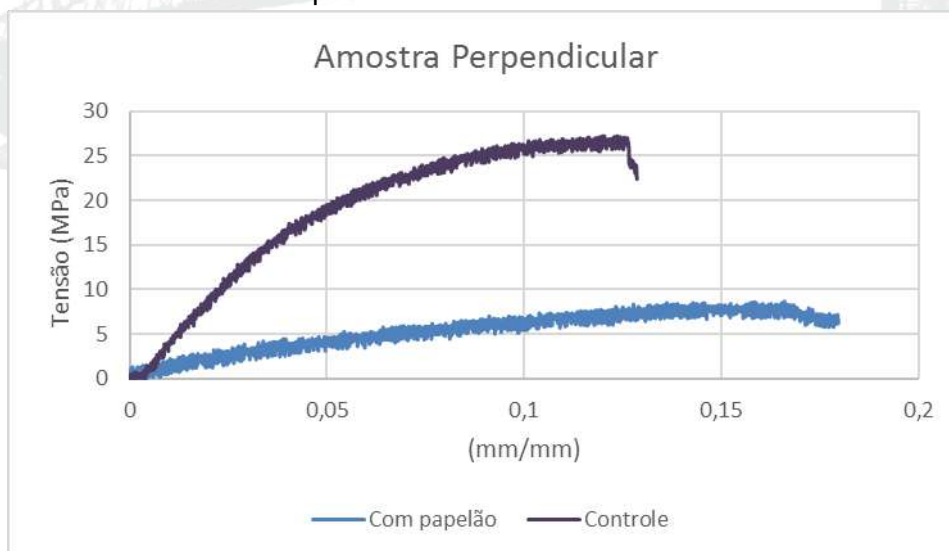


Figura 10. Curva média da tensão e deformação das amostras com disposição de fibras perpendiculares.

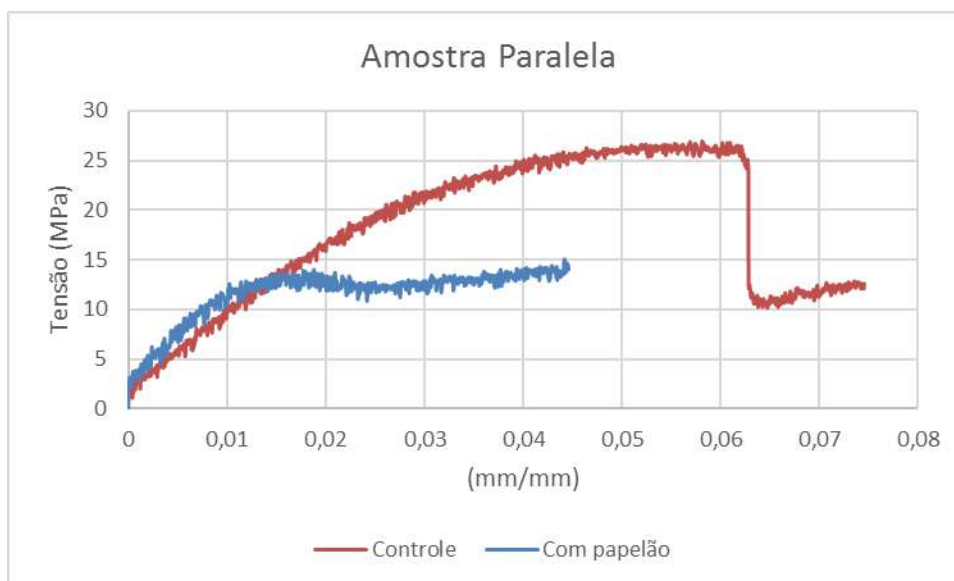


Figura 11. Curva média da tensão e deformação das amostras com disposição de fibras paralelas.

Segundo a ABPO – Associação Brasileira do Papelão Ondulado (2016), o material consiste de miolo e capa colados com uma resina. As amostras submetidas ao ensaio de flexão estática se romperam justamente nessa junção do miolo do papelão, indicando que a resistência dessa colagem foi menor que a interface de adesão entre as laminas de madeira e de papelão. Portanto, tais resultados podem ser explicados pela ligação fraca presente no miolo do papelão. Essa análise é feita ao observar o rompimento do corpo de prova nessa ligação, como mostra a Figura 12.



Figura 12. Ruptura da amostra na camada de papelão.

Conforme a ABIMCI (2007), os valores mínimos exigidos para compensado com adesivo à base fenólica, são de 27,38 e 20,58 MPa para o MOR e 3.100,72 e 1.762,9 MPa para o MOE, no sentido paralelo e perpendicular, respectivamente. No entanto, o compensado com lâminas de papelão pode ser aplicado em outros usos, como fabricação de móveis, paredes de vedação interna, tais usos menos nobres, sem fins estruturais.

4. CONCLUSÕES

Com o presente estudo foi possível concluir que:

Ocorreu um aumento da massa específica dos painéis devido à substituição da madeira de pinus por lâminas de papelão.



As propriedades MOR e MOE dos painéis com papelão foram significativamente inferiores aos painéis controle.

No geral, é inviável a substituição de madeira por papelão na produção de compensados de uso não estrutural. No entanto, este produto de resistência inferior pode ser utilizado em outras aplicações que não necessitem de tais propriedades.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI. Painéis Compensados de *Pinus*. Catálogo Técnico 2. Curitiba, 2007.

ABPO. Disponível em: < <http://www.abpo.org.br> >. Acesso nov. 2016.

ABRELPE. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso nov. 2016.

ALMEIDA, N. F. Avaliação da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de compensados. *ScientiaForestalis*, Piracicaba, p.435-443, dez. 2012. Disponível em:<<http://www.abpo.org.br/>>. Acesso out. 2016.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 9533: Madeira compensada: determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro; 2012.

_____. NBR 9484: Compensado — Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro; 2011.

_____. NBR 9485: Compensado — Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro; 2011.

BAL, B.; et al. Some technological properties of poplar plywood panels reinforced with glass fiber fabric. *Construction And Building Materials: Elsevier*, Kahramanmaras, Turkey, p.952-957, 22 out. 2015.

BRONDANI, S. A.. Uso do papelão no design de móveis: aspectos ambientais e de projeto. Salvador, Ba, out. 2009.

CARPANEZZI, A. A., FERREIRA C. A., ROTTA E., NAMIKAWA I. S., STURION J. A., PEREIRA J. C. D., et al. Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná. Brasília: Embrapa, CNPF. 1986. 89 p. Documentos, n. 17. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/293499/zoneamentoecologico-para-plantios-florestais-no-estado-do-parana>> Acesso: mai. 2017.

COMMERCIAL STANDARD C.S. 236-66. Matformed wood particleboard. 1968.

Deutsches Institut Für Normung. DIN-68.792: Large area shuttering panels of veneer plywood for concrete and reinforced concrete. Berlin: Beuth Verlag, 1979.

FONSECA, C. B.. Reforço com Fibras de Vidro em Painéis Compensados _ uma Alternativa Ecológica. *Unileste-MG*, fev. 2011.

GHOFRANI, M.; et al. Acoustical properties of plywood/waste tire rubber composite panels. Tehran, Iran, ago. 2016.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *schizolobiumamazonicum*. Lavras, p.10-18, nov. 2008.

IWAKIRI, S. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *schizolobiumamazonicum*. São Paulo-SP, p.451-458, jun. 2011.

MENDES, R. F.; et al. Resistência de painéis compensados de pinus taeda tratados com preservantes ao ataque de fungos xilófagos. *Cerne*, Lavras, v. 20, n. 1, p.106-112, mar. 2014.

PALMA, H. A. L.. Influência da Qualidade das Lâminas no Desempenho Mecânico à Flexão de Painéis Compensados de *Hevea brasiliensis*., São Paulo-SP, p.133-140, jun. 2012.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E ENERGÉTICAS DA MADEIRA DE EUCALIPTO

Claudinéia Olímpia de Assis¹

SELMA LOPES GOULART²

José Tarcísio Lima³

Maíra REIS DE ASSIS⁴

Tatiane Antunes da Silva⁴

Joice Aparecida de Assis³

¹ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

² Universidade Federal Rural da Amazônia

³ Universidade Federal de Lavras

⁴ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS, FÍSICAS E ENERGÉTICAS DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES DE EUCALIPTO

Resumo: O objetivo deste trabalho foi determinar as características químicas, físicas e energéticas das madeiras de cinco espécies de eucalipto aos 37 anos de idade destinada para os mais variados usos provenientes de plantios na Universidade Federal de Lavras, MG. Foram amostradas duas árvores por espécie perfazendo um total de 10 árvores. Para a composição química da madeira de cada espécie foram analisados os teores de extrativos totais, lignina total, holocelulose e cinzas e também os teores elementares da madeira. Para as características físicas, foi analisada a densidade básica da madeira e a retratibilidade na direção medula casca, e para as características energéticas foram quantificados o poder calorífico superior. Pelos resultados foi possível observar os altos valores médios encontrados para os teores de extrativos totais e nitrogênio que foram superiores aos normalmente encontrados na literatura. Em relação à lignina total e o poder calorífico superior o *Eucalyptus saligna*, foi o que apresentou o maior valor médio em relação às demais espécies avaliadas e para a holocelulose os maiores valores médios estão entre as espécies de *Corymbia maculata*, e *Eucalyptus cloeziana*. Para a retratibilidade o destaque foi para o *Corymbia citriodora* que apresentou os melhores resultados. Entretanto, é possível concluir que as variações nos resultados encontrados pode estar relacionada a diferentes espécies analisadas e também a idade das árvores, principalmente as características químicas e físicas, assim como o aumento na densidade básica no sentido medula casca.

Palavras-chave: Qualidade da madeira, poder calorífico superior, lignina, holocelulose

EVALUATION OF THE CHEMICAL, PHYSICAL AND ENERGY PROPERTIES OF WOOD OF FIVE SPECIES OF *Eucalyptus*

Abstract: The aim of this work was to determine the chemical, physical and energy characteristics of five species of wood from *Eucalyptus* at 37 years old destined to the most varied uses from plantations at the Universidade Federal de Lavras. Two trees per specie were sampled making a total of 10 trees. For the chemical composition of wood the total extractives, total lignin, holocellulose and ash contents were analyzed and also the elemental contents of the wood. For physical characteristics, the basic density and shrinkage of wood were analyzed the pith to bark, and for the energy characteristics the high heating value was quantified. From the results it was possible to observe the high average values for total extractive and nitrogen contents that were higher than those found in the literature. For the shrinkage the highlight was for the *Corymbia citriodora* that presented the best results. However, it is possible to conclude that there was influence of age mainly in the chemical and physical characteristics of wood as the high values of extractives and nitrogen, as well as the increase of the density from pith to bark.

Keywords: Wood quality, high heating value, Lignin, Holocellulose

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O setor produtivo de base florestal divide-se em vários tipos de produtos, tais como: carvão vegetal, celulose e papel, móveis, painéis reconstituídos, madeira serrada, entre outros. Essas diversas aplicações são extremamente dependentes de suas características tecnológicas, tais como: umidade, retratibilidade, densidade básica, estrutura anatômica e composição química (DIAS JÚNIOR et al., 2013). A madeira por ser um material biológico apresenta, grandes variações devidas a fatores como a idade, genótipo, ambiente, práticas silviculturais, além das interações entre estes fatores. Características tecnológicas, tais como a umidade, teor de lignina, holocelulose e cinzas, densidade básica, e o poder calorífico da madeira, são propriedades geralmente utilizadas na determinação da sua qualidade principalmente quanto esta se destina a fins energéticos.

Diante da variabilidade de espécies do gênero *Eucalyptus* exploradas na silvicultura nacional, é importante que as empresas florestais selecionem aqueles materiais genéticos mais produtivos e com propriedades da madeira adequadas para diversos usos, visando à sua multiplicação em escala comercial, de forma a obter melhor aproveitamento da biomassa e elevar a lucratividade da produção.

A constituição química da madeira varia com a espécie e é de grande importância para a escolha adequada da madeira a ser utilizada (Quirino et. al, 2005). Segundo Brand (2010), o poder calorífico é um excelente parâmetro para se avaliar a potencialidade energética de combustíveis de biomassa.

A qualidade da madeira se refere à sua capacidade para atender aos requisitos necessários para a fabricação de um produto, ou ainda, como a combinação de propriedades físicas, químicas, anatômicas e estruturais da árvore ou de suas partes que levam a um máximo aproveitamento e uma melhor aplicabilidade para determinado fim (AMORIM et al., 2013). Assim, o conhecimento tecnológico sobre madeiras que têm potencial para utilização na indústria, como é o caso do eucalipto, contribui de forma significativa para justificar a utilização dessas espécies no mercado (GONÇALEZ et al., 2006).

Desta forma o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as características químicas, físicas e energéticas das madeiras de cinco espécies de eucalipto aos 37 anos de idade, destinada para os mais variados usos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizadas cinco espécies de eucalipto, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus pilularis*, *Corymbia maculata* e *Corymbia citriodora* tendo sido avaliada duas árvores por espécie, perfazendo um total de 10 árvores aos 37 anos de idade, provenientes de plantios na Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG. De cada árvore foram retirados discos de aproximadamente 10 cm de espessura, amostrados a três metros da altura do tronco, que foram utilizados para determinar as características químicas, físicas e energéticas da madeira.

Os discos foram encaminhados para o Laboratório de Biomateriais no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras para a determinação das características da madeira.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os discos foram seccionados em quatro cunhas (partes) sempre passando pela medula. Duas cunhas opostas foram utilizadas na retratibilidade e na determinação da densidade básica da madeira, conforme a metodologia descrita por Vital (1984). As outras duas cunhas foram utilizadas para a determinação do teor de lignina, teor de extrativos, análise elementar e poder calorífico superior da madeira.

2.1 Análises químicas da madeira

Para determinação das análises químicas da madeira o material seco ao ar foi moído e classificado em peneiras de 40 e 60 mesh. Em seguida foram determinados os teores extrativos totais e de lignina solúvel e insolúvel, e por diferença, o teor de holocelulose, conforme os procedimentos descritos segundo a norma ABCP M3/89 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL, 1974), foi determinado o teor de lignina insolúvel, por meio do método de ataque ácido. Foram realizadas duas repetições por amostra. O teor de lignina insolúvel (Klason) foi obtido de acordo com a metodologia proposta por Gomide e Demuner (1986) e a lignina solúvel (Klason) em ácido sulfúrico foi determinado por espectrometria de acordo com a metodologia proposta por Goldschimid (1971). O teor de lignina total foi obtido, por meio da somatória dos teores de lignina solúvel e insolúvel.

2.2 Química elementar da madeira

Para determinação desta análise o material foi moído e peneirado utilizando a alíquota que ficou retida na peneira de 270 mesh. Após o peneiramento o material foi seco em estufa convencional a temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$. A análise elementar foi realizada conforme procedimentos descritos por Paula et al. (2011a), por meio desta análise determinou-se o teor de carbono, hidrogênio, oxigênio e enxofre.

2.3 Densidade básica da madeira e retratibilidade

Para a determinação da densidade básica da madeira e da retratibilidade foram confeccionados os corpos de prova retirados das duas cunhas opostas com dimensões $2 \times 3 \times 3$ cm, livres de defeitos, no sentido medula casca. Em seguida foi determinada a estabilidade dimensional, nos mesmos corpos de prova utilizados para a realização da densidade através do cálculo das contrações axial, radial e tangencial, para a determinação das dimensões foi utilizado um paquímetro digital com precisão 0,01 mm. Em seguida, foram imersos em água para a saturação. Na determinação dos volumes na condição saturada, o método aplicado foi o de imersão. As amostras foram colocadas em estufa de circulação de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem peso constante. O peso seco foi determinado utilizando-se uma balança digital com precisão de uma casa decimal.

Para a determinação da densidade básica da madeira foi utilizado o procedimento descrito na norma NBR 11941 (ABNT, 2003), aplicando-se a equação 1:

$$DB = MS/VV \quad (1)$$

Em que: DB = Densidade básica (g/cm^3); MS = Massa seca em estufa a $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$; VV = Volume verde (cm^3).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para a determinação da retratibilidade da madeira a metodologia adotada no ensaio seguiu a norma ASTM D143-94 (ASTM, 1997). Os volumes das amostras foram determinados multiplicando-se as dimensões radiais, tangenciais e longitudinais. Posteriormente os corpos de prova foram colocados em estufa de circulação de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem peso constante e foram novamente medidos e pesados. As contrações tangenciais, radiais e volumétricas foram calculadas para a madeira na condição de umidade de equilíbrio (CUE). Essas contrações foram calculadas pelas equações (2, 3 e 4).

$$CT = \frac{T_i - T_f}{T_i} * 100 \quad (2)$$

Em que: CT - contração tangencial, T_i - dimensão inicial no plano tangencial, T_f - dimensão final no plano tangencial;

$$CR = \frac{R_i - R_f}{R_i} * 100 \quad (3)$$

Em que: CR - contração radial, R_i - dimensão inicial no plano radial, R_f - dimensão final no plano radial.

$$CV = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100 \quad (4)$$

Em que: CV - contração volumétrica, V_i - volume inicial, com umidade acima do ponto de saturação das fibras, V_f - dimensão final com 0% de umidade.

2.4 Poder calorífico superior da madeira

A metodologia para obtenção do poder calorífico superior foi baseada no Manual de Instruções do Calorímetro PARR 1261 e na adaptação da norma ABNT-NBR 8633. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT, 1983). A unidade considerada do poder calorífico foi cal/g.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios das características químicas da madeira das árvores avaliadas. Verifica-se, portanto que o *E. pilularis* e o *C. citriodora* foram os que apresentaram os maiores valores médios para os teores de extrativos totais, os valores encontrados para os extrativos foram superiores aos encontrados na literatura. Em relação à lignina total o *E. saligna*, foi o que apresentou o maior valor médio em relação as demais espécies avaliadas e para a holocelulose os maiores valores médios foram para as espécies de *C. maculata*, e *E. cloeziana*. Essas variações encontradas nas análises realizadas podem ter sofrido influência não só da variação de espécie como pode também estar relacionado a idade das árvores.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Valores médios para os teores de extrativos totais, lignina e holoceluloses

Espécies	Extrativos totais (%)	Teor de Lignina (%)			Holoceluloses (%)
		Insolúvel	Solúvel	Total	
<i>E. pilulares</i>	12,13	31,02	2,24	33,26	54,48
<i>C. maculata</i>	9,23	25,53	2,54	28,08	61,49
<i>E. saligna</i>	7,87	34,34	2,22	36,55	54,12
<i>C. citriodora</i>	15,14	29,75	2,69	32,42	49,32
<i>E. cloeziana</i>	6,83	28,34	2,55	30,33	61,13
Média	10,24	29,30	2,45	32,13	56,11
CV (%)	33,06	10,94	8,49	9,91	9,21

CV - Coeficiente de variação (%)

A Tabela 2 apresenta os valores médios encontrados para as análises elementar, poder calorífico superior e cinzas. Observa-se que, para a característica química elementar, as espécies de *E. pilularis*, *E. cloeziana* e *E. saligna* foram as que apresentaram os maiores valores médios para o nitrogênio, já em relação ao carbono, o *E. pilularis* e o *Corymbia citriodora* foram os que apresentaram os maiores valores.

Para o teor de hidrogênio, carbono e teor de cinzas *Corymbia citriodora* também foi que teve maior destaque nos valores médios em relação às demais espécies analisadas. Observa-se também que os valores de nitrogênio encontrados neste trabalho foram superiores aos normalmente encontrados na literatura.

Podemos observar em trabalhos encontrados na literatura que diferentes espécies de madeiras apresentam-se uniformes em relação à composição química elementar, sendo em torno de 50% para o carbono, 6% de hidrogênio, 43% de oxigênio e 0,5% de nitrogênio (DOAT, 1977; KLOCK et al., 2005; OLIVEIRA et al., 1982; PENEDO, 1980). Estes mesmos autores relatam que a presença de enxofre ocorre em quantidades insignificantes, quando comparadas com as de qualquer combustível fóssil. Altas concentrações de oxigênio na biomassa favorecem o decréscimo do poder calorífico (HUANG et al., 2009; NORDIN, 1994), enquanto altos teores de carbono e hidrogênio contribuem para um aumento no poder calorífico dos combustíveis de biomassa (DEMIRBAS; DEMIRBAS, 2004).

Tabela 2. Valores médios para o poder calorífico superior, análise elementar e cinzas para as árvores avaliadas.

Espécies	Poder calorífico superior (cal/g)	Análise elementar (%)				Cinzas (%)
		N	C	H	S	
<i>E. pilulares</i>	4328	2,09	46,53	5,78	0,00	0,13
<i>C. maculata</i>	4384	1,94	43,71	5,61	0,00	1,28
<i>E. saligna</i>	4710	2,09	45,91	5,75	0,00	1,47
<i>C. citriodora</i>	4649	1,94	47,08	6,02	0,00	3,12
<i>E. cloeziana</i>	4635	2,19	45,85	5,85	0,00	1,31
Média	4541	2,05	45,82	5,80	0,00	1,46
CV (%)	3,80	5,29	2,79	2,58	0,00	73,19

N = Nitrogênio (%), C = Carbono (%), H = Hidrogênio (%), S = Enxofre (%), CV = Coeficiente de variação (%).

Na tabela 3, encontram-se os valores de densidade básica da madeira, e os valores de retratibilidade volumétrica, tangencial e radial para espécies de eucalipto

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

analisadas. Observa-se também que o *E. cloeziana* foi o que apresentou os maiores valores médios para estas características, os resultados encontrados estão semelhantes aos encontrados por Oliveira et.al (2003) que avaliou a variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. aos 16 anos de idade, somente os resultados de contração volumétrica encontrados neste trabalho estão superiores aos encontrados por estes autores.

Tabela 3 encontram-se os valores médios para as características físicas da madeira

Espécies	DB	CV	CT	CR	FA
<i>E. pilularis</i>	0,530	16,37	11,28	6,63	1,74
<i>C. maculata</i>	0,604	17,01	10,86	7,20	1,54
<i>E. saligna</i>	0,536	16,83	10,01	7,09	1,43
<i>E. cloeziana</i>	0,657	20,72	11,82	8,39	1,43
<i>C. citriodora</i>	0,679	14,94	8,99	6,39	1,43
Média	0,600	17,17	10,59	7,14	1,51
Cv (%)	11,31	12,47	10,51	10,83	8,92

DB = Densidade básica da madeira (g/cm^3), CV = Contração volumétrica (%), CT = Contração tangencial (%), CR = contração radial (%), FA = fator de anisotropia (T/R).

Na Figura 1, observou-se o perfil crescente de densidade básica na direção medula casca para a madeira de eucalipto em estudo. Através do gráfico constatou-se uma pequena variação nos valores de densidade das posições analisadas. Acredita-se que a madeira formada nas duas primeiras posições destes fustes é somente constituída de material juvenil. Oliveira (1998), estudando a densidade básica da madeira proveniente de sete espécies de eucalipto, observou que apesar do comportamento geral de aumento na direção medula casca, cada espécie apresentou um perfil específico de variação, inclusive com variantes para cada altura do tronco. Carmo (1996) estudou as variações da densidade básica, do teor de umidade, dos coeficientes de contração e dos teores de extrativos no sentido medula casca e ao longo do tronco de três árvores de seis espécies de eucalipto, sendo elas *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. citriodora*, *E. pilularis*, *E. cloeziana* e *C. maculata*. A autora verificou que em todas as espécies houve um aumento da densidade básica no sentido medula-casca e no sentido da altura, com valores mínimos nas proximidades da medula e máximas na região do cerne periférico ou no alburno.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

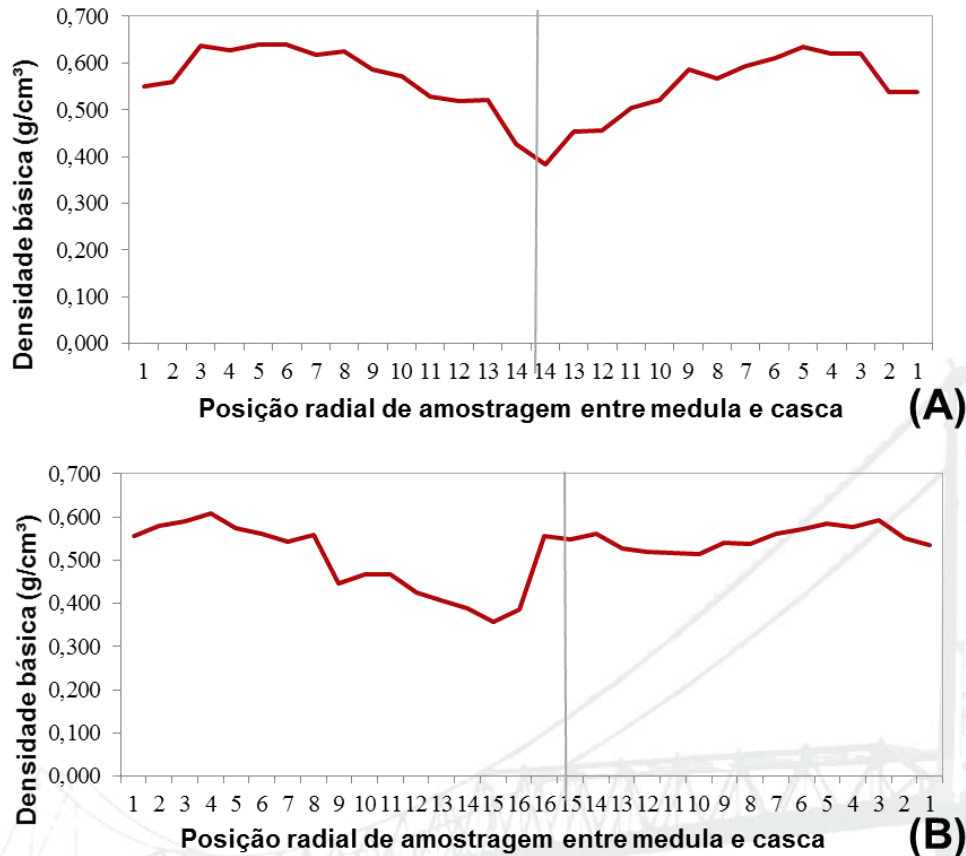


Figura 1. Variação da densidade básica média do *Eucalyptus saligna* (A) e do *Eucalyptus pilularis* na direção medula casca.

4. CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

A idade das espécies analisadas pode ter influenciado nos valores de extrativos totais e nitrogênio que foram maiores aos normalmente encontrados na literatura;

Apesar dos ligeiros aumentos entre os valores médios encontrados não houve grande variações entre as espécies de eucalipto analisadas;

Dentre as características físicas o destaque foi para o *C. citriodora* que apresentou para densidade básica da madeira o valor médio de 0,679 g/cm³, para a retratibilidade 14,94 % para a contração volumétrica, 8,99% para a contração tangencial e 6,39% para a contração radial.

Observou-se também um aumento da densidade no sentido medula casca das árvores analisadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

(FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio na realização do trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, P.G. R.; GONÇALEZ, J. C.; GONCALVES, R.; TELES, R.F.; TELES, R. F.; SOUZA, F. Ultrasound waves for assessing the technological properties of *Pinus caribaea* var *hondurensis* AND *Eucalyptus grandis* wood. *Maderas. Ciencia y Tecnología* (En línea), Concepción, v. 15, p. 2-10, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941: Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8633: carvão vegetal: determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984. 13p.

ASTM. American Society for Testing and Materials. (1997). Standard methods of testing small clear specimens of timber: ASTM D143 – 94. Philadelphia, PA.

BOTREL, M. C. G. Melhoramento genético do *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade do carvão vegetal. 2006. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BRAND, M. A. Energia de biomassa florestal. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.

CARMO, A. P. T. Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto. 1996. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

DEMIRBAS, A; DEMIRBAS, H. A. Estimating the calorific values of lignocellulosic fuels. *JOURNAL ENERGY, EXPLORATION & EXPLOITATION*. V. 20, n. 1, p. 105-111, 2004.

DIAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, P. V.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 4, n. 1, 2013.

DOAT, J. Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. *Bois et Forêts des Tropiques*, Paris, v. 172, p. 33-48, 1977.

GONÇALES J. C., BREDA, L. C. S., BARROS, J. F. M., MACEDO, D. G., JANIN, G. COSTA, A. F., VALE, A. T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 329-341, 2006. <https://doi.org/10.5902/198050981912>

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K.V.; LUDWIG, C.H. **Lignins**: occurrence, formation, structure and reations. New York: John Wiley & Sons, 1971. p.241-266.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

GOMIDE, J.L. & DEMUNER, B.J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. O PAPEL, São Paulo, v.47, n.8, p.36-38, 1986.

HUANG, C. et al. Ultimate analysis and heating value prediction of straw by near infrared spectroscopy. Waste Management, Oxford, v. 29, n. 6, p. 1793- 1797, June 2009.

KLOCK, U. et al. Química da madeira. 3. ed. Curitiba: UFPR, 2005. 86 p.

NORDIN, A. Chemical and elemental characteristics of biomass fuels. Biomass and Bioenergy, Oxford, v. 6, n. 5, p. 339-347, May 1994.

OLIVEIRA, J. B. de et al. Produção de carvão vegetal: aspectos técnicos. In: PENEDO, W. R. (Ed.). Produção e utilização de carvão vegetal. Belo Horizonte: CETEC, 1982. p. 59-73.

OLIVEIRA, J. T. S. Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil. 1998. 429 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. Revista Árvore, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

PAULA, L. E. R. et al. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. Cerne, Lavras, v.17, n.2, p. 237-246, 2011a.

PENEDO, W. R. Uso da madeira para fins energéticos. Belo Horizonte: CETEC, 1980. 49 p.

QUIRINO, W.F et al. ¹ PODER CALORÍFICO DA MADEIRA E DE MATERIAIS LIGNO-CELULÓSICOS. REVISTA DA MADEIRA. nº 89, pag. 100-106, 2005.

VITAL, B.R. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa, MG, SIF, 1984. 21p. (Boletim técnico, 1).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE COLAGEM DE LIGNOSULFONATO E DE SUA MISTURA COM TANINO DE PINUS

Maria Vanessa Schueler¹

Roberto Carlos Lelis²

Gabriel dos Santos de Aguiar¹

Danielle Affonso Sampaio²

Fernanda Lago Morbeck¹

¹ Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE COLAGEM DE LIGNOSULFONATO E DE SUA MISTURA COM TANINO DE PINUS

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica de utilização de lignosulfonatos e de sua mistura com tanino de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* como adesivos para a colagem de madeira. Os lignosulfonatos foram obtidos na LignoTech do Brasil. As cascas de pinus foram extraídas com água sob adição de sulfito de sódio (Na_2SO_3) na concentração de 5 % (base peso seco de cascas) em autoclave, por um período de 2 horas, numa relação licor: casca igual a 15:1. Para cada tratamento, foram determinados os valores de pH, viscosidade, teor de sólidos e do tempo de formação de gel para avaliação das propriedades de colagem. O emprego de lignosulfonato puro para colagem não é possível. Entretanto, as misturas de lignosulfonatos com tanino de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* mostraram-se viáveis em todas as proporções testadas (90:10; 80:20; 70:30; 60:40 e 50:50). Contudo, devem ser feitos novos estudos envolvendo a aplicação dessas misturas.

Palavras-chaves: adesivo, *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aproveitamento de resíduos.

EVALUATION OF THE PROPERTIES OF COLLAGE OF LIGNOSULPHONATE AND THEIR MIXTURE WITH PINE TANNIN

Abstract: The objective of this work was to evaluate the technical feasibility of using lignosulfonates and their mixture with tannin of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* as adhesives for wood collage. Lignosulphonates were obtained from LignoTech of Brazil. The pine bark were extracted with water by addition of sodium sulfite (Na_2SO_3) in a concentration of 5% (dry weight basis of bark) in an autoclave for a period of 2 hours in a liquor: bark ratio of 15: 1. For each treatment, the values of pH, viscosity, solids content and gel formation time were determined to evaluate the bonding properties. The use of pure lignosulfonate for bonding is not possible. However, the mixtures of lignosulfonates with tannin of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* were found to be viable in all tested proportions (90:10, 80:20, 70:30, 60:40 and 50:50). However, further studies involving the application of such blends should be made.

keywords: Adhesive, *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, waste management.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, várias pesquisas foram feitas com novos materiais para substituição das resinas sintéticas na fabricação de chapas de madeira aglomerada e compensados, destacando-se dentre eles, os trabalhos com tanino, polifenol obtido de várias fontes renováveis, como por exemplo da casca de acácia negra (*Acacia mearnsii*), *Pinus radiata* e da madeira do cerne de quebracho (*Schinopsis* sp.).

Os adesivos à base de taninos são denominados taninos-formaldeídos, ou TF, e são obtidos pela reação de flavonóides poliméricos naturais (taninos condensados) com formaldeído (PIZZI, 1994).

No Brasil, trabalhos envolvendo a utilização do tanino como adesivo iniciaram-se na década de setenta (COPPENS et al., 1980; SANTANA et al., 1981). Hoje, o país já tem uma produção significativa de tanino, podendo este ser empregado a nível industrial. Outro material alternativo que vem sendo pesquisado são os

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

lignosulfonatos, subprodutos ricos em lignina gerados a partir da polpação da madeira pelos processos ácidos sulfito ou bissulfito em fábricas de celulose e papel. Essa geração ocorre durante o cozimento dos cavacos de madeira para individualização de suas fibras e para a produção de polpa celulósica (NEXTBAR, 2011). Dessa forma, os lignosulfonatos são derivados da lignina e são reconhecidos pelas suas propriedades aniônicas, tensoativas, aglomerantes, umectantes, plastificantes, dentre outras (GODA et al.,s/d).

Deste modo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade técnica de utilização de lignosulfonatos e de suas misturas com adesivos sintéticos e taninos de *Pinus caribaea var. bahamensis* como adesivos para a colagem de madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção do material

Os lignosulfonatos foram obtidos na LignoTech do Brasil, localizada em Camará do Sul, no estado do Rio Grande do Sul. Os taninos da casca de *Pinus caribaea var. bahamensis* foram obtidos pela Empresa Duratex.

2.2 Extração das cascas de pinus

As cascas foram fragmentadas em moinho de martelo, sendo a seguir utilizado nas extrações para obtenção dos taninos. As cascas foram extraídas em autoclave, com capacidade volumétrica de 15 litros, por um período de 2 horas, numa relação licor: casca igual a 15:1. As cascas foram extraídas com água sob adição de sulfito de sódio (Na_2SO_3) na concentração de 5 % (base peso seco de cascas). Após cada extração, o material foi filtrado em cadinho de vidro sinterizado, colocado em bandejas de vidro e posto em estufa a $103^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ até secagem completa, quando então o material foi moído, obtendo-se o extrato na forma de pó.

2.3 Caracterização química dos taninos

Os teores de polifenóis dos extratos tânicos da casca de pinus foram determinados através da reação de Stiasny (WISSING, 1955) e a reatividade dos mesmos através do método Ultra-Violeta (UV) (ROFFAEL, 1982).

2.4 Determinação dos polifenóis através da reação de Stiasny (WISSING, 1955)

Para a obtenção do teor de tanino condensável, foram colocados em um balão de 250 ml, 5 g (base seca) do tanino em pó, acrescentando-se a seguir 50 ml de água destilada. Depois, foram adicionados 5 ml de ácido clorídrico concentrado e 10 ml de formaldeído (37%). O balão foi levado para a bateria de Sebelin, ficando sob refluxo por um período de 30 minutos. Posteriormente, o material foi filtrado em cadinho de vidro sinterizado sob vácuo e o precipitado lavado com água destilada quente e levado à estufa a $103^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ até obtenção do peso seco. O Número de Stiasny (teor de tanino condensável) foi determinado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{NS} = \text{PT} \times 100 / \text{PE} \quad (1)$$

Onde: NS → Número de Stiasny (%)

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PT → Peso seco do tanino (g)

PE → Peso seco do extrato (g)

2.5 Teor de polifenóis reativos através do método Ultra Violeta - UV

A determinação dos polifenóis reativos foi feita com base na reação de Stiasny. O procedimento é o mesmo da reação de Stiasny (item 4.4.1). Para a determinação dos polifenóis reativos foram utilizados 50 ml do extrato aquoso ao qual será adicionado 5 mL de ácido clorídrico e 10 ml de formaldeído, colocado sob refluxo por 30 minutos. Após o resfriamento, a solução foi filtrada em cadinho de vidro sinterizado e o filtrado foi utilizado para determinação da absorvância em espectrofotômetro à 280nm. Para o cálculo da reatividade dos polifenóis foi utilizado também o filtrado do extrato aquoso que não sofreu tratamento com ácido clorídrico e formaldeído. Dada a alta concentração de polifenóis do extrato, preceder-se-á a diluição da mesma. O cálculo da reatividade foi feito através da leitura no comprimento de onda de 280nm., levando-se em consideração a diluição, de acordo com a equação:

$$R = \frac{A_a - A_d}{A_d} \times 100 \quad (2)$$

Onde: R → Reatividade em %

A_a → Absorvância do extrato antes da reação de Stiasny

A_d → Absorvância do extrato após reação de Stiasny

2.6 Determinação das propriedades dos taninos

Na análise das propriedades do tanino de *Pinus caribaea var. bahamensis* foram utilizadas soluções a 45%, sendo as seguintes propriedades químicas analisadas: Teor de sólidos, pH, tempo de formação de gel e viscosidade.

2.7 Teor de sólidos

O teor de sólidos foi calculado conforme BRITO (1995).

2.8 pH

O pH das soluções foi determinado através de pH-metro, após 4 min de contato com o filtrado.

2.9 Tempo de formação do gel

Em um tubo de ensaio foram colocados 10 g de uma solução de extrato a 45 %. Para as soluções de tanino de pinus, adicionou-se em seguida uma solução de formaldeído a 37% (catalisador) na proporção de 50%, 60% e 70% sobre o teor de sólidos contidos na solução. A mistura foi então homogeneizada com bastão de vidro em banho-maria à temperatura de 90°C até o ponto de endurecimento. O tempo necessário para que a mistura atinja a fase gel expressou o tempo de formação de gel.

2.10 Viscosidade

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Após preparo e homogeneização da solução de tanino, a viscosidade foi determinada utilizando-se copo Ford número 5 (Universal) ASTM D-1200. Aproximadamente 130 ml de solução de tanino foram colocadas no copo, registrando-se e o tempo necessário para o escoamento da solução. O valor da viscosidade foi obtido de acordo com a seguinte fórmula:

$$V = (3,82 \times t - 17,28) \times d \quad (3)$$

Onde: V → viscosidade expressa em cP;
t → tempo de escoamento (em segundos)
d → densidade da solução tânica em g/cm³.

2.11 Análise das propriedades de colagem do lignosulfonato

Com o material foram feitas soluções em diferentes concentrações (50 %, 60 % e 70 %) e as suas propriedades foram avaliadas através dos seguintes parâmetros: teor de sólidos, pH, viscosidade e tempo de gel, conforme descrito no item 4.4.

2.12 Propriedades de colagem das misturas de lignosulfonatos e de taninos

Os lignosulfonatos foram misturados com soluções de taninos de *Pinus caribaea var. bahamensis* em diferentes proporções (90:10; 80:20, 70:30, 60:40 e 50:50) e as misturas tiveram as seguintes propriedades avaliadas: viscosidade, tempo de formação de gel e pH.

2.13 Análise estatística

Os dados foram avaliados quanto à normalidade e homogeneidade da variância, procedendo-se a seguir a análise de variância. Havendo diferença significativa, empregou-se teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades químicas dos extratos tânicos de *Pinus caribaea var. bahamensis* e de colagem dos taninos

O número de Stiasny (NS) representa o teor de polifenóis presentes nos extratos, através da reação com formaldeído e ácido clorídrico (reação de stiasny) e é considerado para expressar o teor de taninos condensáveis nos extratos. O NS médio dos extratos tânicos da casca de pinus foi de 48,8%. Em relação à quantificação dos polifenóis através da absorção ultravioleta (UV) técnica esta considerada mais eficaz que o método de Stiasny, pois considera também os polifenóis que reagem com o formaldeído sem se precipitarem. Através dessa metodologia pode-se observar que os valores médios encontrados para a reatividade foram elevados, sendo o valor médio 88,31, evidenciando a grande reatividade dos polifenóis (taninos) da casca de *Pinus caribaea var. bahamensis*.

Na análise das propriedades do tanino de *Pinus caribaea var. bahamensis* foram empregadas soluções a 45%, procedendo-se as análises de teor de sólidos, valor pH, tempo de gel e viscosidade. O valor médio de umidade do tanino de *Pinus caribaea var. bahamensis* encontrado foi de 0,853%.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os valores de teores de sólidos (Tabela 1) ficaram próximos ao esperado para as soluções, evidenciando a acuidade no preparo das mesmas. O valor médio de pH das soluções de tanino de *Pinus caribaea* Var. *bahamensis* foi de 6,12. Assim, o extrato tânico ficou na faixa ácida. Os valores de tempo de gel obtidos foi de 71,33, 58,33 e 77,33 para as soluções nas concentrações de 50%, 60% e 70% respectivamente (Figura 1). As soluções de tanino de *Pinus caribaea* Var. *bahamensis* apresentaram valores de viscosidade em torno de 245 cP.

Tabela 1. Resultado do teor de sólidos de soluções de tanino de *Pinus caribaea* var *bahamensis* a 45%

Teor de Sólidos (%)	
1ª repetição	43,24
2ª repetição	42,93
3ª repetição	43,85
Média	43,34

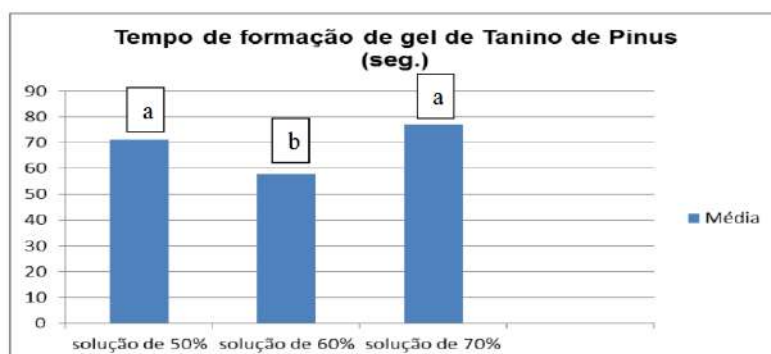


Figura 1. Valores médios do tempo de formação de gel das soluções de tanino de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* a 45%, sob adição de diferentes concentrações (50%, 60% e 70%) de formaldeído a 37%. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey a 95% de probabilidade.

Os valores de número de Stiasny (NS) para a casca de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* foram bem menores aos encontrados por Teodoro et al. (2003) de 88% em *Pinus caribaea* var. *caribaea*, utilizando água + 2% de Na_2SO_3 na extração. Ferreira et al. (2009) encontraram NS de 97,32% com a adição de 5% de sulfito de sódio na casca de *Pinus oocarpa*, e 86,67% para *Pinus caribaea* var. *bahamensis* sendo os valores médios mais elevados em comparação ao *Pinus oocarpa*, porém menos elevado no que diz respeito à mesma espécie avaliada neste trabalho. Brígida e Rosa (2003) encontraram NS de 95% em extratos da casca de coco verde (*Cocos nucifera*). Já Gonçalves e Lelis (2001) encontraram NS de 25% para tanino da casca de *Acacia mangium* e 45% para casca de *Albizia guachapele*. Isso representa que o NS encontrado no presente trabalho se mostra bastante significativo. Para a quantificação dos polifenóis através da absorção ultravioleta (UV) Ferreira et al. (2009) encontraram valores de reatividade na casca de *Pinus oocarpa* em extração com a adição de 5% de sulfito de sódio de 99,07% e 98,67% para *Pinus caribaea* Var.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

bahamensis, apresentando estes, valores maiores aos encontrados neste trabalho com *Pinus caribaea* Var. *bahamensis*. Quanto aos valores de teores de sólidos encontrados Ferreira (2004) encontrou valor médio de teor de sólidos para *Pinus caribaea* Var. *bahamensis* de 41,26%, sendo este também próximo ao encontrado neste trabalho. O valor médio encontrado de pH das soluções de tanino de *Pinus caribaea* Var. *bahamensis* diverge da literatura em que Vieira (2014) encontrou valor médio de pH para a mesma espécie de 5,98, apresentando valor próximo ao encontrado neste trabalho. Ferreira (2004), porém encontrou valor médio de pH de 5,98 para *Pinus caribaea* var *bahamensis*, sendo assim, ficou na faixa básica, ao contrário do que foi encontrado neste trabalho. O pH interfere tanto na reatividade, quanto na viscosidade das reações de tanino, sendo importante o controle desta variável para impedir uma polimerização acelerada e consequente cura prematura do adesivo. Nota-se que os taninos de pinus são bastante reativos, evidenciado pelos baixos valores de tempo de gel. O tempo de gel depende do pH e da estrutura da molécula de tanino, isto é, se os polifenóis são constituídos por unidades do tipo de pinus (floroglucinólicos). O tipo floroglucinólico possui hidroxilas nos carbonos 5 e 7. A reatividade do tanino depende do número de grupos hidroxílicos no anel benzólico A, por isso, os taninos de pinus são geralmente mais reativos. Vieira (2014) encontrou da solução de extratos tânicos a 45% da casca de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* 78 segundos. Ferreira (2004) descobriu da solução de extratos tânicos a 45% da casca de *Pinus oocarpa* tempo de formação de gel de 132 segundos, sendo este tempo maior que os encontrados deste trabalho. Para essas soluções de tanino de pinus, não há necessidade de se utilizar grande quantidade de formaldeído para a ocorrência da reação. As soluções de tanino de *Pinus caribaea* Var. *bahamensis* apresentaram baixos valores de viscosidade (246,4 cP). Viera (2014) encontrou valor médio de viscosidade de 491,13 cP para a mesma espécie, sendo então, praticamente o dobro ao que foi encontrado neste trabalho. Normalmente, os valores de viscosidade de soluções de tanino são muito elevados. Isso se deve provavelmente aos fenóis das moléculas de tanino que apresentam alto peso molecular e também aos taninos condensados reativos que formam agregados moleculares através de pontes de hidrogênio, contribuindo para aumento da viscosidade. Aqui é importante ressaltar que a viscosidade da solução de taninos pode ser também influenciada pelo valor pH da solução tânica.

3.2 Propriedades de colagem do lignosulfonato

Com o material foram feitas soluções em diferentes concentrações (50 %, 60 %, 70 %) e as suas propriedades foram avaliadas através dos seguintes parâmetros: teor de sólidos, pH, viscosidade e tempo de formação de gel. Os valores de teores de sólidos ficaram próximos aos esperados, (tabela 2). Na solução de lignosulfonato a 70% não foi possível a medição do pH, tendo em vista a dificuldade de se obter uma solução de lignosulfonato nessa concentração, ou seja, nessa concentração não houve uma diluição completa, obtendo-se um material de consistência pastosa. Assim, não foi possível a obtenção de soluções de lignosulfonatos em concentrações maiores que 70%. O valor pH médio diminuiu de 7,26 para 5,92, nas soluções de lignosulfonato a 50% e 60%, respectivamente.

Tabela 2. Valores médios de teor de sólidos para soluções de lignosulfonato nas diferentes concentrações

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Teor de Sólidos em %			
	Solução 50%	Solução 60%	Solução 70%
1ª repetição	50,74	58,99	63,85
2ª repetição	45,36	59,03	63,81
3ª repetição	45,44	59,15	70,49
Média	47,18	59,06	66,05

O teor de viscosidade apresentada pelo lignosulfonato nas soluções de 50% e 60% foram respectivamente 302,19 e 809,86 cP. Na concentração de 70% não foi possível à determinação da viscosidade, tendo em vista a dificuldade de formação de uma solução nessa concentração. Não foi possível a realização do teste de formação de gel, uma vez que o lignosulfonato apresenta baixa reatividade com formaldeído. Sendo assim, na sua forma pura, não ocorre tempo de gel na concentração de 50%, com adição de 50% de formaldeído à 37%, na temperatura de 90°C.

Na colagem de madeira e materiais de madeira, o pH é muito importante, pois as reações de condensação dos adesivos ocorrem em determinados valores de pH. Por exemplo, as resinas uréicas endurecem em pH mais ácido, ao contrário das fenólicas que necessitam um meio mais alcalino. Desta forma, ao se utilizar os lignosulfonatos em misturas com adesivos sintéticos, o pH deve ser ajustado. Observa-se que com o aumento da concentração de lignosulfonato houve aumento nos valores de viscosidade das soluções. O aumento da viscosidade deve-se provavelmente aos fenóis oriundos das moléculas de lignina que apresentam alto peso molecular e também à formação de agregados moleculares através de pontes de hidrogênio, uma vez que os lignosulfonatos são bastante higroscópicos.

Tostes et al. (2004) encontraram valores médios de 262cP para adesivos à base de uréia modificado com 10% de tanino da casca de *Eucalyptus pellita*. Para a colagem de materiais de madeira como aglomerados, a viscosidade dos adesivos não devem ser maiores que 1500cP, pois do contrário não se consegue uma boa mistura dos adesivos às partículas além de se tornar difícil a aplicação do adesivo através da pistola de aplicação.

3.3 Propriedades das misturas de lignosulfonatos e de taninos de Pinus

Houve diferença significativa nos valores de viscosidade entre as soluções de tanino de pinus e lignosulfonatos. Interessante é que a substituição de lignosulfonatos por taninos de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* favoreceu para a obtenção de menores valores de viscosidade, sendo a diferença significativa, havendo tendência de diminuição gradual nos valores. As soluções de tanino de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* puro apresentou baixo valor médio de viscosidade (246,4 cP) (Figura 2). As soluções de tanino também apresentaram baixos valores de tempo de gel. Houve diferença significativa nos valores de pH entre taninos e lignosulfonatos. A modificação dos lignosulfonatos com taninos de pinus contribuiu para a diminuição dos valores de teor de sólidos, tendo em vista os menores valores de sólidos das soluções de taninos. Não houve diferença significativa entre os valores das misturas a partir da substituição de 20%.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

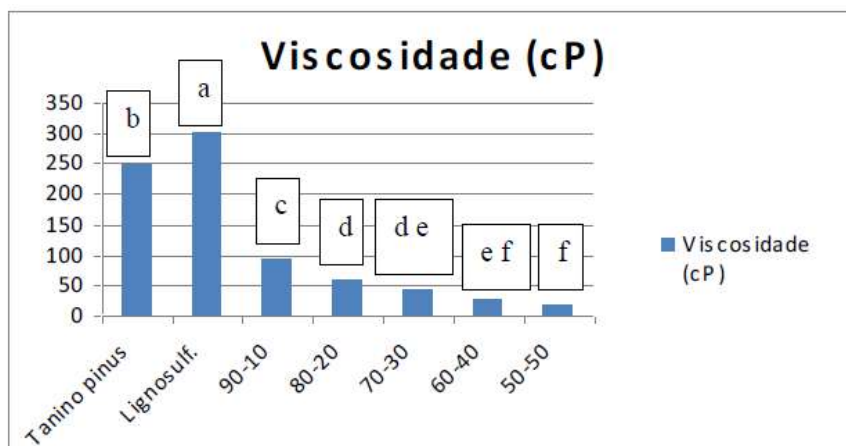


Figura 2. Valores médios da viscosidade (cP) de solução de tanino de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, de lignosulfonatos e das misturas de lignosulfonato à 50% com tanino de pinus em diferentes proporções. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey a 95% de probabilidade.

As soluções de tanino de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* puro apresentou um valor de viscosidade inferior ao encontrado na literatura, Viera (2014) encontrou valor médio de viscosidade de 491,13 cP para a mesma espécie, sendo então, praticamente o dobro ao que foi encontrado neste trabalho. O baixo valor encontrado para o tempo de gel evidencia a alta reatividade dos taninos de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. Isto refletiu significativamente na diminuição do tempo de gel das misturas, evidenciando que o tanino pode contribuir favoravelmente para a utilização de lignosulfonatos em processos de colagem de madeira. Com relação ao pH, à medida que se acrescentou tanino ao lignosulfonato, os valores de pH reduziram inicialmente. Porém, com maiores percentuais de taninos, o valor pH foi aumentado, sendo a diferença significativa. Pelo caráter ácido dos taninos de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, o pH deveria diminuir ao aumentar as proporções, mas observou-se o oposto, provavelmente por ocorrer algum tipo de reação, sendo necessário melhor estudo neste caso.

4. CONCLUSÕES

Foi constatado que o lignosulfonato armazenado em estufa com temperatura de 60°C, mantém sua propriedade, tornando assim, fácil sua maceração para mudança de sólido maciço a pó, visto que o mesmo armazenado a temperatura ambiente, torna o processo de maceração impraticável devido elevado grau de dureza. Com relação ao emprego de lignosulfonatos na colagem de madeira, devem ser feitos novos estudos envolvendo a aplicação deste material na produção de materiais de madeira, como aglomerados e compensados.

Não é possível a utilização de lignosulfonato na forma pura para colagem de madeiras em prensagem a frio, tendo em vista a sua baixa reatividade com formaldeído em baixas temperaturas.

Porém, a mistura de lignosulfonato com tanino de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* torna possível o seu emprego para colagem em todas as proporções testadas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Painéis de madeira compensada: determinação da massa específica. (Norma Brasileira NBR-9485). Rio de Janeiro, 1986.

BRITO, E. O. Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinus elliottii* Engelm. Var. *elliottii* plantado no sul do Brasil. (PR) 1995. 123f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

COPPENS, H. et al. Tannin-formaldehyde adhesive for exterior-grade plywood and particleboard manufacture. FOREST PROD. J., v.30, n.04, p38-42, 1980.

FERREIRA, E. S. Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais. (RJ) 2004, 101f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais), Universidade Federal rural do rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

FERREIRA, E. S. et al. Teores de taninos da casca de quatro espécies de pinus. FLORESTA E AMBIENTE. v.16, n.02, p.30-39, 2009.

GODA, A.C.M. Lignosulfonato Melbar. Melbar Produtos de Lignina Ltda. (s/d) (Boletim e Catálogo Técnico).

GONÇALVES, C. A.; LELIS, R. C. C. Teores de taninos da casca e da madeira de cinco Leguminosas arbóreas. FLORESTA E AMBIENTE. v. 08, n. 01, p. 167-173, 2001.

Resumo... Porto Seguro: UFRRJ, 2000, p.408. NEXTBAR. Lignosulfonatos. Disponível em: <http://www.nextbar.com/aplicaciones_82.htm>. Acesso em: 20 mar. 2011.

PIZZI, A. Natural Phenolic Adhesive I: Tannin. In: PIZZI, A; K.L. MITTAL Handbook of adhesive technology. 1.ed. New York: Marcel Dekker, 1994. p.347-358.

ROFFAEL, E. Die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Holzwerkstoffen. 1. ed. Stuttgart: DRW-Verlag, 1982. 154p.

TEODORO, Â. S.; LELIS, R. C. C; DIAS, L. A.; Efeito da adição de sulfito de sódio na extração de taninos da casca de *Pinus caribaea* var. *Caribaea*. REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 55., Recife. Anais... Recife: UFPE, 2003. 1 CD – Rom.

TOSTES, A. S. et al. Colagem de chapas de madeira aglomerada com adesivo uréia-formaldeído (UF) modificado com tanino da casca de *Eucalyptus pellita* F. Muell. FLORESTA E AMBIENTE. v. 11, n. 02, p.14-19, 2004.

VIEIRA, M. C. Extração, reatividade e toxidez de extratos tânicos da casca de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. (RJ) 2014, 133f. Tese (Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

WISSING, A. The utilization of bark II: Investigation of the stiasny-reaction for the precipitation of polyphenols in Pine bark extractives. SVENSK PAPPERSTIDNING. v.58, n.20, p.745-750, 1955.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE MADEIRA SERRADA COMERCIALIZADAS NA REGIÃO NORTE

Renata Ingrid Machado Leandro¹
Ada Kenneth Damasceno da Silva¹
Cássia da Costa Silva¹
Narjara Raissa Moraes Nascimento¹
João Rodrigo Coimbra Nobre¹
Madson Alan Rocha de Sousa¹
Marcio Franck Figueiredo¹

¹ Universidade do Estado do Pará



AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE MADEIRA SERRADA COMERCIALIZADAS NA REGIÃO NORTE

Resumo: O conhecimento das propriedades físicas da madeira é importante para determinar a utilização correta do material. As mais avaliadas são a densidade, umidade e retratibilidade. O estudo objetivou analisar as propriedades físicas da madeira de três espécies comercializadas em serrarias do município de Paragominas no Pará. Dessa maneira foram coletados discos de madeira da espécie *Bagassa* spp., *Cordia* spp. e *Manilkara* spp., respectivamente conhecidas como amarelão, freijó e maçaranduba. As amostras foram coletadas em serrarias do município. A partir desse material foram confeccionados os corpos-de-prova para determinar as propriedades físicas de umidade, densidade básica, retratibilidade volumétrica, contração tangencial, radial e longitudinal, e o coeficiente de anisotropia, conforme as normas da NBR 7190 (1997). A maçaranduba foi a espécie que apresentou maiores valores de densidade e umidade, 0,91 g/cm³ e 26,52% respectivamente, classificada como madeira de alta densidade. O amarelão também foi classificado como de alta densidade, com o valor de 0,74 g/cm³. Para o freijó obteve-se o valor da densidade baixa de 0,47 g/cm³. Com relação à retratibilidade volumétrica a maçaranduba foi a que apresentou maiores valores (17,04%), seguida do amarelão (13,75%) e do freijó (10,69%). O coeficiente de anisotropia das madeiras de freijó e maçaranduba foram considerados normais, pois apresentam o fator anisotrópico de 1,81 e 1,76, respectivamente. Já o amarelão é uma madeira considerada de excelente qualidade, pois apresenta o coeficiente de anisotropia igual a 1,20.

Palavras-chave: serraria, densidade básica, contração, coeficiente de anisotropia.

EVALUATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF SERRADE TIMBER MARKETED IN THE NORTH REGION

Abstract: Knowledge of the physical properties of wood is important in determining the correct use of the material. The most evaluated are density, moisture and retratibility. The objective of this study was to analyze the physical properties of wood from three species commercialized in sawmills in the municipality of Paragominas, Pará. In this way, wood discs of the species *Bagassa* spp., *Cordia* spp. and *Manilkara* spp., respectively known as amarelão, freijó and maçaranduba. Samples were collected at the city's sawmills. From this material the specimens were prepared to determine the physical properties of moisture, basic density, volumetric contractibility, tangential, radial and longitudinal contraction, and the anisotropy coefficient, according to the norms of NBR 7190 (1997). Maçaranduba was the species with the highest values of density and humidity, 0.91 g/cm³ and 26.52%, respectively, classified as high density wood. The yellowish was also classified as high density, with a value of 0.74 g/cm³. For the millet the low density value of 0.47 g/cm³ was obtained. With respect to the volumetric retractability, maçaranduba presented the highest values (17.04%), followed by amarelão (13.75%) and freijó (10.69%). The anisotropy coefficient of the freijó and maçaranduba woods were considered normal, since they present the anisotropic factor of 1.81 and 1.76, respectively. The yellowish is a wood considered of excellent quality, because it presents the coefficient of anisotropy equal to 1.20.

Keywords: sawmill, density basic, contraction, anisotropy coefficient.



1. INTRODUÇÃO

A madeira é um recurso natural, renovável de origem orgânica, heterogêneo e anisotrópico, ou seja, que apresenta variações nas suas características em função dos planos anatômicos. Devido a isso sempre foi um dos materiais mais utilizados pelo homem para diversas finalidades. A determinação do uso correto da madeira depende das propriedades físicas, químicas, anatômicas e mecânicas (COSTA, 2001).

A indústria madeireira é considerada o maior mercado consumidor de madeira em tora, e a madeira serrada é o material extraído que possui a maior demanda de mercado, sendo importante garantir a qualidade do produto para que haja aceitação no mercado consumidor (PALERMO et al, 2004). Segundo o Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF), em 2013 o estado do Pará produziu 13.677.672 m³ de madeira em tora proveniente da atividade de extração florestal, destinada à indústria madeireira.

O município de Paragominas produziu no ano de 2015 uma quantidade de 271.500 m³ de madeira em tora, com valor de produção de 80.093 mil reais (IBGE, 2015). Sendo que há uma heterogeneidade em relação às espécies que são comercializadas no município. Dentre essas espécies umas das que possuem maiores demandas são a *Bagassa* spp., *Cordia* spp. e *Manilkara* spp., respectivamente, amarelão, freijó e maçaranduba.

A maçaranduba é uma árvore que pode atingir de 40-50 metros, ocorre geralmente em áreas de terra firme da Amazônia. Sua madeira possui alta resistência mecânica e boa durabilidade natural, por isso é utilizada na construção civil, na fabricação de móveis, instrumentos musicais e outros. O freijó também é uma espécie comumente encontrada nas serrarias do município, é uma madeira leve e possui uma durabilidade moderada ao fungos e insetos, é bastante utilizada na construção civil para fabricação de portas, caixilhos, painéis, forros, etc. Outra espécie é o amarelão, conhecido também como tatajuba, espécie também comercializada nas serraria de Paragominas, possui um cerne resistente ao ataque de fungos, além de ser de fácil trabalhabilidade, a madeira também é usada na construção civil, na confecção de móveis e outros usos (IPT, 1989).

Para melhorar a qualidade da madeira em uso é importante conhecer as propriedades físicas da matéria prima e definir sua melhor utilização industrial, para inserilas no mercado por meio de produtos com maior valor agregado (MÜLLER, 2014). Essas características variam significativamente entre espécies, entre árvores de uma mesma espécie e, mesmo, entre diferentes partes de uma mesma árvore (OLIVEIRA e SILVA, 2003), com influência da idade, taxa de crescimento, tratamentos silviculturais e sítio (KOLLMANN e CÔTÉ, 1968).

Dentre as propriedades físicas mais importantes para determinar o uso da madeira, a densidade, que representa a relação entre massa e volume do material, é de fácil determinação e está relacionada com as demais propriedades da madeira (DIAS, 2000). Segundo Hellmeister (1982) a densidade é o parâmetro mais importante para caracterizar madeiras destinadas a construção civil e indústria moveleira. Sua variação afeta a resistência mecânica e, muitas vezes, a variação dimensional da madeira (MARQUES, 2012).

Outra importante variável física é a retratibilidade, que diz respeito à variação dimensional e volumétrica da madeira, que ocorre devido à perda ou ganho de umidade. O conhecimento dessa propriedade é indispensável no processo de secagem da madeira,



para minimizar os possíveis defeitos que podem ocorrer nos produtos finais devido à alteração de umidade (SILVA, 2002).

Na madeira, a água se apresenta de três formas, nos espaços celulares (água livre), impregnada nas paredes celulares (água de impregnação) e a água de adsorção química que participa da constituição química da madeira (MORESCHI, 2010). O teor de umidade na madeira afeta significativamente a qualidade do material, pois a presença de água influencia nas demais propriedades do material.

Diante disso, o trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades físicas de três espécies florestais comercializadas em serrarias no município de Paragominas, Pará, e discutir sob o ponto de vista tecnológico, os resultados encontrados para esses parâmetros.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta do material

As amostras para realização do estudo das propriedades físicas da madeira foram obtidas a partir de discos de madeiras serradas provenientes de serrarias do município de Paragominas, Pará.

Para a realização do estudo foram escolhidas três espécies que estavam sendo processadas em uma serraria no município, sendo essas: amarelão – *Bagassa* spp.; freijó – *Cordia* spp. e maçaranduba – *Manilkara* spp.

2.2 Confeção e amostragem dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova foram confeccionados apresentando forma prismática de seção transversal retangular de 2 cm e 3 cm, na direção radial e tangencial, respectivamente, e comprimento ao longo das fibras (direção axial), de 5 cm, de acordo com as normas da ABNT (NBR 7190) como está demonstrado na Figura 1.

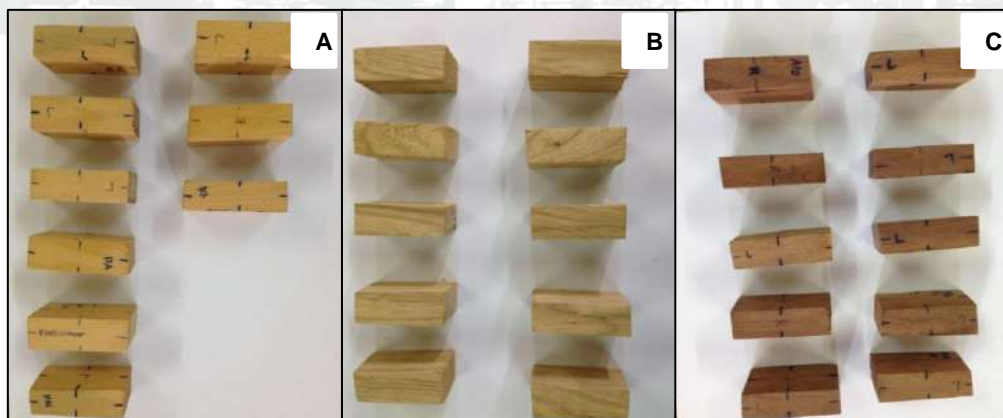


Figura 1. Corpos-de-prova orientados para ensaio das propriedades físicas da madeira das espécies amarelão (A), freijó (B) e maçaranduba (C).

Foram confeccionados 10 corpos de prova de cada espécie, obtendo um total de 30 corpos de prova.



2.3 Determinação das propriedades físicas

A caracterização física da madeira serrada foi realizada por meio da determinação das variáveis, em ensaios realizados de acordo com o anexo B da NBR 7190/97 - Projeto de Estruturas de Madeira, descritas a seguir:

- umidade (U%);
- densidade básica (ρ_{bas});
- retratibilidade (volumétrica – R_v ; linear – R e o coeficiente de anisotropia - θ).

Os ensaios foram realizados no Laboratório Multiusuário de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Pará campus Paragominas.

Para a obtenção das propriedades físicas da madeira, os corpos-de-prova foram pesados em balança analítica de precisão (0,0001g) para a obtenção da massa verde (Figura 2-D) e após saturados em um dessecador contendo água com a bomba vácuo por aproximadamente 24 horas (Figura 2-A). Foram medidos seus planos de corte (radial, tangencial e longitudinal) com paquímetro com precisão de 0,01 mm (Figura 2-B), e posteriormente foi determinado o volume saturado das amostras através do método de imersão em água (Figura 2-C). Após foram submetidos à secagem completa em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, até atingirem peso constante (Figura 2-E). Atingida essa condição, determinou-se a massa seca em balança analítica de precisão e as dimensões dos planos anatômicos secos.

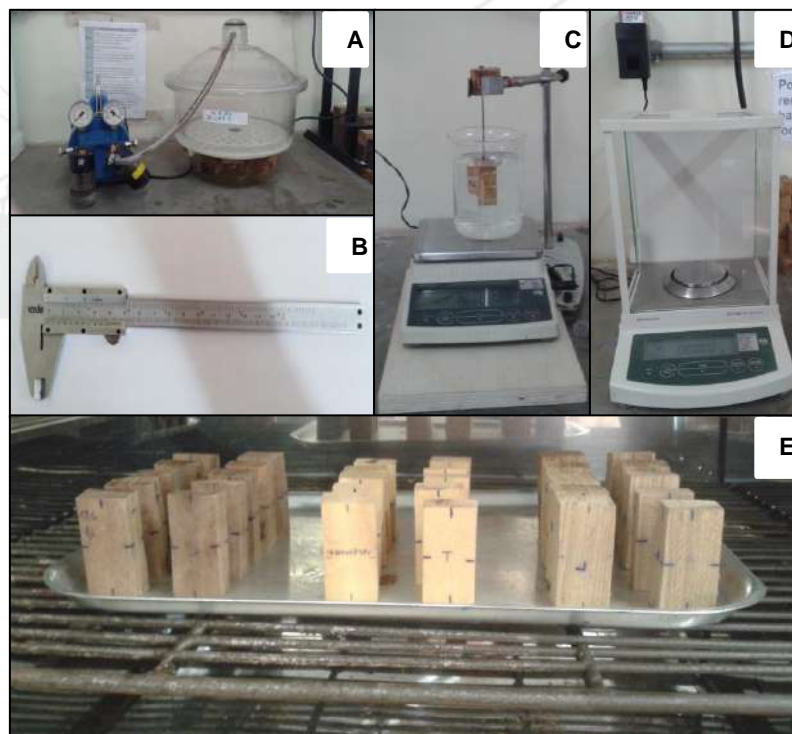


Figura 2. Equipamentos utilizados na análise física da madeira (a- dessecador contendo água com bomba a vácuo; b- paquímetro com precisão de 0,01 mm; c- determinação do volume através do método de imersão; d- balança analítica com precisão de 0,0001 g; e- corpos de prova na estufa).



A determinação da umidade foi obtida utilizando-se o valor da diferença entre massa inicial e massa seca pela relação entre a massa seca em estufa (Equação 1).

$$U(\%) = \frac{M_i - M_s}{M_s} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

M_i = massa inicial (g);
M_s = massa seca (g).

A densidade básica é uma massa específica convencional definida pela relação entre massa seca em estufa e o seu volume saturado em água (Equação 2).

$$\rho_{\text{bas}} = \frac{M_s}{V_u} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

ρ_{bas} = densidade básica (g/cm³);
M_s = massa seca (g);
V_u = volume úmido (cm³).

A retratibilidade é um fator de variação dimensional da madeira, devido ao seu teor de umidade. Foram determinadas as retratibilidades volumétrica, tangencial, radial e longitudinal. Para determinação da retratibilidade volumétrica máxima utilizou-se a Equação 3:

$$R_v = \frac{V_u - V_s}{V_u} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

R_v = Retrabilidade volumétrica máxima (%);
V_u = Volume verde ou saturado da amostra (cm³);
V_s = Volume seco da amostra (cm³).

A retratibilidade linear (tangencial, radial e longitudinal) foi determinada por meio da Equação 4.

$$R = \frac{D_u - D_s}{D_u} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

R = Retrabilidade linear (%);
D_u = Dimensão verde ou saturada da amostra (cm);
D_s = Dimensão seca da amostra (cm).

O coeficiente de anisotropia ou fator anisotrópico é resultado das variações tangencial e radial sendo calculado pela Equação 5.

$$\theta = \frac{C_t}{C_r} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

θ = Fator de Anisotropia
C_t = Retrabilidade Tangencial
C_r = Retrabilidade Radial



2.4 Análise estatística

Os valores médios de umidade, densidade básica e de contração volumétrica foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, para comparação entre as espécies. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Assistat Versão 7.7.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Umidade e densidade básica

Os resultados obtidos no estudo para densidade básica e umidade são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Densidade básica média e umidade da madeira por espécie comercializada no município de Paragominas-PA

ESPÉCIE	DENSIDADE (g/cm ³)	UMIDADE (%)
<i>Bagassa</i> spp.	0,74 B (0,09) ¹ (12,94) ²	17,47 B (1,59) (9,11)
<i>Cordia</i> spp.	0,47 C (0,03) (7,15)	13,40 B (5,62) (40,81)
<i>Manilkara</i> spp.	0,91 A (0,01) (2,12)	26,53 A (10,24) (41,52)

¹ - Valores entre os parênteses são os desvios-padrão;

² - Valores entre os parênteses são os coeficientes de variação em (%).

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância.

A madeira é classificada segundo sua densidade básica, como sendo: leve – com valores de densidade básica inferiores a 0,50 g/cm³; média – quando a densidade básica está entre o intervalo de 0,50 g/cm³ e 0,72 g/cm³; e pesada quando o valor encontra-se acima de 0,72 g/cm³ (MARQUES et al, 1997).

De acordo com esta classificação, o freijó foi a única espécie que se enquadrou na classe de madeira leve com densidade básica de aproximadamente 0,47 g/cm³. O valor obtido foi semelhante ao encontrado no estudo realizado por Jankowsky (1990) para determinar as propriedades físicas dessa espécie, de aproximadamente 0,48 g/cm³, para a densidade básica. Com isso a espécie é indicada para uso na construção civil, como forros e painéis, e também para confecção de instrumentos musicais.

Verificou-se que a densidade básica da madeira de *Bagassa* spp. foi inferior ao valor encontrado por Carvalho e Carvalho (2002), que, ao estudarem a mesma espécie, obtiveram os valores que variavam de 0,39 g/cm³ à 0,59 g/cm³ em função do espaçamento do plantio. No entanto, os valores observados para esta espécie estão de acordo com os



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

valores observados por Lahr et al (2010), que avaliaram a espécie para confirmar o seu potencial produtivo, e obtiveram o valor de $0,75 \text{ g/cm}^3$ para a densidade. A madeira é classificada segundo Marques et al (1997) como sendo de alta densidade e indicada para construção civil e na fabricação de móveis.

A densidade básica média encontrada para a *Manilkara* spp. foi de $0,91 \text{ g/cm}^3$, valor inferior ao encontrado por Rosa et al (2014) e Souza et al (2002) que foi de $1,03 \text{ g/cm}^3$ e $1,00 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Entretanto essa média foi superior a do IPT (1989) que determinou a densidade básica da maçaranduba como sendo de $0,83 \text{ g/cm}^3$. Sendo assim classificada como de alta densidade, usada para construção de estruturas externas, construção civil, etc.

Para umidade da madeira foi encontrado o valor de aproximadamente 17% para a espécie *Bagassa* spp., 13% para a *Cordia* spp. e de 26% para a *Manilkara* spp. A diferença entre as umidades das espécies ocorre devido a forma e o tempo de armazenamento dessas toras nos pátios das serrarias, visto que a madeira é um material que perde umidade para se equilibrar com o meio ambiente (MORESCHI, 2010).

3.2 Retratibilidade da madeira

Os valores médios de retratibilidade das três espécies madeireiras encontrados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de retratibilidade (%) da madeira de três espécies comercializadas no município de Paragominas-PA

ESPÉCIE	RETRATIBILIDADE			
	Radial (%)	Tangencial (%)	Axial (%)	Volumétrica (%)
<i>Bagassa</i> spp.	5.49 AB (1,01) ¹ (17,43) ²	6.39 B (0,51) (8,18)	2.49 A (2,29) (116,72)	13.75 AB (2,05) (15,38)
<i>Cordia</i> spp.	3.81 B (0,87) (24,11)	6.68 B (1,41) (21,88)	0,50 B (0,16) (41,90)	10.69 B (1,77) (15,97)
<i>Manilkara</i> spp.	6.78 A (3,65) (59,47)	9.93 A (2,30) (22,98)	1,24 AB (0,64) (56,16)	17.04 A (4,77) (27,24)

¹ - Valores entre os parênteses são os desvios-padrão;

² – Valores entre os parênteses são os coeficientes de variação em (%).

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com Mattos et al (2009) o plano tangencial da madeira é o que apresenta maiores variações, seguido pela alteração no plano radial e por último no plano axial (longitudinal), que é uma variação praticamente desprezível. Padrão também identificado neste estudo onde todas as espécies apresentaram variação decrescente segundo os planos tangencial, radial e longitudinal, respectivamente.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Segundo o IPT (1989), os resultados das contrações radial, tangencial e volumétrica para o amarelão foram iguais a 5,5%, 7,1% e 11,4%, respectivamente. Esses resultados aproximaram-se dos que foram obtidos na análise da madeira em Paragominas, com valores de 5,49%, 6,39% e 13,75%, respectivamente.

Para o freijó os valores encontrados neste estudo puderam ser confirmados também por IPT (1989), na qual os valores foram de 3,2% na contração radial, 6,7% na tangencial e 9,1% na axial. Foi a espécie com menor variação volumétrica, devido ser a menos densa e apresentar parede celular mais fina (IPT, 1989)

Os valores para a maçaranduba também ficaram bem próximos aos do IPT (1989), que são de 6,8% na radial, tangencial de 11,0% e volumétrica de 19,0%. Todas essas variações podem ser explicadas por a madeira ser um material de extrema variabilidade, fazendo com a que as propriedades variem entre as espécies, numa mesma espécie e até mesmo dentro de uma mesma árvore.

Comparando as espécies, a que obteve maiores contrações foi a madeira de maçaranduba, isso ocorreu devido a ela ter maior densidade. As espécies de maiores densidade são as que contraem mais devido possuir mais água de impregnação, ou seja possuem a parede celular mais espessa. Já as espécies de menor densidade, como o freijó, contraem menos por serem madeiras mais porosas acumulando maiores quantidades de água livre (MORESCHI, 2010).

3.3 Coeficiente de anisotropia

Os valores médios dos coeficientes de anisotropia encontrados para cada espécie são apresentados na Tabela 3, abaixo:

Tabela 3. Coeficiente de Anisotropia da madeira de três espécies comercializadas no município de Paragominas-PA

ESPÉCIE	Coeficiente de Anisotropia
<i>Bagassa</i> spp.	1.2090 B (0,29) ¹ (27,14) ²
<i>Cordia</i> spp.	1.8110 A (0,45) (26,16)
<i>Manilkara</i> spp.	1.7680 A (0,71) (36,45)

¹ - Valores entre os parênteses são os desvios-padrão;

² - Valores entre os parênteses são os coeficientes de variação em (%).

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância.

O fator ideal de anisotropia seria igual a 1, o que indicaria inexistência de alteração nas dimensões da madeira ou que as alterações radial e tangencial são iguais. No entanto,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





isso não acontece (MORESCHI, 2010). Na madeira esse coeficiente de anisotropia varia no intervalo entre 1,5 e 2,5 (LOBÃO e PERREIRA, 2005). São consideradas madeiras de qualidade excelente as que possuem o coeficiente de anisotropia no intervalo entre 1,2 a 1,5; madeiras consideradas normais entre 1,6 a 1,9 e de baixa qualidade aquelas cujo fator anisotrópico for maior ou igual a 2.

Neste caso o freijó e a maçaranduba são madeiras consideradas normais, pois apresentam o coeficiente de anisotropia de 1,81 e 1,76, respectivamente. Já o amarelão é uma madeira considerada de excelente qualidade, pois apresenta o coeficiente igual a 1,20, indicado para uso na construção civil e fabricação de móveis de boa qualidade por apresentar baixa instabilidade dimensional.

4. CONCLUSÕES

A madeira de freijó foi a única espécie que se enquadrou na classe de madeira leve, com a maçaranduba e o amarelão enquadrados na classe alta. A maçaranduba apresentou maior variação volumétrica, seguida pelo amarelão e freijó. Com relação ao fator anisotrópico o amarelão foi classificado como uma espécie de qualidade de madeira excelente, já as demais espécies foram classificadas como madeiras de qualidade normal.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. *NBR – 7190: Projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro: ABNT; 1997.

CARVALHO, M. S. P.; CARVALHO, J. O. P. Influência do espaçamento nas características físicas da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl. (tatajuba) no planalto de Belterra, Pará. *Revista Árvore*, Viçosa, v.26, n.2, p.253-259, 2002.

COSTA, A. Coletâneas de anatomia da madeira. *Anatomia da madeira*. 42p. 2001. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/sbs/professores/arlindo/materiais/APOSTILANATOMIA1.pdf>>. Acesso em: 23 março 2017.

DIAS, F. M. A densidade aparente como estimador de propriedades de resistência e rigidez da madeira. 2000. 170 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

HELLMEISTER, J.C. Sobre a determinação das características físicas da madeira. São Carlos, 1982. 119p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

IBGE. (Ed.). IBGE cidade. 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150550>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT Fichas de Características das Madeiras Brasileiras. 2ª ed. São Paulo: IPT, 1989. 418p. (publicação IPT No 1791). Disponível em http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/4.htm. Acesso em: 11 dez. 2016.

JANKOWSKY, I. P. *Madeiras Brasileiras*. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. v.1, 172p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JUNIOR, W. A. Principles of wood science and technology. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v.1, 592p.

LAHR, F. A. R. et al; Propriedades físicas e mecânicas de três espécies de madeira provenientes de áreas certificadas da floresta amazônica. Revista Construindo, Belo Horizonte, v.2, n.2, p.34-37, 2010.

LOBÃO, M. S.; PEREIRA, K. R. M. Propriedades físicas e mecânicas da madeira. Universidade Federal do Acre, Departamento de Ciências Agrárias, 2005.

MARQUES, M. H. B. et al. A. Madeiras da Amazônia, características e utilização: Amazônia Oriental. Brasília: IBAMA, 1997. v.3, 141 p.

MARQUES, S. S. et al. Estudo comparativo da massa específica aparente e retratibilidade da madeira de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* LAM.) nativa e de reflorestamento. Revista Árvore, Viçosa, v. 36, p.373-380, 2012.

MATTOS, B. D. et al. Correlação entre massa específica e retratibilidade da madeira de três coníferas da região sul do Brasil. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11.; MOSTRA CIENTÍFICA, 1., 2009, Pelotas. Anais... Pelotas: UFPel, 2009. v. 1, p. 1-5.

MORESCHI, J.C. Propriedades tecnológicas da madeira. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Setor de Ciências Agrárias/UFPR, 2010. 176 p.

MÜLLER, B. V. et al. Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Floresta e Ambiente, v.21, p.535-542, 2014.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. Revista Árvore, Viçosa, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

PALERMO, G. P. M. et al. Determinação da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm, através de atenuação de radiação gama comparada a métodos tradicionais. Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, v.11, n.1, p.1-6, 2004.

ROSA, R. A. et al. Caracterização da madeira de maçaranduba (*Manilkara* sp.) por métodos destrutivos e não destrutivos. Ciência da Madeira, Pelotas, v.5, n.1, p.68-78, 2014.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr. J. Agric. Res, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, J. C. Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira. 2002. 181 p. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SOUZA, M. H. et al. Madeiras tropicais brasileiras. 2ª ed. Brasília: Edições IBAMA, 2002. 152p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS OSB DE PINUS OOCARPA E ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS

Marina Resende Ribeiro de Oliveira¹

Danillo Wisky Silva²

Abner Reis²

Mário Vanoli Scatolino²

José Benedito Guimarães Júnior¹

Lourival Marin Mendes²

¹ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Engenharia

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais



AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS OSB DE *PINUS OOCARPA* E *ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS*

Resumo: O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da adição de diferentes porcentagens de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius* e *Pinus oocarpa* nas propriedades físicas de painéis OSB (Painel de Partícula Strand Orientada). Foram comparadas cinco proporções de partículas (0; 25; 50; 75; e 100%) entre as duas espécies. Os painéis foram encolados com 6% de fenol-formaldeído, e produzidos com três camadas na proporção (% em massa) de 25/50/25 para face/miolo/face. No plano experimental para cada tratamento foram produzidos três painéis, sendo as propriedades densidade aparente (DA), umidade de equilíbrio (UE), absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE), ambas após 2 e 24 horas de imersão em água, avaliadas neste trabalho. Houve variação entre as densidades dos painéis nos diferentes tratamentos devido à perda de partículas no processo de produção. O que interferiu nas propriedades: AA_2h, AA_24h, IE_2h e IE_24h. Para AA_2h, os tratamentos a partir de 50% de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius* apresentaram menor absorção de água. Para AA_24h, o tratamento com 75% de *Acrocarpus fraxinifolius* apresentou melhor resultado. No IE_2h, os tratamentos com 75 e 100% de partículas obtiveram melhor resultado. E no IE_24h, o tratamento de melhor desempenho foi com 100% de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius*.

Palavras-chave: Espécie alternativa, cedro indiano, painéis de madeira, estabilidade dimensional

EVALUATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF PANELS OSB DE *PINUS OOCARPA* AND *ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS*

Abstract: The present work aimed to evaluate the effect of the addition of different percentages of *Acrocarpus fraxinifolius* and *Pinus oocarpa* particles on the physical properties of OSB (Oriented Strand Board) panels. Five proportions of particles (0; 25; 50; 75; and 100%) were compared between the two species. The panels were glued with 6% phenol-formaldehyde, and produced with three layers in the ratio (% by mass) of 25/50/25 to surface/core/surface. In the experimental plane for each treatment three panels were produced, being the apparent density (DA), equilibrium humidity (UE), water absorption (AA) and swelling in thickness (IE), both after 2 and 24 hours of immersion, in evaluated in this work. There was variation between the densities of the panels in the different treatments due to the loss of particles in the production process. What interfered in the properties: AA_2h, AA_24h, IE_2h and IE_24h. For AA_2h, treatments from 50% of *Acrocarpus fraxinifolius* particles showed lower water absorption. For AA_24h, treatment with 75% of *Acrocarpus fraxinifolius* presented the best result. In IE_2h, treatments with 75 and 100% of particles obtained better results. And in IE_24h, the best performance treatment was with 100% particles of *Acrocarpus fraxinifolius*.

Keywords: Alternative species, indian cedar, wood panels, dimensional stability

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





1. INTRODUÇÃO

No ramo madeireiro, os gêneros *Pinus* e *Eucalipto* são os mais utilizados pelas indústrias para atender à demanda (IWAKIRI et al. 2001). No entanto, devido ao aumento da procura por madeira dos últimos anos e à evolução da tecnologia dos processos produtivos, estudos têm sido realizados com o objetivo de atender a tal demanda com espécies consideradas não convencionais (SÁ et al., 2010; TRIANOSKI et al., 2013).

Assim, encontra-se na literatura estudos de espécies com características semelhantes com as que já são usadas para a produção de painéis, como o rápido crescimento e densidade específica (BUFALINO et al. 2013; IWAKIRI et al. 2004; SÁ et al. 2010; TRIANOSKI et al., 2011; TEODORO et al., 2016). Percebe-se que elas são uma oferta potencial de matéria-prima de alta qualidade, tornando assim um incentivo para sua produção e diversificação do mercado produtor de madeira.

A espécie *Acrocarpus fraxinifolius* apresenta grande plasticidade em sistema agro florestais, auxilia na recuperação de terras devastadas, possui capacidade de adaptação com alta atividade produtiva e qualidade de sua madeira, conquistando assim visibilidade no contexto acadêmico e industrial (SALINAS et al., 2008; MARTINEZ et al., 2006; NISGOSKI et al., 2012; TRIANOSKI et al., 2013).

Os usos mais comuns para a madeira de *Acrocarpus fraxinifolius* estão na construção civil, na produção de celulose, de móveis, de lâminas decorativas, entre outros usos de valor agregado. Entretanto, no processamento mecânico da madeira, ocorre um considerável índice de perda de material, o qual poderia ser aproveitado para a confecção de painéis reconstituídos, além da madeira proveniente do desbaste (IWAKIRI et al., 2016; SÁ et al., 2010).

Alguns trabalhos já apontam a qualidade desta madeira para a produção de painéis aglomerados convencionais (TRIANOSKI et al., 2011; TRIANOSKI et al., 2013), no entanto, pouco se sabe quanto aos painéis particulados do tipo OSB.

Diante da importância do estudo da viabilidade técnica desses painéis, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da adição de diferentes porcentagens de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius* e *Pinus oocarpa* nas propriedades físicas de painéis OSB.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

Foram utilizadas nesse trabalho cinco árvores da espécie *Acrocarpus fraxinifolius*, com 20 anos de idade e cinco árvores da espécie *Pinus oocarpa* com 28 anos de idade. As árvores foram coletadas em uma área experimental do campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na região sul do estado de Minas Gerais, Brasil. Em seguida foram retirados de cada árvore abatida discos de 5 cm de espessura na base, a 25%, 50%, 75% e a 100% da altura comercial, para determinação da densidade básica da madeira, seguindo os procedimentos da Norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Para a produção dos painéis OSB, foram selecionadas as toras da base, as quais foram submetidas à retirada de tábuas para a produção de pequenos blocos de madeira (Figura 1) nas dimensões de 20 x 85 x 260 mm (espessura, largura e comprimento, respectivamente), de acordo com a metodologia descrita por Mendes (2001).

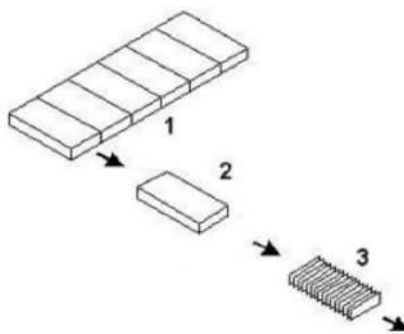


Figura 1. Geração das partículas: 1) Tábua; 2) Bloco; 3) Corte; 4) partícula gerada
Fonte: Mendes (2001)

Para a produção das partículas do tipo “strand” foi utilizado um picador de disco regulado com uma abertura de 0,70 mm, esta medida corresponde à espessura da partícula gerada. Estas partículas foram submetidas à secagem ao ar livre e, logo em seguida, levadas à secagem em estufa a $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ com circulação forçada de ar até atingirem umidade de aproximadamente 3% (base massa seca).

2.2 Confeção dos painéis

Em uma encoladeira do tipo tambor rotatório foi aplicado 6% (base massa seca) de adesivo fenol formaldeído pelo método de aspersão. Após a aplicação do adesivo, foi formado o colchão de partículas, as quais foram dispostas em três camadas nas proporções em massa de 25/50/25 (face, miolo e face, respectivamente), sendo as partículas do miolo orientadas de forma perpendicular às da face.

Para conformação do colchão, o mesmo foi levado a uma prensa manual hidráulica, com pressão de 0,4 MPa, em seguida realizou-se a prensagem a quente, com temperatura de 180°C , pressão de 3,94 MPa por um período de 8 minutos. Por fim, os painéis foram acondicionados em uma sala de climatização à temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $65\pm 5\%$ até a estabilização das massas. Foram produzidos 3 painéis por tratamento realizado, totalizando 15 painéis que correspondem aos cinco tratamentos avaliados neste trabalho (Tabela 1).





Tabela 1. Plano experimental

Tratamentos	Partículas de <i>Acrocarpus</i>	Partículas de <i>Pinus</i>
	----- %	-----
Af_100%	100	0
Af_75%	75	25
Af_50%	50	50
Af_25%	25	75
Af_0%	0	100

2.3 Avaliação das propriedades físicas

As dimensões dos corpos de prova e os procedimentos para avaliação das propriedades físicas: densidade aparente (DA), absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE) dos painéis OSB foram determinados de acordo com a norma técnica ASTM D 1037 (2006). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em que os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey, ambos a 5% de significância.

3. RESULTADOS EDISCUSSÃO

A densidade básica das madeiras de *Acrocarpus fraxinifolius* e *Pinus oocarpa* foi de 0,52 g/cm³ e 0,41 g/cm³, respectivamente. De acordo com Maloney (1993), espécies que apresentam massa específica até 0,55 g/cm³, são as mais indicadas para produzir painéis de partículas, em função de garantirem uma boa razão de compactação. Os valores médios de densidade aparente e umidade dos painéis estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Densidade aparente e umidade de equilíbrio dos painéis com diferentes quantidades de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius*

Tratamento	Densidade (g/cm ³)*	Umidade (%)
Af_100%	0,59 ab	7,22 a
Af_75%	0,66 a	7,07 a
Af_50%	0,61 ab	7,28 a
Af_25%	0,54 b	7,22 a
Af_0%	0,64 a	7,26 a

*Médias seguidas da mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Houve variação significativa entre as DA dos diferentes painéis, devido a perda de partículas ocasionada em seu manuseio no processo laboratorial de produção dos painéis. Esta variação na DA dos painéis influencia nas suas propriedades mecânicas, uma vez que existe correlação positiva entre essas propriedades e já são bastante elucidadas na literatura





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

(IWAKIRI et al. 2008; NISGOSKY et al., 2012). Em razão disto, é esperado que ocorram diferenças nos resultados das demais propriedades físicas avaliadas. Apesar de ter ocorrido variação na massa específica dos painéis, estes podem ser classificados como de média densidade, de acordo com a NBR-11941 (2003). Não foi observada variação da umidade de equilíbrio dos painéis, indicando que a densidade da madeira e a DA dos painéis não influenciam nessa propriedade.

Os valores médios obtidos para os testes de absorção de água e inchamento em espessura, ambos após 2 e 24 horas de imersão em água, estão apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3. Absorção de água após 2 e 24 horas de imersão dos painéis com diferentes quantidades de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius*

Tratamento	AA_2h	AA_24h
	-----%-----	
Af_100%	57,22 b*	82,40 bc
Af_75%	45,53 b	68,48 c
Af_50%	61,12 b	78,96 bc
Af_25%	91,92 a	106,28 a
Af_0%	79,26 a	91,05 b

*médias seguidas da mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Tabela 4. Inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão dos painéis com diferentes quantidades de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius*

Tratamento	IE_2h	IE_24h
	-----%-----	
Af_100%	18,05 c*	22,13 c
Af_75%	17,22 c	23,17 bc
Af_50%	22,65 bc	29,53 abc
Af_25%	32,33 a	36,32 a
Af_0%	28,88 ab	31,39 ab

*Médias seguidas da mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Houve variação significativa entre os diferentes painéis para as propriedades AA e IE, ambas após 2 e 24 horas de imersão em água. É possível observar que os painéis que continham maiores porcentagem de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius* foram os que apresentaram menores valores de absorção de água após 2 horas de imersão. A mesma tendência foi observada após 24 horas de imersão em água. Para o IE, observou-se que assim como na AA, os painéis que possuíam maiores quantidades de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius* em sua constituição, foram os que apresentaram melhores resultados.

De acordo com Maloney (1993) e Moslemi (1974), um painel pode apresentar menores valores em relação a absorção de água pelo aumento da sua densidade aparente, devido a maior compactação estrutural que dificulta a absorção e penetração da água, indicando que apesar do uso de cedro indiano melhorar as



propriedades físicas dos painéis, estes podem estar sofrendo influência da variação de densidade entre os tratamentos.

A norma CSA 0437 (1993) estipula como máximo para inchamento em espessura após vinte quatro horas de imersão em água, o valor de 10 %. Deste modo, nenhum dos tratamentos atendeu esta exigência, no entanto, os valores obtidos foram semelhantes aos encontrados na literatura (MENDES, 2001; SALDANHA e IWAKIRI, 2009; IWAKIRI et al., 2014). Assim, o uso destes painéis fica restrito à ambientes internos, livres de umidade.

4. CONCLUSÕES

O aumento da porcentagem de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius* na composição dos painéis OSB acarretou em diminuição significativa nos valores observados para as propriedades AA e IE, ambas após 2 e 24 horas de imersão em água.

Novos estudos são indicados, com o intuito de melhorar e avaliar novos parâmetros de produção de painéis com adição de *Acrocarpus fraxinifolius*.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, a CAPES, ao CNPq, a Rede Brasileira de Pesquisa em Compósitos Lignocelulósicos e Nanocompósitos e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Biomateriais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING - Standard test methods for evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Panel Materials. Philadelphia. ASTM D1037-06a. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 6 p. NBR-11941. 2003.

BUFALINO, L.; PROTÁSIO, T. P.; CÉSAR, A. A. S.; SÁ, V. A.; MENDES, L. M. Modelagem de propriedades físicas e mecânicas em painéis aglomerados de cedro australiano. FLORESTA E AMBIENTE, v. 2, n. 19, p. 243-249, 2013.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. CSA 0437.0 – 93: OSB and Waferboard. Ontario: 1993, 18 p.

IWAKIRI S, OLANDOSKI DP, LEONHARDT G, BRAND MAA. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de pinus tropicais. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 2, n. 11, p. 71 -77, 2001 .

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PUEHINGHER, C. A.; Venson, I. L. C. Particleboard manufacturing from *Grevillea robusta* A. Cunn. Ex R. Br. REVISTA ÁRVORE, v. 6, n. 28, p. 883-887, 2004.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

IWAKIRI, S.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; PRATA, J. G.; COSTA, A. C. C. Utilização de madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* para a produção de painéis de partículas orientadas – OSB. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 18, n. 2, p. 265 - 270, 2008.

IWAKIRI, S.; POTULSKI, D. C.; SANCHES, F. G.; SILVA, J. B.; TRIANOSKI, R.; PRETKO, W. C. Avaliação do potencial de uso da madeira de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevilea robusta*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata* para produção de painéis OSB. CERNE, v. 2, n. 20, p. 277-284, 2014.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; NASCIMENTO, C. C. do; AZAMBUJA, R. da R.; CAMPELO, S. R.; RIBEIRO, R. S. Produção de painéis aglomerados com misturas de seis espécies de madeiras da amazônia e *Pinus taeda*. FLORESTA, v. 46, n. 2, p. 259-267, 2016.

KELLY, M. W. A Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards. U.S. For. Prod. Lab. General Technical Report FPL-10, 1977.p. 66.

MALONEY, T. M. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. San Francisco: M. Freeman, 1993. 689 p.

MARTÍNEZ, P. E.; GARCÍA, J. M. M.; SÁNCHEZ, L. H.; PÉREZ, G. O. Cultivo intercalado de cedro rosado y su efecto sobre el contenido de materia orgánica en suelo. REVISTA UDO AGRÍCOLA, v. 1, n. 6, p. 109-113, 2006.

MENDES. L. M., *Pinus spp.* na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). 156 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MOSLEMI, A. A. Particleboard. London: Southern Illinois University Press, 1974. 245 p.

NISGOSKI, S.; TRIANOSKI, R.; MUÑIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M.; STYGAR, M. Variação radial das estruturas da Madeira de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. FLORESTA E AMBIENTE, v. 19, p. 316-324, 2012.

SÁ, V. A.; MENDES, L. M.; COUTO, A. M.; LIMA, N. N. Manufatura de painéis cimento-madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) de diferentes procedências e idades. SCIENTIA FORESTALIS, v. 8, n. 38, p. 559-566, 2010.

SALDANHA, L. K.; IWAKIRI, S.. Influência da densidade e do tipo de resina nas propriedades tecnológicas de painéis OSB de *Pinus taeda* L. FLORESTA, v.39, n.3, p. 571 -576, 2009

SALINAS, M. F.; MÉNDEZ, F. C.; DE LA ROSA, A. B.; AMBRIZ, A. C. Características tecnológicas de 16 maderas Del estado de Tamaulipas, que influyen em La fabricación de tableros de partículas y de fibras. REV. CHAPINGO SERIE CIENCIAS FORESTALES Y DEL AMBIENTE, v. 1, n. 14, p. 65-71 , 2008.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

TEODORO, R.; RAABE, J.; SILVA, D. W.; MENDES, R. F.; TONOLI, G. H. D. Functionally graded MDP panels using bamboo particles. KEY ENGINEERING MATERIALS, v. 668, p. 39-47, 2016.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; PRATA, J. G. 2013. Propriedades físicas e mecânicas de painéis de madeira aglomerada de *Acrocarpus fraxinifolius*, compostos com diferentes percentuais de casca. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 4, n. 23, p. 761 -769, 2013.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; PRATA, J. G. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus spp.* para produção de painéis aglomerados. SCIENTIA FORESTALIS, v. 91, n. 39, p. 343-350, 2011 .

TSOUMIS, G. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York: Chapman & Hall, 1991. 494p.

WALKER, J.C.F. Primary wood processing: principles and practice. LONDON: CHAPMAN & Hall, p. 377-416, 1993.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS PARTICULADOS DE *Pinus* spp. UTILIZANDO A INCORPORAÇÃO DE GALHOS DE *Malus domestica* Borkh.

Dianessa Danielli¹
Nayara Bergamo Casagrande²
Rodolfo Cardoso Jacinto²
Vinicius Artur Dambroso²
Polliana D'Angelo Rios³
Alexsandro Bayestorff Cunha²
Rodrigo Buss²
Leonardo Seibert Kuhn²

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC Departamento Engenharia Florestal

² Universidade do Estado de Santa Catarina

³ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC



AValiação DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS PARTICULADOS DE *Pinus* spp. UTILIZANDO A INCORPORAÇÃO DE GALHOS DE *Malus domestica* Borkh.

Resumo: O estudo teve como objetivo avaliar o potencial de utilização de galhos de *Malus domestica* Borkh (macieira) para a produção de painéis aglomerados, avaliando suas propriedades físicas. Estes foram obtidos da poda da *Malus domestica* de plantações localizadas no Município de Urubici, Santa Catarina. As partículas de *Pinus* spp. utilizadas foram obtidas de processo industrial. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de 0,75 g.cm⁻³ e com dimensões de 40 cm x 40 cm x 1,5 cm de largura, comprimento e espessura, respectivamente. Para confecção dos painéis utilizou-se 12% de adesivo uréia-formaldeído e 1% de parafina. O ciclo de prensagem foi de 160°C de temperatura, com tempo de 8 minutos e pressão de 4,0 MPa. Os tratamentos foram compostos por galhos de *Malus domestica* (M) e *Pinus* spp. (P) nas proporções: 100% (P); 100% (M); 75% (P):25% (M); 50% (M):50% (P) e 25% (P):75% (M). As propriedades físicas analisadas foram: densidade do painel, teor de umidade, absorção de água (AA) após 2 e 24 horas e inchamento em espessura (IE) após 2 e 24 horas. Os resultados demonstraram que o aumento da proporção de partículas de *Malus domestica* proporcionou diminuição da estabilidade dimensional nos painéis. Porém, é possível destacar o potencial desta espécie utilizando a mesma em pequenas proporções na composição de painéis aglomerados.

Palavras-chave: Aglomerados; Poda da macieira; uso de resíduos.

EVALUATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF PARTICLE PANELS *Pinus* spp. USING THE INCORPORATION OF GALHOS DE *Malus domestica* Borkh.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the potential of the use of *Malus domestica* Borkh (apple tree) for the production of agglomerated panels, evaluating their physical resistance. These were obtained from the *Malus domestica* pruning of plantations located in the Municipality of Urubici, Santa Catarina. The particles of *Pinus* spp. were obtained from an industrial process. The panels were produced with nominal density of 0,75 g.cm⁻³ and having dimensions of 40 cm x 40 cm x 1.5 cm width, length and thickness, respectively, using 12% of urea-formaldehyde adhesive and 1% of paraffin. The pressing cycle was of 160°C of temperature, with time of 8 minutes and pressure of 4,0 MPa. The treatments were composed of *Malus domestica* (M) and *Pinus* spp. (P) in proportions: 100% (P); 100% (P); 100% (M); 75% (P): 25% (M); 50% (M): 50% (P) and 25% (P): 75% (M). The physical properties analyzed were: panel density, moisture content, water absorption (AA) after 2 and 24 hours and thickness swelling (IE) after 2 and 24 hours. The results demonstrate that the increase in the proportion of particles of *Malus domestica* provided a loss of quality in the panels. However, it is possible to highlight the potential of this species using the same in small proportions in the composition of agglomerated panels.

Keywords: Agglomerated; Pruning of the apple tree; Use of waste.



1. INTRODUÇÃO

Os painéis de madeira surgiram devido à escassez de matéria prima e da necessidade de redução do consumo de madeira de floresta nativa. Os principais painéis de madeira reconstituídos comercializados atualmente são o *Medium Density Particleboard* (MDP), *Oriented Strand Board* (OSB), *Medium Density Fiber Board* (MDF), *Hard Density Fiber Board* (HDF), e *Super Density Fiber Board* (SDF). Dentre eles, destacam-se economicamente no mercado nacional e internacional, o MDP e o MDF, pois são os mais utilizados pela indústria de móveis e pela construção civil (FREIRE et al., 2015).

O setor mobiliário é o principal responsável pela evolução tecnológica das indústrias de painéis particulados, tendo em vista a utilização deste como matéria prima básica. A princípio, podem ser produzidos a partir de qualquer material lignocelulósico, que lhes confirmam alta resistência mecânica e massa específica pré-estabelecido (ROWELL et al., 2000), os quais depois de terem as partículas aglutinadas com adesivo, se consolidam sob a ação de temperatura e pressão.

As principais matérias-primas para a produção de MDF e MDP são cavacos de madeira oriundos de serrarias, fábricas de compensados, fábricas de móveis e serragem de árvores inteiras, além de toras de madeira provenientes de florestas plantadas de *Pinus spp* (RIVELA et al., 2007; PIEKARSKI et al., 2014).

O MDP, que tem como principal aplicação o uso em móveis interiores, tem como matérias-primas principais, além de partículas de *Pinus spp*, resina uréia-formaldeído que tem uma baixa tolerância a umidade, catalisador a base de amônia para acelerar o processo de cura da resina e emulsão de parafina para melhorar a estabilidade dimensional dos painéis a partir da redução dos índices de absorção de água e inchamento em espessura (SORATTO et al., 2013).

Com o aumento cada vez maior do preço da madeira de *Pinus spp* e da maior competição desta matéria-prima com outras indústrias como celulose/papel, madeira serrada e painéis laminados, torna-se necessário, a busca pela utilização de resíduos de processos industriais e florestais/agrícolas, que além de apresentarem menor custo, proporcionam benefícios sociais. No entanto, deve-se atentar para que não ocorra prejuízo na qualidade do produto final, já que as variações entre espécies, tipos de madeira, como também composição química da mesma produzem diferentes efeitos nos painéis particulados (SORATTO et al., 2013).

Santa Catarina possui uma das maiores produções de maçã do país, todavia, o manejo das macieiras acaba gerando resíduos, como é o exemplo da operação de poda. A prática de condução da poda é fundamental num pomar de macieira, influenciando diretamente no crescimento e na produtividade das plantas. Essa prática visa o direcionamento dos ramos no sentido de melhorar sua distribuição ao longo do prolongamento do tronco, para formar uma estrutura sólida que possa sustentar uma carga grande de frutos durante a fase produtiva (EBERT, 1988).

Segundo ZANDONADI (2013), para cada macieira podada, tem-se como produto final, uma quantidade que varia de 10 até 15 kg de madeira e aproximadamente 10.416,6 kg por hectare.

A macieira é uma angiosperma da família Rosaceae, pertencente ao gênero *Malus*. A árvore pode chegar a 10 metros de altura. Há mais de 7500 espécies e variedades de maçãs. No Brasil, a produção de maçã se concentra em duas cultivares, 'Gala' e 'Fuji', que representam em torno de 90% da área plantada.



Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades físicas de painéis MDP de *Pinus* spp. com incorporação de galhos de *Malus domestica* Borkh.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada no presente estudo foi composta por partículas de *Pinus* spp., partículas provenientes de galhos do processo de poda da *Malus domestica*, resina uréia-formaldeído e emulsão de parafina.

As partículas *Pinus* spp. foram coletadas no processo produtivo da empresa Bonet Madeiras e Papéis Ltda., situada em Santa Cecília – SC, após a passagem das toras descascadas pelo cepilhador, enquanto que os galhos da *M. domestica* foram coletados após a realização da poda em uma propriedade rural do município de Urubici, Santa Catarina.

Antes da produção dos painéis, os galhos de *M. domestica* foram transformados em partículas em um moinho de martelo com abertura de 10 mm, não passando por posterior processo de classificação e retirada de finos. Os dois materiais (partículas das duas espécies) foram mantidos em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 80°C, até atingirem, teor de umidade de $4 \pm 1\%$.

Os tratamentos utilizados no estudo estão descritos na Tabela 1, onde pode-se observar que a composição de cada um varia em função da quantidade de cada espécie florestal/agrícola, mantendo-se constante as demais variáveis.

Tabela 1. Tratamento, composição e porcentagem da mistura.

Tratamento	Porcentagem de partículas em cada painel
1 (P _{100%})	100% <i>Pinus</i> spp
2 (P _{75%} M _{25%})	75% <i>Pinus</i> spp + 25% <i>Malus</i>
3 (P _{50%} M _{50%})	50% <i>Pinus</i> spp + 50% <i>Malus</i>
4 (P _{25%} M _{75%})	25% <i>Pinus</i> spp + 75% <i>Malus</i>
5 (M _{100%})	100% <i>Malus</i>

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal, na Universidade do Estado de Santa Catarina.

Os painéis foram produzidos com densidade nominal de 0,75 g.cm⁻³, dimensões de 40 cm x 40 cm x 1,5 cm, 12% de resina uréia-formaldeído e 1% de parafina.

O colchão foi submetido a uma pré-prensagem a frio com pressão de 0,5 MPa por aproximadamente 10 minutos em prensa manual, para que houvesse melhor acomodação das partículas e diminuição da altura do mesmo. Posteriormente, foi aplicado o ciclo de prensagem de 160°C e pressão de 4,0 MPa por 8 minutos. Após o processo de prensagem, os painéis foram para a sala de climatização com temperatura de 20±3°C e umidade relativa de 65% até a estabilização da massa.

Os ensaios foram realizados a partir de corpos de prova, retirados a partir de *layout* pré-definido, com intuito de obter amostras representativas de toda a área de cada painel. As propriedades físicas avaliadas nos ensaios, de acordo com a ASTM D1037 (1995), foram



densidade, teor de umidade, absorção de água e inchamento em espessura. Já a razão de compactação foi determinada pela relação entre a densidade dos painéis e a densidade da espécie florestal / agrícola.

Para análise estatística foi confirmado a normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Na análise e avaliação dos resultados foi empregado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Comparando os resultados encontrados com os estabelecidos pelas normas CS 236-66, ANSI A208.1, NBR 14810-2, EN 312-2 e CSA 0347.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores médios encontrados em cada tratamento para densidade, razão de compactação e teor de umidade. Observa-se que para densidade, os valores variaram de 0,747 a 0,779 g.cm⁻³, sem diferença estatística entre os tratamentos, o que demonstra homogeneidade no processo de confecção dos painéis e pouca variação em relação a densidade nominal proposta (0,75 g.cm⁻³). Desta forma, os painéis podem ser classificados como de média densidade, quando tomado como referência as normas CS 236-66 (1968) e a ANSI A208.1 (2009), que estabelecem intervalos de 600 a 800 kg.m⁻³ e 640 a 800 kg.m⁻³, respectivamente.

Para razão de compactação, houve um decréscimo nos valores médios à medida que era aumentada a proporção de partículas de *M. domestica*, o que é justificado pela maior densidade desta matéria-prima (0,456 g.cm⁻³), quando comparado com o *Pinus* spp (0,366 g.cm⁻³). Desta forma, houve diferença estatística entre os tratamentos, com destaque para o tratamento T1 que apresentou o maior valor (1,89) e o tratamento T5 o menor (1,64), já os demais, apresentaram valores intermediários e sem diferença estatística entre eles.

Conforme Moslemi (1974) e Maloney (1993) os valores considerados ideais para razão de compactação devem ser de 1,3 a 1,6, assim nenhum dos tratamentos produzidos se enquadrou nestes valores. Tsoumis (1991) diz que, a baixa razão de compactação pode ter como consequência uma baixa área de contato entre as partículas, prejudicando a densificação e a qualidade dos painéis.

Tabela 2. Valores médios de densidade aparente, razão de compactação e umidade dos painéis.

Treatamento	Densidade aparente do painel (g.cm ⁻³)	Razão de Compactação	Umidade (%)
1 (P ₁₀₀)	0,757 a	1,89 c	8,36 a
2 (P ₇₅ M ₂₅)	0,752 a	1,82 b	8,66 a
3 (P ₅₀ M ₅₀)	0,758 a	1,77 b	9,20 b
4 (P ₂₅ M ₇₅)	0,779 a	1,76 b	9,20 b
5 (M ₁₀₀)	0,747 a	1,64 a	10,37 c

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.



Quanto ao teor de umidade dos painéis, obteve-se diferença estatística entre os tratamentos, onde os valores variaram de 8,36 à 10,37%, ou seja, painéis com alta razão de compactação apresentaram menor teor de umidade, devido à maior densidade destes painéis e conseqüentemente menor quantidade de espaços vazios, comportamento este já observado por outros autores (KELLY, 1997; SILVA et al., 2006).

O teor de umidade dos painéis de todos os tratamentos ficaram abaixo dos valores encontrados para madeira sólida na mesma condição de temperatura e umidade relativa. Segundo Wu (1999), esta redução de higroscopicidade justifica-se pelo processamento da madeira em partículas, adição de resina, aditivos, aplicação de pressão e alta temperatura durante o ciclo de prensagem.

Comparando os valores com a norma NBR 14810-2 (2013), os painéis de todos os tratamentos ficaram dentro do limite estabelecido, que é de 5 a 13%; já quando comparados a norma ANSI A208.1 (2009), o tratamento T5 obteve uma porcentagem de 10,37, ficando um pouco acima do valor da norma que é de 10%.

3.2 Absorção de água

Na tabela 3 estão apresentados os valores médios encontrados para absorção de água após duas e vinte e quatro horas de imersão (AA2h e AA24h). Observou-se que para AA2h os resultados variaram entre 5,99% a 18,99%. Os tratamentos T1, T2 e T3 não apresentaram diferença estatística entre si, já os tratamentos T4 e T5 apresentaram diferença significativa em relação aos demais tratamentos.

Para AA24h os valores encontrados variaram de 23,13% a 69,28%, seguindo o mesmo comportamento para a imersão de 2 horas, ou seja, utilizando uma maior porcentagem de maceira, mesmo em associação com a madeira, a absorção em água foi maior.

Os valores encontrados neste estudo para os tratamentos T1, T2 e T3 para absorção de água em 2h, enquadram-se dentro do padrão estabelecido pela norma ANSI A208.1 (2009), sendo este de 10%. Para a imersão em água por 24h, nenhum dos tratamentos permaneceu abaixo do limite estipulado pela norma.

Tabela 3. Valores médios para absorção de água dos painéis.

Tratamento	AA2h (%)	AA24h (%)
1 (P ₁₀₀)	5,99 a	23,13 a
2 (P ₇₅ M ₂₅)	5,99 a	25,11 a
3 (P ₅₀ M ₅₀)	7,58 a	30,88 a
4 (P ₂₅ M ₇₅)	12,77 b	51,92 b
5 (M ₁₀₀)	18,99 c	69,28 c

Legenda: AA2h e AA24h = absorção de água após 2 e 24 horas de imersão, respectivamente. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.



Este comportamento pode ser explicado pelo fato das partículas de *Malus domestica* terem sido produzidas em laboratório, apresentando forma mais alongada e espessa, também partículas muito pequenas (pó) diferente das de *Pinus* spp. produzidas em escala industrial. Sendo assim, a heterogeneidade das partículas do colchão pode ter contribuído para a dificuldade de acomodação das partículas no painel, resultando em um aumento dos espaços vazios e conseqüentemente permitindo uma maior absorção de água, como foi constatado por SORATTO et al. (2013).

A relação entre comprimento e espessura das partículas é denominada razão de esbeltez (RE), onde à medida que esta aumenta, a absorção de água tende à diminuir, e vice-versa (MOLESMI, 1974). Desta maneira, considerando as características descritas para as partículas obtidas de *Malus domestica*, fica evidente que as mesmas tendem à apresentar uma razão de esbeltez baixa, o que conseqüentemente resultará em uma maior absorção de água pelo painel

3.3 Inchamento em espessura

Os resultados obtidos para o teste de inchamento em espessura (IE) em 2 e 24 horas estão apresentados na Tabela 4. Os valores variaram de 3,85% a 13,10% após 2 horas de imersão e de 19,19% a 38,03% após 24 horas de imersão. Para os dois parâmetros avaliados observou-se o mesmo comportamento, onde os tratamentos T1, T2 e T3 foram superiores aos demais, apresentando os menores valores para as duas propriedades avaliadas, valores estes que se enquadram nos padrões exigidos por algumas normas utilizadas no presente estudo.

Tabela 4. Valores médios para inchamento em espessura, após 2 e 24 horas de imersão em água.

Treatamento	IE2h (%)	IE24h (%)
1 (P ₁₀₀)	3,85 a	19,19 a
2 (P ₇₅ M ₂₅)	2,95 a	20,27 a
3 (P ₅₀ M ₅₀)	5,27 a	26,31 a
4 (P ₂₅ M ₇₅)	9,25 b	37,57 b
5 (M ₁₀₀)	13,10 b	38,03 b

Legenda: IE2h e IE24h = inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão, respectivamente. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

De acordo com a norma NBR 14810 (2013) o valor ideal para a taxa de inchamento deve permanecer abaixo de 8% para 2 horas de imersão e 18% para 24 horas de imersão. Para IE2h, nota-se que se enquadram dentro do padrão estabelecido os tratamentos T1, T2 e T3, onde a porcentagem máxima de macieira utilizada para a confecção dos painéis é de 50%.

Para IE24h, nenhum dos tratamentos avaliados enquadra-se no padrão exigido, isto também ocorre quando os mesmos são comparados com os valores propostos pela norma EN 312-2 (2003) que estabelece 15% de inchamento após 24 horas. Já para a norma ANSI



A208.1 (2009) o valor proposto é de 35% ficando dentro deste limite os tratamentos T1, T2 e T3. No entanto, tomando-se como referência a norma CSA 0347 (1993) que estabelece limite de 40% para 24 horas de imersão todos os tratamentos ficaram dentro do limite pré-estabelecido. Este comportamento dos painéis é esperado, uma vez que a geometria das partículas contribui para uma maior taxa de absorção de água e conseqüentemente uma maior taxa de inchamento, principalmente na imersão do material em água durante 24 horas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que o aumento da proporção de partículas de *Malus domestica* proporcionou uma diminuição da estabilidade dimensional nos painéis.

Ainda que a utilização da poda da maçã tenha refletido nesta redução dos parâmetros qualitativos dos painéis, ela apresenta potencial para ser utilizada em painéis aglomerados, como uma matéria-prima alternativa em pequenas proporções. Pois, a partir deste material pode ser possível obter propriedades físicas próximas à aquelas encontradas para os painéis aglomerados produzidos exclusivamente com partículas de *Pinus spp.*

Estudos envolvendo a granulometria das partículas da espécie *Malus domestica* devem ser realizados, tendo em vista a possibilidade de se alcançar resultados condizentes com as normas estabelecidas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14810-2**: painéis de madeira de média densidade. Rio de Janeiro, 2013.69 p.

ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI A208.1**: Mat formed wood particleboard: specifications. Gaithersburg: National Particleboards Association, 2009. 9 p.

ASTM – American Society for Testing and Materials. **ASTM D1037**: Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. Philadelphia, 1995.

CS - COMMERCIAL STANDART. **CS 236-66**: Mat formed wood particleboard, 1968.

CSA - CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. **CSA 0437-93**: OSB and waferboard. Ontario, 1993. 18 p.

EBERT, A; RAASCH, Z. S. **Condução da macieira em sistemas de baixa e alta densidade**. Florianópolis, EMPASC, 1988.

EN - EUROPEAN STANDARD. **EN 312 -2**: particleboards: specifications. British Standard Institution, London, 2003. 22 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





FREIRE, A. et al. Impactos ambientais de painéis de madeira e derivados-Uma revisão de literatura. **Revista ESPACIOS** | Vol, v. 36, n. 10, 2015.

KELLY, M. W. **A critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards.** U.S. For. Prod. Lab. General Technical Report FPL-10, Madison, 1977. 66p.

MALONEY. T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing.** 2.ed. São Francisco: Miller Freeman, 1993. 689 p.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard.** Illinois: Southern Illinois University Press. v.2, 245p. 1974.

PIEKARSKI, C. M.; CARLOS DE FRANCISCO, A.; LUZ, L. M.; ALVARENGA, T. H. P.; BITTENCOURT, J. V. M. Environmental profile analysis of MDF panels production: study in a brazilian technological condition. **CERNE.** v. 20. n.3. p. 409-418. 2014.

RIVELA, B.; MOREIRA, M.T.; FEIJOO, G. Life Cycle of Medium Density Fiberboard. Journal Wood and Other Renewable Resources. p. 143-150. 2007.

ROWELL, R.M.; HAN, J.S.; ROWELL, J.S. Characterization and factors affecting fiber properties. In: FROLLINI, E.; LEÃO, A.L.; MATTOSO, L.H.C. (Ed.) Natural polymers and agrofibers based composites. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, p.115-134. 2000.

SILVA, G. A.; MENDES, L. M.; CALEGARIO, N.; MORI, F. A.; SILVA, I. R. M.; SANTOS, I. F. Estimativa da umidade de equilíbrio de painéis de madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 23-29, 2006.

SORATTO, N. D. et al. Efeitos da adição de cavaco com casca na qualidade de painéis MDP produzidos com *Eucalyptus* sp. **Ciência da Madeira (braz. J. Wood Sci.)**, Pelotas, v. 04, n. 01, p.46-59, Maio 2013.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood:** structure, properties, utilization. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494 p.

WU, Q. Application of Nelson's sorption isotherm to wood composites and overlays. **Wood and Fiber Science**, Pennsylvania, v. 31, n. 2, p. 187-191, 1999.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ZANDONADI, T. Estudo da viabilidade econômica da utilização do resíduo da poda de macieiras na região de Bom Jardim da Serra para a produção de biomassa em Lages.
REPOSITÓRIOS DE RELATÓRIOS-Engenharia de Produção, n. 2, 2013.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES DA AMAZÔNIA

JULIO CEZAR HOFFMANN DOS SANTOS¹

Mayra Daniela Ferreira²

Francislene Junia Telles da Silva¹

Daniela Silva Lilge³

¹ Universidade Federal de Pelotas

² Universidade Federal de Mato Grosso

³ Universidade Federal do Pampa

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES DA AMAZÔNIA

Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Resumo: A madeira é o produto natural mais utilizado em todo o mundo, sendo assim o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira é essencial para que saibamos qual a melhor forma de empregar as peças de madeira. Este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas de cinco espécies da floresta amazônica – garapeira - *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr; cedrinho - *Erismia uncinatum* Warm; angelim pedra - *Hymenolobium petraeum* Ducke; itaúba - *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez; e cambará - *Qualea* sp. Os testes foram realizados no Laboratório de Tecnologia da madeira, localizado na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) Campus Sinop. Sendo que as amostras foram obtidas em uma serraria de Feliz Natal Mato Grosso, onde foram confeccionados corpos de prova que foram submetidos aos ensaios das propriedades físicas (massa específica, porosidade, teor de umidade de equilíbrio, determinação do ponto de saturação das fibras, retratibilidade e fator de anisotropia) e mecânicos (resistência e rigidez da madeira a compressão paralela as fibras). Para os ensaios físicos as amostras ficaram submersas por um período de 40 dias até atingirem o ponto de saturação das fibras (PSF) e posteriormente foram determinados os parâmetros mencionados. Para os ensaios mecânicos foi utilizada a máquina universal de ensaios para obtenção do módulo de resistência e módulo de elasticidade (MOR e MOE). De maneira geral as espécies se mostraram de bom aproveitamento para diversos fins, por apresentarem boa massa específica e fator anisotrópico considerando as madeiras de excelente qualidade. Para o MOR e MOE são altamente influenciados pela qualidade e pela densidade da madeira, as espécies de garapeira, itaúba e o angelim-pedra apresentaram os melhores resultados para o MOR e MOE.

Palavras-chave: espécies tropicais; compressão paralela às fibras; tecnologia da madeira.

Abstract: Wood is the most natural product used throughout the world, thus the knowledge of the physical and mechanical properties of wood is essential to know how to best employ the wood pieces. This study aims to evaluate the physical and mechanical properties of five species of the Amazon rainforest - garapeira - *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr; cedrinho - *Erismia uncinatum* Warm; angelim pedra - *Hymenolobium petraeum* Ducke; itaúba - *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez; and cambará - *Qualea* sp. The tests were

conducted on wood Technology Laboratory, located at the Federal University of Mato Grosso (UFMT) Campus Sinop. Since the samples were obtained in a sawmill Feliz Natal Mato Grosso, where they were prepared specimens were subjected to physical property testing (bulk density, porosity, equilibrium moisture content, determining the saturation point of the fibers, shrinkage and anisotropy factor) and mechanical (strength and stiffness of wood parallel compression fibers). For physical tests the samples were submerged for a period of 40 days to reach the fiber saturation point (PSF) and subsequently mentioned parameters were determined. For the mechanical tests was used universal testing machine to obtain the module of resistance and modulus of elasticity (MOR and MOE). Generally the species were of good use for various purposes, for having good bulk density and anisotropic factor considering the excellent quality of wood.

Keywords: tropical species; compression parallel to the fibers; wood technology.

1. INTRODUÇÃO

As propriedades físicas e mecânicas são importantes na determinação de um conhecimento da estrutura da madeira o que auxilia no melhor aproveitamento de sua utilização, especialmente na utilização como material de construção e para a indústria moveleira (MOTTA, 2011).

Da massa específica dependem a maior parte de suas propriedades físicas e tecnológicas, sendo uma referência para a classificação da madeira. De modo geral madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras que as leves, entretanto são de mais difícil trabalhabilidade e apresentam maior variabilidade (MORESCHI, 2012).

A massa específica da madeira está intensamente ligada ao seu teor de umidade por resultado das variações de volume e massa. Portanto, para determinação dessa propriedade física, é indispensável o conhecimento da retratibilidade volumétrica da madeira. Sabe-se também, que a retratibilidade total da madeira aumenta com sua massa específica, sendo importante relacionar essas duas propriedades. A massa específica por sua vez, é uma das propriedades da madeira que, quando analisada em função da espécie, variedade, povoamento, idade, árvore, e até mesmo dentro de uma amostra ou disco, apresenta diferentes valores (REZENDE et al., 1995).

A porosidade refere-se ao tipo de dispersão dos vasos, quando observados em seção transversal da amostra de madeira. Porosidade difusa que é quando os poros (vasos) se apresentam dispersos de forma uniforme pelo lenho. Porosidade em anéis quando os poros (vasos) de maior diâmetro se apresentam dispostos de forma concêntrica no tronco, vistos em seção transversal, sendo os de maior diâmetro localizados no início do período vegetativo (BÓTOSSO, 2011)

O teor de umidade da madeira influência nas propriedades de resistência da madeira, com a maior ou menor facilidade em trabalhar com este material, com seu poder calorífico, sua suscetibilidade a fungos, entre outras propriedades de importância (MORESCHI, 2012). Sendo que a umidade não pode ser considerada uma característica intrínseca da madeira, sendo seu estudo de fundamental importância por se tratar de um parâmetro que afeta o comportamento do material quanto à trabalhabilidade, estabilidade dimensional, resistência mecânica e durabilidade natural (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

A variação dimensional da madeira é um fenômeno conhecido como retratibilidade, que com a mudança no teor de umidade, quando se ganha ou se perde umidade a baixo do ponto de saturação das fibras, começa a ocorrer às variações dimensionais. Isto se deve ao fato de que as moléculas de águas da madeira estão ligadas por pontes de hidrogênio às microfibrilas nos polissacarídeos que constituem a madeira, e por sua vez quando estas são forçadas a sair, deixa um espaço vazio fazem com que as forças de coesão tendem a aproximar as microfibrilas, que no final causam a contração da madeira como um todo (OLIVEIRA et al., 2010).

De uma forma geral a anisotropia é uma característica muito frequente nos elementos da natureza, isto é, a variabilidade ou distribuição espacial de tais elementos ocorre mais intensamente numa direção e menos intensamente em outra direção (CAMARGO et al., 2001). Devido ao fato da madeira inchar e contrair variavelmente conforme os sentidos anatômicos tangencial, radial e longitudinal. Chama-se este fenômeno de anisotropia

dimensional podendo ser de contração ou de inchamento.

O ponto de saturação das fibras (PSF) é o teor de umidade da madeira no momento em que esta já perdeu toda a sua água livre, ou seja, dos lumens e espaços intercelulares, porém ainda mantém as paredes celulares saturadas de umidade. Para facilidade de cálculos adota-se o valor médio de 28% como teor de umidade correspondente ao PSF para todas as espécies de madeira. Porém, para necessidades que exijam maior precisão, o ponto de saturação das fibras (PSF) e a massa específica real (rH) específicos de uma espécie em particular deverão ser utilizados (MORESCHI, 2012).

As propriedades mecânicas são afetadas pela mudança do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras, diminuindo com o aumento desse teor (FRANÇA; CUNHA, 2012). Na compressão paralela às fibras, as forças atuam paralelamente ao comprimento das células, sendo que as células reagindo em conjunto conferem uma grande resistência da madeira à compressão. Para Hein et al. (2009), a compressão paralela às fibras da madeira é o principal parâmetro empregado para aplicações estruturais. Por meio deste valor é possível classificar a madeira de acordo com sua resistência, além de possibilitar por meio de estimativas, a determinação das demais propriedades de resistência da madeira.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies comerciais da Amazônia – *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr (Grapeira), *Erismia uncinatum* Warm (Cedrinho), *Hymenolobium petraeum* Ducke (Angelim Pedra), *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez (Itaúba) e *Qualea* sp. (Cambará).

2. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas amostras de cinco espécies da Amazônia, a *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr (Grapeira), *Erismia uncinatum* Warm (Cedrinho), *Hymenolobium petraeum* Ducke (Angelim Pedra), *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez (Itaúba) e *Qualea* sp. (Cambará). Estas foram obtidas em serrarias no município de Feliz Natal, Mato Grosso, onde foram selecionadas quatro tábuas com cerne e alburno nas dimensões de 25 cm de largura x 3,0 cm de espessura x 3,0 metros de comprimento, de cada espécie, provenientes de um único indivíduo, para posterior confecção dos corpos de provas.

Destas tábuas foram obtidas amostras para realização dos ensaios com as dimensões de 2 x 2 x 10 cm (largura x espessura x comprimento). Para que os corpos de prova chegassem às dimensões finais, foi realizado o aplainamento das tábuas de madeira com o auxílio de plainas (desengrossadeira e desempenadeira) e, em seguida, realizado os cortes em serra circular. Foram empregados 20 corpos de prova de cada espécie, totalizando 100 amostras, todas estas isentas de defeitos.

2.1 Massa específica

A massa específica foi determinada através da relação da massa com o volume do corpo de prova. A massa foi obtida do corpo de prova anidro (seco) e o volume completamente saturado. A massa específica aparente básica da madeira foi determinada por meio da Equação 1:

$$e = \frac{m}{v} \text{ (Equação 1)}$$

Em que: e = massa específica básica, em g/cm^3 ; m = massa seca, em g; v = volume úmido, em cm^3 .

Para a obtenção do volume saturado os corpos de prova foram submersos em água durante 45 dias, onde o peso foi obtido diretamente em uma balança analítica de precisão de 0,0001g, e o volume das amostras determinado pelo método de estereométrico, que é feito através das dimensões da amostra com um paquímetro com precisão de 0,01 mm. Os dados foram coletados diariamente, até o volume dos corpos de prova se manter constantes. A massa seca dos corpos de prova foi obtida através de uma estufa micro-processada, aonde chegou em seu estado totalmente seco após 72 horas.

2.2 Porosidade da madeira

Para a determinação da porosidade da madeira com os dados coletados, foi definido com o auxílio da Equação 2, em que a relação entre a massa específica básica com a massa específica real que é de 1,54 g cm⁻³.

$$\Phi = (1 - \frac{m_b}{m_r}) \cdot 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que: Φ = porosidade, em %; m_b = massa específica básica, em g/cm³; m_r = massa específica real, em g/cm³

2.3 Teor de umidade da madeira

O teor de umidade de uma madeira foi determinado pela relação entre o peso da água contida no seu interior e o seu peso no estado completamente seco (Equação 3).

$$TU = \left[\frac{(P_u - P_o)}{P_o} \right] \cdot 100 \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que: TU = Teor de umidade da madeira, em %; P_u = peso da madeira úmida, em g; P_o = peso da madeira seca a (103 +/- 2°C), ou seja, a 0% de umidade, em g.

Posteriormente as amostras foram levadas à estufa microprocessada (Figura 9), a temperatura de 100°C onde ficou por 72 horas, até sua secagem completa. Para a pesagem da madeira seca (P_o), foi utilizado um dessecador de vidro, onde as amostras permaneceram por 15 minutos, e para não ocorrer variação entres as espécies avaliadas, padronizou-se a retirada de duas amostras da estufa por vez, para determinar então o peso da água removida ($P_u - P_o$) para relacionar este valor com peso da madeira seca a 0%U (P_o); e determinar a proporção entre o peso da água com o peso da madeira seca, quando esta se encontrava com umidade.

2.4 Retratibilidade da madeira

A contração e o inchamento alteram o volume da madeira e isto depende somente da água contida no dentro dos espaços submicroscópicos da parede celular, ela só irá ocorrer a teores de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), ou seja, entre 0% e 28% de umidade. Com todos os dados já coletados, foi realizado as análises para os coeficientes de contração longitudinal, radial e tangencial utilizando (Equação 4). Já o coeficiente da contração volumétrica máxima da madeira é representado pela diferença entre de volume no estado saturado de umidade e no estado absolutamente seco, (Equação 5). Para os coeficientes de inchamento lateral, radial e tangencial foi utilizado a Equação 6. O coeficiente de inchamento volumétrico máximo foi determinado pela diferença entre os volumes da madeira no estado acima do PSF e no estado absolutamente seco (Equação 7).

$$C_L = \left[\frac{(V_{100} - V_{0\%U})}{V_{100}} \right] \cdot 100 \quad \text{(Equação 4)}$$

$$C_V = \left[\frac{(V_{100} - V_{0\%U})}{V_{100}} \right] \cdot 100 \quad \text{(Equação 5)}$$

$$\alpha_{l,r,t,v} = \left[\frac{V_u - V_s}{V_s} \right] \cdot 100 \text{ (Equação 6)}$$

$$\beta_{l,r,t,v} = \left[\frac{D_u - D_s}{D_s} \right] \cdot 100 \text{ (Equação 7)}$$

Em que: α = coeficiente de contração (%); β = coeficiente de inchamento; l, r, t, v = sentido da contração/inchamento longitudinal, radial, tangencial ou volumétrico, respectivamente; D_u = Dimensão do corpo-de-prova no estado saturado de umidade, em mm; D_s = Dimensão do corpo-de-prova no estado seco em estufa (0%), em mm; V_u = Volume do corpo-de-prova no estado saturado de umidade, em cm^3 ; V_s = Volume do corpo-de-prova no estado seco em estufa (0%), em cm^3 .

stado seco em estufa (0%), em cm^3

2.5 Fator de anisotropia da madeira

Nas espécies florestais quando maiores forem as variações em suas dimensões nos sentidos anatômicos radial e tangencial, maior será o seu fator de anisotropia, o que consequentemente significa que pior é o seu desempenho no decorrer da secagem ou na obtenção de umidade (MORESCHI, 2012). Assim este Fator de anisotropia se dá pela relação entre a contração ou inchamento tangencial com o radial (Equação 8).

$$A = \frac{\beta_t}{\beta_r} \text{ (Equação 8)}$$

Em que: A = fator de anisotropia; β_t = Contração tangencial; β_r = Contração radial; α_t = inchamento tangencial; α_r = inchamento radial.

2.6 Ponto de saturação das fibras

O Ponto de saturação das Fibras foi obtido através da análise dos dados onde a partir do momento em que o volume dos corpos de prova se mantiveram constante chegaram assim no seu ponto de saturação das fibras onde foi calculado também o teor de umidade que estavam as amostras nesta ocasião.

2.7 Resistência a compressão

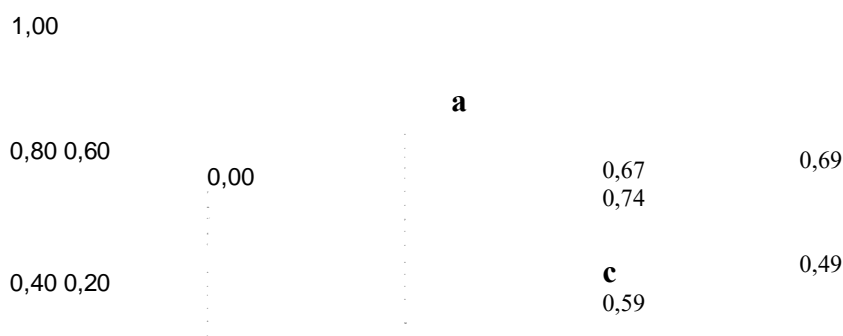
Primeiramente todas as amostras foram pesadas e medidas com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e uma balança analítica de 0,0001g de precisão, e posteriormente calculou-se a densidade aparente das amostras. Em seguida, uma a uma, as amostras foram posicionadas na máquina de ensaios, que é conectada a um computador, e controlada através de um software próprio, inseriu-se as variáveis de velocidade de deslocamento da mesa, carga máxima aplicada, dimensões da amostra e tipo de ensaio realizado. Durante o ensaio, gerou-se um gráfico de força *versus* deformação, e ao final do processo obteve-se os valores de carga máxima aplicada, deformação. As velocidades de deslocamento da mesa 0,65 mm/min para compressão paralela às fibras. Tanto o MOR – Módulo de Ruptura na compressão paralela às fibras, quanto o MOE – Módulo de Elasticidade, foram diretamente obtidos pelo software da máquina universal de ensaios.

Os cálculos das propriedades físicas e mecânicas foram realizados com auxílio do software de cálculos Excel, e para as análises estatísticas foi utilizado o software Assistat 7.7, utilizando para a análise de variância o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), e para teste de médias utilizado o teste Tukey com nível de 5% de probabilidade de erro e 95% de confiança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Massa específica da madeira

Na Figura 01 podem ser observados os dados da massa específica básica obtidos das cinco espécies de madeira da Amazônia avaliadas. Para a madeira proveniente da espécie *Qualea* sp. (Cambará), encontrou-se valores de massa específica básica média de 0,67 g/cm³, próximas a encontrada por Biasi (2005) no valor de 0,57 g/cm³, já a espécie *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr (Garapeira) apresentou de massa específica básica média 0,74 g/cm³, valor próximo a encontrada por Moraes Neto et al. (2009) de 0,67 g/cm³, sendo que esta espécie apresentou a maior massa específica sendo uma espécie muito utilizada na construção civil como vigas, ripas, caibros entre outros.



Cambará Garapeira Angelim Pedra Cedrinho Itaúba Figura 01. Massa específica básica da madeira das cinco espécies. **3.2 Porosidade da madeira**

O Cambará apresentou uma porosidade de 56,59%, similar a encontrada por Romanini et al. (2014) de 58,26%, sendo que a Garapeira apresentou a porosidade média de 51,80%. O Angelim Pedra 61,39% de porosidade, e a madeiro do Cedrinho 68,48% (Tabela 1). A espécie Itaúba apresentou uma porosidade de 55,38%, próxima de 47,94% obtida nos estudos de Romanini et al. (2014). Sendo que com a análise da média no teste de Tukey observou-se que as espécies variaram estatisticamente, entretanto o Cambará e a Itaúba não se mostraram diferente estatisticamente.

O Cedrinho apresentou o maior percentual de porosidade e a menor massa específica, por ambas serem relacionadas, devido o alto percentual de porosidade a espécie apresenta maior quantidade de espaços vazios.

Tabela 1 Características físicas da madeira dados de Porosidade das cinco espécies em (%)

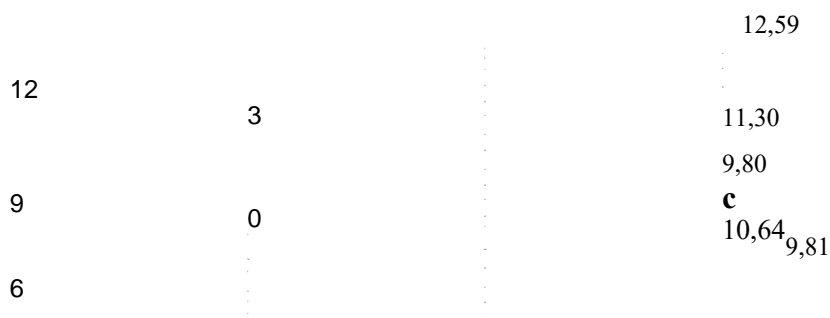
Cambará	Garapeira	Angelim	Pedra	Cedrinho	Itaúba	Média
56,59	51,80	61,39	68,48	55,38	56,59	c
Máximo	60,80	55,21	64,57	69,94	57,73	Mínimo
52,59	48,69	59,15	66,78	53,07	53,07	S
CV(%)	5,43	4,85	3,33	1,43	2,66	S: desvio padrão; CV%: coeficiente de variação.

3.3 Teor de Umidade de Equilíbrio

Na Figura 02 mostra na forma de gráfico a diferença entre as espécies e a variação dentro da espécie. A espécie *Erisma uncinatum* Warm apresentou o maior teor de umidade de

equilíbrio médio das espécies estudadas com 12,6%, seguida da espécie *Qualea* sp. que apresentou um teor de umidade de equilíbrio médio de 11,3%. O *Hymenolobium petraeum* Ducke obteve um teor de umidade de equilíbrio de 10,64 % inferior ao encontrado por Cassiano et al. (2013), de 16%. Seguindo da espécie *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr com 9,8% de teor de umidade de equilíbrio médio muito inferior também ao encontrado por Cassiano et al. (2013) de 20,75% podendo ser justificado devido ao fato de neste trabalho estar no período seco e no de Cassiano et al. (2013) no período chuvoso.

15 a



Cambará Garapeira Angelim Pedra Cedrinho Itaúba Figura 02. Teor de umidade de equilíbrio da madeira das cinco espécies.

A espécie *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. Ex Mez apresentou um teor de umidade de equilíbrio médio de 9,81%, assim no teste de Tukey estão duas não diferem estatística com 5% de probabilidade.

3.4 Ponto de Saturação das Fibras

A Figura 03 mostra a evolução do volume e a massa das amostras estudadas ao longo do tempo em que foram pesadas e medidas diariamente até atingirem a estabilização. As espécies apresentaram um volume constante no décimo dia após a imersão, apesar do peso continuar aumentando ao longo do tempo com ilustra a figura anterior. A espécie Garapeira atingiu o Ponto de Saturação das fibras no 10º dia seguido pela espécie Angelim Pedra, Cedrinho e Itaúba no 11º dia, e a espécie Cambará atingiu o PSF no 12º dia.

Sendo que o teor de umidade do PSF foi entorno de 22 a 29% próximo ao exposto na literatura de 28% para todas as espécies (MORESCHI, 2012). O Cedrinho apresentou o maior teor de umidade no PSF que foi de 29,64% e o menor foi a Itaúba com 22,25%, sendo que a espécie Cambará, Angelim Pedra e Garapeira apresentarão valores de 25,4%; 25,89% e 26,75%, respectivamente.

Figura 03. Ponto de Saturação das Fibras (PSF) para a madeira das cinco espécies.

3.5 Retratibilidade da Madeira

A Tabela 2 mostra os dados médios de contração longitudinal, radial, tangencial e volumétrica de cada espécie em %, de cada espécie estudada seguido dos dados possui a letra que significa que as médias seguintes com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si e está foram obtidas através do Teste de Tukey.

Tabela 2 Contração das cinco espécies de madeira

	β L (%)	β R (%)	β T (%)	β v (%)
Cambará	0,69 a	5,62 a	6,63 a	12,47 a
Garapeira	0,63 a	4,13 bc	5,43 ab	9,90 c
Angelim Pedra	0,51 a	4,14 bc	5,82 ab	10,18 bc
Cedrinho	0,59 a	5,11 ab	6,75 a	12,03 ab
Itaúba	0,51 a	3,55 c	4,84 b	8,69 c

β L: contração lateral da madeira; β R: contração radial da madeira; β T: contração tangencial da madeira β v: contração volumétrica da madeira.

A madeira do Cambará apresentou contração similares ao do banco de dados Madeiras Brasileiras (2016) que mostrou valores de contração tangencial de 8,1% de contração radial de 4,6% distantes, mas a contração volumétrica de 13,5% similar a encontrada neste trabalho de 14,32%. Garapeira apresentou um valor de contração radial média de 4,13% similar do IPT (2009) de 4,4%, já a contração volumétrica do IPT é de 14% superior à encontrada no estudo.

O Angelim Pedra apresentou contração volumétrica média obtida foi de 10,18% similar ao do IPT (2009) de 10,1%. Já as contrações radial e tangencial são próximas aos da Madeiras Brasileiras de 4,1% e 6,3% respectivamente. Com a espécie Cedrinho a contração volumétrica média foi de 12,03% similar ao do IPT (2009) de 12,5%. Já as contrações radial e tangencial foram pouco distantes aos da Madeiras Brasileiras de 3,6% e 8,7% respectivamente. A madeira de Itaúba a contração volumétrica média foi de 8,69%, um pouco distante da encontrada pelo IPT (2009) de 12,1%.

Para o inchamento volumétrico, foram observados resultados que seguem o mesmo padrão observados para contração (Tabela 3). De modo geral, as madeiras de Garapeira e Angelim Pedra foram as que apresentaram a maior instabilidade dimensional.

Tabela 3. Inchamento das cinco espécies de madeira

	αL (%)	αR (%)	αT (%)	αv (%)
Cambará	0,73 a	5,78 a	6,99 a	14,32 a
Garapeira	0,63 a	4,31 bc	5,75 ab	11,00 ab
Angelim Pedra	0,52 a	4,33 ab	6,18 ab	11,35 ab
Cedrinho	0,59 a	5,40 ab	7,26 a	13,73 a
Itaúba	0,52 a	3,69 c	5,09 b	9,53 b

αL : contração lateral da madeira; αR : contração radial da madeira; αT : contração tangencial da madeira αv : contração volumétrica da madeira.

3.6 Fator de anisotropia

Foram calculados a relação T/R (Tangencial / radial) em relação aos dados de contração da madeira, como mostra a Figura 04, onde estatisticamente as cinco espécies não diferem entre si, mas, apresentam grandes variações dentro das espécies como mostra a barra de erro na figura. Sendo que a espécie Cambará teve um resultado de 1,19; já a Garapeira apresentou uma relação T/R de 1,36 próxima encontrada pela Madeiras Brasileiras (2016) de 1,55. A madeira de Angelim-Pedra apresentou um resultado de 1,44 também próximo ao Madeiras Brasileiras (2016) de 1,55. As espécies Cedrinho que obteve valor de 1,39 e Itaúba com 1,38 divergirão com os resultados do banco de dados Madeira Brasileira (2016) que mostra os valores de 2,42 e 3,04 respectivamente.

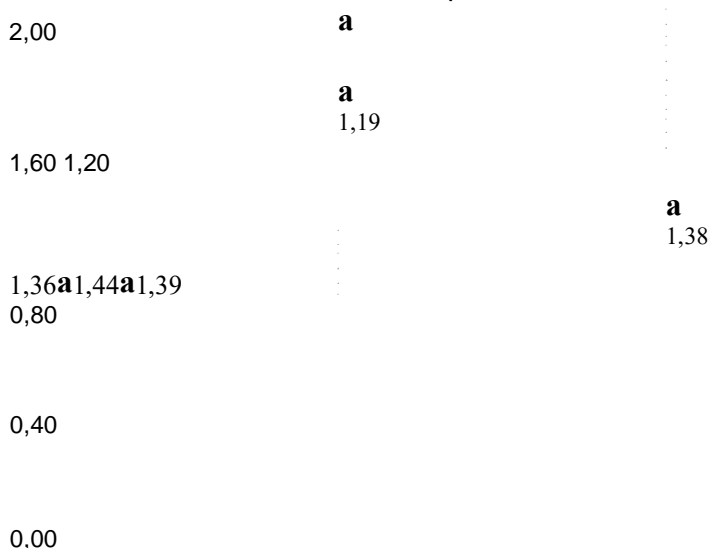
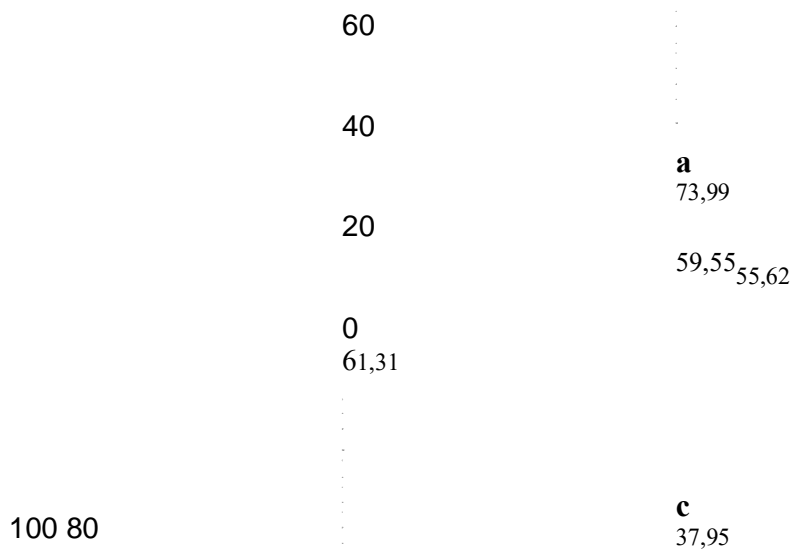


Figura 04. Fator anisotrópico das cinco espécies de madeira.

3.7 Compressão paralela às fibras

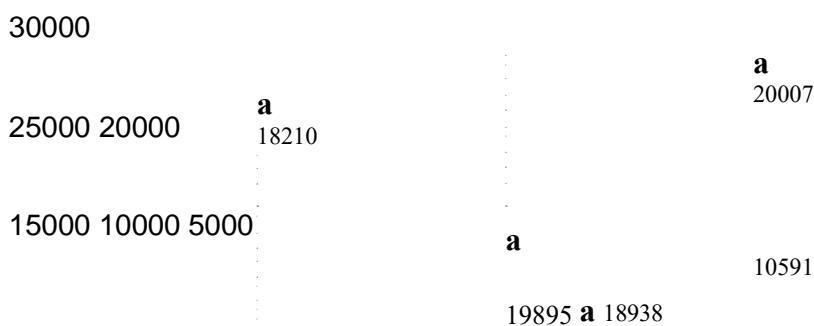
Após o ensaio realizado com a máquina universal de ensaios mecânicos e cálculos foram obtidos os seguintes dados médios para as cinco espécies. O MOR – Módulo de ruptura da espécie Cambará e Cedrinho foi próxima ao apresentado pelo IPT (2009) que foi de 56,5 MPa, e 37,9 MPa, respectivamente (Figura 05).



Cambara Garapeira Angelim Pedra Cedrinho Itaúba
 Figura 05. Módulo de ruptura das cinco espécies estudadas.

Sendo que o Cedrinho também apresentou a menor massa específica básica e o menor módulo de ruptura o que nos mostra que essas duas propriedades da madeira estão interligadas, o uso desta espécie na construção civil é apenas em estruturas leves como portas, venezianas entre outros.

O Módulo de elasticidades (MOE) das espécies analisadas, nos mostra as variações existentes entre as espécies (Figura 06).



O Cambará Garapeira Angelim Pedra Cedrinho Itaúba Figura 06. Ensaio de compressão paralela às fibras, MOE módulo de elasticidade.

Sendo que com a realização do Teste de Tukey mostrou que a madeiras de Cambará, Garapeira, Angelim Pedra e Itaúba não mostraram diferença estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, apenas a espécie Cedrinho se mostrou inferior às demais espécies.

Da espécie Cambará o MOE foi de 18210,1 MPa se apresentou um pouco distante do encontrado na literatura de 13700 MPa. A Garapeira e Itaúba também apresentou um MOE superior ao do exposto pelo de 14460 MPa e 16387 simultaneamente, O Angelim Pedra e o Cedrinho se mostraram semelhante ao do IPT (2009) de 17691 MPa, 12101 MPa, respectivamente.

Sendo que a de Itaúba apresentou o maior modulo de elasticidade e também a maior variação dentro da espécie, seguida da espécie Garapeira, Angelim Pedra e Cambará com a menor elasticidade e menor valor encontrado entre elas foi o Cedrinho. Para Ballarin; Palma (2003) os módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE) da madeira são altamente correlacionados com a densidade, portanto são influenciados pela qualidade da madeira.

3. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que, das cinco espécies da Amazônia estudadas, a espécie *Apuleia leiocarpa* e *Mezilaurus itauba* apresentaram os maiores valores massa especifica básica, menores contração volumétrica podendo assim ser considerada umas das melhores espécies estudadas. Porém com a avaliação do fator de anisotropia todas as espécies são consideradas madeiras excelentes, muito recomendadas usos na construção civil e outros.

Com a realização das análises das propriedades mecânicas, nos mostra que a Garapeira se encontra com os melhores resultados tanto para o MOR quanto para o MOE, mas as demais com valores próximos, isso elucida suas características para seu melhor aproveitamento na indústria madeireira. Apenas a madeira de Cedrinho que se mostrou inferior às demais espécies estudadas sendo que o mesmo também apresentou a menor massa especifica, assim dever-se-á tomar devidas precauções em usos como nas construções civis, apesar de ser indicada em usos leves.

As espécies Garapeira, Itaúba, e Angelim Pedra se mostraram com uns dos melhores resultados, sendo estas muito utilizadas em construção civil como vigas, ripas e caibros, e também marcenaria, assim seus resultados foram compatíveis com suas utilizações.

O Cambará exibiu resultados favoráveis quanto ao seu uso, contudo na literatura indica usos leves na construção civil, isto se deve ao fato da variação de gênero da espécie.

De maneira geral as espécies se mostraram de bom aproveitamento para diversos fins e recomenda-se mais estudos com espécies nativas do Bioma Amazônico, por estas serem utilizadas em construções, indústria madeireira, secagem de grãos entre outros fins, pois há pouco conhecimento de várias espécies que possuem grande potencial.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLARIN, A. W; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

BIASI, C. P. **Rendimento e eficiência no desdobro de três Espécies Tropicais**. 2005. 67f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BOTOSSO, P. C. **Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento**. Embrapa Florestas, 2011.

CAMARGO, E. C. G.; et al. A importância da modelagem da anisotropia na distribuição espacial de variáveis ambientais utilizando procedimentos geoestatísticos. In: **Anais X SBSR**, Foz do Iguaçu, INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil, p. 395-402, 2001.

CASSIANO, C. ; et al . Sazonalidade da umidade de equilíbrio das madeiras tropicais na região Norte do Mato Grosso por meio de modelos climáticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 457-468, dez. 2013.

FRANÇA, M. C.; CUNHA, A. B. Determinação da relação resistência/rigidez e teor de umidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. In: **Anais do IV Congresso Florestal Paranaense**. 2012.

HEIN, P. R. G.; et al. Estimativa da resistência e da elasticidade à compressão paralela às fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* usando a espectroscopia no infravermelho próximo. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 119-129, jun. 2009.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.
Madeira: uso sustentável na construção civil. 2ª ed. São Paulo, 2009.

MADEIRAS BRASILEIRAS. Serviço Florestal Brasileiro (SFB). DATABASE OF BRAZILIAN WOOSD. Disponível em <<http://www.sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/>> Acesso em: 06/04/2017.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. Curitiba, 1ª. ed., fev/ 2005; 4ª edição: nov/ 2012.

MOTTA, J. P. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Tectona grandis* L. F. Proveniente do Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais) – Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

MORAES NETO, S. P., et al. **Caracterização da madeira de cinco procedências de *Pinus tecunumanii* implantadas no Cerrado do DF**. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, fev. 2009. 30p.

OLIVEIRA, L. Z.; et. al. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, germinação e plântulas de *Hymenolobium petraeum*. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1732-1740, 2010.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. Viçosa: **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

REZENDE, M. A. et al. Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF, Piracicaba**, n. 48/49, p. 133-141, 1995.

ROMANINI, A. et al. Durabilidade Natural da Madeira de Quatro Espécies Amazônicas em Ensaio de Deterioração de Campo. **Nativa**, v. 2, n. 1, p. 13-21, 2014.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Avaliação das variáveis do processo de vaporização e secagem da madeira de Eucalyptus pellita pela análise de Two Step Cluster

José Henrique Camargo Pace¹

Leif Armando Portal Cahuana²

João Vicente de Figueiredo Latorraca¹

Jonny Paz Castro³

Carlos Silveira⁴

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Industria Forestal / Facultad de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente / Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD

³ Instituto de Florestas / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

⁴ Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE SECAGEM DA MADEIRA DE *Eucalyptus pellita* PELA ANÁLISE DE TWO STEP CLUSTER

Resumo: A vaporização pode ajudar a ter maiores valores nos coeficientes de transferência de massa e, conseqüentemente, aumentar a taxa do processo de secagem. O objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento dos diferentes períodos de vaporização, quantificando as variáveis envolvidas no processo de secagem e entender como a análise multivariada pode identificar essa diferença no processo de secagem da madeira de *Eucalyptus pellita* Full. A madeira foi vaporizada por dois períodos contínuos de 12h e 24h separadamente. A mensuração das variáveis da madeira, envolvidas no processo foram: taxa de secagem, permeabilidade ao ar, densidade e teor de extrativos. A análise dos dados separou os mesmos em dois clusters, de modo que o cluster 1, testemunha e vapor 12h, se agruparam com a maior quantidade dos dados no espaço de análise, porém sua diferenciação ocorreu pelas menores médias nas variáveis de taxa de secagem e permeabilidade. O cluster 2 que contém as madeiras vaporizadas por 24h obteve as maiores médias. Pode se concluir que o período de 24h apresentou valores que podem se relacionados com uma possível redução no tempo da secagem da madeira.

Palavras-Chave: permeabilidade, taxa de Secagem, teor de extrativos.

EVALUATION OF THE VARIABLES OF THE DRYING PROCESS OF *Eucalyptus pellita* WOOD BY OF TWO STEP CLUSTER ANALYSIS

Abstract: The vaporization can help to have higher values in the mass transfer coefficients and, consequently, increase the rate of drying process. The objective of this research was to evaluate the behavior of different periods of vaporization, quantifying the variables involved in the drying process and understanding how the multivariate analysis can identify the difference in the drying process of wood and *Eucalyptus pellita* Full. The wood was steamed for two continuous periods of 12h and 24h separately. The measurement of the variables of the wood related in the process were: drying rate, air permeability, density and extractive content. The analysis of the data separated them into groups, so that cluster 1, witness samples and steam 12h presented a large amount of data in the analysis space, but their difference in performance occurred by the lower averages in the variables of drying rate and permeability. The cluster 2 that contains the wood vaporized for 24h presented the largest average values. With this study it can be concluded that the 24-hour period presented values that could be related to a reduction of weight in the drying time of the wood.

Keywords: Permeability, Drying Rate, Extractive Content

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

Um dos objetivos do mercado madeireiro é melhorar as propriedades das madeiras mais comercializadas, para que sua comercialização ganhe outros ramos na indústria, que antes não participavam pelas limitações devido à algumas propriedades mecânicas, físicas e biológicas da madeira.

Segundo Rozas Mellado (1993), a aplicação de vapor na madeira é uma técnica que tem sido explorada para uma grande variedade de propósitos, sendo um desses o aumento da permeabilidade e a melhoria na estabilidade dimensional. A vaporização pode ajudar a ter maiores valores dos coeficientes de transferência de massa e, conseqüentemente, aumentar a taxa do processo de secagem (DASHTI et al., 2012).

Guina Luis (2014) afirma que a vaporização de *E. saligna* por 12 e 24 horas promoveu um ganho no tempo de secagem, na recuperação do colapso e na diminuição dos teores de extrativos. A técnica de vaporização promove uma uniformização na cor da madeira e melhorias nas propriedades mecânicas, químicas e físicas na madeira.

Uma ótima ferramenta para análise de dados com muitas variáveis, que podem ou não correlacionar-se entre si é a análise multivariada. Um método muito utilizado, dentre tantos outros é o Two step cluster.

Quando se opta pela Two Step Cluster, o analista trabalha com grandes bases de dados, com muitas variáveis mistas coexistentes numa mesma base de dados, o que se configura num problema de configuração complexa e de multidimensionalidade (MINGOTE, 2005). Esta constitui a principal motivação para o uso da Two Step Cluster em bases de dados criadas no SPSS, em várias áreas do conhecimento.

Com isso o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento dos diferentes períodos de vaporização, nas variáveis envolvidas no processo de secagem (taxa de secagem, permeabilidade, densidade e teor de extrativos), e entender como a análise multivariada pode identificar essa diferença no processo de secagem da madeira e *Eucalyptus pellita* Full.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção das amostras foram abatidas 6 árvores de *Eucalyptus pellita* provenientes de plantios experimentais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e posteriormente foram obtidas toras de 2 metros, reduzidas em toretes de 35 cm de comprimento, os quais foram cortados ao meio no sentido longitudinal do torete. O desdobro secundário do torete foi conduzido com auxílio de uma serra de fita, de modo que se retirou o maior número de peças radiais com espessura de 3 cm e com larguras variadas de acordo com o raio da tora. As amostras foram tratadas e climatizadas para os ensaios.

Vaporização da Madeira

A vaporização foi conduzida numa autoclave horizontal com capacidade de aproximadamente 0,18 m³, com controle de temperatura e pressão. A temperatura de vaporização máxima aplicada foi de 98°C±2 e umidade relativa 95%±5. A vaporização foi aplicada nas peças por dois períodos constantes com durações de 12 h e 24 h. A temperatura do ambiente interno da autoclave e do interior das peças foi monitorada, por meio de termopares (tipo “J”) acoplados num módulo de aquisição de sinais. Desta forma, foi possível controlar a temperatura da madeira, para que não ultrapassasse os 90°C.

Determinação da Densidade Básica

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para determinação da densidades básica seguiu-se a norma Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT - NBR 7190:1997. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova por tratamento, com dimensões de 2x3x5cm (largura x espessura x comprimento).

Permeabilidade ao ar

Após o processo de climatização, as amostras do ensaio de permeabilidade foram torneadas em peças de formato cilíndrico com diâmetro de 2,0 cm. Em seguida as mesmas foram seccionadas num comprimento de 5,0 cm para cada corpo de prova do ensaio. Essas dimensões foram utilizadas em diversos trabalhos e é adotada como padrão nos ensaios de permeabilidade ao ar (SILVA 2007, BARAÚNA 2010 e TAGHIYARI et al 2013, 2014, TAGHIYARI et al 2012 b).

Já nas dimensões finais, as amostras tiveram sua face longitudinal impermeabilizadas com verniz marítimo a base de poliuretano, para garantir que a passagem do gás se desse apenas na direção longitudinal da madeira. (Figura 1)

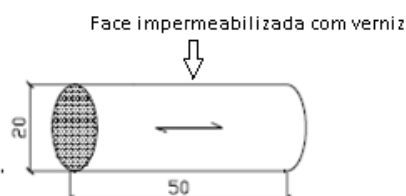


Figura 1. Dimensões do corpo-de-prova em mm (Fonte: Silva, 2007).

Para a determinação da permeabilidade da madeira ao ar atmosférico, foram utilizados quatro fluxômetros ligados em série nas seguintes escalas e sequência: 0,04 a 0,5 LPM (Litros por minuto); 0,2 a 2,5 LPM; 0,4 a 5,0 LPM e 2,0 a 25,0 LPM. Numa das extremidades da série de fluxômetros foi conectada um bomba de vácuo e na outra foram encaixados os corpos de prova, sendo um de cada vez. Estas foram fixadas com um auxílio de uma braçadeira de 3/4 (21 mm), para evitar qualquer entrada de ar. A leitura foi realizada no momento da estabilidade do fluxo por aproximadamente 10s, anotando os valores de fluxo e da bomba de vácuo.

Para a determinação da permeabilidade da madeira ao gás, se utilizou a equação, seguindo a lei de Darcy.

$$Kg = \frac{Q \cdot L \cdot Pi}{A \cdot \Delta P \cdot Pm} \quad \text{Equação 1}$$

Onde, Kg: permeabilidade ao gás (cm³/cm.atm.s);
Q: volume do fluxo de gás que percorre a espécie (cm³/s);
L: comprimento da amostra (cm);
Pi: pressão de entrada, a do ambiente (atm);
A: área da seção transversal (cm²);
 ΔP : diferença de pressão (atm);
Pm : média da pressão no corpo-de-prova (atm).

Taxa de Secagem

Através da perda de massa de água obtida a cada 24 horas durante todo o processo de secagem das amostras, determinou-se a taxa de secagem da madeira, para cada tratamento.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A área de evaporação utilizada foi determinada através da área do prisma retangular, sendo o corpo de prova considerado um prisma retangular. A taxa de secagem da madeira em cada tratamento foi calculada para os intervalos de umidade variando de Verde até 15%, de Verde até 30% e de 30% até 15% de umidade.

Análise do Teor de Extrativos Totais

Para a determinação dos extrativos totais da madeira natural e submetida aos processos de vaporização, foram utilizadas cinco gramas de amostras absolutamente secas ao ar, submetida a seguinte série eluotrópica: ciclohexano, acetato (1:2) e metanol.

Cada extração foi realizada durante seis horas. Após cada extração a solução foi colocada num evaporador rotatório (Rotavapor) para que com o uso do vácuo e calor, fosse possível concentrar e pesar a parte que foi extraída em cada tipo de solvente. O procedimento foi repetido sucessivas vezes, na troca de cada solvente. Em cada análise foram utilizadas 3 repetições.

Análise estatística

Os resultados obtidos nas análises das variáveis quantitativas (permeabilidade, taxa de secagem, teor de extrativos e densidade) foram unidas as variáveis qualitativas (período de vaporização). Foi feita uma análise multivariada dos resultados obtidos em cada variável, a técnica utilizada foi a “*Two Step cluster*”, para observar em quais variáveis, relacionadas com o processo de secagem, a vaporização se relaciona melhor. Para realizar a análise da Two Step Cluster foi utilizado o programa SPSS 20.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises estão apresentados na tabela 1, com os seus valores máximos e mínimos, média e desvio padrão das variáveis.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis do processo de secagem

	Estatística descritiva				
	n	Mínimo	Máximo	Média	Coefficiente de Variação
Taxa de secagem	27	0,4608	0,7477	0,57431	0,082712
Permeabilidade	27	1,8590	21,730	7,73848	6,338381
Densidade básica	27	0,7386	0,9417	0,83765	0,061932
Teor de extrativos	27	2,4000	16,700	8,13148	2,731340

(n= número de repetições)

A taxa de secagem apresentou valores médios de 0,573 kg/cm².h . A madeira de eucalipto apresentou uma densidade básica média de 0,837 g/cm³. A média do teor de extrativos totais encontrado para a madeira de foi de 8,13%, sendo esse valor superior ao encontrado na literatura para a espécie estudada.

A análise estatística conseguiu diferir as variáveis em dois grupos (clusters), sendo o cluster 1 o que tem a maior quantidade dos dados do espaço de análise, tendo um tamanho maior que o cluster 2, como mostra a figura 2.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

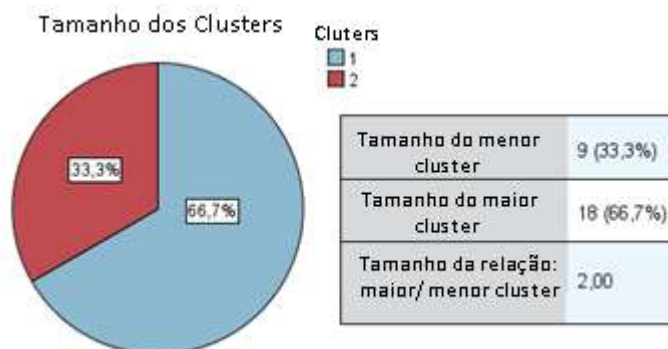


Figura 2. O gráfico de pizza ilustra o tamanho dos clusters e a porcentagem da população pertencente a cada cluster (Output do programa SPSS 20.0).

A clusterização ocorreu através dos valores que as variáveis exercem sob cada cluster, apresentando valores de importâncias diferentes entre as variáveis envolvidas no processo de secagem da madeira. Dentre as variáveis observadas no processo, o período de vaporização apresentou o maior valor de importância para a diferenciação nos clusters, assumindo o efeito dos tratamentos, tendo em seguida a taxa de secagem. A densidade foi a variável que menos teve impacto na separação dos clusters.

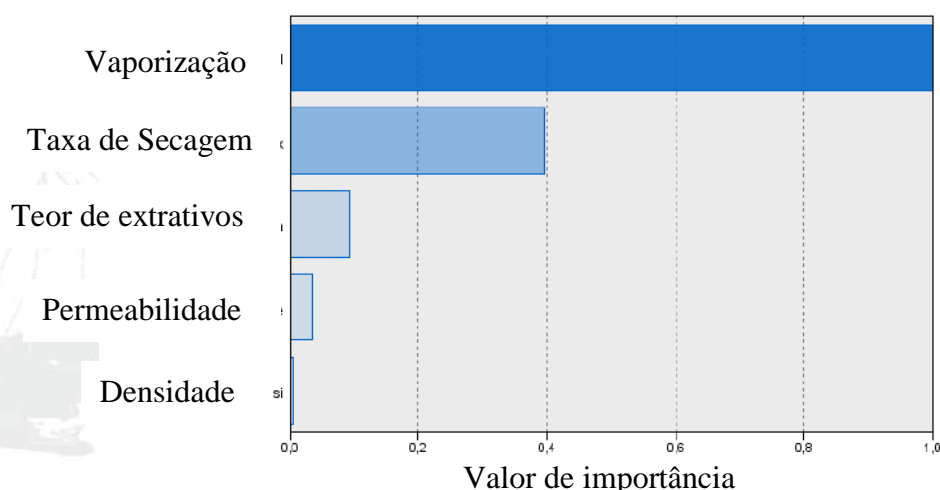


Figura 3. Output gerado pelo SPSS ilustra o valor de importância que cada variável apresentou para a divisão e formação dos clusters.

As madeiras expostas aos diferentes períodos de vaporizações analisados apresentaram diferença significativa, onde o período de 12h de vapor se agrupou no cluster que contém o tratamento sem vapor, evidenciando que o tratamento com apenas 12 horas de vapor não diferiu da testemunha estatisticamente (figura 4). No entanto ao aplicarmos 24 horas de vapor ficou evidenciado que houve a separação desse tratamento em cluster diferente dos demais tratamentos.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

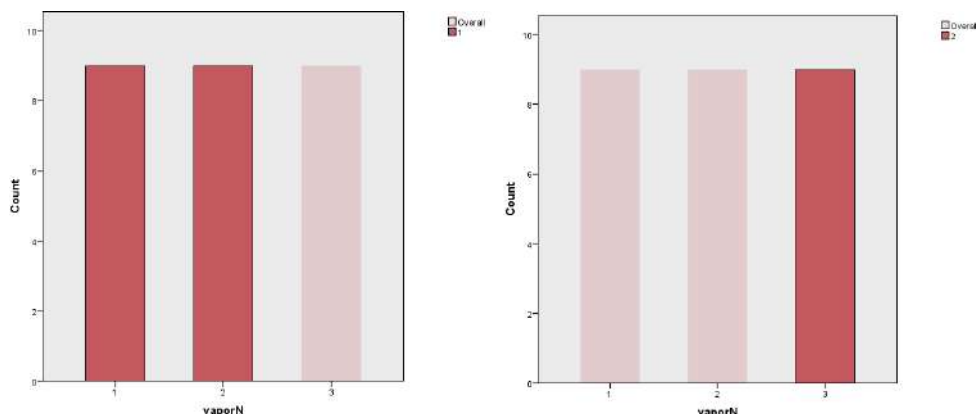


Figura 4. Demonstra os períodos de vaporização pertencente a cada cluster (1=0h de vapor; 2=12h de vapor e 3=24h de vapor).

O programa (SPSS 20.0) gerou uma tabela (Figura 5) da análise multivariada, com os valores médios e a ordem de importância que cada variável exerceu para separar cada cluster.

Cluster	1	2
Tamanho	66,7% (18)	33,3% (9)
Variáveis	Sem vapor e com 12h de vapor	24h de vapor
	Taxa de secagem 0,54	Taxa de secagem 0,63
	Teor de extrativos 8,54%	Teor de extrativos 7,32%
	Permeabilidade 7,31	Permeabilidade 8,60
	Densidade 0,84	Densidade 0,84

Clusters

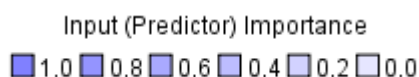


Figura 5: Output do SPSS demonstra a estrutura de cada cluster com o nível de importância de cada variável e seus valores médios dentro de cada cluster.

Na figura acima observa-se que o cluster 1 apresentou a maior quantidade dos dados no espaço de análise, porém sua diferenciação ocorreu pelas menores médias como uma taxa de secagem menor (0,54), uma permeabilidade menor (7,31), porém com um teor de extrativos maior (8,54), e contém os tratamentos que apresentam um período de vaporização igual ou menor que 12 horas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O cluster 2 obteve valores inversos e ainda teve uma parte menor da população amostral, apresentou uma taxa de secagem e permeabilidade maiores que o cluster 1, com um teor de extrativos menor, isso se deve ao efeito da vaporização pois é nesse cluster que temos 100% do período de 24 horas de vaporização.

O tempo de exposição da madeira por um período de 24 horas foi suficiente para acelerar o processo de secagem aumentando a taxa de secagem, sendo significativamente diferente do tempo de 12 horas e da testemunha (0h de vapor). A permeabilidade, com a aplicação de vapor por 24 horas, apresentou o mesmo comportamento aumentando sua média, pois segundo Taghiary et al. (2013), tratamentos com altas temperaturas podem alterar a química e o formato das paredes celulares criando rachaduras ao longo da parede celular aumentando a permeabilidade da madeira, evidenciando que o tempo de vapor influencia a permeabilidade (DASHTI et al. 2012)

O resultado do aumento da permeabilidade pela aplicação de vapor (24hs), também corrobora com os resultados de teor extrativos totais. A redução do teor de extrativos causado pela aplicação de vapor pode ter influenciado o aumento da permeabilidade, tendo em vista que ocorre uma mobilização e lixiviação de extrativos orgânicos localizados nos espaços celulares e intercelulares (GUINA LUIS, 2014). Brito et al. (2008) comenta que o tempo dos tratamentos térmicos acarretam em diferentes alterações, como a própria composição química da espécie, podendo ser explicado pela hidrólise ácida da hemicelulose, favorecendo o fluxo de fluídos e gases.

Segundo Guina Luis (2014), o processo de vaporização extrai parte dos extrativos, possibilitando um aumento na taxa de secagem especialmente durante a retirada da água livre. Segundo o mesmo autor isso acontece, pois, a madeira quando submetida à alta temperatura ocorre uma redução (material volátil) ou movimentação dos extrativos.

4. Conclusões

O período de vaporização por 24h apresentou diferenças entre as variáveis envolvidas no processo de secagem. Com a separação em dois clusters ficou evidente a diferença entre o tratamento com 12h de vapor, visto que este se agrupou no mesmo grupo da testemunha, revelando a proximidade dos valores entre as variáveis.

Entre as variáveis envolvidas no processo de secagem a permeabilidade e a taxa de secagem apresentaram valores superiores quando a madeira sofreu vaporização por 24h.

Logo o período de vaporização esta totalmente ligado com o teor de extrativos que também se relaciona com a permeabilidade e que por sua vez incide diretamente na taxa de secagem da madeira. Com isso períodos iguais ou maiores de 24 horas de vapor podem acelerar o processo de secagem, pois retiram alguns extrativos e melhoram a permeabilidade e consequentemente a taxa de secagem da madeira de *Eucalyptus pellita*.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ, à CAPES, ao Programa de Pós-Graduação de Ciências Ambientais e Florestais – PPGCAF/UFRRJ e à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ.

6. Referências bibliográficas

BARAÚNA, E. E. P. Permeabilidade das madeiras de Amapá (*Brosimum parinarioides* Ducke) e Faveira (*Parkia gigantocarpa* Ducke). p.71, 2010 Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BRITO, J. O., LEÃO, M. M., SILVA, F. G., ALMEIRDA, G.. Chemical composition changes in *Eucalyptus* and *Pinus* woods submitted to heat treatment. **Bioresource Technology**, v.99, n.18, p.8545-8548, 2008.

DASHTI, H., SALEHPUR, S. TAGHIYARI H. M., AKBARI FAR, F., HESHMATI, S. The Effect Of Nanoclay On The Mass Transfer Properties Of Plywood Digest **Journal of Nanomaterials and Biostructures** Vol. 7, No. 3, p. 853 – 860, 2012.

ELEOTÉRIO, J. R.; SILVA, C. M. K. da Ajuste dos parâmetros da isoterma de sorção de Hailwood e Horrobin para madeira **Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.)**, Pelotas/RS, v. 02, n. 02, Novembro de 2011

GUINA LUIS, R. C.. Processo de vaporização na homogeneização da cor da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith e seu efeito nas propriedades tecnológicas. p107. 2014 - .Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal..

ROZAS MELLADO, E. C. E. Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex Maiden) na geração de produtos com maior valor agregado. , p.113, 1993. Dissertação de Mestrado(Universidade Federal do Paraná – UFPR), Curitiba.

SIAU, J.K. **Flow in wood**. Syracuse, Syracuse University Press, 1971. 131p.

SILVA, M. R. Determinação da permeabilidade em madeiras de florestas plantadas. p.137 , 2007- Dissertação (Área de Concentração: Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos/ Instituto de Física de São Carlos/ Instituto de Química de São Carlos, São Carlos – SP.

TAGHIYARI, H. R., MALEK, B. M. Effect of heat treatment on longitudinal gas and liquid permeability of circular and square-shaped native hardwood specimens **Springer-Verlag** Berlin Heidelberg, v. 50, issue 8, p 1125–1136, 2014.

TAGHIYARI, H.R. Effects of heat-treatment on permeability of untreated and nanosilver-impregnated native hardwoods. **Maderas Ciencia Y Tecnologia**. v.15, n2, p 183-194 , 2013.

TAGHIYARI, H.R., ENAYATI, A., GHOLAMIYAN, H. Effects of nano-silver impregnation on brittleness, physical and mechanical properties of heat-treated hardwoods. **Wood Sci Technol** 47(3):467–480, 2012.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DE ADESIVOS À BASE DE TANINOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS PARA APLICAÇÃO EM PAINÉIS MDP

Thais Sousa¹

Sebastião Souza¹

Lívia de Melo Salgado¹

Dayana Resende dos Santos²

Uasmim Lira Zidanes¹

¹ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras



AValiação de Adesivos à Base de Taninos de Espécies Florestais para Aplicação em Painéis MDP

Resumo: A popularização dos painéis MDP nos últimos anos e a falta de segurança no uso de adesivos sintéticos para produzi-los, tem impulsionado a busca por adesivos para madeira de origem natural e com características sustentáveis. O objetivo deste trabalho foi produzir e avaliar as propriedades de adesivos à base de taninos de espécies florestais brasileiras, visando sua aplicação em painéis MDP. Foram extraídos taninos de cascas de veludo e barbatimão, e a partir deles foi sintetizado adesivos solubilizando os taninos em água em uma concentração aproximadamente de 50% de sólidos totais e acrescentando à solução 5% de paraformaldeído. Para comparação foram utilizados adesivos comerciais de taninos de acácia-negra e uréia-formaldeído. As propriedades avaliadas foram: pH, teor de sólidos, viscosidade e tempo de gel. A viscosidade inicial dos adesivos de taninos foi muito alta para aplicação em painéis MDP através de pulverização, optou-se por diluí-los até atingir viscosidade adequada e avaliar suas propriedades após diluição. O pH dos adesivos de taninos foi condizente com a literatura apresentando-se ácido, enquanto o pH da uréia-formaldeído foi básico. O teor de sólidos do adesivo de veludo foi drasticamente reduzido em função da necessidade de alta diluição por conta da viscosidade acima de 6000 cP, porém, o tempo de gel mostrou que sua reatividade com formaldeído ainda permaneceu alta, assim como os adesivos de taninos de acácia. Acredita-se que os adesivos de taninos possuem grande potencial para substituir completa ou parcialmente a uréia-formaldeído em painéis MDP.

Palavras-Chave: veludo, barbatimão, acácia-negra, uréia-formaldeído, cascas.

EVALUATION OF FOREST SPECIES TANNINS-BASED ADHESIVES FOR APPLICATION IN MDP PANELS

Abstract: The popularization of MDP panels in recent years and the lack of safety in the use of synthetic adhesives to produce them has driven the search for natural wood adhesives with sustainable characteristics. The objective of this work was to produce and evaluate the properties of Brazilian forest species tannins-based adhesives, aiming their application in MDP panels. Tannins were extracted from velvet and barbatimão barks, and from them adhesives were synthesized by solubilizing the tannins in water at a concentration of approximately 50% of total solids and adding to the solution 5% of paraformaldehyde. Commercial adhesives of black-acacia tannins and urea-formaldehyde were used for comparison. The evaluated properties were: pH, solids yield, viscosity and gel time. The initial viscosity of the tannins adhesives was very high for application to MDP panels by spraying, it was chosen to dilute them until reaching adequate viscosity and to evaluate their properties after dilution. The pH of the tannins adhesives was consistent with the literature showing acid, while the pH of urea-formaldehyde was basic. The solids yield of the velvet adhesive was drastically reduced due to the need for high dilution due to the viscosity above 6000 cP, however, the gel time showed that its reactivity with formaldehyde still remained high, as well as the tannin adhesives of acacia. It is believed that the tannins adhesives have great potential to completely or partially replace the urea-formaldehyde in MDP panels.

Key words: velvet, urea-formaldehyde, barbatimão, black wattle, barks.



1. INTRODUÇÃO

O uso de painéis de madeira reconstituída como alternativa a madeira sólida tem se tornado tendência nas últimas décadas diante da situação mundial, que prioriza a otimização do uso da matéria-prima (resíduo de madeira) e busca por desenvolvimento de novos produtos de qualidade para atender a demanda do mercado cada vez mais exigente (PEDROSA et al., 2005).

Os painéis MDP (Medium Density Particleboard) tem ganhado destaque nas últimas décadas principalmente por sua capacidade de se aproveitar grande parte da madeira na sua produção, fazendo com que o custo de produção, o preço de mercado e a qualidade do produto o torne mais competitivo (FOELKEL, 2008). Este tipo de painel utiliza partículas de madeira que são agregadas por meio de adesivo, sob a ação do calor e pressão, sendo ele, um dos principais componentes dos painéis particulados no geral, pois são responsáveis pela ligação entre as peças de madeira e pela transferência de tensões geradas no plano de cola durante a sua utilização, além da participação significativa na composição de custos de produção (MORI et al., 2006).

Atualmente, adesivos a base de formaldeído, como a uréia e o fenol, são predominantes na indústria de painéis de madeira por apresentarem valor de custo acessível e oferecer boas propriedades mecânicas (NORSTRÖM et al., 2015). Entretanto, por terem origem não renovável (petróleo) e liberarem alto teor de formaldeído (substância considerada altamente cancerígena), seu uso vem sendo bastante questionado e novas pesquisas têm sido realizadas em busca de adesivos de origem natural com características sustentáveis.

Uma dessas alternativas é o uso de taninos vegetais. Os taninos são compostos de substâncias com uma elevada proporção de grupos fenólicos com hidroxilas livres e de diferentes graus de condensação ou polimerização (BROWNING, 1963). O principal interesse neste composto se refere à sua alta reatividade com formaldeído e baixa emissão do mesmo. Os taninos também possuem grande disponibilidade na natureza e é de fácil extração, sendo que o fato dele está presente em quantidades apreciáveis nas cascas de árvores (parte pouco aproveitada comercialmente) torna-o mais atrativo pelo fato de se aproveitar melhor o material florestal e gerar valor agregado.

Sousa (2015), destaca que a família Fabaceae no Cerrado brasileiro tem grande importância quanto a exploração de taninos, em que algumas espécies se sobressaem tanto pela grande ocorrência neste bioma, quanto pelo alto teor de taninos nas cascas. Dentre essas espécies a autora destaca a *Tachigali aurea* (veludo), que ainda é pouco estudada em relação à sua composição química, porém apresenta características tânicas interessantes, como índice de Stiasny acima de 85%. Também pode-se destacar as espécies *Anadenanthera pelegrina* (angico-vermelho), estudada por Carneiro (2006) mostrando-se uma espécie promissora para uso em painéis aglomerados como adesivos, e a espécie *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão), em que Goulart et al. (2012) concluíram que o adesivo de taninos dessa espécie apresentou resistência ao cisalhamento semelhante ao adesivo comercial de taninos de *Acacia mearnsi* (acácia negra).

Apesar do grande potencial em se produzir adesivos a partir de taninos, poucos trabalhos têm sido realizados avaliando os taninos de espécies brasileiras como matéria-prima. Portanto, o objetivo deste trabalho foi produzir e avaliar as propriedades de adesivos à base de taninos de espécies florestais brasileiras, visando sua aplicação em painéis MDP.



2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Extração dos taninos

Foram utilizadas neste trabalho como matéria-prima para a extração dos taninos as cascas da espécie *Tachigali aurea* (veludo) e *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão).

A extração dos taninos foi realizada no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Lavras – UFLA, utilizando 100 g de casca moída absolutamente seca e 1500 mL de água (relação licor/casca 15:1) a 70 °C, sendo acrescentado 3% de sulfito de sódio em relação à massa da casca seca. O tempo de extração foi de 3 horas.

Encerrada a extração, o material foi peneirado primeiramente empregando-se uma peneira de malha de 1mm², sendo descartada a parte retida na peneira, e depois peneirado empregando-se uma peneira de 200 mesh. Posteriormente, o líquido que com os taninos foi filtrado utilizando-se uma bomba a vácuo e cadinhos de vidro forrados com lã de vidro de porosidade dois.

O filtrado obtido foi então colocado em um refratário e levado à estufa, com circulação de ar, à temperatura de 40 °C até total evaporação da água. Após esse período, retiraram-se do refratário os taninos, os quais foram moídos em almofariz e pistilo, e acondicionados em potes de vidro.

2.2 Confeção dos adesivos

Os adesivos à base de taninos tanto de veludo como de barbatimão foram sintetizados solubilizando os taninos em água em uma concentração aproximadamente de 50% de sólidos totais. Após 24 horas foi acrescentado à solução 5% de paraformaldeído em relação à massa seca de sólidos.

Também foram utilizados os adesivos comerciais de taninos de Acacia mearnsi (acácia-negra) e uréia-formaldeído.

2.3 Propriedades dos adesivos

As propriedades dos adesivos avaliadas foram: teor de sólidos conforme ASTM (1994), pH com auxílio de um pHmetro, viscosidade (Copo Ford N.º 5) e tempo de gelatinização, conforme procedimento realizado por Mori (1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios de pH, teor de sólidos, viscosidade e tempo de gel para os diferentes adesivos utilizados.

Tabela 1. Propriedades dos adesivos

Adesivo	pH	Teor de sólidos (%)	Viscosidade (cP)	Tempo de gel (s)
Uréia-formaldeído	8,27	56,14	196,42	664,8
Taninos veludo	5,88	20,95	192,62	247,2
Taninos barbatimão	5,14	47,70	158,44	x
Taninos acácia	5,99	45,34	285,04	130

Em relação ao teor de sólidos, nota-se que o adesivo sintético apresentou valor um pouco acima de 56% enquanto os adesivos à base de taninos abaixo de 50%. Segundo Carvalho



(2010), o teor de sólidos indica a quantidade de sítios reativos com o agente ligante, logo, o valor deve ser otimizado para que não seja muito elevado para não elevar demais a viscosidade e impossibilitar a aplicação do adesivo, e nem muito baixo a ponto de comprometer a resistência da linha de cola.

O preparo dos adesivos tânicos foi realizado visando teor de sólidos em torno de 50%, entretanto, em todos esses adesivos foi necessário realizar diluições devido à alta viscosidade apresentada, o que impossibilitaria sua pulverização para produção dos painéis MDP. Os adesivos de barbatimão e acácia-negra mesmo com diluição apresentaram teor de sólidos próximo ao apresentado na literatura, sendo no estudo de Carvalho (2010) com adesivos de barbatimão o teor de sólidos foi de 50,7%. Já o adesivo de veludo apresentou viscosidade inicial muito alta, acima de 6000 cP, sendo necessário diluição de maior intensidade para se conseguir atingir viscosidade mínima para a pulverização do adesivo na encoladera, em torno de 200cP.

Um dos grandes impasses na utilização de taninos na formulação de adesivos é a elevada viscosidade que os mesmos podem apresentar. As três espécies utilizadas apresentam índice de Stiasny em torno de 90%, ou seja, quase todo o conteúdo sólido que é extraído das cascas são taninos com grande capacidade de reação com formaldeído, logo, pode-se afirmar que o fato da viscosidade do adesivo de veludo ter sido significativamente maior que a dos demais adesivos se deve ao peso molecular muito alto associado às ligações de hidrogênio e interações eletrostáticas a nível intermolecular.

Quanto ao pH, o adesivo sintético uréia-formaldeído apresentou caráter básico enquanto os adesivos à base de taninos apresentaram pH ácido. Segundo Almeida (2010), o pH interfere tanto na reatividade quanto na viscosidade dos adesivos à base de taninos, sendo que Mori et al. (1999) ao trabalharem com adesivos de taninos de *Eucalyptus grandis*, verificaram que o aumento do pH acelerou o endurecimento dos adesivos estudados. Já Carneiro (2006), alterou o pH nos extratos tânicos de *Anadenanthera pelegrina* e concluiu que quanto mais foi reduzido o pH, menor foi o valor da viscosidade. Neste estudo, o pH dos adesivos tânicos variaram entre 5 e 6, valores semelhantes ao que normalmente é apresentado na literatura quando não se faz nenhuma alteração na estrutura dos taninos.

O tempo de gel do adesivo de barbatimão não foi possível ser determinado devido ao excesso de espuma formada a ponto de transbordar o tubo de ensaio. Provavelmente, a reação entre os taninos da espécie com o sulfito de sódio utilizado na extração provocou essa formação de espuma. Já para o veludo os ensaios para determinação do tempo de gel ocorreram da forma esperada não havendo problemas, o que comprova a variabilidade entre espécies mesmo sendo da mesma família. O adesivo de veludo apresentou tempo de gel interessante, pois mesmo com teor de sólidos em torno de 20%, foi menor que o da uréia-formaldeído, o que indica uma reatividade muito alta dos taninos dessa espécie com o formaldeído. Normalmente, adesivos de taninos apresentam tempo de gel próximo a 60 segundos, e como foi visto o tempo de gel do adesivo comercial de acácia-negra foi de 130 segundos. Esse valor um pouco acima da média pode ser devido a diluição feita e/ou às modificações químicas realizadas no extrato tânico dessa espécie. No geral, o tempo de gel dos adesivos à base de taninos foram menores que o da uréia-formaldeído, o que indica que os taninos possuem caráter fortemente nucleofílico capaz de prender o formaldeído em sua cadeia polimérica não emitindo-o para o ambiente. Esse fato é de grande interesse no mercado de painéis MDP pois estes normalmente são utilizados em ambientes internos e emitem muito formaldeído.

4. CONCLUSÃO

Os adesivos à base de taninos apresentaram viscosidade muito alta para aplicação em painéis MDP. Entretanto, mesmo diluindo-os, os mesmos apresentaram valor de pH



adequado para sua polimerização e isto não afetou de forma drástica na reatividade dos taninos com formaldeído. Acredita-se que os adesivos de taninos possuem grande potencial para substituir completa ou parcialmente a uréia-formaldeído em painéis MDP.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. R. Colagem de chapas de madeira aglomerada com adesivos à base de taninos da casca de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. 2010.63p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica – RJ, 2010.

BROWNING, B. L. The chemistry of wood. New York: J. Wiley, 1963. 689 p.

CARNEIRO, A. C. O. Efeito da hidrólise ácida e sulfitação de taninos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Andenantha peregrina* Speg., nas propriedades dos adesivos. 2006. 156 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 644 p.

FOELKEL, C. Fabricação e produção de chapas MDP a partir do Pinus (Chapa de Partículas ou Aglomerado).

GOULART, S. L.; MORI, F. A.; DE ALMEIDA, N. F.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M. Resistência ao cisalhamento de painéis compensados produzidos com adesivo à base de taninos de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão). Floresta e Ambiente, v.19, n.3, p.308-315, 2012.

MORI, F.A.et al. Utilização de resinas à base de taninos das cascas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden na produção de painéis compensados. Revista Árvore, Viçosa, v.25, n.2, p.257-263, 1999.

NORSTRÖM, E. et al. Xylan – A green binder for wood adhesives. European Polymer Journal, 2015, 67, p. 483–493.

PEDROSA, A. L.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. Produção de vigas estruturais em perfil “I” com painéis de madeira reconstituída de *Pinus taeda* L. E *Eucalyptus dunnii* Maiden. Floresta, v. 35 p.443-449, 2005.

SOUSA, T. B. Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento. 2015. 96 p. Dissertação (Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DE EMENDAS DE TOPO EM MADEIRA DE PARICÁ

Rodrigo Figueiredo Terezo¹

Talitha Oliveira Rosa²

FRANCISCO RAPHAEL CABRAL FURTADO³

Franciele Oliveira de Córdova⁴

Camilla Ampessan²

Guilherme Motta²

¹ UDESC

² Universidade do Estado de Santa Catarina

³ UDESC - DEPARTAMENTO POS GRADUAÇÃO ENGENHARIA FLORESTAL

⁴ Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)



AVALIAÇÃO DE EMENDAS DE TOPO EM MADEIRA DE PARICÁ

Resumo: O objetivo foi avaliar quatro ângulos (1:6; 1:8; 1:10 e 1:12) em emendas biseladas na madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. Os corpos de prova foram adaptados da NBR 7190/97 para o teste de flexão a quatro pontos e tração paralela às fibras. As emendas foram feitas com auxílio de um gabarito acoplado em uma serra circular e foram coladas com adesivo a base de poliuretano. Foram utilizados 10 corpos de prova para cada inclinação e cada propriedade mecânica, totalizando 100 corpos de prova. Os dados foram avaliados pelo teste de médias de Tukey a 95% de confiabilidade. A inclinação de 1:6 apresentou médias inferiores em relação aos demais em ambos os testes de resistência. O ângulo de 1:12 apresentou médias estatisticamente iguais a testemunhas (madeira sólida) e no teste de flexão todas as inclinações (1:8; 1:10 e 1:12) tiveram resistência igual a testemunha. Assim, pode-se dizer que as inclinações 1:8; 1:10 e 1:12 apresentam resistência similar a madeira sólida podendo ser utilizadas para união de lamelas em elementos de MLC.

Palavras-chaves: MLC, resistência, emendas.

EVALUATION OF TOP JOINTS IN PARICÁ TIMBER

Abstract: The aim was to evaluate four angles (1:6; 1:8; 1:10 and 1:12) on *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* wood with scarf joints. The specimens were fitted to NBR 7190/97 for making bend test on four points and parallel tension test on the fibers. All joints were made with a template and were glued with polyurethane adhesive. 10 specimens were used for each angle and each mechanical property, totaling 100 specimens. The data were evaluated by means test of Tukey with 95% meaningfulness. The angle of 1:6 showed low average resistance in relation to another angles at both strengthness test. The angle of 1:12 showed equal means statistically to the control and in bend test all slopes (1:8; 1:10 and 1:12) had strength equal than solid wood samples. Thus, it can be said that inclinations 1:8; 1:10 and 1:12 exhibit equal resistance than timber and may be used to joint the laminated timbers of glulam elements.

Keywords: glulam, strengthness, joints.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, peças estruturais para o uso em MLC, são em sua grande maioria, produzidas de florestas plantadas com madeiras exóticas, principalmente o *Pinus* spp, visto que esse produto tem como berço o Hemisfério Norte, principalmente a Europa (Szűcz, 1992). No Brasil, com toda a sua diversidade de espécies nativas, os gêneros mais utilizados para confecção de MLC são o *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp.

Contudo o Brasil sempre foi um grande exportador de madeira nativa, e embora a Floresta Amazônica tenha destaque apenas no fornecimento de madeira tropical nativa, espécies como o Parica (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) já possuem reflorestamentos com plantios homogêneos ou mistos para serem explorados comercialmente. A espécie apresenta alta produtividade de volume de madeira por hectare, com incrementos de até 35m³.ha-1.ano-1, com plantios largamente espalhados nos estados do Pará e Mato Grosso (TEREZO, 2010).



A espécie demonstra ser uma excelente alternativa por ter uma madeira com características tecnológicas favoráveis à produção de lâminas e painéis (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS, 2007). A madeira de Parica apresenta densidade básica variando de 0,30 a 0,37g/cm³ (ALMEIDA et al., 2013), os autores obtiveram resultados que baseados na Norma Brasileira NBR 7190/97 indicam que a espécie se enquadra na classe C-20 com valor médio de rigidez de 7.320 MPa.

A utilização de madeira laminada colada para estruturas e elementos estruturais de grandes dimensões permite o emprego de espécies não convencionais no setor, desde que espécies utilizadas apresentem baixa densidade aumentando a qualidade da colagem e ainda facilitando o uso para estruturas curvas.

A Madeira Laminada Colada (MLC) é formada por várias peças de madeira denominadas lâminas (tábuas) que possuem duas dimensões reduzidas quando comparadas às dimensões da peça final da estrutura. A MLC é um produto que possui grandes dimensões e vãos, sendo possíveis de obter-se apenas ao unir várias lâminas de menor tamanho por emendas.

Como as emendas apresentam descontinuidade do material “madeira” são área com grande susceptibilidade sendo consideradas regiões fracas. Deste modo, as emendas apresentam-se como uma das características mais importante no produto MLC, por serem diretamente ligadas a resistência e rigidez do material (MACEDO & CALIL JUNIOR, 1999). Assim, ao emendar uma lamina com emenda, deve-se buscar que esta apresente altas taxas de resistência em relação à peças de madeira serrada para uso estrutural. As emendas que unem as laminas são chamadas de emendas longitudinais, cujos principais tipos são: emenda de topo, dentada e biselada.

As emendas de topo são as mais práticas de realizar e possuem a maior economia de material, porém possuem baixa resistência mecânica). As emendas dentadas possuem baixa taxa de perda de material contudo afirma-se que as resistências proporcionadas por estas são menores quando comparadas às emendas biseladas (MACEDO & CALIL JUNIOR, 1999).

Emendas biseladas são tão efetivas quanto emendas denteadas sendo as biseladas de fácil elaboração, não necessitando equipamentos sofisticados (NASCIMENTO; DELLA LUCIA; VITAL, 2001). Tornando-se uma excelente alternativa para a produção de MLC pelos novos empresários na área e até mesmo como diferencial estético em projetos.

Em relação a resistência da MLC, não somente o tipo de adesivo é determinante para a resistência da viga como também o tipo de inclinação do bisel, segundo Nascimento; Della Lucia; Vital (2001) a inclinação da emenda de bisel é o fator mais importante no que se refere a resistência. Visto que quanto menor a angulação da emenda biselada, maior é a quantidade de área de colagem aumentando consideravelmente a resistência na junção das peças.

De acordo com FPL (2010), as lâminas emendadas em bisel quando submetidas a testes de tração e flexão atingiu os seguintes índices de resistência relativa inclinação 1:12, 90%; 1:10, 85%; 1:8, 80% e 1:5, 65% e Nascimento; Della Lucia; Vital (2001) encontraram bons resultados para inclinação do bisel em 1:10 para madeira de pinus.

Deste modo os objetivos deste trabalho foram analisar a colagem de emendas biseladas com diferentes inclinações em madeira tropical de Paricá, determinando a melhor inclinação de bisel comparando-os de acordo com os resultados dos testes de resistência a tração e flexão



2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e preparação do material

O material utilizado foi a madeira de Parica (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) proveniente de florestas plantadas do Estado do Pará. As árvores com idades de 6 a 28 anos foram doadas de plantios no Município de Aurora e de plantações particulares do Município de Tomé-açu.

Os corpos de prova (CP's) foram extraídos de forma aleatória de pranchas de madeira com dimensões de 300 cm de comprimento, 8 cm de espessura e 12 cm de largura, totalizando 100 corpos de prova livres de defeitos como medula, nós, rachaduras etc. Em seguida, os CP's foram refilados e destopados, cujas dimensões finais foram 50 cm de comprimento, 1,6 cm de espessura e 3 de largura. As medidas foram adaptadas da Norma Brasileira 7190/97 para avaliação da inclinação das emendas biseladas.

Os CP's foram separados em: 20 para testemunha (madeira sólida) e, 80 para a elaboração das emendas com diferentes ângulos. Foram acondicionados em ambiente climatizado com temperatura de aproximadamente 25°C e 65% de umidade para uniformização do teor da umidade presente na madeira.

Os 80 CP's utilizados para a avaliação das emendas foram divididos de forma aleatória entre os 4 tratamentos (inclinação). Os cortes das emendas biseladas seguiram as seguintes proporções de inclinação: 1:12; 1:10; 1:8 e 1:6 (Figura 1).



Figura 1. Inclinação das emendas biseladas de acordo com a espessura da peça (h) e o comprimento da emenda (l)

As emendas foram cortadas em serra circular com o auxílio de um gabarito, os CP's foram devidamente identificados e casados dois a dois, evitando mistura de material, para posterior adesão. Todas as emendas foram limpas com ar comprimido para evitar contaminação e futuros problemas na colagem por resíduos do corte. As amostras foram submetidas à colagem 24 horas após o corte da emenda.

Foi utilizada o adesivo a base de poliuretano da marca comercial TekBond Pur. O adesivo foi aplicado, com pincel, nas duas faces dos biséis. Com gramatura igual a 250g/m² sendo controlada com o auxílio de uma balança.

No momento de união das emendas, foi utilizada uma prensa mecânica com pressão constante de 0,6 MPa em todas as laminas. As lâminas permaneceram sob



pressão por um período de 24 horas. E em seguida voltaram para a sala com climatização para homogeneização e completa cura da cola, durante o período de uma semana.

Os corpos de prova foram então, submetidos aos ensaios de tração paralela às fibras de acordo com o preconizado pela Norma NBR 9170/97, todos os corpos de prova foram avaliados até o módulo de ruptura.

Os ensaios foram feitos na máquina Universal Emic, utilizando uma tensão de 120kgf/cm², até que houvesse o rompimento das amostras obtendo-se o resultado da tensão máxima de ruptura. O ensaio de flexão estática foi aplicado à quatro pontos (dois pontos de reação e dois pontos de aplicação de carga), de modo que a emenda estivesse dentro da região de aplicação da força (Figura 2).

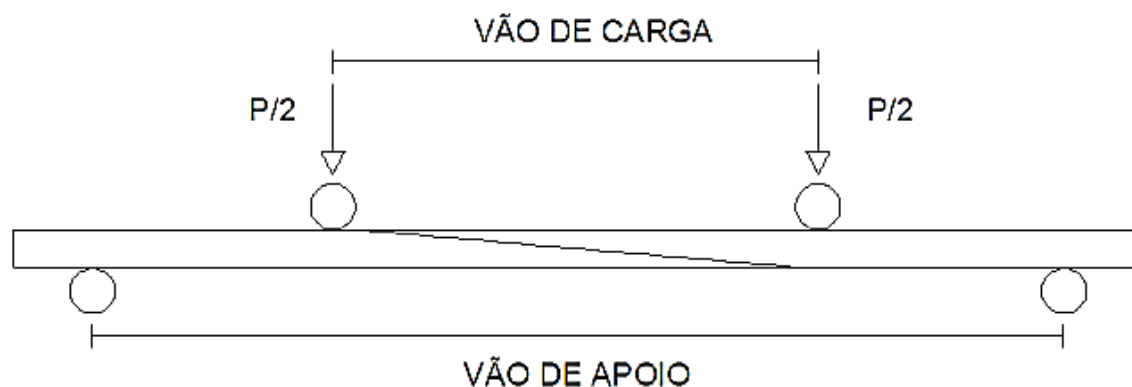


Figura 2. Ensaio de flexão à quatro pontos

Para cada ensaio e tratamento foi utilizado 10 corpos de prova. Sendo por exemplo, 10 corpos de prova para o ensaio de tração paralela às fibras com a inclinação de 1:12; 10 corpos de prova para o ensaio de flexão à quatro pontos para a inclinação de 1:12 e assim sucessivamente para todas as outras inclinações.

Em seguida, foram realizados os testes estatísticos para os testes de tração e flexão foram feitas por análise de variância testando-se o efeito da inclinação da emenda sobre a resistência das amostras de madeira de Parica. A comparação entre as médias foi pelo teste de Tukey, ao nível de 95% de confiabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio de tração paralelas às fibras, obteve-se a tensão média de ruptura em MPa dos 50 corpos de prova ensaiados. A média entre os grupos foi de 21,94 MPa, com coeficiente de variação de 29,70%. Os resultados foram avaliados pelo teste de variância e de Tukey (Tabela 1).



Tabela 1. Médias do ensaio de tração paralela às fibras

Tratamentos	Tensão Média de Ruptura (MPa)	
Test. ¹	36,83	a
1:12	27,95	ab
1:10	20,59	bc
1:8	22,95	bc
1:6	16,37	c

Com o ensaio de flexão obteve-se a tensão média de ruptura dos corpos de prova ensaiados. Esses resultados passaram pela análise de variância mostrando que houve diferença significativa entre os grupos. A média geral dos 5 tratamentos analisados foi de 55,23 MPa e Coeficiente de Variação de 21,58%.

Utilizando a comparação de médias por Tukey com 5% de significância, as médias foram avaliadas e comprovou-se estatisticamente quais ângulos que apresentaram melhores resultados, sendo apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Médias do ensaio de flexão à quatro pontos

Tratamentos	Tensão Média de Ruptura (MPa)	
Test. ¹	61,06	a
1:12	65,88	a
1:10	54,17	a
1:8	56,86	a
1:6	38,17	b

Observa-se que as inclinações 1:12, 1:10 e 1:8 obtiveram as maiores resistências quando ensaiadas no teste de flexão. Resultados obtidos também por Nascimento; Della Lucia; Vital (2001) que testando diferentes níveis de pressões na colagem para as madeiras de *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp concluíram que independente na quantidade de pressão aplicada na colagem as inclinações 1:12, 1:10 e 1:8 terão maior resistência.

Como esperado quanto menor o ângulo utilizado para a colagem aumenta-se a resistência média da junta. Todos os ângulos estudados para o teste de flexão com exceção do ângulo 1:6, apresentaram rupturas na madeira e resistência acima de 82% segundo o valor preconizado pela norma alemã DIN 68-140 para emendas dentadas.

Todas as inclinações, excluindo-se 1:6 apresentaram bons resultados. Pode-se confirmar que quanto menor o ângulo da emenda maior é a área de colagem e maior a resistência. Porém, mesmo não diferenciando estatisticamente, a inclinação 1:8 teve maiores médias de ruptura que a inclinação 1:10. Assim, pensando-se em diminuir a quantidade de material para fazer a emenda a inclinação 1:8 poderia ser utilizada.

4. CONCLUSÕES

As emendas biselas apresentam alto potencial de utilização para união de peças estruturais para o produto Madeira Laminada Colada. As inclinações de 1:12; 1:10 e 1:8 apresentaram resistência iguais ou superiores estatisticamente em relação a madeira



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

sólida de Parica. Para diminuir a quantidade de matéria prima e adesivo, a inclinação 1:8 poderia ser melhor avaliada, visto que possui menor área de colagem e alta resistência, igualando-se ou superando as inclinações 1:10 e 1:12.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeiras, Rio de Janeiro, 1997, 107p.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN – 68-140: Wood Finger-Jointing. Berlin: DIN, 1971.

FPL, Wood Handbook – Wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Rep. FPL- GTR-113. Madison, WI. U.A. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 463p. 1999.

MACEDO, A.N.; & CALIL JUNIOR, C.; Estudo de Emendas Dentadas em Madeira Laminada Colada (MLC): Avaliação de Método de Ensaio – NBR 7190/1997. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, n. 7, p. 1-23, 1999

NASCIMENTO, A.M.; DELLA LUCIA, R.M.; VITAL, B.R. Colagem de emendas biseladas em madeiras de Pinus sp e Eucalyptus citriodora. Floresta e Ambiente. V.8, n.1, p.44-51, 2001

NASCIMENTO, A.M.; DELLA LUCIA, R. M.; BAETA, F. da C.; Comportamento de vigas retas em MLC com emendas de topo e bisel – parte I. Floresta e Ambiente. V.9, n.1.; p.63-71, jan/dez. 2002

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Fatos e números do Brasil florestal 2006. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acesso em: 12 jan. 2009.

SZÜCS, C. A. Aplicação estrutural da madeira sob a técnica do laminado-colado. Apostila. Departamento de Engenharia Civil, UFSC. Florianópolis, 1992.

TEREZO, R.F. Avaliação Tecnológica do Paricá e seu Uso em Estruturas de Madeira Laminada Colada. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DE EMENDAS POR ENTALHES MÚLTIPLOS REFORÇADAS COM FIBRAS DE VIDRO OU DE CARBONO EM PINUS TAEDA PARA MADEIRA LAMINADA COLADA

Cleide Beatriz Bourscheid¹
Rodrigo Terezo¹
João Laryan Borges Righez¹
Deyvis Waltrick Borges¹
Talitha Oliveira Rosa¹
Ângela Maria Stüpp²
Polliana D'Angelo Rios³
Alexsandro Bayestorff da Cunha¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina

² Centro de Ciências Agroveterinárias - Engenharia Florestal

³ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC



AVALIAÇÃO DE EMENDAS POR ENTALHES MÚLTIPLOS REFORÇADAS COM FIBRAS DE VIDRO OU DE CARBONO EM *PINUS TAEDA* PARA MADEIRA LAMINADA COLADA

Resumo: A emenda por entalhes múltiplos é, atualmente, a união de topo mais utilizada na fabricação da Madeira Laminada Colada (MLC). Considerando a influência destas uniões na rigidez e resistência final dos elementos estruturais em MLC, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a resistência à tração paralela às fibras da madeira de *Pinus taeda* com diferentes composições de reforços. Foram utilizadas duas geometrias e os reforços foram feitos com tecidos de fibra de vidro ou de carbono, colados com adesivo estrutural poliuretano. Os tratamentos empregados foram: “A-Vidro”, “A-Vidro2”, “A-Carbono”, “B-Vidro”, “B-Vidro2” e “B-Carbono”, sendo a letra A ou B, as geometrias e 2, o número de camadas de tecido de fibras. Para a análise dos resultados foi utilizado o teste de Scott Knott com 95% de confiabilidade. Os resultados mostram que as emendas por entalhes múltiplos, mesmo dentro dos referenciais normativos, diminuem significativamente (até 48,9% com relação à madeira maciça) a resistência à tração paralela às fibras, independentemente da geometria. Todos os tratamentos com aplicação de reforço foram superiores aos tratamentos com emendas não reforçadas, entretanto permanecem aquém à madeira maciça. Pôde-se concluir que a aplicação em duas camadas de reforço de fibras de vidro ou uma camada de carbono, concentrados na região das emendas por entalhes múltiplos, aumentam significativamente (até 71% com relação aos tratamentos Sem Reforço) a resistência à tração paralela as fibras. Conclui-se ainda que a densidade aparente ($\rho_{ap,m} = 0,49 \text{ g/cm}^3$) apresenta fraca correlação com a resistência à tração paralela às fibras.

Palavras-chave: finger-joint; reforço com fibras; geometria de emendas longitudinais; compósitos em madeira; madeira engenheirada.

EVALUATION OF FINGER-JOINTS REINFORCED WITH FIBERS OF GLASS OR CARBON IN *PINUS TAEDA* FOR GLULAM

Abstract: The finger-joint is currently the most used model of top jointing in the manufacture of Glued Laminated Timber (GLULAM). Considering the influence of these joints on the rigidity and final strength of the structural elements in GLULAM, the present research aims to evaluate the tensile strength parallel to the fibers of *Pinus taeda* wood with different reinforcement compositions. Two geometries were used and the reinforcements were made with fiberglass or carbon fiber fabrics glued with polyurethane structural adhesive. The treatments used were: A-Glass, A-Glass2, A-Carbon, B-Glass, B-Glass2 and B-Carbon, in which the letters A or B are the geometries and 2, the number of fiber fabric layers. For the analysis of results, the Scott Knott test with 95% reliability was used. The results shows that the finger-joints without reinforcement, even according the normative parameters, significantly reduces (up to 48.9% in relation to solid wood) the tensile strength parallel to the fibers, regardless of the geometry. All the treatments with reinforcement application were superior to the treatments of finger-joints without reinforcement, however they remain below the solid wood. It could be concluded that the reinforcement in two layers of fiberglass or a layer of carbon fiber, both concentrated in the finger-joints, increase significantly (up to 71% in relation to the unreinforced treatments) the tensile strength parallel to the fibers. It is also concluded that the apparent density ($\rho_{ap,m} = 0.49 \text{ g/cm}^3$) shows poor correlation with the tensile strength parallel to the fibers.

Keywords: Finger-joints; fiber reinforcement, finger-joints geometry; wood composites; engineered timber.



1. INTRODUÇÃO

As tecnologias da indústria de compósitos vêm sendo utilizadas com frequente crescimento pela engenharia e indústrias mecânicas. A introdução de novos materiais em conjunto com o conhecimento das técnicas faz com que esses produtos atinjam as propriedades desejadas em projeto e normas de desempenho. A madeira e os seus derivados estão entre os mais importantes materiais de construção e têm se tornado cada vez mais usuais sob a forma de produtos compósitos engenheirados (KHELIFA et al., 2015b).

A disponibilidade de peças maciças de grande porte é cada vez mais rara e cara, mesmo oriundas de plantios homogêneos certificados, muito comuns com espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Além disso, estas peças maciças possuem o comportamento mecânico influenciado por defeitos como nós, fissuras e orientação das fibras. Estes defeitos são mais prejudiciais na zona de tração do que na zona de compressão, uma vez que a tensão sob eles tende a desenvolver fendas (KHELIFA et al., 2015b).

Para Segundinho et al. (2013) a Madeira Laminada Colada (MLC) apresenta vantagens em função da possibilidade de diminuição da influência desses defeitos por meio da laminação e de emendas coladas. Utilizada principalmente em estruturas de médio e grande porte, a MLC requer altos padrões de qualidade e precisão durante o processo de fabrico (MOLINA et al. 2016). É por meio desta técnica que são produzidos elementos estruturais com maior rigidez e resistência, embora a sua resistência à flexão, muitas vezes, continua limitada pela presença das emendas por entalhes múltiplos (*finger-joints*) nas zonas de concentração de tensões (GLIŠOVIĆ et al., 2015), e é por esse motivo que estas ligações desempenham papel fundamental no desempenho da MLC.

A união longitudinal das lâminas sempre foi um desafio no que se refere à qualidade da ligação devido à necessidade de elevada eficiência de transmissão das cargas. Neste sentido, a emenda por entalhes múltiplos é considerada o modelo de ligação longitudinal mais adequado para uso na construção de estruturas em MLC (KHELIFA et al., 2015a). Quando comparada a outros modelos de emendas longitudinais, esta apresenta propriedades melhores, tais como linearidade, estabilidade dimensional, comprimento ilimitado e intercambialidade com madeira sem emendas. As geometrias utilizadas para execução dos entalhes são um fator de forte influência no desempenho deste tipo de ligação, e a fim de assegurar desempenho adequado ao uso estrutural, são regidas por normas.

De maneira geral, a madeira apresenta maior resistência paralelamente às fibras. Portanto, desenvolver uma emenda longitudinal que seja capaz de resistir as tensões axiais melhor do que as atuais emendas múltiplas tem sido o objetivo de muitas pesquisas nos últimos anos (RAO et al., 2012; BUSTOS et al., 2003; VOLKMER et al., 2014; AMAYA, 2013; FINK & KOHLER, 2015; FRANKE et al., 2014; AICHER et al., 2012; AJDINAJ & HABIBI, 2013; HABIBI et al., 2016; IWAKIRI et al., 2013; BAYATKASHKOLI et al., 2012; KHELIFA et al., 2015a; KHELIFA et al., 2016).

Recentemente, compósitos formados com base em fibras de vidro e carbono associados a uma matriz polimérica têm sido utilizados para reforçar estruturas em madeira, tanto em regiões de ligações, como para aumentar a resistência e o Módulo de Elasticidade (E_w) das peças nas áreas mais solicitadas. As fibras comumente utilizadas nesse tipo de reforço são as de carbono e vidro, aliadas a matrizes que podem ser termoplásticas ou termoendurecíveis, dependendo do uso. Nos compósitos de reforço associados à madeira, as matrizes mais utilizadas têm sido a poliuretano, a fenólica e a epóxi (CRUZ et al., 2000; CERCHIARI, 2013; STERLEY et al. 2014). Segundo Raftery & Rodd (2015), as resinas epóxi, que são mais caras que os adesivos comumente utilizados na fabricação da MLC, são a primeira escolha de adesivo quando se trata de aplicação de



reforços em madeira. No entanto, a produção da MLC reforçada se tornaria significativamente mais rentável com a aplicação de um único adesivo em todo o sistema. Função esta, que viabiliza a análise de aplicação do reforço com fibras sobre a madeira apenas com o adesivo utilizado na produção.

Ademais, poucos trabalhos têm sido desenvolvidos em função de avaliar a influência do comprimento do reforço em relação ao incremento em resistência, considerando apenas, de modo geral, a porcentagem de reforço aplicado em relação à seção transversal das peças estruturais. A possibilidade de aumentar a resistência da MLC com aplicação do reforço somente nas regiões de maior perda de resistência, como as emendas por entalhes múltiplos, pode vir a reduzir os custos de produção deste novo tipo de compósito (KHELIFA et al., 2015b).

Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho de emendas por entalhes múltiplos, sem e com a aplicação de reforços de tecidos de fibras, visando o seu uso com o mesmo adesivo empregado na produção de elementos estruturais em MLC.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada madeira da espécie *Pinus taeda*, dois modelos de fresas de emendas por entalhes múltiplos e três diferentes composições dos reforços com tecidos de fibra de vidro ou fibra de carbono.

A Tabela 1 apresenta de forma resumida o delineamento experimental. Foram produzidos 90 corpos de prova de tração paralela às fibras variando em: duas geometrias; três composições de reforço com tecidos de fibras, (i) uma camada de tecido de fibras de carbono, (ii) uma camada de tecido de fibras de vidro e (iii) duas camadas de tecidos de fibras de vidro; e testemunhas, em madeira maciça e com emendas sem aplicação de reforço.

Tabela 1. Esquema de apresentação dos tratamentos

Emenda	Reforço	Número de corpos de prova
Geometria A	Vidro	10
	Vidro 2	10
	Carbono	9
	Sem Reforço	11
Geometria B	Vidro	10
	Vidro 2	10
	Carbono	10
	Sem Reforço	12
Maciça (sem emenda)	---	8
Total		90

Legenda: Vidro = Uma camada de tecido de fibras de vidro; Vidro 2 = Dupla camada de tecido de fibras de vidro; Carbono = uma camada de tecido de fibras de carbono.

2.1 Seleção e preparo das amostras

A madeira utilizada é de origem comercial, proveniente de florestas plantadas do planalto catarinense, com idade aproximada de 28 anos. As toras foram desdobradas em 55 tábuas, as quais foram selecionadas aleatoriamente, com dimensões de 300 cm x 20 cm x 2 cm, com teor de umidade em média de 18%, após secagem ao ar livre pelo período aproximado de 40 dias. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em área coberta durante 120 dias no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), atingindo



teor de umidade médio de 15,89%. As amostras foram selecionadas de forma aleatória e eram isentas de defeitos. O lote de madeira possuía aproximadamente 1 m³.

2.2 Confeção dos corpos de prova

As tábuas de *Pinus taeda* foram serradas em 100 peças isentas de defeitos, com dimensões de 60 cm x 5 cm x 2 cm, sendo retiradas à 30 cm de distância das extremidades. Estas amostras foram fresadas com os entalhes múltiplos (Tabela 2), em máquina de alta rotação, e nas 24 h seguintes, foram coladas em prensa com pressão controlada. O controle de gramatura do adesivo a base de poliuretano reativo (PUR), foi realizado com a utilização de balança digital, na qual o recipiente foi pesado antes e depois da aplicação em cada emenda, seguindo a recomendação do fabricante de 200 g/m².

Tabela 2. Geometrias dos entalhes para cada tratamento

Geometria	Comprimento L_d (mm)	Largura da base t_d (mm)	Largura da ponta b_d (mm)	Grau de Enfraquecimento v_d (%)
A	21,8	6,7	1,5	22%
B	19,1	6,5	1,7	26%

As amostras permaneceram armazenadas por 72 h para a cura do adesivo PUR que se solidifica e não retorna à condição líquida. Após esse período, todas as peças foram serradas e aplainadas obtendo-se dimensões finais aproximadas de 45,0 cm x 4,9 cm x 1,8 cm.

O processo de prensagem das peças foi realizado de duas formas: (i) com prensa hidráulica automatizada em pátio fabril; e (ii) com prensa manual em laboratório, monitorado com sistema de aquisição de dados da HBM, modelo MX440A®, softwares Catman Easy® e Quantum X®, com célula de carga U10M® com capacidade de 125 kN.

A pressão de colagem no sistema de prensagem hidráulica utilizado foi em média de 4,4 MPa. Já no sistema manual em laboratório, a pressão de colagem para cada corpo de prova, foi em média, de 4,6 MPa. Estes valores estão abaixo do recomendado pelo projeto de revisão da NBR 7190/2011. Porém, salienta-se que estes foram determinados por meio de ensaios preliminares, nos quais foi observada a ruptura das emendas quando utilizadas pressões superiores a estes valores.

Ao final, as peças foram usinadas em marcenaria para atenderem as dimensões do corpo de prova de tração paralela às fibras conforme sugere o anexo B da NBR 7190/1997.

2.3 Aplicação dos reforços nos corpos de prova

Na área central do corpo de prova de tração paralela às fibras, região em que se encontra a emenda por entalhe múltiplo, foi aplicado o mesmo adesivo PUR com gramatura controlada e recomendada pelo fabricante. Acima do adesivo foi posicionado o reforço em fibra e posteriormente realizado o processo de desaeração. Em seguida, foi aplicado novamente o adesivo sendo estes prensados manualmente com o controle de pressão empregando-se o mesmo sistema de aquisição de dados da HBM. Este processo foi realizado em ambas as faces do corpo de prova e a pressão de colagem foi de 16 MPa. A aplicação dos reforços ocorreu, em no máximo, 24h após a usinagem dos corpos de prova, seguindo as mesmas recomendações de colagem do fabrico da MLC.

Os tecidos de fibras sintéticas utilizados como reforço foram: (i) o tecido bidirecional de fibra de vidro, do tipo tela 1 x 1, com 5 x 5 fios/cm, 200 g/m² de densidade e 0,18 mm de espessura; e (ii) o tecido bidirecional de fibra de carbono, do tipo sarja 2 x 2, com 5 x 5



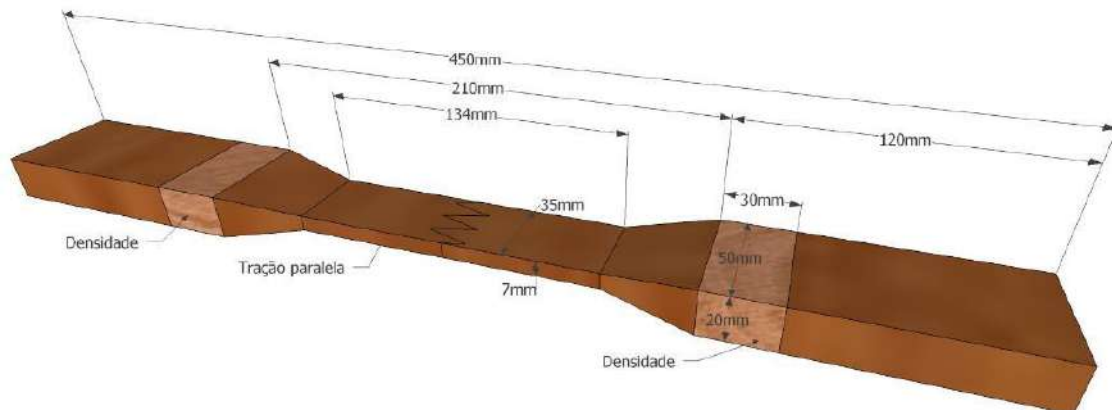
firos/cm, 200 g/m² de densidade e 0,40 mm de espessura. O comprimento da fibra a ser aplicada foi na proporção de 4:1, sendo 4 unidades de comprimento de fibra para cada unidade de área da seção transversal do entalhe. Essa metodologia foi adotada após execução de ensaios preliminares, visando diminuir a ocorrência de rupturas por cisalhamento na ligação fibra/madeira.

2.4 Ensaios de avaliação tecnológica

As análises tecnológicas realizadas foram com base nos ensaios de tração paralela às fibras, densidade, teor de umidade e modos de ruptura.

O ensaio de tração paralela às fibras, para a determinação da resistência, foi executado em Máquina Universal de Ensaios, modelo EMIC DL 30000, com velocidade de carregamento monotônica crescente a uma taxa de 10 MPa/min. Os corpos de prova para a determinação da densidade e teor de umidade da madeira foram retirados dos corpos de prova de tração paralela às fibras após o ensaio, isentos de defeitos, conforme mostra a Figura 1, sendo assim, possível estabelecer uma correlação direta entre as propriedades estudadas.

Figura 1. Esquema para extração dos corpos de prova de densidade



Os procedimentos para obtenção das densidades básica, aparente e teor de umidade da madeira consistiram na mensuração e pesagem dos corpos de prova em três momentos: (i) após o ensaio de tração paralela às fibras, (ii) saturados e (iii) à 0% de umidade.

Foi realizada também a análise dos modos de ruptura das peças submetidas ao ensaio de tração paralela às fibras, pela norma ASTM D 4688 – *Standard Test Method for Evaluating Structural Adhesives for Finger Jointing Lumber* (1999), que sugere seis modos de ruptura.

2.5 Tratamento estatístico

Os testes estatísticos empregados foram os: de Grubbs para valores espúrios, de normalidade dos resíduos por Kolmogorov-Smirnov, de homogeneidade das variâncias por Bartlett, de análise de variância ANOVA, e de comparação entre médias por Scott Knott, sendo todos com 95% de confiabilidade. Também foi realizada análise de regressão a fim de determinar o grau de correlação entre a densidade e a resistência à tração paralela às fibras.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tração paralela às fibras

Realizando análise de desempenho das geometrias sem aplicação de reforço com relação ao desempenho da madeira maciça foi observada diferença significativa, como é possível observar na Tabela 3.

Tabela 3. Desempenho das geometrias sem reforço com relação à madeira maciça

Tratamento	$f_{t,0m}$ (MPa)*	Desvio Padrão (MPa)	Taxa de Eficiência (%)	Coefficiente de Variação (%)
Maciça	73,79 a	16,01	100	21,70
B	39,68 b	8,37	53,7	21,09
A	37,72 b	6,12	51,1	16,22

Legenda: $f_{t,0m}$ = resistência média à tração paralela às fibras a 12% de umidade; * Médias seguidas de letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Scott Knott ($p>0,05$).

Raftery & Harte (2013), estudando a espécie Irish-Grown Sitka Spruce, chegaram a uma resistência máxima à tração paralela de 104 MPa para corpos de prova maciços e de 45 MPa para os corpos de prova com emendas por entalhes múltiplos. Isso significa uma eficiência de apenas 43,3% com relação à madeira maciça. Já para os resultados encontrados neste estudo, para ambas as geometrias apresentaram taxas de eficiência superiores ao apresentado pelos autores, com uma eficiência média de 51,1% para a geometria A e 53,7% para a geometria B.

Os principais fatores de influência foram controlados durante o processo de execução das emendas, conforme supracitado, ainda assim as geometrias não obtiveram desempenhos adequados considerando os padrões normativos.

A segunda análise, executada entre os valores obtidos nas emendas com reforços, a madeira maciça e emendas sem reforço, tem seus resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Desempenho de acordo com os tratamentos

Tratamento	$f_{t,0}$ - Média (MPa)*	Desvio Padrão (MPa)	Taxa de Eficiência (%)	Coefficiente de Variação (%)
Maciça	73,80 a	16,01	100	22
A - Carbono	64,52 b	7,09	87,4	11
A - Vidro 2	63,15 b	7,08	85,6	11
B - Vidro 2	63,10 b	5,45	85,5	9
B - Carbono	61,24 b	14,72	82,9	24
B - Vidro	57,61 b	10,42	78,1	18
A - Vidro	50,00 c	4,07	67,7	8
B - Sem reforço	39,68 d	8,37	53,7	21
A - Sem reforço	37,73 d	6,12	51,1	16

Legenda: * Médias seguidas de letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Scott Knott ($p>0,05$); $f_{t,0}$ = Resistência à tração; Vidro = Uma camada de tecido de fibras de vidro; Vidro2 = Dupla camada de tecido de fibras de vidro; Carbono = Uma camada de tecido de fibras de carbono; A = Geometria A; B = Geometria B.

A madeira de *Pinus taeda* teve perda de resistência de 48,9 e 46,2% nos tratamentos com as geometrias A e B não reforçadas, respectivamente, comparadas à madeira maciça. Pereira *et al.* (2016), em estudo que avaliou emendas por entalhes múltiplos de 21 mm de comprimento e não reforçadas utilizando madeira de um híbrido de



Eucalyptus grandis com *Eucalyptus urophylla*, encontraram médias de 50,73 MPa para corpos de prova sem emendas e 24,21 MPa para corpos de prova com a emenda, chegando a uma eficiência de 47,7% em relação a madeira maciça, desempenho semelhante aos tratamentos sem reforço aplicados neste trabalho.

Os resultados mostram que a aplicação de reforço é significativamente eficiente nos tratamentos. Todos os tratamentos com aplicação de reforço apresentaram melhor desempenho quanto a resistência a tração paralela às fibras em relação aos tratamentos sem aplicação de reforço.

As amostras de madeira maciça analisadas neste trabalho possuem valores de resistência a tração paralela às fibras próximos ao apresentado pela NBR 7190/97, em que o *Pinus taeda* apresenta resistência média à tração paralela de 82,8 MPa e superiores à encontrada por Stüpp (2016), de 44,48 MPa. Stüpp (2016), ainda, analisando o desempenho de duas geometrias de emendas por entalhes múltiplos semelhantes às utilizadas neste trabalho, coladas com poliuretano e sem reforço, em *Pinus taeda*, obteve resistências médias de 26,68 para um comprimento de entalhe médio de 21,08 mm e de 17,98 MPa para um comprimento de entalhe médio de 19,40 mm. Resistências médias inferiores às obtidas neste trabalho, o que indica um bom desempenho das emendas sem a aplicação do reforço.

Amaya (2013), estudando um híbrido de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* com emendas por entalhes múltiplos de 28 mm de comprimento em três tratamentos, (i) sem reforço, (ii) reforçada com uma camada tecido de fibra de vidro e (iii) reforçada com quatro camadas de tecido de sisal, obteve resistências médias de 52, 82 e 87 MPa, respectivamente. Estes resultados mostram a efetividade da utilização do reforço como forma de aumentar a eficiência da ligação longitudinal nos corpos de prova, chegando a um incremento de até 67% na resistência à tração no tratamento de reforço com sisal. Esse incremento foi semelhante ao encontrado no presente trabalho com *Pinus taeda*, sendo que o tratamento com melhor desempenho (“A – Carbono”) chegou a um incremento de 71% na resistência média à tração paralela da emenda.

Os modos de ruptura foram classificados de acordo com as recomendações da ASTM D 4688, pela contagem do número de ocorrências, e estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Modos de ruptura de acordo com a ASTM D 4688 (1999)

Tratamento						
A – Vidro	-	1	4	3	1	1
A – Vidro 2	-	2	1	2	1	4
A – Carbono	-	-	3	2	-	4
A – Sem reforço	-	-	4	5	1	-
B – Vidro	-	-	3	5	-	2
B – Vidro 2	-	-	1	3	1	5
B – Carbono	-	-	1	1	1	6
B – Sem reforço	-	-	3	8	1	-
Total geometria A	0	3	12	12	3	9
Total geometria B	0	0	8	17	3	13
Total <i>Pinus taeda</i>	0 (0)	3 (4%)	20 (25%)	29 (36%)	6 (7%)	22 (28%)

Legenda: A = Geometria A; B = Geometria B; Carbono = Uma camada de tecido de fibras de carbono; Vidro = Uma camada de tecido de fibras de vidro; Vidro 2 = Dupla camada de tecido de fibras de vidro; % = frequência relativa.



Segundo Habipi & Ajdinaj (2015), peças unidas por entalhes múltiplos produzidas com espécies de menor densidade tendem a falhar na madeira, enquanto as de alta densidade rompem nas emendas, onde a resistência da linha de cola é o fator mais relevante. Considerando que a densidade básica (ρ_{bas}) média do *Pinus taeda* foi de 0,40 g/cm³, o comportamento observado apresentou conformidade com o descrito pelos autores.

Stüpp (2016), em estudo que avaliou o desempenho de duas geometrias de emendas semelhantes às utilizadas neste trabalho, coladas com poliuretano e sem reforço, em *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*, obteve maior frequência no modo de ruptura IV, para ambas as espécies e geometrias. Bustos *et al.* (2003), avaliando pressões de colagem e tempo de cura em emendas por entalhes múltiplos com madeira de *Picea mariana*, obtiveram 80% das rupturas nos modos III e IV, frequência superior à atingida nesta pesquisa. Desta forma, o aumento da frequência das rupturas na madeira (modo VI) nos tratamentos com aplicação de reforço indica uma melhora efetiva no desempenho das emendas longitudinais reforçadas, relativas também à gramatura do adesivo e pressão de colagem.

3.2 Densidade

O teor de umidade médio do lote de madeira avaliada foi de 15,89%. As densidades básica (ρ_{bas}) e aparente (ρ_{ap}) foram de 0,40 e 0,49 g/cm³, respectivamente. Segundo Ajdinaj & Habipi (2015), a MLC pode ser feita com madeiras de dicotiledôneas ou coníferas, que possuam baixa densidade (já que estas quando menores que 0,7 g/cm³ aparentam ter um melhor comportamento, por terem maior facilidade na colagem e, portanto, maior penetração do adesivo) e umidade no máximo de 18% (NBR 7190-97), indicando conformidade das propriedades físicas básicas para uso em MLC.

As análises de correlação entre a resistência à tração e a densidade aparente do material avaliado é apresentada graficamente nas Figura 2.

Figura 2. Correlação entre a resistência à tração paralela e densidade por tratamento (continua)

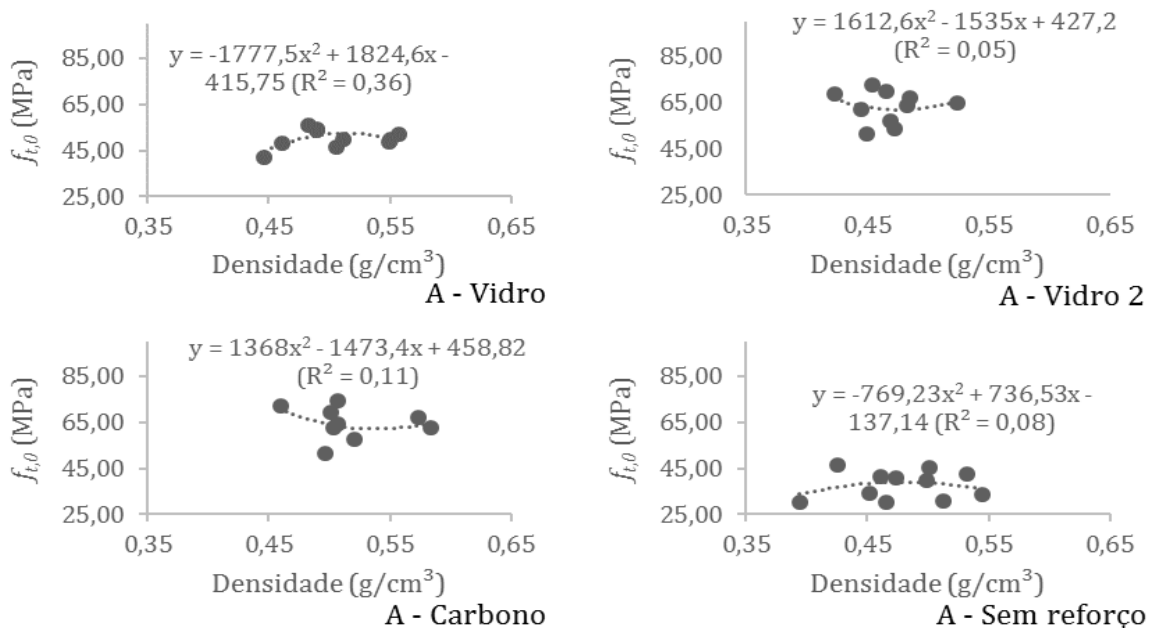
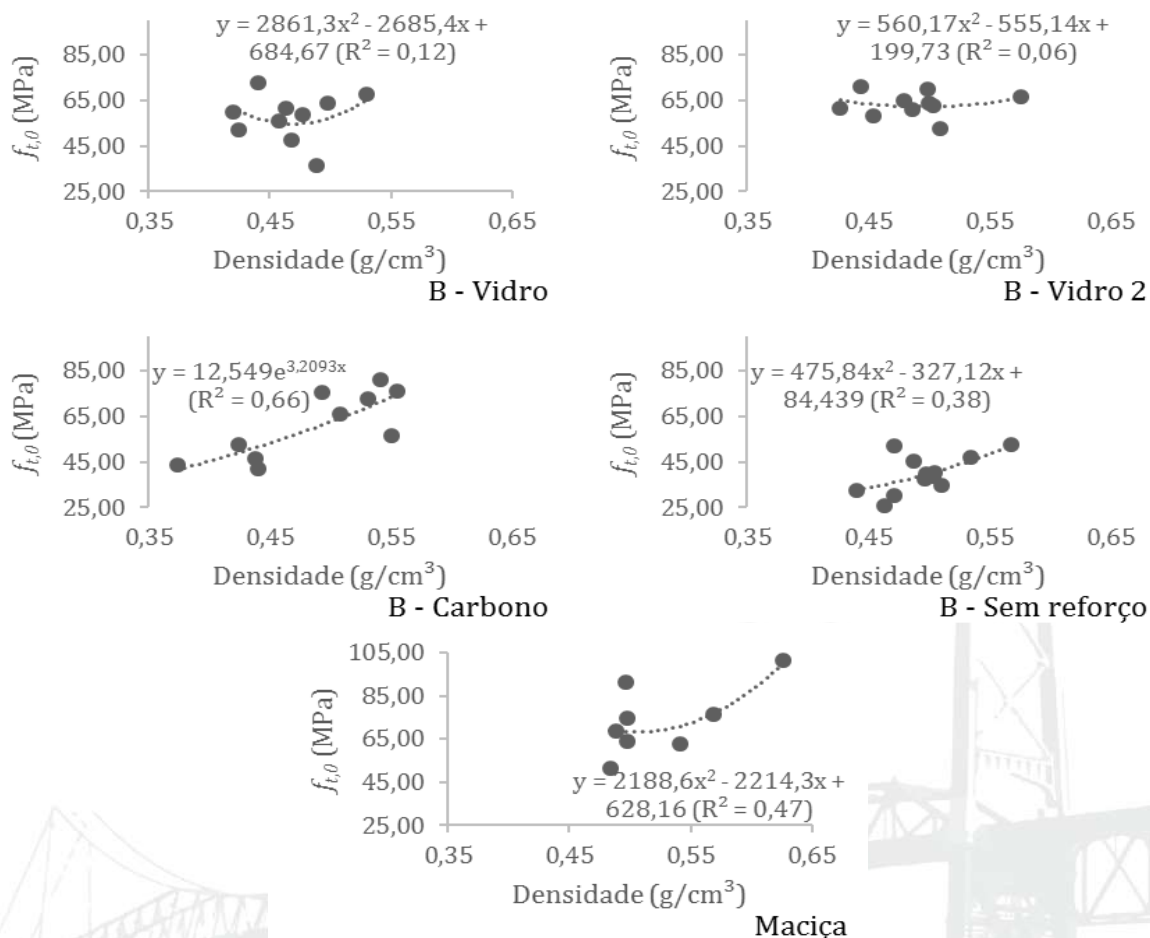




Figura 2. Correlação entre a resistência à tração paralela e densidade por tratamento (final)



Observando as nuvens de distribuição e valores de r^2 para cada tratamento não é possível identificar um padrão de comportamento, nem mesmo para a madeira maciça, que assim como os tratamentos “A – Sem reforço” e “B – Sem reforço”, apresentou fator de correlação fraco. Christoforo *et al.* (2013), encontraram correlação moderada entre a densidade e a resistência à tração estudando madeira maciça das espécies *Ocotea* sp. ($r^2 = 0,74$), *Xylopi* sp. ($r^2 = 0,66$), *Micropholis venulosai* ($r^2 = 0,75$), *Vochysia* sp. ($r^2 = 0,79$) e *Protium* sp ($r^2 = 0,61$), constatando que a densidade influencia nas propriedades mecânicas, aumentando os valores das propriedades mecânicas conforme elevava-se a densidade. Esta tendência crescente de incremento da resistência à tração paralela às fibras conforme aumento da densidade média também é encontrada na literatura para madeira com emendas longitudinais, como Vrazel & Sellers (2004), que encontraram uma resistência à tração média de 63,76 MPa para o *Dipterocarpus* spp. ($\rho_{bas} = 0,78$) e de 55,99 e 54,64 MPa para as espécies *Pinus* spp. ($\rho_{bas} = 0,58$) e *Pseudosuga menziesii* ($\rho_{bas} = 0,55$) em emendas coladas com PUR. Todavia, para Pereira *et al.* (2016), tratando de emendas longitudinais, este desempenho pode ser influenciado por outras características naturais ou anatômicas da madeira de tal forma que não é possível concluir que esta relação seja uma regra para todas as espécies. Considerando que a presença dos reforços sobre as ligações atue como um novo fator de variação, somada ao baixo desempenho das emendas não reforçadas, os fracos coeficientes de correlação e a falta de um padrão de comportamento eram esperados.



4. CONCLUSÕES

Por meio das análises realizadas neste experimento foi possível concluir que a resistência das emendas por entalhes múltiplos não reforçadas foi significativamente inferior à da madeira maciça, independentemente da geometria utilizada.

O desempenho em relação aos tratamentos aplicados apresentou diferença significativa, sendo que a execução das emendas sem aplicação de reforço teve baixas taxas de eficiência para espécie avaliada. Todos os tratamentos com aplicação de algum tipo de reforço apresentaram-se superiores aos com emendas não reforçadas, bem como inferiores à madeira maciça. Todavia, o acréscimo em resistência com a aplicação dos reforços foi evidente, alcançando um incremento máximo com relação às emendas não reforçadas de 71% com reforço de tecidos de fibras de carbono para a geometria A.

5. AGRADECIMENTOS

A FAPESC e CAPES pela concessão de auxílio financeiro para realização deste trabalho. Às empresas IRCAL Madeireira Ltda. e Righez Madeiras Ltda. pela doação da matéria prima e disponibilidade de estrutura fabril. A WL MADEIRAS e ao Sr. Acácio Furtado que gentilmente auxiliaram no processo de usinagem.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Revisão NBR - 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 50p.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D4688 - 99** (reapproved 2005) Standard specification for adhesives used for laminate joints in nonstructural lumber products. Pennsylvania, 2005. 10p.

AJDINAJ, D.; HABIBI, B. **The effect of joint slope on bending strength of finger joint connection – case of poplar wood (*Populus alba* L.)**. IN: 2nd International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, BCCCE, Epoka University, Tirana, Albania. 2013.

AMAYA, L. M. C. **Reforço de emendas dentadas com compósitos de fibras em peças de madeira**. 2013. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2013.

BAYATKASHKOLI, A.; SHAMSIAN, M.; MANSOURFARD, M. The effect of number of joints on bending properties of laminated lumber made from poplar (*Populus nigra*). **Forestry Studies in China**, v. 14, n. 3, p. 246-250, 2012.

BUSTOS, C. *et al.* Effects of curing time and end pressure on the tensile strength of finger-jointed black spruce lumber. **Forest products journal**, v. 53, n. 11/12, p. 85, 2003.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CERCHIARI, A. M. F. **Aprimoramento do poliuretano a base de óleo de mamona na manufatura de Madeira Laminada Colada (MLC) de *Cupressus lusitanica*, *Corymbia maculata* e *Hevea brasiliensis***. Dissertação. Universidade de São Paulo. 2013.

CHRISTOFORO, A. L. *et al.* Characterization of tropical wood species for use in civil constructions. **Journal of Civil Engineering Research**, v. 3, n. 3, p. 98-103, 2013.

CRUZ, H. *et al.* Reforço local de elementos estruturais de madeira por meio de compósitos. In: **Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas**, Anais. p. 825-834, 2000.

FINK, G.; KOHLER, J. Probabilistic modelling of the tensile related material properties of timber boards and finger joint connections. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 73, n. 3, p. 335-346, 2015.

FRANKE, B.; SCHUSSER, A.; MÜLLER, A. Analysis of finger joints from beech wood. **World conference on timber engineering – WCTE**. Quebec, 2014.

HABIPI, B.; AJDINAJ, D. **Wood finger-joint strength as function of finger length and slope positioning of tips**. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS). Vol.2. 2015.

HABIPI, B.; ÇOTA, H.; KODRA, A. The effect of fingers tips position on tensile strength of finger joint connection. **Journal of international academic research for multidisciplinary**. Vol. 4. Issue 1. 2016.

IWAKIRI S. *et al.* Avaliação da resistência de juntas coladas da madeira de *Eucalyptus benthamii* com diferentes adesivos e faces de colagem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 411-416, 2013.

KHELIFA, M. *et al.* Experimental and numerical analysis of CFRP-strengthened finger-jointed timber beams. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 68, p. 283-297, 2016.

KHELIFA, M.; LAHOUAR, M. A.; CELZARD, A. Flexural strengthening of finger-jointed Spruce timber beams with CFRP. **Journal of Adhesion Science and Technology**, v. 29, n. 19, p. 2104-2116, 2015a.

KHELIFA, M. *et al.* Finite element analysis of flexural strengthening of timber beams with Carbon Fibre-Reinforced Polymers. **Engineering Structures**, v. 101, p. 364-375, 2015b.

MOLINA, J. C.; CALIL NETO, C.; CHRISTOFORO, A. L. Tensile strength of finger joints made of *Manilkara huberi* wood for use in glued laminated timber. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 221-227, 2016.

PEREIRA, M. C. de M. *et al.* Evaluation of Tensile Strength of a *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* Hybrid in Wood Beams Bonded Together by Means of Finger Joints and Polyurethane-Based Glue. **Materials Research**, v. 19, n. 6, p. 1270-1275, 2016.

RAFTERY, G. M.; HARTE, A. M. Nonlinear numerical modelling of FRP reinforced glued laminated timber. **Composites Part B: Engineering**, v. 52, p. 40-50, 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

RAFTERY, G. M.; RODD, P. D. FRP reinforcement of low-grade glulam timber bonded with wood adhesive. **Construction and Building Materials**, v. 91, p. 116-125, 2015.

RAO, S. et al. Effect of geometric parameters of finger joint profile on ultimate tensile strength of single finger-jointed boards. **Wood and Fiber Science**, v. 44, n. 3, p. 263-270, 2012.

SEGUNDINHO, P. G. de A. *et al.* Evaluation of glued laminated timber beams of cedrinho (*Erisma uncinatum* Warm.). **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 441-449, 2013.

STERLEY, M., *et al.* Finger Jointing of Freshly Sawn Norway Spruce Side Boards—A Comparative Study of Fracture Properties of Joints Glued with Phenol-Resorcinol and One-Component Polyurethane Adhesive. In: **Materials and Joints in Timber Structures**. Springer Netherlands, 2014. p. 325-339.

STÜPP, Â. M. **Otimização do processo de ligação por emendas de entalhes múltiplos para estruturas em madeira laminada colada**. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2016.

VRAZEL, M.; SELLERS JR, T. The effects of species, adhesive type, and cure temperature on the strength and durability of a structural finger-joint. **Forest Products Journal**, v. 54, n. 3, p. 67, 2004.

VOLKMER, T.; FRANKE, B.; SCHUSSER, A. Analysis of the penetration of adhesives at finger-joints in beech wood. In: **World Conference on Timber Engineering, Quebec**. 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS AMOSTRAIS PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE Eucalyptus sp.

Allan Motta Couto¹
Diego Pierre de Almeida¹
Paulo Fernando Trugilho²

¹ Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS AMOSTRAIS PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus sp.*

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia das metodologias amostrais comumente utilizadas na determinação da densidade básica da madeira de eucalipto e propor uma alternativa amostral com maior acurácia. Para tal foram utilizadas 230 árvores de eucalipto, as quais foram abatidas e destas retirados discos na altura da base, DAP e deste ponto em diante metro a metro até a altura comercial do fuste. Para cada árvore foi estimada a densidade básica em todas as posições longitudinais sendo a diferença destas em relação a densidade média do fuste utilizadas para análise da acurácia. As posições longitudinais 5, 27 e 79% da altura comercial apresentaram menores desvios. Amostragem baseada na altura do DAP foi considerada menos adequada comparada a posição longitudinal de 79% da altura comercial objetivando a determinação da densidade básica do fuste. A amostragem alternativa composta pelas posições longitudinais 5, 27 e 79% foi mais adequada comparada às amostragens comumente utilizadas para determinação da densidade básica do fuste. Amostragens baseadas num maior número de posições longitudinais apresentam maior acurácia comparadas a amostragens baseadas em apenas um ponto ao longo do fuste.

Palavras chave: Amostragem, qualidade da madeira, acurácia, precisão.

Abstract: The purpose of this paper was evaluate the sampling methodologies accuracy, frequently used to determine the eucalypt basic density and propose the most accurate way. Were used 230 eucalyptus trees, which were harvested and discs were removed from the bottom, DBH (diameter at breast height) and from this point, at each 1 meter up to commercial height. For each tree, the basic density was estimated for all longitudinal positions, and the difference of density found in relation to the average were used for the accuracy analysis. The longitudinal positions of 5%, 27% and 79% of the commercial height presented smaller deviations. Samples taken at diameter at breast height were considered less adequate compared to the longitudinal position of 79% of the commercial height, for the average basic density determination. The alternative sampling composed of the longitudinal positions 5%, 27% and 79% was more adequate compared to the samplings commonly used to determine the stem basic density. Basic density determination based on a larger number of samplings among the stem are more accurate when compared with a single point.

Key words: Sampling, wood quality, accuracy, precision.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

Madeira é um dos materiais mais consumido pela humanidade. Devido a sua elevada variabilidade, característica apresentada por todo material biológico, é empregada nas mais diversas necessidades antrópicas, fato que, aliado ao incremento demográfico, reflete em um cenário futuro no qual a madeira figura como elemento de alta demanda. Assim sendo, baseado em um grande número de utilizações e incremento populacional mundial, a madeira pode ser considerada um material estratégico para futura manutenção e desenvolvimento nacional.

Diante de uma futura demanda há a tendência de uma maior produção de madeira. Juntamente com quantidade a qualidade da madeira é um fator limitante. A qualidade da madeira, ou somatória de característica que a classificam como adequada ou não a um determinado objetivo, deve ser observada. Madeira de má qualidade além de impossibilitar sua utilização para determinados objetivos gera maior custo de processamento e redução de receita. Assim sendo, a produção de madeira com qualidade adequada deve ser buscada visando maior probabilidade de sucesso em qualquer empreendimento.

Um dos índices de qualidade mais comumente aceito para classificação da madeira é a densidade básica. Esta propriedade física é alta ou medianamente correlacionada com praticamente todas as demais propriedades físicas, anatômicas e mecânicas. Assim sendo com base apenas neste parâmetro é possível inferir se a madeira é de qualidade adequada em função logicamente de um determinado objetivo.

A determinação da densidade básica exata da madeira de um fuste é bastante difícil devido as dimensões que o mesmo apresenta. Assim sendo a determinação da densidade básica de um fuste é determinado por meio de amostragem, procedimento que objetiva remoção de patê do fuste para determinação laboratorial. Todo e qualquer método de amostragem apresentam erros que podem culminar na inadequada determinação a densidade e, conseqüentemente, na errônea inferência sobre a qualidade da madeira.

Metodologias de amostragem são comumente utilizados no meio florestal. Para amostragem de madeira é mais freqüentemente utilizado a retirada de um disco a 1,30 metros do solo (DAP) e as amostragens baseadas retiradas de discos em diferentes pontos longitudinais. A exemplo cita-se a amostragem convencional que compreende na retirada de discos nas alturas relativas 0, 25, 50, 75 e 100 da altura comercial (Mattos et al., 2011; Trugilho et al., 2010; Arango Alzate et al., 2005; Oliveira et al., 2005) e a amostragem preconizada por Downes (1997) que se baseia na remoção de discos nas alturas relativas de 2, 10, 30, 50 e 70% da altura comercial. A utilização destes métodos de amostragem é extremamente freqüente, entretanto, não são comuns estudos visando avaliar a acurácia destas metodologias amostrais.

Diante do exposto o objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia das metodologias amostrais comumente utilizadas na determinação da densidade básica da madeira de eucalipto e propor uma alternativa amostral mais adequada baseada apenas em três posições longitudinais.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material biológico e Amostragem

Para realização do estudo foram utilizados 230 indivíduos de Eucalipto, todos aos 46 meses de idade. Estes foram fornecidos pela empresa Arcelor Mittal Bioenergia Ltda., localizada em Martinho Campos, região Centro Oeste de Minas Gerais.

Os indivíduos foram abatidos e destes foram retirados discos de ± 3 cm de espessura na altura de corte, 1.3 metros do solo e, a partir deste ponto, a cada um metro até a altura comercial do fuste (H_c), considerando este como detentor de um diâmetro de cinco centímetros. Esta amostragem foi utilizada devido a necessidade de uma precisa determinação do padrão de variação longitudinal da densidade básica da madeira.

2.2. Determinação da densidade básica da madeira

Os discos foram mecanicamente processados objetivando a obtenção de cunhas opostas destinadas a determinação da densidade básica da madeira pelo método hidrostático. Para determinação da propriedade em questão foi utilizada a normativa analítica NBR11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2003). A densidade básica média do fuste foi determinada por meio da média aritmética da densidade básica de todos os discos pertencentes ao mesmo.

2.3. Estimativa da densidade básica em alturas relativas de interesse.

Avaliando a variação da densidade básica em função da altura do fuste para cada indivíduo, foi observado, em sua grande maioria, um comportamento padrão. O padrão de variação longitudinal da densidade básica mais freqüentemente observado foi de decréscimo inicial até $\pm 30\%$ de H_c , posterior acréscimo até $\pm 50\%$ de H_c e, finalmente, decréscimo até 100% de H_c . O comportamento observado pode ser equacionado por meio de ajuste de modelos lineares polinomiais.

Para cada indivíduo foi ajustado um modelo linha polinomial de quinta ordem (Modelo 1) objetivando estimar com o máximo de acurácia a densidade básica da madeira em todas as alturas relativas.

$$DB_{H_c} = \beta_0 + \beta_1 H_c^1 + \beta_2 H_c^2 + \beta_3 H_c^3 + \beta_4 H_c^4 + \beta_5 H_c^5 \quad (\text{Modelo 1})$$

Em que:

DB_{H_c} : Densidade básica na altura H_c .

β : Coeficientes do modelo.

H_c : Altura relativa

Utilizando a equação ajustada para cada indivíduo foi determinada a densidade básica da madeira para todas as alturas relativas.

2.4. Avaliação dos resíduos em cada posição longitudinal

Foram calculados os resíduos por meio da diferença entre a densidade básica média do indivíduo e a densidade básica em cada altura relativa. Com base nestes foi



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

avaliada a acurácia das posições longitudinais para representar a densidade básica média do fuste por meio da somatória, desvio padrão e amplitude residual.

Seleção das posições longitudinais que melhor representam a densidade básica média do fuste e proposição de amostragem longitudinal alternativa.

Utilizando como parâmetros a somatória, desvio padrão e amplitude residual, as alturas relativas que melhor representam a densidade básica média do fuste foram a 5, 27 e 79% de Hc. Estas foram utilizadas para propor uma alternativa forma de amostragem baseada em apenas três alturas relativas.

2.5. Avaliação da acurácia dos métodos de amostragem.

Com base nos desvios será avaliada a acurácia dos métodos de amostragem comumente utilizados para caracterização da madeira. A Tabela 1 apresenta as posições longitudinais e métodos de amostragem comumente utilizados para amostragem objetivando a caracterização da madeira.

Tabela 1: Posições longitudinais e métodos de amostragem comumente utilizados para amostragem objetivando a caracterização da madeira.

Método de amostragem baseado em apenas um ponto longitudinal					
DAP	Comumente utilizado				
5% de Hc	Amostragem alternativa proposta				
27% de Hc	Amostragem alternativa proposta				
79% de Hc	Amostragem alternativa proposta				
Método de amostragem baseado em mais de um ponto longitudinal					
Convencional	0% de Hc	25% de Hc	50% de Hc	75% de Hc	50% de Hc
Downes (1997)	2% de Hc	10% de Hc	30% de Hc	50% de Hc	70% de Hc
Amostragem alternativa	5% de Hc	27% de Hc	79% de Hc		

Hc: Altura Comercial.

Objetivando avaliar a acurácia das posições longitudinais e métodos de amostragem para representar o fuste como um todo foram utilizados os parâmetros somatória, desvio padrão, amplitude, normalidade (teste de Shapiro-Wilks) e homocedasticidade (teste de Golfeld-Quandt) residual. Foi ainda avaliado a distribuição gráfica residual e determinado os índices de comportamento residual de curtose e assimetria.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a análise residual das posições unitárias de amostragem DAP, 5, 27 e 79 % da altura comercial. Pela Tabela 2 observa-se que a posição na altura do DAP a somatória residual foi a mais distante de zero. Analisando ainda a posição de 1,3 metros juntamente a 5% de Hc observa-se que ambas as posições apresentaram maiores desvios padrão e amplitudes residuais, comportamento residual não normal leptocúrtico e assimetria a direita. Tais resultados indicam que a posição 5% de Hc e DAP podem não ser as mais adequadas para remoção de amostras objetivando determinar a densidade básica média do indivíduo.

Ainda na Tabela 1 analisando os resultados residuais das alturas relativas 27 e 79% pode-se observar somatória residual próxima a zero, baixo desvio padrão e amplitude residual, desvios com comportamento normal e simétricos. Entretanto apenas a altura relativa de 79% apresentou homocedasticidade residual. Diante destes parâmetros e índices pode-se inferir que dentre as avaliadas a amostragem pontual baseada na altura relativa de 79% de Hc representa melhor o indivíduo.

A Tabela 3 apresenta análise residual dos métodos de amostragem baseados em mais de um ponto longitudinal. Analisando os métodos de amostragem comumente utilizados para caracterização da madeira, ambos apresentaram somatória residual mais distante de zero, sendo amostragem proposta por Downes (1997) e a amostragem convencional tendenciosas, respectivamente, a subestimar e superestimar a densidade básica média do fuste.

Ainda observando os dados contidos na Tabela 3 a amostragem proposta por Downes (1997) gerou desvios com comportamento não normal leptocúrtico. A amostragem alternativa além de apresentar somatória residual mais próxima a zero e menor desvio padrão residual, atendeu aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade dos desvios. Assim sendo pode-se inferir que as amostragens comumente utilizadas para caracterização da madeira de eucalipto podem não ser as mais adequadas para determinação da densidade básica média do fuste. A amostragem alternativa apresentou maior acurácia e atendeu aos pressupostos residuais podendo ser perfeitamente empregada para determinação da densidade básica média do fuste.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Tabela 2: Análise estatística dos resíduos obtidos entre a densidade média do indivíduo e a densidade obtida da altura comercial.

Método de Amostragem	Soma	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Normalidade	Homocedestidade
	g.cm^{-3}					
DAP (1,30m)	-0,953	0,013	0,063	-0,044	0,97**	0,99 ^{ns}
5% da altura comercial	-0,019	0,015	0,075	-0,052	0,96**	0,99 ^{ns}
27% da altura comercial	0,005	0,009	0,030	-0,034	0,99 ^{ns}	0,99 ^{ns}
79% da altura comercial	0,019	0,011	0,031	-0,034	0,99 ^{ns}	0,99 ^{ns}

^{ns}: Valor não significativo a 95% de probabilidade. *: Valor significativo a 95% de probabilidade. **: Valor significativo a 95% de probabilidade.

Tabela 3: Análise estatística dos resíduos obtidos entre a densidade média do indivíduo e a densidade média comumente utilizadas para avaliação da madeira.

Método de Amostragem	Soma	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Normalidade	Homocedestidade
	g.cm^{-3}					
5, 27 e 79% da altura comercial	0,010	0,004	0,019	-0,012	0,99 ^{ns}	0,99 ^{ns}
0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial (Convencional)	-0,621	0,005	0,010	-0,014	0,99 ^{ns}	0,99 ^{ns}
2, 10, 30, 50 e 70% da altura comercial (Downes (1997))	1,185	0,005	0,029	-0,014	0,98**	0,99 ^{ns}

^{ns}: Valor não significativo a 95% de probabilidade. *: Valor significativo a 95% de probabilidade. **: Valor significativo a 95% de probabilidade.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A Figura 1 apresenta o comportamento da densidade básica obtida por meio da amostragem em apenas um ponto longitudinal em função da densidade básica média do indivíduo. Esta apresenta ainda a distribuição gráfica dos resíduos.

Analisando a Figura 1A é possível perceber que a densidade básica na altura do DAP tende a ser menor comparado a densidade média do fuste. Analisando a distribuição gráfica dos resíduos relativos a amostragem nesta posição longitudinal (Figura 1B) nota-se que há homogeneidade de variância residual em toda extensão da abscissa.

Nas posições relativas 5, 27 e 79% de Hc não foi observado tendenciosidade de sub ou superestimativa da densidade básica média. Entretanto, analisando a distribuição residual na posição 27% de Hc é possível notar que não há homogeneidade de variância em toda a extensão da abscissa. Em indivíduos com maior densidade básica média foi observado que a posição longitudinal em questão originou resíduos com maior variabilidade. Comportamento estatisticamente comprovado pelo teste Golfeld-Quandt presente na Tabela 2.

As amostragens baseadas em mais de um ponto longitudinal apresentaram maior acurácia na determinação da densidade básica média do fuste. A Figura 2 apresenta o comportamento da densidade básica determinada por métodos de amostragem comumente utilizados na caracterização da madeira em função da densidade básica média do fuste. É observável que a variação residual das amostragens baseadas em mais de um ponto ao longo do fuste foi menor comparada a variação residual das amostragens baseadas em apenas uma posição longitudinal.

Observando as Figuras 2C e 2D, referentes, respectivamente, ao comportamento da densidade básica obtida por meio da amostragem convencional e da amostragem proposta por Downes (1997) em função da densidade básica média do fuste, nota-se que não há uma boa acurácia. A amostragem convencional e a proposta por Downes (1997) tendem, respectivamente, a subestimar e superestimar a densidade básica média do fuste como anteriormente mencionado.

A amostragem alternativa baseada em apenas três posições longitudinais (5, 27 e 79%) apresentou boa acurácia, gerou desvios de baixa magnitude e variabilidade e não apresentou tendenciosidade. Assim sendo a alternativa amostral pode ser perfeitamente empregada para determinação da densidade básica média do fuste.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

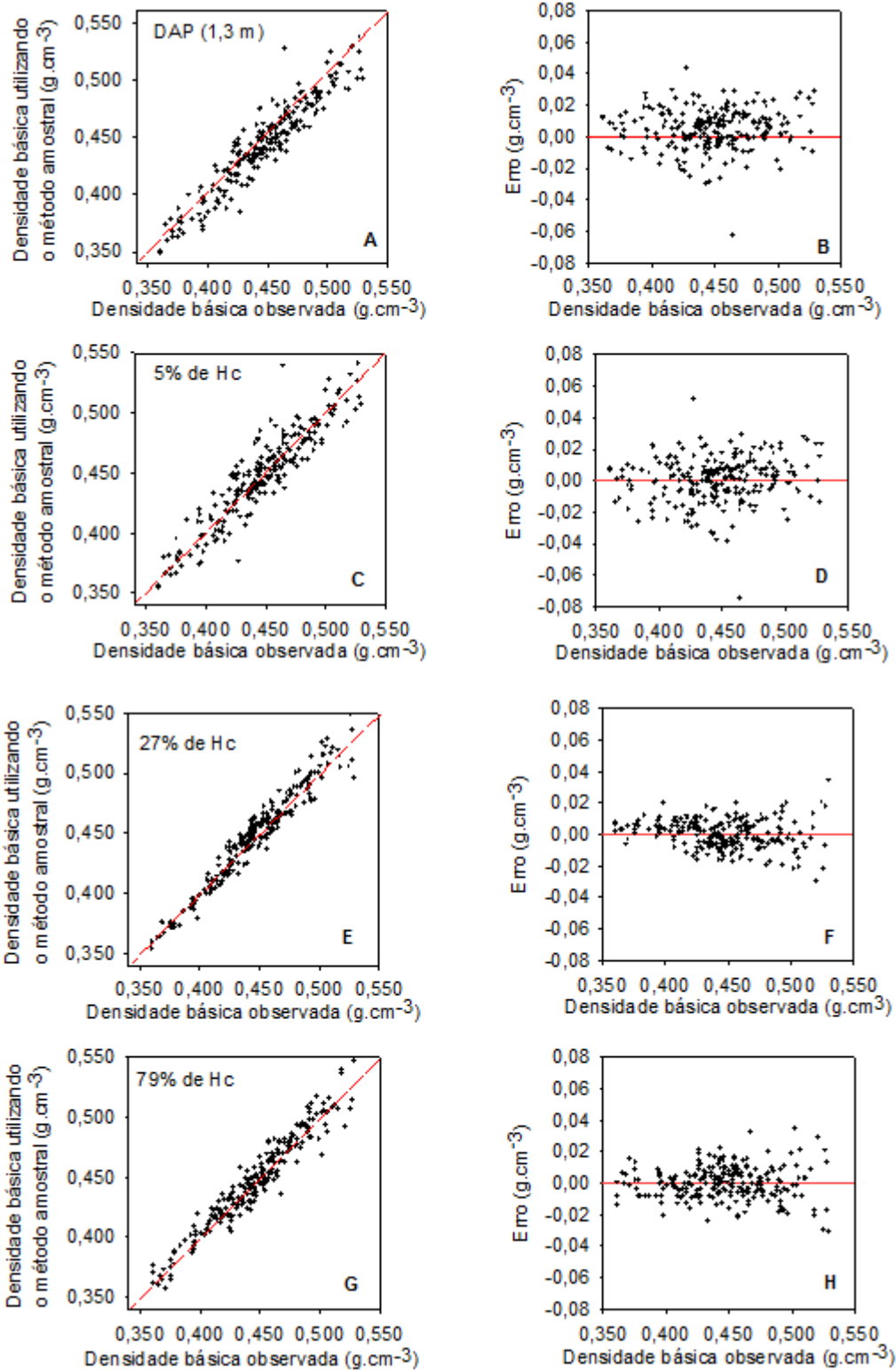


Figura 1: Comportamento da densidade básica da madeira na altura do DAP (A), 5% de Hc (C), 27% de Hc (D) e 79% de Hc (G) em função da densidade básica média do fuste. Distribuição gráfica residual da densidade básica da madeira nas posições DAP (B), 5% de Hc (D), 27% de Hc (F) e 79% de Hc (H)

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

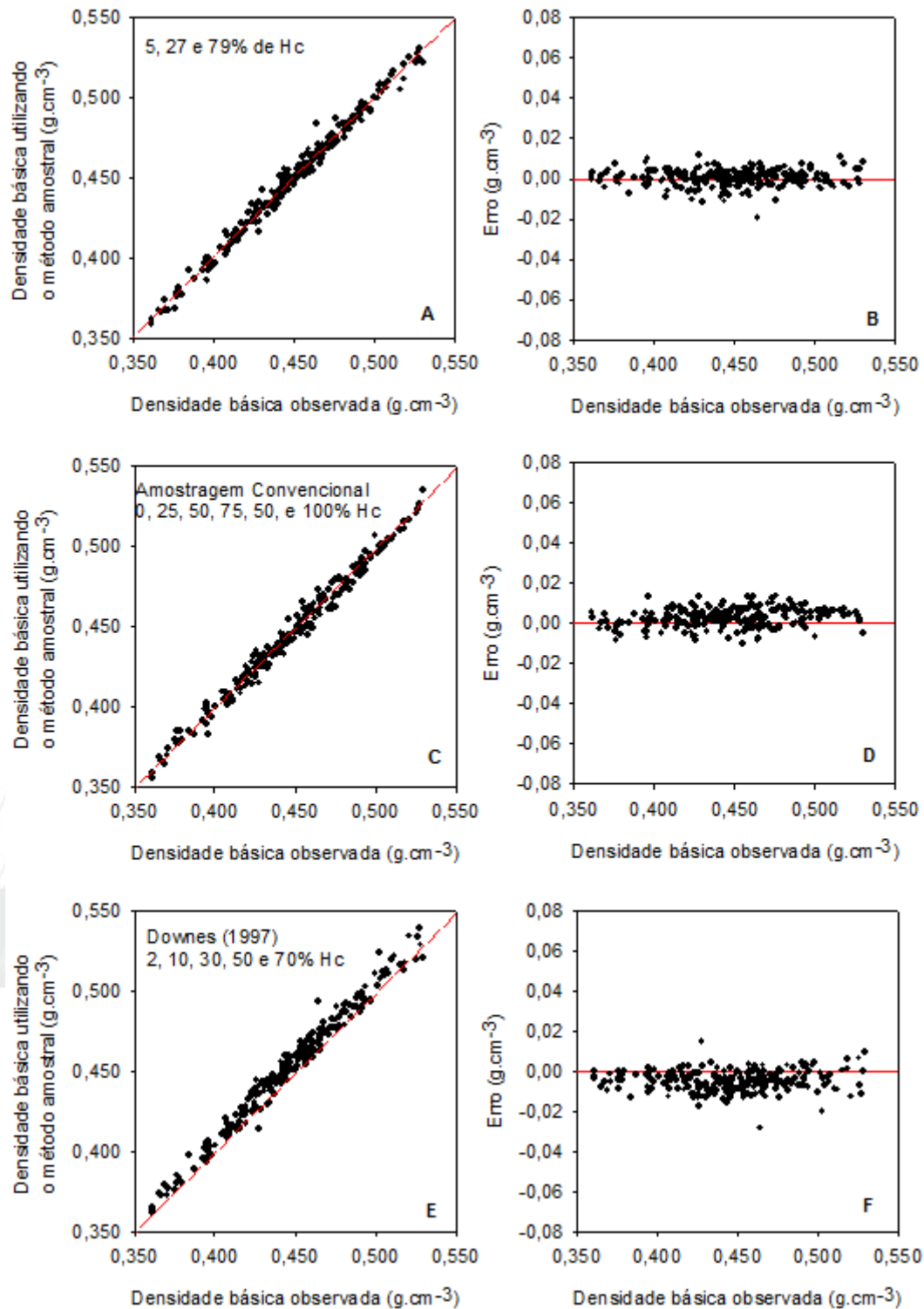


Figura 2: Comportamento da densidade básica obtida pelos métodos de amostragem comumente utilizados para caracterização da madeira (Amostragem alternativa (A), Convencional (C) e proposta por Downes (1997) (E) em função da densidade básica média do fuste. Distribuição gráfica residual da densidade básica obtida pelos métodos de amostragem comumente utilizados para caracterização da madeira (Amostragem alternativa (B), Convencional (D) e proposta por Downes (1997) (F))

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





4. CONCLUSÕES

Amostragem baseada na altura do DAP foi considerada menos adequada comparada a posição longitudinal de 79% da altura comercial objetivando a determinação da densidade básica do fuste.

A amostragem alternativa composta pelas posições longitudinais 5, 27 e 79% foi mais adequada comparada às amostragens comumente utilizadas para determinação da densidade básica do fuste (Convencional e Downes (1997)).

Amostragens baseadas mais pontos longitudinais apresentam maior acurácia comparadas a amostragens baseadas em apenas um ponto ao longo do fuste.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

Arango Alzate SB, Tomazello Filho M, Piedade SMS. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. *IPEF* 2005; (68): 87- 95.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. *Normas. NBR-11941: Madeira - determinação da densidade básica*. Rio de Janeiro: ABNT; 2003.

Downes GM, Hudson IL, Raymond CA, Dean GH, Michell AJ, Schimleck R et al. *Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties*. Hobart: CSIRO; 1997.

Mattos BD, Gatto DA, Stangerlin DM, Calegari L, Melo RR, Santini EJ. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 2011; 6(1): 121-126.

Oliveira JTO, Hellmeister JC, Tomazello Filho M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. *Revista Árvore* 2005; 29(1): 115-127. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000100013>

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing [online]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2009. [cited 2012 feb. 13] Available from: <http://www.R-project.org>.

Trugilho PF, Arantes MDC, Pádua FA, Almado RP, Baliza AER. Estimativa de carbono fixado na madeira



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MADEIRAS E ADESIVO COM MISTURA DE TANINO

Adrielle de Lima Felix¹

Rafael Mendes²

Marcela Silva³

Antônia Amanda da Silva César¹

Lourival Marin Mendes¹

José Benedito Guimarães Júnior²

¹ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

² Departamento de Engenharia / Universidade Federal de Lavras

³ Universidade Federal Rural da Amazônia



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AValiação DE PAINÉIS COMPENSADOS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MADEIRAS E ADESIVO COM MISTURA DE TANINO

Resumo: O trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de painéis compensados produzidos com diferentes espécies de madeira amazônicas e Pinus em associação com adesivo resorcinol em mistura com tanino. Os painéis foram produzidos com cinco lâminas de madeira, as quais foram coladas com gramatura de 360 g.cm⁻² em linha de cola dupla. Para avaliação das propriedades foram determinados a densidade das madeiras, densidade dos painéis, Módulo de elasticidade (MOE) e Módulo de ruptura (MOR) à flexão estática (paralelo e perpendicular), além da resistência ao cisalhamento na linha de cola e falha na madeira. Os painéis de Amapá apresentaram médias superiores aos de Pinus e Faveira para as propriedades de MOE paralelo e perpendicular e MOR paralelo. Para a propriedade de resistência ao cisalhamento e falha na madeira, os melhores resultados foram obtidos por painéis de Pinus.

Palavras-chave: Pinus, Faveira, Amapá, Tanino, Propriedades mecânicas

EVALUATION OF PLTWOOD PRODUCED WITH DIFFERENT WOODS AND ADHESIVE WITH TANNIN MIXTURE

Abstract: The work had as objective to evaluate the quality of plywood produced with different Amazon wood species and Pinus in association with adhesive resorcinol in mixture with tannin. The panels were produced with five wood veneers, which were glued with a weight of 360 g.cm⁻² in double glue line. The properties of wood density, panel density, modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) by static bending (parallel and perpendicular), shear strength in the glue line and wood failure was evaluated. The Amapá panels presented higher averages than those of Pinus and Faveira for MOE parallel and perpendicular and MOR parallel properties. For the property of shear strength and failure in the wood, the best results were obtained by pinus panels.

Keywords: Pinus, Faveira, Amapá, Tannin, mechanical properties

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

Os painéis compensados são produzidos a partir da colagem de lâminas, em número ímpar de camadas, dispostas perpendicularmente. Quando a colagem é feita, de maneira cruzada, a restrição imposta pela linha de cola ao comportamento individual das lâminas proporciona melhor estabilidade dimensional e melhor distribuição da resistência nos sentidos longitudinal e transversal (IWAKIRI, 2005).

No Brasil a produção desses painéis teve início na década de 40, no Sul do país, tendo como matéria-prima a madeira de espécie nativa da região. Em 1960, a produção foi deslocada para a região amazônica, utilizando madeira de folhosas da floresta nativa. Já na década de 90, novas mudanças ocorreram e as plantações de Pinus, no sul do país, tornaram-se uma das principais fontes de matéria-prima para produção de compensados (PRATA, 2006).

A Amazônia, uma das principais regiões produtoras de madeira tropical no mundo, apresenta vasta variabilidade de espécies, com diferentes densidades e durabilidade. Dentre essas, as espécies amazônicas *Parkia gigantocarpa* Ducke (Faveira) e a *Brosimum parinarioides* Ducke (Amapá) são duas espécies bastante utilizadas para a fabricação de painéis compensados. Porém, poucos estudos com painéis compensados com essas espécies foram realizados.

De modo geral, a qualidade de painéis compensados depende de fatores referentes a espécie de madeira, adesivo, teor de umidade, quantidade de lenho tardio nas lâminas, pressão, temperatura e tipo de adesivo. O conjunto de tais fatores pode influenciar diretamente as propriedades físicas e mecânicas do produto (KOLLMANN et al., 1975).

Atualmente os adesivos mais utilizados para fabricação de painéis compensados são o fenol-formaldeído e resorcinol. No entanto, nota-se o interesse em pesquisas que buscam aumentar a utilização de adesivos naturais como substituto de fenóis presentes na composição de adesivos sintéticos por substâncias fenólicas de origem vegetal (BARBOSA, 1996; SANTOS et al., 2003). Essa pode ser uma alternativa interessante tanto para a diminuição dos custos de produção, quanto para as questões ambientais.

Neste contexto, o presente trabalho visa avaliar a qualidade de painéis compensados produzidos com diferentes madeiras de espécie amazônica e pinus em associação com adesivo a base de Resorcinol e tanino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção das lâminas

Para confecção das lâminas foram coletadas árvores das espécies *Parkia gigantocarpa* Ducke (Faveira), *Brosimum parinarioides* Ducke (Amapá) e *Pinus oocarpa*. Sendo as primeiras provenientes de uma área de manejo florestal no município de Paragominas -PA, pertencente a empresa Cikel Brasil Verde S/A. Enquanto que a madeira de *Pinus oocarpa*, com 25 anos de idade, foi obtida de um plantio experimental no campus da Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

De cada uma das espécies foram retirados discos, das porções de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% em relação à altura do fuste, os quais foram utilizados para determinação da densidade básica, de acordo com a norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

As toras das diferentes espécies foram seccionadas em comprimento adequado. Posteriormente as toras de Amapá e Pinus foram levadas para um tanque de aquecimento, onde permaneceram na temperatura de 96°C por período de 24 horas. A madeira de Faveira não passou pelo processo de aquecimento, devido sua baixa densidade.

Após esse período, as toras foram laminadas em torno laminador, com espessura nominal de 2 mm de espessura e guilhotinadas nas dimensões de 50 cm x 50 cm. As lâminas passaram posteriormente por processo de secagem em estufa, na temperatura de 70°C, até atingirem teor de umidade entre 5 e 6%.

2.2 Fabricação dos painéis compensados

O tanino utilizado neste trabalho foi extraído da casca de Acácia Negra (*Acacia decurrens*) e doados pela empresa Tanac S.A. Antes da mistura com o adesivo Resorcionol, o mesmo foi hidratado por 24 horas, na proporção de 50% de água e 50% de tanino.

Os painéis foram produzidos a partir da colagem de cinco lâminas cruzadas e adesivo formulado com 50% de Resorcionol e 50% de Tanino, na gramatura de 360 g.m⁻²(linha dupla). Após esta etapa os painéis permaneceram por um tempo de montagem de 10 minutos e posteriormente passaram pelo ciclo de prensagem com pressão de 10 kgf.cm⁻², em temperatura ambiente e tempo de 7 horas.

2.3 Confeção dos corpos de prova e avaliação das propriedades mecânicas

Após confecção os painéis foram climatizados na temperatura de 22 ±2°C e umidade relativa de 65±5%. As dimensões dos corpos-de-prova e os procedimentos de ensaio empregados na avaliação das propriedades estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades e normas utilizadas na avaliação dos painéis compensados

Propriedades	Normas
Módulo de ruptura à flexão estática (paralelo e perpendicular)	EN 310/93
Módulo de elasticidade à flexão estática (paralelo e perpendicular)	EN 310/93
Cisalhamento na linha de cola (seco)	EN 314/93

2.4 Análise dos dados

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, foi realizado o teste de normalidade, análise de variância e teste de média (Scott-Knott), ambos a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade da Madeira

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios de densidade básica para cada uma das espécies utilizadas.

Tabela 2. Densidade básica das espécies de madeira

Espécies de madeira	Densidade básica (g.cm ⁻³)
<i>Brosimum parinarioides</i> (Amapá)	0,42 (5,72)
<i>Parkia gigantocarpa</i> (Faveira)	0,28 (9,86)
<i>Pinus oocarpa</i>	0,46 (8,79)

Os valores entre parêntese referem-se ao coeficiente de variação

Silveira et al. (2013), avaliaram a densidade de diferentes espécies amazônicas e encontraram densidade básica para a madeira de Amapá de 0,588 g.cm⁻³.

Miranda et al. (2012), estudaram as propriedades da madeira de Faveira e encontraram densidade básica de 0,48 g.cm⁻³ para a espécie. Os autores classificam deste modo a madeira de Faveira como uma madeira leve.

A variação nos valores encontrados para a densidade básica das espécies neste trabalho e nos citados acima pode estar relacionado a alta variabilidade dessas madeiras, uma vez que elas não provem de plantios homogêneos e com condições semelhantes.

Mendes et al. (1999), avaliaram a variação da densidade básica da madeira de *Pinus oocarpa* ao longo do tronco, segundo os autores a densidade média encontrada para a espécie foi de 0,446 g.cm⁻³. Deste modo, o valor médio encontrado neste trabalho se aproxima ao encontrado pelos autores.

De acordo com a classificação do IPT (1956) as madeiras são consideradas de baixa densidade quando apresentam valor menor ou igual a 0,500 g.cm⁻³ de densidade média. Sendo assim, todas as madeiras avaliadas neste trabalho podem ser consideradas de baixa densidade.

3.2 Propriedades dos painéis compensados

Conforme apresentado na Tabela 3, apenas os painéis confeccionados com madeira de Amapá diferiram dos demais.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 3. Valores médios de densidade aparente

Espécie de madeira	Densidade
Amapá	1,04 (0,04) a
Faveira	0,57 (0,22) b
Pinus	0,60 (0,02) b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância. Valores entre parêntese referem-se ao desvio padrão.

Os valores médios encontrados para as propriedades de módulo de ruptura e módulo de elasticidade à flexão estática (paralelo e perpendicular) estão apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Valores médios de módulo de ruptura paralelo e perpendicular

Espécie de madeira	MOR // (MPa)	MOR ⊥ (MPa)
Amapá	98,05 (34,93) a	52,49 (1,81) a
Faveira	43,02 (17,02) b	34,81 (1,07) a
Pinus	53,18 (1,67) b	31,64 (6,52) a

MOR //: Módulo de ruptura paralelo; MOR ⊥: Módulo de ruptura perpendicular.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância. Os valores entre parêntese referem-se ao desvio padrão.

Tabela 5. Valores médios de Módulo de Elasticidade paralelo e perpendicular

Espécie de madeira	MOE // (MPa)	MOE ⊥ (MPa)
Amapá	27120,65 (6654,61) a	9175,01 (866,10) a
Faveira	4496,72 (2474,34) b	3974,98 (207,77) b
Pinus	5934,86 (523,09) b	2513,32 (316,73) c

MOE//: Módulo de elasticidade paralelo; MOE⊥: Módulo de elasticidade perpendicular.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância. Valores entre parêntese referem-se ao desvio padrão.

Para a propriedade de MOR, houve diferenciação estatística entre os tratamentos apenas para o ensaio realizado na direção paralela.

Os painéis produzidos com a madeira de Amapá obtiveram o maior valor médio para essa propriedade. Não houve diferenciação estatística entre as madeiras de faveira e pinus.

Quando analisados os valores médios de MOE, tanto na direção paralela quanto na perpendicular, os painéis de Amapá apresentaram médias estatisticamente diferentes e superiores às demais espécies.

A diferença significativa encontrada entre as médias de MOR paralelo e MOE paralelo e perpendicular para as espécies estudadas pode ser relacionada à maior densidade da madeira e dos painéis confeccionados com a madeira de Amapá, o que contribuiu para o aumento significativo nos valores dessas propriedades.

Em estudo realizado por Iwakiri et al. (2012), em que se avaliou compensados com madeiras de Pinus, encontrou-se valores médios de 7079 MPa, 61,68 MPa, 3674 MPa



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

e 47,35 MPa, para as propriedades de MOE e MOR na direção paralela, MOE e MOR na direção perpendicular, respectivamente.

Carvalho et al. (2016), avaliaram a influência de adesivos naturais e sintéticos nas propriedades de painéis compensados de *Pinus oocarpa*. Segundo os dados apresentados os valores médios obtidos variaram de 38,17 MPa a 56,70 MPa para MOR paralelo, de 20,91 MPa a 38,54 MPa para MOR perpendicular, entre 3819,34 MPa e 5350,23 MPa para MOE paralelo e de 1388,97 MPa a 2660,36 MPa para MOE perpendicular.

O Catálogo Técnico da ABIMCI (2002), referencia valores médios de 21,97MPa para a propriedade de MOR perpendicular e de 2229,44 MPa para MOE na mesma direção, em painéis estruturais de *Pinus* produzidos no Brasil. Para a direção paralela o Catálogo apresenta valor médio de 48,84 MPa para MOR e de 8382,43 MPa para MOE. Deste modo, com exceção dos valores encontrados para MOE paralelo e MOR paralelo de Faveira, os demais apresentam valores médios superiores ao referencial.

A Tabela 6 apresenta os valores médios obtidos para a propriedade de resistência ao cisalhamento, bem como para falha na madeira.

Tabela 6. Valores médios de cisalhamento seco e análise visual

Espécie de madeira	Cisalhamento (MPa)	Falha na madeira (%)
Amapá	0,27 (0,08) b	97,67 (1,41) a
Faveira	0,85 (0,18) b	17 (8,11) b
Pinus	2,99 (0,70) a	98 (0,66) a

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância. Valores entre parêntese referem-se ao desvio padrão.

Conforme apresentado, houve diferenciação significativa entre os valores médios encontrados para resistência ao cisalhamento, sendo a maior média obtida para painéis de *Pinus*.

Em estudo realizado por Carvalho et al. (2016), os valores médios encontrados para a resistência ao cisalhamento na condição seca variaram entre 1,33 MPa e 2,53 MPa.

Cunha et al. (2016), avaliaram a utilização de diferentes resinas para fabricação de compensados de *Pinus taeda*. No trabalho o valor apresentado para resistência ao cisalhamento na linha de cola na condição seca variou de 1,21 MPa a 2,67 MPa.

A baixa resistência a linha de cola encontrada para os painéis de Amapá e Faveira podem relacionar-se a fatores como a densidade, porosidade, teor de extrativos ou ainda ao pH da madeira. Segundo Marra (1992), madeiras com alta densidade podem limitar a penetração do adesivo, por possuírem parede celular mais espessa e lúmen menor, o que proporciona uma linha de cola frágil. Em contrapartida, madeiras com baixa densidade, por apresentarem maior porosidade, podem proporcionar uma linha de cola faminta, a qual não fornece boas condições de colagem. A autora cita ainda que o teor de extrativos e pH podem inibir as reações químicas de polimerização do adesivo, impedindo a fluidez, a molhabilidade e a absorção, prejudicando, portanto, o desenvolvimento de resistência e coesão adequada da linha de cola.

O Catálogo Técnico da ABIMCI (2002), sugere valor médio para resistência na linha de cola de 2,85 MPa. Sendo assim, o painel de madeira de *Pinus* possui valor superior ao recomendado, enquanto os demais possuem média abaixo do sugerido.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Segundo a norma europeia EN 314-2 (1993), o valor mínimo requerido para que não haja a exigência de avaliar a porcentagem de falha na madeira é de 1MPa. Deste modo, dentre os valores médios encontrados neste trabalho, apenas os painéis feitos com madeira de Pinus atendem a exigência.

Conforme apresentado, o percentual de falha na madeira diferenciou-se apenas para os painéis feitos com Faveira, o qual apresentou o menor valor.

4. CONCLUSÕES

Os painéis de Amapá obtiveram os melhores resultados para as propriedades de MOE paralelo e perpendicular e MOR paralelo, demonstrando o seu potencial de aplicação. A madeira de Faveira em comparação com a de Pinus apresentou resultados superior apenas para a propriedade de MOR perpendicular. Quanto a resistência à linha de cola e falha na madeira, os painéis de Pinus apresentaram média superior aos demais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. Compensado de Pinus. Curitiba: 2002. 20p. (Catálogo Técnico, 1).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas técnicas NBR 11941 - Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

BARBOSA, A. P. Evaluation of Adhesives Composed by Wood Bark Tannin, Training Program Report, ITTO/Japan, 1996, 34 p.

CARVALHO, A. G. et al. Adesivos naturais e sintéticos em painéis compensados. Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science). v. 7, n.1, p. 28-35, 2016.

CUNHA et al. Produção de painéis compensados com resina fenólica e melamínica sem formaldeído. Floresta, Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p. 553 - 560, out. / dez. 2016.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 310:1993: Wood based panels – Determination of modulus of elasticity and modulus of rupture in static bending. Brussels. 1993.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Plywood – bonding quality: part 1 - test methods. CEN members, 1993. (EN 314-1)

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 314-2. plywood - bonding quality: requirements. Bruxelas, 1993. Part 2.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF, 2005.

IWAKIRI, S. et al.. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumannii* com diferentes composições estruturais. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 315-321, abr.-jun., 2012

KOLLMANN, F. F. P. et al. Principles of wood science and technology. Wood based materials. Springer-Verlag: Berlin, 1975, v. 2, p. 154-283.

MARRA, A.A. Technology of wood bonding: principles and practice. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453p.

MENDES et al. (2015). Longitudinal variation on wood density of *Pinus oocarpa*. Cerne, Lavras, v.5, n. 1, p. 21, 1999.

MIRANDA et al.. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Parkia gigantocarpa* DUCKE. Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.), Pelotas, v. 03, n. 02, p. 55-65, Novembro de 2012.

PRATA, J. G. Desempenho de um sistema de qualidade de uma fábrica de painéis compensados. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 106, 2006.

SANTOS, A. S. et al. 2003. Desenvolvimento de formulações de adesivos a partir de extrativos de espécies florestais da Amazônia Central. Anais da XII Jornada de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/FAPEAM/INPA; Resumos expandidos, 9 a 11 de junho, p.189-190. Manaus: INPA, 2003.

SILVEIRA et al. (2013). Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. Acta Amaz. vol.43 no.2 Manaus June 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DE PAINÉIS MDP PRODUZIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E RESINA POLIURETANA

Larissa Minillo¹
Sergio Augusto Mello da Silva¹
Bruna Bessa Rocha Yano¹

¹ Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DE PAINÉIS MDP PRODUZIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E RESINA POLIURETANA

Resumo: No Brasil intensificam-se os estudos visando o aproveitamento de resíduos provenientes de processos industriais com o objetivo de reduzir o impacto ao meio ambiente, pois desta forma são desenvolvidos novos produtos que minimizam a exploração e o uso de recursos naturais como por exemplo a madeira nativa. Este trabalho avaliou o emprego dos resíduos do descascamento de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus camaldulensis* provenientes de florestas da Indústria Eldorado Brasil - Papel e Celulose e partículas de bagaço da indústria Vale do Paraná - álcool e açúcar; para a produção de painéis aglomerados de média densidade (MDP). Os painéis foram confeccionados utilizando-se resinas poliuretanas à base de óleo de mamona de dois fornecedores, a Industrial Plural Química de São Carlos e Imperveg de Aguai, ambas de São Paulo. Foram realizadas avaliações segundo a NBR14810 (ABNT, 2013) visando caracterizar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis e os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística pelos métodos de Tukey, Anova e Regressão Linear. Os painéis produzidos com porcentagens de 0 a 30% de resíduo bagaço de cana adicionados ao resíduo de eucalipto apresentaram resultados físicos e mecânicos satisfatórios para utilização como painéis estruturais, e porcentagens de 30 a 50% de resíduo bagaço de cana apresentaram resultados satisfatórios para painéis não estruturais.

Palavras-chave: Painéis de madeira aglomerada, Resíduos da indústria de celulose, Resíduos da indústria sucroalcooleira, Resina poliuretana à base de óleo de mamona.

EVAUATION OF MDP PRODUCED WITH INDUSTRIAL RESIDUES AND POLYURETHANE RESIN

Abstract: In Brazil, studies have been intensified aiming at the recovery of waste derived from industrial processes in order to reduce its environmental impact by developing new products able to minimize the misuse and the exploitation of natural resources, such as native wood. This study evaluated the potential use of the waste from the debarking process of *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus camaldulensis*, as well as bagasse particles from an alcohol and sugar company for the production of medium density particle boards. The particle boards were built by using castor oil-based polyurethane resins from two suppliers, Industrial Plural Química of São Carlos and Imperveg of Aguai, both in São Paulo. Evaluations were performed in accordance to NBR14810 (ABNT, 2013) in order to characterize the physical and mechanical properties of the particle boards and the results were then submitted to statistical analysis using the Tukey test, analysis of variance (ANOVA) and linear regression

Keywords: particle board, cellulose industry residues, sugar-alcohol industry residues, castor oil-based polyurethane resins.

1. INTRODUÇÃO

Em função da escassez da madeira, a tecnologia de produção de painéis desenvolveu-se principalmente após a Segunda Guerra Mundial. No Brasil, a

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

produção de painéis de madeira aglomerada teve início na década de 60 e se mostra um grande nicho no século 21.

A maior parte da madeira consumida na fabricação de painéis de madeira aglomerada, de painéis de fibras de madeira ou de celulose e papel é proveniente de árvores de espécies selecionadas, normalmente pinus e eucalipto, plantadas com essa finalidade e cortadas em um prazo determinado, geralmente compreendido entre quatro e oito anos de idade da árvore.

O Brasil se destaca no mercado internacional de celulose de eucalipto, com extensas áreas de plantio destas espécies, que superam três milhões de hectares somente para esse segmento, além da quantidade plantada destinada à indústria moveleira. Verificada a abundância de matéria-prima, é preciso dar atenção à quantidade de resíduos gerada pela indústria de celulose e papel e propor alternativas para o reaproveitamento destes resíduos, como por exemplo, utilizá-los na fabricação de painéis aglomerados.

A partir da reconstituição de elementos de madeira é possível obter novos produtos como os compostos laminados e particulados. O primeiro é formado pela sobreposição de lâminas de madeira, já os particulados podem ser obtidos com a reutilização da madeira na forma de minerais, fibras ou aglomerado (IWAKIRI, 2005).

Os painéis estruturais são largamente utilizados na construção civil, principalmente nos Estados Unidos. No Brasil, segundo Juvenal e Mattos (2003), os painéis mais produzidos são os de partículas.

Esses painéis são geralmente produzidos a partir de partículas de madeira aglutinadas com adesivos sintéticos ou outro aglomerante, sendo o conjunto prensado a quente por tempo suficiente para que a cura da resina se efetue. As resinas comerciais mais utilizadas na produção desses painéis, atualmente, são aquelas à base de fenol-formaldeído e uréia formaldeído (DIAS, 2005). Tais adesivos liberam formaldeído, que é uma substância cancerígena e/ou mutagênica (COHEN, 1996).

A resina poliuretana derivada de óleo de mamona é uma alternativa para eliminar a emissão de formaldeído dos adesivos comerciais utilizados em painéis aglomerados. Produzida a partir de fonte renovável, a resina possui boas propriedades mecânicas e sua produção é viável comercialmente (DIAS, 2005).

A princípio, esses painéis podem também ser fabricados a partir de qualquer outro material lignocelulósico que lhes confirmem alta resistência mecânica e peso específico preestabelecido, já que a composição química dos materiais lignocelulósicos é semelhante a da madeira.

Nesse contexto, o presente trabalho vem avaliar o aproveitamento de resíduo de madeira, especificamente do gênero *Eucalyptus*, oriundo do descascamento das toras utilizadas na produção de papel e celulose e partículas provenientes de bagaço de cana-de-açúcar.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

Para produção dos painéis foram utilizados resíduos do descascamento de toras de *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. camaldulensis* da empresa Eldorado Papel e Celulose LTDA (Figura 1), além de resíduos de bagaço de cana doados pela empresa Vale do Paraná S/A, ambas as empresas localizadas no noroeste do estado de São Paulo, Brasil.



Figura 1. Resíduo gerado pela indústria de celulose e papel.

As duas resinas bicomponentes base de óleo de mamona foram adquiridas com as empresas Plural Química LTDA, e Imperveg Polímeros Indústria e Comércio LTDA, situadas no estado de São Paulo, Brasil.

Foi feita a secagem ao ar livre do material à umidade média relativa do ar em 40% seguido de trituração no triturador comum de 2 hp, a uma granulometria de 4 mm a 10 mm para o bagaço de cana e de 2 mm a 10 mm para o resíduo de eucalipto

2.2 Confeção dos painéis

Com base na NBR14810 (ABNT, 2013), foram confeccionados painéis homogêneos de media densidade (densidade nominal de 0,7 g/cm³), de mesmas dimensões (40x40x1 cm) e de mesma composição granulométrica, com partículas de 2 à 6 mm. Foram utilizadas as resinas poliuretanas à base de mamona na confecção dos painéis na proporção de 10% em relação à massa seca das partículas.

Optou-se por estudar as proporções de resíduo, mantendo-se a proporção de 10% de resina, porém variando-se a proporção entre polioli e pré-polímero, de acordo com a Tabela 1.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Tratamentos analisados e suas proporções de materiais constituintes

Tratamento	Resíduo de eucalipto (g)	Resíduo de bagaço de cana (g)	Proporção entre Polioliol e Pré-polímero
T0	1300 (100%)	0 (0%)	1:1
T1	910 (70%)	390 (30%)	1:1
T2	390 (30%)	910 (70%)	1:1
T3	650 (50%)	650 (50%)	1:1
T4	910 (70%)	390 (30%)	1,5:1
T5	650 (50%)	650 (50%)	1,5:1

A fabricação dos painéis foi realizada iniciando-se pela homogeneização da resina com os resíduos, sendo esta feita de maneira manual e mecânica. Posteriormente, com a ajuda de uma formadora de colchão foi realizada a pré-prensagem (Figura 2), seguida da prensagem à quente em prensa hidráulica com pressão de 5MPa, temperatura de $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 10 minutos, finalizando com a cura em ambiente de temperatura controlada por 48 horas (Figura 3).



Figura 2. Aspecto do colchão de partículas (com bagaço de cana) após a pré-prensagem

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 3. Aspecto final do painel prensado de resíduo de eucalipto com bagaço de cana

Foram produzidos 2 painéis para cada tratamento, sendo 12 corpos de prova (cp), a quantidade mínima para cada ensaio, retirados com auxílio de uma serra circular de bancada (Figura 3), buscando o aproveitamento máximo de cada painel. A Figura 5 mostra a posição de cada cp no painel de 40x40cm².



Figura 4. Painéis sendo serrados nas medidas exigidas por norma

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

I+A	I+A	I+A	I+A	I+A	I+A	I+A	I+A
I+A	MOR + MOE					TP	I+A
I+A	MOR + MOE					TP	I+A
I+A	MOR + MOE					TP	I+A
I+A	MOR + MOE					TP	I+A
I+A	MOR + MOE					TP	I+A
I+A	MOR + MOE					TP	I+A
I+A	I+A	I+A	I+A	I+A	I+A	I+A	I+A

Figura 5. Posição de onde foi retirado os cps de cada ensaio, sendo I+A os cps utilizados no ensaio de absorção e inchamento, MOR e MOE os cps do ensaio de flexão e TP os cps do ensaio de tração perpendicular

Para verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos, foram utilizados os métodos de análise de variância, teste de tukey e regressão linear.

Foi utilizada também, como validação dos resultados, a comparação com os parâmetros normativos da NBR14810-2 (ABNT, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades Físicas

As propriedades físicas da madeira mais importantes em termos de colagem são a densidade e o teor de umidade. A densidade está associada à densificação necessária na formação do painel, pois a razão de compactação (relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira) deve ser de no mínimo 1.3. A densidade dos materiais que compõem o painel estão relacionados na tabela a seguir

Tabela 2. Densidade dos materiais que compuseram os painéis

		Densidade aparente (g/cm ³)
Resíduo de madeira (<i>Eucalyptus urophylla</i> , <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i>)		0,55
Resíduo Bagaço de Cana		0,10
Resina	Poliol	1,10
	Pré-Polimero	1,24

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A influência do teor de umidade da madeira está relacionada com a quantidade e o ritmo de absorção do adesivo líquido pela madeira (IWAKIRI, 2005). O teor de umidade dos resíduos de madeira e bagaço de cana oscilou entre 9 e 20%.

Foram realizados os ensaios físicos de densidade e umidade aparente à temperatura ambiente, absorção e inchamento dos painéis após 24 horas submerso em água. A Tabela 2 dispõe valores médios dos resultados.

Tabela 3. Propriedades físicas dos painéis aglomerados

	Densidade (kg/m ³)	ANOVA	Tukey	Razão de Compactação	Umidade (%)	Inchamento 24h (%)	Absorção 24h (%)
T0	877,47	A*	A	1,61	11,27	19,03	41,23
T1	880,74	A	A	2,12	8,11	22,16	52,69
T2	934,18	A	a**	3,97	8,10	26,42	61,03
T3	888,00	A	A	2,73	9,43	17,79	42,99
T4	673,15	B	-	1,62	8,14	39,91	42,81
T5	771,14	B	-	2,37	7,65	48,12	40,80

*Letras maiúsculas significam que a análise de variância (ANOVA) não diferiu os tratamentos para essa variável a um nível de 5% de significância.

**Letras minúsculas acusam diferença no teste tukey

Os valores obtidos para densidade não se diferenciaram significativamente segundo a análise ANOVA, exceto para o tratamento T2, que se diferencia dos outros significativamente segundo o teste Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Quanto ao teor de umidade, verifica-se que os painéis encontram-se dentro dos valores exigidos pela NBR14810-2 (ABNT, 2013) que compreende valores de 5 a 13%. Quanto aos resultados de inchamento, o tratamento T3 apenas encontra-se dentro do valor exigido pela norma. Já para valores de absorção não existem valores comparativos nos documentos normativos, apenas na literatura, onde, segundo IWAKIRI (2005), se espera valores de 20 a 30%.

3.2 Propriedades Mecânicas

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de módulo de ruptura à flexão, módulo de elasticidade e tração perpendicular.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Tabela 4. Propriedades mecânicas dos painéis aglomerados

Tratamento	MOR (MPa)	Correlação entre MOR e D (%)	MOE (MPa)	TP (MPa)	ANOVA (TP e D)
T0	18,28	0,65	1282	1,27	A
T1	16,76	0,72	1023	1,39	A
T2	10,38	0,34	1403	0,90	A
T3	15,50	0,69	1395	1,02	A
T4	5,63	0,64	1084	0,32	A
T5	7,52	0,31	1300	0,31	A

MOR: Módulo de Ruptura; MOE: Módulo de Elasticidade; TP: Tração Perpendicular

Os painéis de tratamento T0 e T1 apresentam valores de Módulo de Ruptura à flexão que atendem o requisito da NBR14810-2 (ABNT, 2013), que determina 11 MPa para painéis não estruturais e 16 MPa para painéis estruturais. O tratamento T3 encontra-se próximo ao valor mínimo exigido pela norma, de 16 MPa, e o tratamento T2 se mostra próximo ao valor requerido pela norma para painéis não estruturais.

Em relação aos valores de módulo de elasticidade, nenhum tratamento atendeu à NBR14810-2 (ABNT, 2013) que exige 1800 MPa para painéis não estruturais e 2300 MPa para painéis estruturais. Já para os valores de tração perpendicular, os tratamentos T0, T1, T2 e T3 atendem ao valor da NBR14810-2 (ABNT, 2013), que é 0,4 para painéis estruturais e não estruturais.

Na análise de regressão, a correlação da densidade do painel com a tração perpendicular para cada tipo de tratamento resultou em valor significativo de R-quadrado apenas para o tratamento T2, 83% de correlação. A Tabela 4 apresenta os valores de correlação para cada tratamento.

Tabela 5. Correlações dos tratamentos entre tração perpendicular e densidade

Tratamento	Resíduo de Eucalipto (%)	Resíduo de Bagaço de cana (%)	Correlação entre TP e D perpendicular e Densidade (R ²)
T0	100	0	0,29
T1	70	30	0,52
T2	30	70	0,83
T3	50	50	0,55
T4	70	30	0,50
T5	50	50	30

Com base nos resultados obtidos, pode-se observar a relação entre a quantidade de bagaço de cana adicionado ao resíduo de eucalipto e a sua influência



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

nos resultados de ensaios físicos e mecânicos. Para os resultados de densidade mostrados na Figura 6, nota-se que quanto maior a quantidade do resíduo bagaço de cana incorporado na massa de resíduo de eucalipto, maior a densidade do painel.

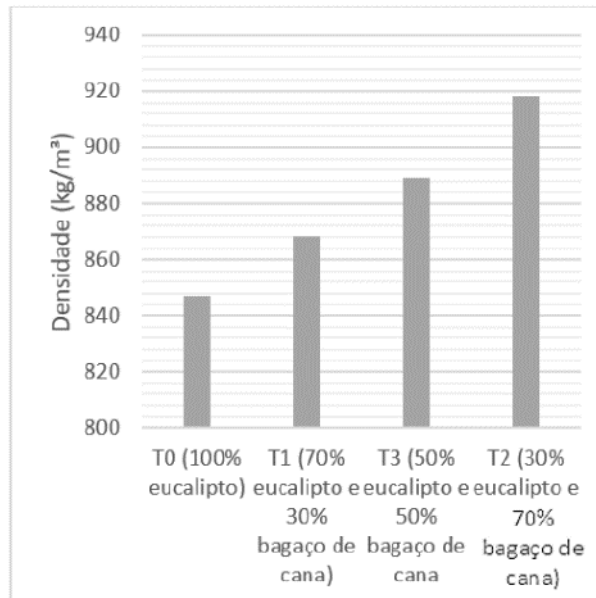


Figura 6. Resultados de densidade dos painéis em relação à quantidade de resíduos de eucalipto e bagaço de cana utilizados

Quanto à resistência à tração perpendicular, a incorporação do bagaço de cana até 30% em massa tende a aumentar a resistência à tração perpendicular. Mas, acima de 30%, o resíduo de bagaço de cana tende a reduzir esta resistência, como observado na Figura 7.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

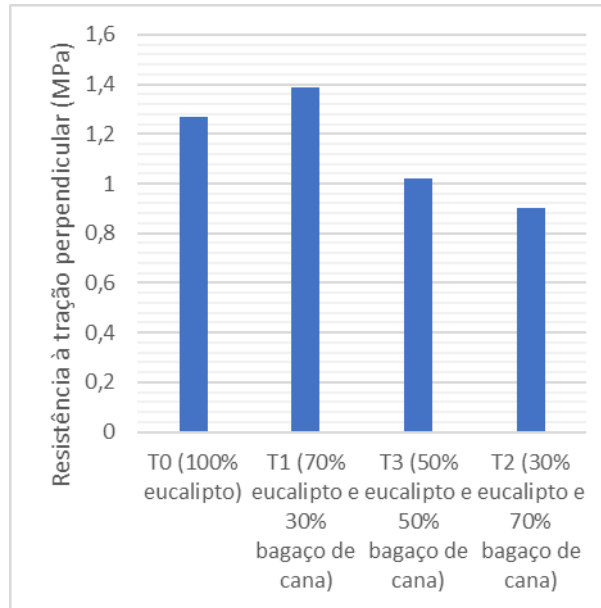


Figura 7. Resultados de TP em relação à quantidade de resíduos de eucalipto e bagaço de cana utilizados

A incorporação das partículas do resíduo de bagaço de cana associada às partículas do resíduo de eucalipto se mostrou benéfico para o painel em relação à sua resistência à flexão conforme visto na Figura 8 quanto esta associação não ultrapassa um valor maior que 30% em relação às partículas de resíduo de eucalipto. Este resultado pode ser devido as partículas de bagaço de cana serem menos resistentes à flexão.

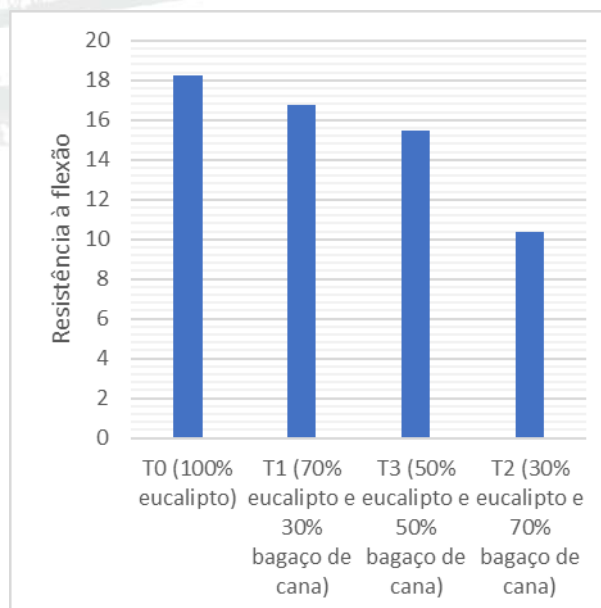


Figura 8. Resultados de MOR em relação à quantidade de resíduos de eucalipto e bagaço de cana utilizados

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Já em relação ao módulo de elasticidade, observado na Figura 9, a associação das partículas de bagaço de cana às partículas de resíduo de eucalipto se mostrou vantajosa, quanto maior a proporção de partículas de bagaço de cana em massa acima de 30%, maior o módulo de elasticidade obtido. Este fator se dá pelo comportamento das fibras de bagaço de cana no painel, que são mais longas e flexíveis do que as partículas de madeira.

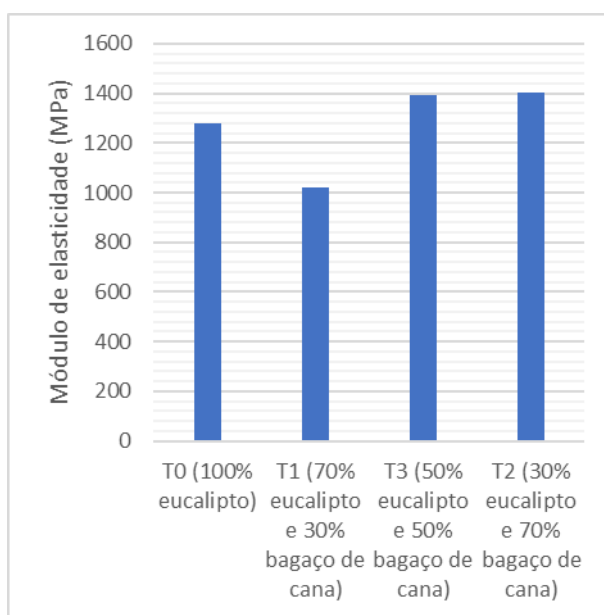


Figura 9. Resultados de MOE em relação à quantidade de resíduos de eucalipto e bagaço de cana utilizados

Quanto à diferença entre proporções utilizadas de polioli e pré-polímero, é possível concluir que a proporção mais eficaz para os painéis é a de 1:1 quando utilizamos resina poliuretana à base de óleo de mamona. Esta proporção propiciou maior força de adesão entre as partículas e conseqüentemente melhor densificação do painel, gerando melhores resultados finais para as propriedades físicas e mecânicas estudadas.

4. CONCLUSÕES

De uma maneira geral, o tratamento T3 se mostrou mais proveitoso para produção de painéis estruturais, necessitando de ajustes no módulo de elasticidade do mesmo.

Com relação aos resultados das propriedades físicas e mecânicas que não atenderam aos requisitos normativos da NBR 14810-2 (2013), sugere-se para os próximos estudos que sejam realizados ajustes nos parâmetros para confecção dos painéis com o objetivo de propiciar melhores qualidades aos painéis.

Existem variáveis não exploradas pelo presente trabalho e poderiam ser investigadas no futuro, como o desenvolvimento econômico da região, trazendo fábricas de painéis para junto das indústrias de papel e celulose e sucroalcooleiras já presentes na região, bem como melhorias ao meio ambiente, reduzindo as

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

quantidades de resíduos descartados na natureza e incinerados para geração de energia.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14810: Painéis de Partículas de média densidade. Rio de Janeiro, 2013. 69 p.

COHEN, Y. Volatile organic compounds in the environment: a multimedia perspective. In: WANG, W.; SCHNOOR, J.; DOI, J. Volatile organic compounds in the environment. ASTM STP 1261, Eds., American Society for Testing and Materials, 1996, pp.7-32.

DIAS, F. M. Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada. 2005. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

DIAS, F. M.; LAHR, Rocco, F. A. Alternative castor oilbased polyurethane adhesive used in the production of plywood. Materials Research, Vol.7, n.3, p.413-420, 2004.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Ed. FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba, PR, p.123-166, 2005.

JUVENAL, T.L.; MATTOS, R.L.G. O Setor de Celulose e Papel. Setorial 04 – Celulose e Papel. BNDES. 21p. 2003

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DE PERDA DE ENERGIA EM FUNÇÃO DA UMIDADE EM CAVACOS DE Pinus sp.

Thomaz Antunes Junqueira¹
Mayco Jhomm Caldato²
Thiago Moreira Cruz³
Paulo Junio Duarte³
Wendell Rangel Queiroz de Souza¹
Cilene Borges¹
Paulo Hein¹
Gustavo Henrique Denzin Tonoli³

¹ Departamento de Ciências Florestais/Universidade Federal de Lavras

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná

³ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras



AVALIAÇÃO DE PERDA DE ENERGIA EM FUNÇÃO DA UMIDADE EM CAVACOS DE *Pinus sp.*

**Thomaz A. JUNQUEIRA¹; Mayco J. CALDATO²; Paulo J. DUARTE¹; Thiago M. CRUZ¹;
Wendell R. Q. de SOUZA¹; Cilene C. Borges³; Paulo R. G. HEIN⁴; Gustavo H. D.
TONOLI⁴**

¹Mestrando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.¹

²Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Brasil.

³Professora do Curso de Engenharia florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Brasil. Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

⁴ Professor do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

Resumo: A escassez madeireira se tornou uma preocupação no Brasil, gerando uma série de incentivos fiscais que deram origem aos primeiros plantios comerciais, em sua maioria, de espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Atualmente o Brasil possui aproximadamente 7 milhões de hectares de florestas plantadas com finalidade comercial, as quais podem ser utilizadas sob diferentes formas. O uso direto da madeira como material combustível pode, entretanto, apresentar eficiência reduzida, devido à umidade da madeira. Para que ocorra uma combustão adequada, a madeira deve ser utilizada com teores de água abaixo de 25%. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a perda de energia devido à variação da umidade dos cavacos de madeira em uma empresa do ramo agroindustrial. Para isso determinou-se a umidade dos cavacos conforme a metodologia normatizada, calculando a perda de energia para a evaporação da água de formação da madeira, e também a água que compõem a umidade. O teor de água médio dos cavacos foi de 34,87% em base úmida, obtendo-se um poder calorífico líquido de 2.703,87Kcal/Kg. A queima da madeira com alta umidade aumenta os custos de aquisição de matéria prima e diminui o poder calorífico da mesma. A quantidade de energia disponível está relacionada com a quantidade de água presente na madeira, quanto maior a quantidade de água, menor o seu poder calorífico líquido.

Palavras-chave: *Pinus sp.*, biomassa, umidade, poder calorífico, combustão.

Abstract: The lack of timber became a concern in Brazil, generating a series of fiscal incentives that origins to commercial plans, mostly of species of the genus *Pinus* and *Eucalyptus*. Currently, according to ABRAF (2013), Brazil has about 7 million hectares of planted forests with commercial purpose, such as those that can be used in different forms. The direct use of wood as fuel material may present the reduced concept due to its moisture content. For good ignition to occur, a wood must be used with moisture content below 25%. Therefore, the objective of this work is to evaluate the loss of energy, due to the variation of moisture content of the wood chips in an agroindustrial company. In a partnership with a company, it was made the analysis of the moisture content of the chips, according to the methodology described in ABNT / NBR 14929/2003, calculating the loss of energy for the evaporation of the wood forming water, and Also the water that make up the moisture content. The average moisture content was 34.87% in wet basis, obtaining an effective calorific value of 2,703.87 Kcal / kg, the burning of wood with high moisture content increases the costs of raw material acquisition and decreased energy efficiency. The amount of energy available is related to the amount of water present in the wood, the higher the amount of water, the lower its effective calorific value.



Keywords: *Pinus sp*, biomass, moisture content, calorific power, combustion.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um País de grande vocação florestal, carregando esta informação até no próprio nome, o qual refere-se a uma espécie nativa que os colonizadores portugueses encontraram por aqui. Após anos de exploração, a escassez madeireira começou a se tornar preocupante no País, o que gerou uma série de incentivos fiscais que deram origem aos primeiros plantios comerciais, em sua maioria de espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

Com o passar dos anos, o setor florestal passou por grandes mudanças, tornando-se expressivo para a economia nacional. Desta forma, segundo Gomes *et al.* (2014), nos últimos anos, as florestas vêm contribuindo de forma expressiva para o desenvolvimento da economia brasileira e produto interno bruto - PIB nacional, além da geração de empregos e arrecadação de impostos.

Segundo a ABRAF (2013), existem aproximadamente 7.185.943 hectares de florestas plantadas com finalidade comercial, as quais podem ser utilizadas como madeira serrada, painéis, lâminas, celulose, biomassa, entre outras.

Atualmente, a busca por energias limpas obtidas a partir de fontes renováveis tem sido bastante incentivada, fazendo com que fontes de energia como as energias solares, eólicas, hidráulicas, maremotrizes, biomassa e geotérmicas ganhem cada vez mais importância no cenário mundial.

A energia de biomassa vem sendo utilizada principalmente em indústrias do gênero alimentício, siderúrgico e agropecuário. Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por intermédio da combustão em fornos, caldeiras, etc.

Segundo Soares *et al.* (2006), a utilização da biomassa florestal como fonte de energia é uma alternativa que contempla a vocação natural do Brasil. Diante da atual crise de energia, os baixos custos de produção da biomassa florestal, decorrentes da alta produtividade, mostram que é necessário repensar o uso da madeira como fonte de energia.

O poder calorífico da madeira está diretamente relacionado com o seu teor de umidade. Segundo Pereira *et al.* (2000), a queima da madeira úmida proporciona menos energia devido ao consumo no aquecimento e vaporização da água. Para que ocorra uma boa combustão, a madeira deve ser utilizada com teores de umidade abaixo de 25%. Com isso, quanto mais úmida maior será a quantidade de energia para secar e iniciar a queima.

O presente estudo avaliou as perdas de energia relacionadas ao teor de água dos cavacos de madeira destinados a queima em caldeira para geração de energia em uma empresa do ramo agroindustrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos, em parceria com uma empresa do ramo agroindustrial, localizada na cidade de Dois Vizinhos, estado do Paraná. O município se encontra no sudoeste do Paraná, o clima é do tipo Cfa de acordo com a classificação de Koppen, com as quatro estações do ano bem definidas, apresentando temperatura média do mês mais frio menor que 18°C e temperatura média do mês mais quente maior que 22°C, com temperaturas médias anuais entre 19°C e 20°C (IAPAR, 2008).

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia da Madeira, do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



2.2 Coleta do material

Realizou-se a coleta do material na esteira transportadora de cavacos, logo após o silo de armazenamento que alimenta a caldeira, nas dependências da empresa. A quantidade do material amostrado foi de 20 gramas de biomassa por amostra, sendo retirada duas amostras por dia, de segunda a sábado durante um período de 22 dias.

O material coletado ficou armazenado em sacos plásticos, e aclimatados em um refrigerador de modo a reduzir a perda de umidade até serem transportadas ao laboratório onde foram realizadas as análises.

2.3 Determinação da umidade

O teor de água dos cavacos foi determinado segundo a metodologia descrita na norma da NBR 14929 (ABNT, 2003).

A massa úmida do material foi obtida por meio de balança de precisão, com sensibilidade de 0,01g e, posteriormente, seco em estufa com ventilação forçada a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até obter peso constante. O teor de umidade foi determinado conforme a equação 1:

$$U(\%) = \frac{mu - ms}{ms} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

U (%) = Teor de umidade em base seca, em %;

mu = Peso da amostra úmida, em g;

ms = Peso da amostra seca, em g.

2.4 Cálculo das perdas de energia

Para compreender as perdas de energia foi seguido a metodologia descrita por Calegari et al. (2005), na qual a total remoção da água presente na madeira, se dá pela energia consumida para evaporar a água de formação e a energia total gasta para evaporar a água presente na biomassa.

A quantidade de energia necessária para evaporação da água que compõem a umidade presente na madeira foi calculada pelo somatório dos resultados das equações 2, 3 e 4:

$$\Delta Q = c \times m \times \Delta T \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

ΔQ = Quantidade de calor, para elevar a temperatura da água contida em uma unidade de volume, em Kcal;

C = Calor específico da água, em Kcal.Kg^{-1} ;

m = massa da água (PU-PS), em Kg

ΔT = Variação da temperatura (da temperatura média anual de Dois Vizinhos $19,5^\circ\text{C}$ até 100°C).

$$QL = m \times L \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

QL = Quantidade de calor necessária para a água mudar do estado líquido para o gasoso, em cal;

m = massa de água, em kcal;

L = Calor Latente da água, em Kcal.Kg^{-1} ;



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

$$Q_{ch} = \Delta H \times m \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

Q_{ch} = Quantidade de energia necessária para o vapor d'água sair pela chaminé, em Kcal.m^{-3}

m = massa de água, em g.

ΔH = Variação da entalpia, estabelecida em 17 Kcal.kg^{-1}

A energia consumida para evaporar a água de formação foi calculada através da equação 5.

$$E_c = E_v \cdot (9 \cdot ((\text{teor de hidrogênio \%})/100)) \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

E_c = energia consumida para evaporar a água de formação (kcal);

E_v = energia de evaporação da água, estabelecida em 560 kcal kg ;

9 = Constante de fórmula;

Teor de Hidrogênio % = Foram utilizados os valores médios para cavacos de pinus, para o teor de hidrogênio obtido de biomassas analisadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT/SP) e CIENTEC/RS, que apresentaram valores de 6,1% para os cavacos de *Pinus spp.*

Assim, a quantidade de energia necessária para evaporar a água presente nos cavacos de madeira foi determinada pela energia necessária para aquecer a água até 100°C (equação 2), somada a quantidade de energia necessária para mudança do estado líquido para o gasoso (equação 3), somado com a energia necessária para o vapor d'água passar de 100 para 150°C na saída da chaminé (equação 4), adicionada a quantidade de energia necessária para evaporar a água de formação presente na madeira (equação 5).

Obtido o somatório dos valores de energia necessária para completa evaporação da água de formação presente nos cavacos de madeira, a energia efetiva disponível (poder calorífico líquido) pode ser obtida pela subtração destes valores do poder calorífico superior.

2.5 Análises dos resultados

Para compreender a variação dos valores obtidos no experimento foi realizada a análise dos mesmos por meio da elaboração de planilhas e gráficos com o uso de pacotes estatísticos do software Excel®, com a finalidade de avaliar os resultados e comparar as médias dos valores encontrados para os aspectos energéticos e do teor de umidade dos cavacos de madeira.

3. Resultados e discussão

O presente trabalho possibilitou avaliar a quantidade de energia perdida em relação ao seu teor de umidade e a água de formação da madeira. Devido essas perdas foi possível calcular o poder calorífico líquido (PCL), em função do poder calorífico superior (PCS).

O teor de água dos cavacos foi analisado por ser uma das características que influenciam diretamente no poder calorífico da madeira, pois este diminui o calor liberado na combustão. Os resultados da análise de umidade, bem como a descrição dos cálculos estão apresentados no anexo A (em anexo), na qual a umidade em base úmida média encontrada nas análises foi de 34,87%, apresentando valor máximo de 42,64% e mínimo de 22,23%, estando no limite aceitável de para ser utilizada como material combustível, conforme representada na Figura 1.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



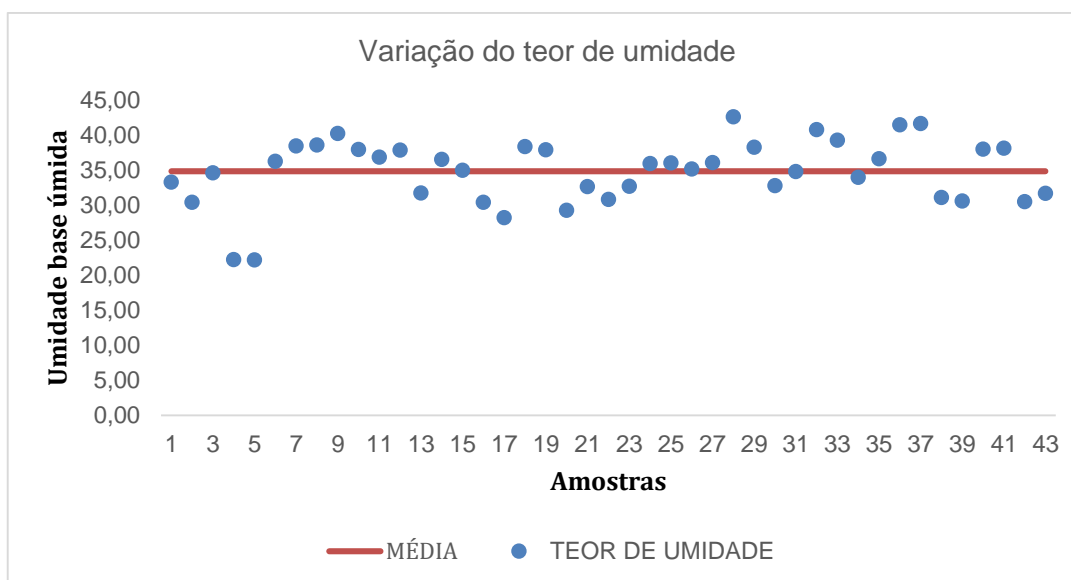


Figura 1: Variação do teor de umidade em relação à média.

Essa variação da umidade pode ser explicada pelo fato de que a biomassa vem sendo armazenada em local descoberto, estando submetida a variações climáticas e resultando em adsorção de umidade do ambiente. De acordo com Barboza (2003), as madeiras destinadas para produção de energia devem ser armazenadas em ambiente coberto para evitar a influência das precipitações (absorção de umidade).

De acordo com Precci et. al (2001), os valores ideais do teor de umidade para caracterizar o uso da madeira como energética devem apresentar teores de umidade inferior a 30%. Para Farinhaque (1981), um bom aproveitamento da combustão da madeira se dá com teores de umidade abaixo de 25%. Já para Quirino (2005), o conteúdo de umidade máximo que uma madeira pode ser queimada está em torno de 65% a 70% em base úmida.

Segundo Brito (1986), o fator de maior relevância o qual influencia no uso da madeira como energia talvez seja a umidade, visto que uma parte da energia liberada é consumida na vaporização.

Em relação ao poder calorífico efetivo médio, o valor encontrado foi de 2.703,87 Kcal/kg, apresentando uma variação de 43,67% em relação ao poder calorífico superior, conforme representado na tabela 1. Este valor se aproxima com os valores obtidos por Brito e Barrichelo (1982), Brito (1986), que obtiveram valores de 2200 a 2500 kcal/kg, para 40 % de umidade, enquanto que Lehtovaara (2004) obteve poder calorífico líquido de 1910 a 2508 kcal/kg para material com 45 % de umidade.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1: Balanço energético

Perdas de água da biomassa (Kcal/Kg)	Perdas de água de formação (Kcal/kg)	PCS (Kcal/kg)	PCL Médio (Kcal/kg)	Variação Percentual média (%)
636,70	307,44	4800,00	2703,87	43,67

Essa variação se dá pela quantidade de água presente na madeira, que se refere a água existente na composição da biomassa mais a água de formação, pois quanto maior a quantidade de água presente na madeira, menor será o seu poder calorífico líquido, em função da perda de energia para aquecer e evaporar a água para posteriormente liberar a energia disponível durante o processo de combustão.

Na Tabela 2 é possível observar a variação da energia líquida disponível e o poder calorífico líquido em função do teor de umidade, sendo que com um consumo médio de 6.000 toneladas de cavaco com 34,87% de umidade tem-se um poder calorífico líquido de 2.703,87 Kcal/kg, mesmo com umidade elevada, a oferta energética da empresa é suficiente para suprir os processos que utilizam essa energia.

Tabela 2: Variação da energia líquida disponível e PCL em função do teor de umidade

Teor de umidade Médio (%)	Consumo Mensal (toneladas)	Massa de água (toneladas)	Perdas Energia Totais (Kcal)	Energia Líquida gerada (Kcal)	PCL** (Kcal/kg)	Perda Percentual (%)
34,87	6000,00	2092,34	2,53E+09	1,62E+10	2703,87	13,51
30,00	5582,38	1674,71	2,27E+09	1,65E+10	2953,78	12,09
25,00	5210,22	1302,55	2,03E+09	1,67E+10	3210,25	10,83
20,00*	4884,58	976,92	1,82E+09	1,69E+10	3466,71	9,72
15,00	4597,25	689,59	1,64E+09	1,71E+10	3723,17	8,74
10,00	4341,85	434,18	1,48E+09	1,73E+10	3979,63	7,88
5,00	4113,33	205,67	1,33E+09	1,74E+10	4236,10	7,10
0,00	3907,66	0,00	1,20E+09	1,76E+10	4492,56	6,40

* Teor de água recomendado na literatura para geração de energia

** Poder Calorífico Líquido, calculado a partir do referencial teórico de 4800 kcal/kg

A quantidade de água presente na madeira está diretamente relacionada com o consumo mensal devido ao seu teor de umidade, como é observado na Tabela 3. A partir do momento em que o teor de umidade é reduzido, há um menor consumo de matéria prima para a geração de energia, devido a redução da massa de água encontrada na madeira e um maior aproveitamento da mesma. De acordo com Cunha et. al (1989) quanto maior o conteúdo de umidade da madeira, menor é o seu poder calorífico, devido ao processo de evaporação da massa de água que absorve energia em combustão.

Devido à grande oferta e ao preço praticado deste combustível na região, os resíduos de pinus tornam-se uma alternativa que proporciona um grande potencial energético associado a outras espécies. Segundo Bichel (2014), o preço do cavaco de pinus é de aproximadamente 40 reais por tonelada posta no pátio, no sudoeste do Paraná.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Tabela 3: Variação do Consumo mensal de cavacos em função da umidade

Umidade (%)	PCL (Kcal/kg)	Consumo Mensal úmido (toneladas)	Consumo Mensal seco (toneladas)
34,87	2703,87	6000,00	3907,66
30,00	2953,78	5492,36	3844,65
25,00	3210,25	5053,58	3790,18
20,00**	3466,71	4679,72	3743,78
15,00	3723,17	4357,37	3703,76
10,00	3979,63	4076,56	3668,91
5,00	4236,10	3829,76	3638,27
0,00	4492,56	3611,13	3611,13

* Mantendo a energia líquida disponível

**Teor de água indicado por literatura

Ao analisar a Tabela 4 é plausível perceber que com um consumo mensal de 6.000 toneladas há um custo de 240.000,00 reais com a aquisição de cavacos. Com a redução do teor de umidade dos cavacos de 34,87% para 20% há uma economia de 10.065,60 reais por mês, tornando-se assim, viável a implantação de um sistema de secagem artificial para um menor consumo de material combustível e um melhor rendimento energético.

Tabela 4: Variação do custo Mensal e Economia com secagem artificial

Umidade (%)	Consumo Mensal seco (toneladas)	Consumo mensal %U médio* (toneladas)	Custo Mensal (R\$)	Economia no uso de cavaco seco (R\$)
34,87	3907,66	6000,00	240.000,00	0**
30,00	3844,65	5903,25	236.129,82	3.870,18
25,00	3790,18	5819,62	232.784,64	7.215,36
20,00 ***	3743,78	5748,36	229.934,40	10.065,60
15,00	3703,76	5686,92	227.476,83	12.523,17
10,00	3668,91	5633,40	225.336,01	14.663,99
5,00	3638,27	5586,36	223.454,41	16.545,59
0,00	3611,13	5544,69	221.787,64	18.212,36

* Consumo de cavacos comprados 34,87 % de umidade, na base úmida, para serem secos

** Valor de economia sem a realização de processo de secagem dos cavacos

*** Teor de umidade indicado por literatura



4. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que o teor de água influencia diretamente o poder calorífico líquido, logo quanto mais seca estiver a madeira, maior será o poder calorífico líquido.

Para uma homogeneização do teor de água é importante ressaltar que o armazenamento desse material combustível deve ser em local coberto, para se evitar a influência da absorção de umidade do ambiente, possibilitando uma melhor quantidade de energia liberada durante o processo de combustão.

A queima da madeira com alta umidade aumenta os custos de aquisição de matéria prima e diminui o poder calorífico líquido da mesma. A economia obtida pela combustão da madeira com teor de água de 20%, possibilitaria a aquisição e instalação de um processo de secagem artificial para o material combustível, proporcionando um maior rendimento energético.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ao CNPq, à Fapemig e à Capes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14929. Madeira: determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012. Brasília, 2013.

BARBOZA, M. F.; GATTO, D. A.; MÜLLER, M. T. Estimativa de energia pela da região da quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 13, n. 2, p. 7-6, 2003.

BICHEL, Anathan. Diagnóstico e indicadores da cadeia produtiva do setor florestal madeireiro de Dois Vizinhos – Paraná. Dois Vizinhos, 2014. 96 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BRITO, José O.; BARRICHELO, Luis E.G. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2. 1982, São Paulo. Anais. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1982. p.101-137.

BRITO, José. O. Madeira para a floresta: a verdadeira realidade do uso de recursos florestais. SILVICUTURA, v. 11, n. 41, p. 188-193, 1986.

CALEGARI, LEANDRO et al. Características de algumas biomassas usadas na geração de energia no Sul do Brasil. BIOMASSA & ENERGIA, v. 2, n. 1, p. 37-46, 2005.

CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z.B.; BARBOSA, A.P.R. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. In: 3º encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: Anais, v.2, p. 93-121, São Carlos, 1989.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

FARINHAQUE, R. Influência da umidade no poder calorífico da madeira de Bracatinga (*Mimosa scrabella*, Benth) e aspectos gerais de combustão. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais - FUPEF.1981, 14p. (Série Técnica).

GOMES, F. P. et al. Crescimento da economia e demanda de recursos florestais no Brasil. 2014. 122 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

LEHTOVAARA, J. Calorific value – Status of the standardisation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE “STANDARDISATION OF SOLID BIOFUELS, 6-7.,2004, Leipzig, Germany. Anais eletrônicos.

PEREIRA, José Carlos Duarte; STURION, José Alfredo; HIGA, Antonio Royej; HIGA, Rosana Clara Victória; SHIMIZU, Jarbas Yukio. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Embrapa Florestas. Colombo, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PRECCI, R. L.; SOBRINHO, J. V.; SILVA, J. S.; SILVA, J. N. Fontes de energia para secagem de café. Boletim Técnico n. 03. Viçosa – MG, 2001.

QUIRINO, Waldir. F. Poder calorífico da madeira e materiais lignocelulósicos. REVISTA DA MADEIRA, n.89, p.100-106, 2005.

SOARES, Thelma Shirlen; CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira; GONÇALVES, Elzimar de Oliveira; LELLES, José Gabriel. Uso da biomassa florestal na geração de energia. REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE ENGENHARIA FLORESTAL. Viçosa (MG). n.8, p. 7, ago. 2006.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Eucalyptus saligna* MEDIANTE ADUBAÇÃO COM NPK

ANA CARLA BRANCHER¹

ELISIANE VENDRUSCOLO¹

TARSIANI LIPPI¹

LUIS PAULO Baldissera Schorr²

RENATA CHIUSA PIETROBELLI¹

Hilda Hildebrand Soriani¹

¹ Departamento Engenharia Florestal / Universidade Federal de Santa Maria

² Universidade do Estado de Santa Catarina

CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Eucalyptus saligna* MEDIANTE ADUBAÇÃO COM NPK

Resumo: Generalizar a introdução de fertilizantes minerais em áreas extensas, sem considerar as variações edáficas do local pode causar grandes diferenças de produtividade, além de culminar no uso inadequado dos elementos nutricionais pela planta, levando a estresse nutricional. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus saligna* com e sem tratamento de adubação, utilizando os parâmetros de massa seca, partição de biomassa, e incremento em altura e diâmetro. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação com delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por dois tratamentos de adubação (com e sem adubação NPK), e 4 repetições por tratamento. As mudas com cinco meses de idade acondicionadas em tubetes foram transferidas para vasos de 3,0 L com substrato (50% solo e 50% substrato comercial). Após, quatro mudas receberam a cada 14 dias adubação NPK via solução (1g.vaso^{-1}), enquanto outras 4 receberam apenas uma adubação inicial, sendo o tratamento não adubado. Após 120 dias do início dos tratamentos foi avaliado o incremento em altura e diâmetro, a massa seca dos órgãos, e a partição de biomassa, após secagem da biomassa em estufa de ar forçado a 70 °C até atingir massa constante. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste "t" a 5% de probabilidade de erro. Para todas as variáveis analisadas houve diferença significativa entre os tratamentos adubado e não adubado, com valores superiores encontrados nas plantas do tratamento com adubação NPK.

Palavras-chave: Eucalipto, massa seca, partição de biomassa, estresse nutricional.

INITIAL GROWTH OF *Eucalyptus saligna* SEEDLINGS BY FERTILIZATION WITH NPK

Abstract: Generalizing the introduction of mineral fertilizers in extensive areas, without considering the edaphic variations of the place can cause great differences of productivity, besides culminating in the inadequate use of the nutritional elements by the plant, leading to nutritional stress. The objective of the present study was to evaluate the initial growth of *Eucalyptus saligna* seedlings with and without fertilizer treatment, using the parameters of dry mass, biomass partition, and increment in height and diameter. The work was conducted in a greenhouse with a completely randomized experimental design, composed of two treatments of fertilization (with and without fertilization NPK), and 4 replications per treatment. The five month old seedlings packed in tubes were transferred to 3,0 L pots with substrate (50% soil and 50% commercial substrate). After that, four seedlings received NPK fertilization every 14 days via solution (1g.vaso^{-1}), while another four received only one initial fertilization - the not fertilized treatment. After 120 days of the beginning of the treatments the increase in height and diameter, the dry mass of the organs, and the biomass partition were evaluated after drying the biomass in a forced air oven at 70 °C until reaching a constant mass. The results were submitted to analysis of variance and the means of the treatments compared by the test "t" at 5% probability of error. For all analyzed variables there was a significant difference between the treatments fertilized and non-fertilized, with higher values found in the NPK fertilization treatment plants.

Keywords: *Eucalyptus*, dry mass, biomass partition, nutritional stress.

1. INTRODUÇÃO

As características de rápido crescimento, produtividade e grande variedade de espécies, é um dos grandes motivos do cultivo do Eucalipto em vários países, onde sua principal aplicação é na produção de papel de alta qualidade. O clima favorável, juntamente com técnicas adequadas de manejo e de melhoramento genético, possibilitaram ao Brasil ser um grande produtor de celulose advinda da fibra curta do Eucalipto, com uma área de produção de mais de 3 milhões de hectare (MORA e GARCIA, 2000). Devido à grande demanda nacional de madeira para construção civil externa e interna, para fabricação de móveis, chapas, compensados, embalagens, entre outros, tornou-se necessário a introdução de novas espécies com crescimento rápido e disponibilidade de corte raso em grande escala. No entanto, essa grande demanda de matéria-prima para atender o mercado consumidor gera questionamentos acerca do cultivo do eucalipto, principalmente os relacionados ao uso eficiente da água para sua produção (PEREIRA, 2006).

Vários quesitos influenciam a produção florestal, dentre eles a questão sócio-econômica dos agricultores, pois geralmente os solos destinados ao plantio de espécies arbóreas são frágeis devido ao uso inadequado e ao desmatamento, e por isso estão mais suscetíveis à degradação. Perante essas questões, é essencial introduzir novas técnicas de conservação do ambiente edáfico para proporcionar melhores resultados na produtividade e qualidade da matéria-prima florestal (GONÇALVES e BENEDETTI, 2000).

Em grande parte das florestas de Eucalipto, a produtividade da área está ligada, dentre outras condicionantes, com a aplicação de fertilizantes, principalmente o nitrogênio-fósforo-potássio (NPK), e com a quantidade e distribuição de chuvas no local (BELLOTE e FERREIRA, 1993; BRAGA et al., 1995).

Os solos geralmente utilizados para a cultura de eucalipto no Brasil são ácidos e pobres em matéria orgânica e nutrientes (GONÇALVES, 2002). Tal fato contribuiu para que na maioria dos plantios de Eucalipto realiza-se calagem e fertilização com recomendações de culturas anuais (PRADO, 2013).

Generalizar a introdução de fertilizantes minerais em áreas extensas, sem considerar as variações edáficas do local pode causar grandes diferenças de produtividade, além de culminar no uso inadequado dos elementos nutricionais pela planta, levando a estresse nutricional. A carência de recomendações específicas, trata de espécies, tipos de solo e época de plantio distintas, indicando basicamente uma só formulação dos mesmos nutrientes, nitrogênio, fósforo e potássio (TAIZ; ZEIGER, 2006).

O estresse nutricional se manifesta na planta afetando diversos processos, que por sua vez ativam mecanismos de controle, para manter a homeostase e combater o problema enfrentado (Silva et al., 1997), que levará, por sua vez a mudanças no acúmulo e na distribuição de fotoassimilados na planta. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus saligna* com e sem tratamento de adubação (NPK), utilizando os parâmetros de massa seca, partição de biomassa, e incremento em altura e diâmetro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no viveiro florestal da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen - RS. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos de adubação (com e sem adubação NPK), composto de 4 repetições por tratamento.

As mudas de *Eucalyptus saligna* Smith com cinco meses de idade acondicionadas em tubetes foram transferidas para vasos de 3,0 L com substrato composto por 50% solo (Latosolo Vermelho) mais 50% substrato comercial (marca Plantmax®). Após, quatro mudas receberam a cada 14 dias 1,0 g de NPK na formulação 15:30:15 via 100 mL de solução, sendo este considerado o tratamento adubado, enquanto outras 4 receberam apenas uma adubação inicial (1,0 g de NPK na formulação 15:30:15 via 100 mL de solução por vaso), sendo o tratamento não adubado.

A irrigação foi realizada por microaspersão, de forma automática, com taxa diária de aplicação ajustada conforme as condições microclimáticas. Após 120 dias do início dos tratamentos foi avaliado o incremento em altura (cm) e diâmetro (mm), assim como a massa seca dos órgãos (folhas, caule e raízes, em g), obtida pela separação destes e secagem em estufa de ar forçado a 70 °C até atingir massa constante. Posteriormente foi calculada a massa seca total e a partição de biomassa entre os órgãos.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2000), versão 5.6 e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste “t” a 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis analisadas, houve diferença significativa entre os tratamentos adubado e não adubado, com valores superiores encontrados nas plantas do tratamento com adubação.

Os resultados para o incremento diferiram entre si, com o incremento em diâmetro das mudas adubadas sendo 66% maior que as mudas não adubadas, e para o incremento em altura, as plantas adubadas apresentaram um valor 70% maior (Fig. 1A e 1B).

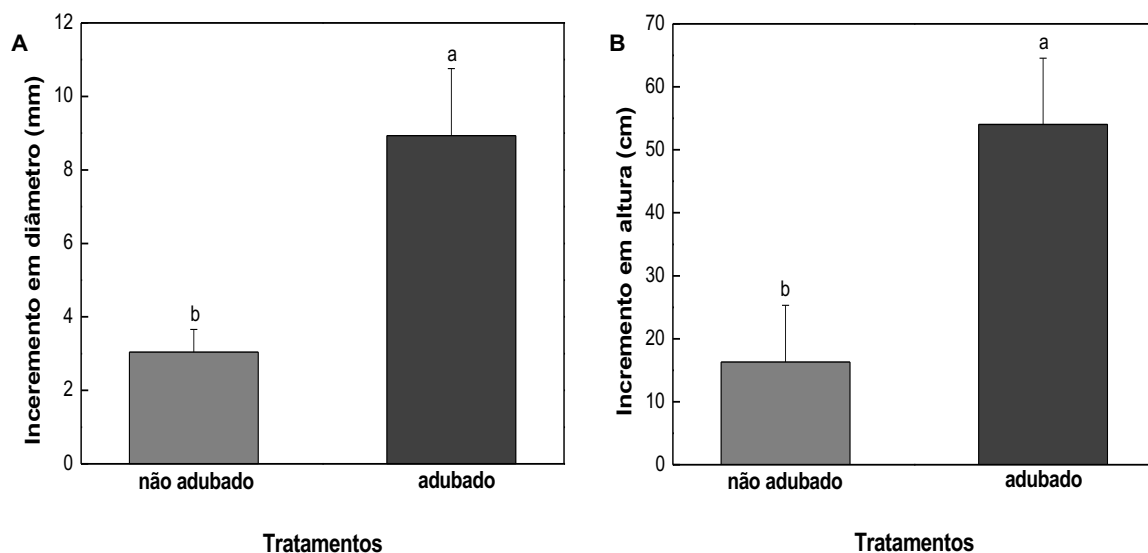


Figura 1. Incremento em diâmetro (mm) e altura (cm) das mudas de *Eucalyptus saligna* cultivadas por 120 dias em duas condições de adubação (sem adubação e com adubação NPK). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

A resposta observada deve-se ao fato dos nutrientes provenientes da adubação proporcionarem maior crescimento, como o nitrogênio, um elemento estrutural presente na molécula de clorofila, a qual é responsável pela absorção de energia e transferência para os centros de reação do complexo antena e geração de ATP e NADPH (KÖHLE et al., 2002), moléculas utilizadas na fixação de carbono e aumento de biomassa da planta. Todas as variáveis de massa seca (folhas, caule, raízes e total) responderam positivamente à adubação NPK, como observado na Figura 2.

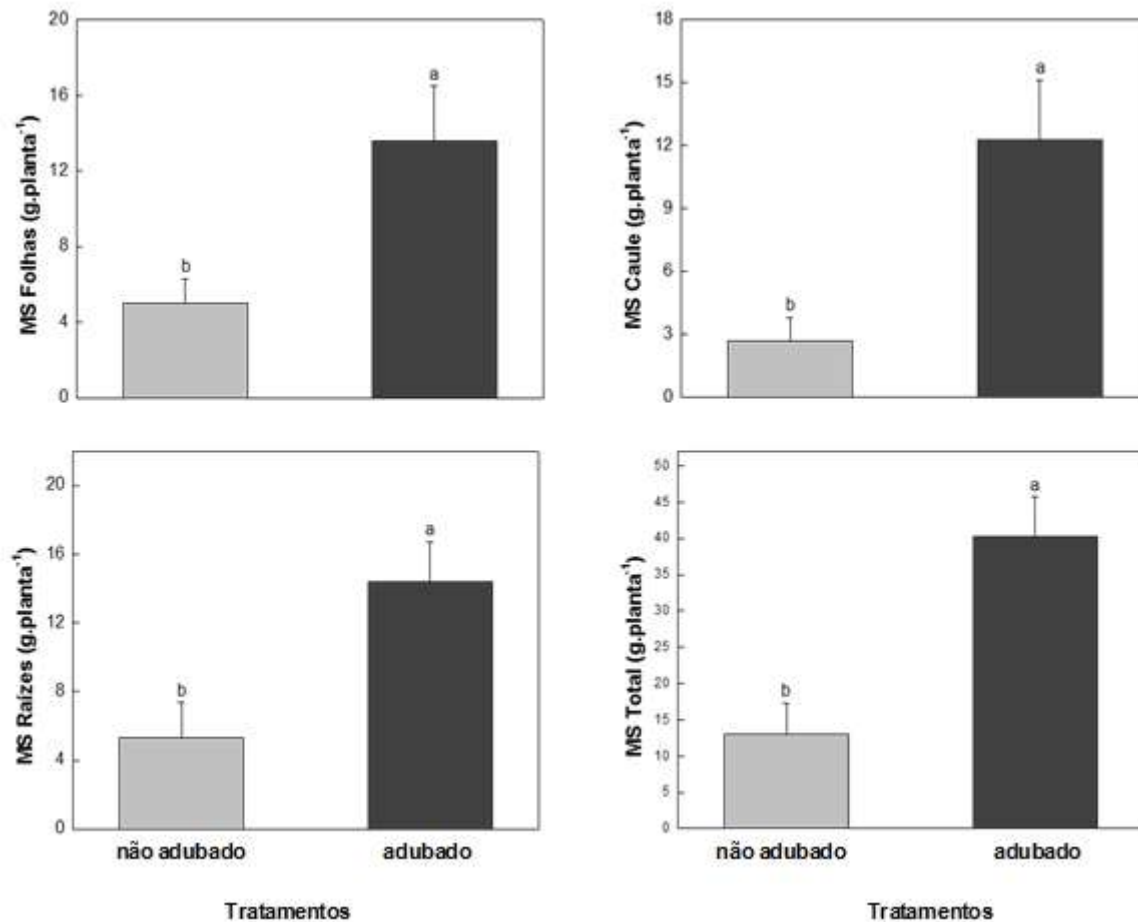


Figura 2. Massa seca de folhas (MS Folhas), massa seca de caule (MS Caule), massa seca de raízes (MS Raízes) e massa seca total (MS Total) de mudas de *Eucalyptus saligna* cultivadas por 120 dias em duas condições de adubação (sem adubação e com adubação NPK). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

Ao analisarmos a figura 3, que apresenta a partição de biomassa entre os órgãos podemos perceber que na condição não adubada houve um acréscimo de 17% na porcentagem de biomassa acumulada nas folhas, quando comparada com a condição adubada, assim como um decréscimo de 31% na porcentagem de biomassa acumulada no caule, quando comparada com a condição adubada, não se observando diferença entre tratamentos para a partição para as raízes, que em média foi de 38%.

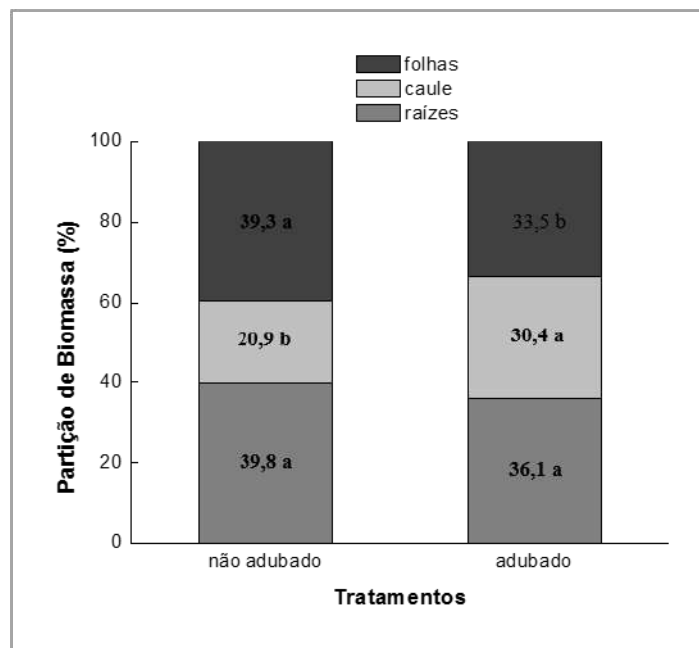


Figura 3. Partição de biomassa (%) entre os órgãos (folha, caule e raízes) de mudas de *Eucalyptus saligna* cultivadas por 120 dias em duas condições de adubação (sem adubação e com adubação NPK). Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

4. CONCLUSÃO

A adubação com NPK influenciou positivamente o incremento em altura e diâmetro do caule, assim como as massas secas de folhas, caule, raízes e massa seca total de mudas *Eucalyptus saligna*.

A partição de biomassa entre os órgãos de mudas de *E. saligna* é significativamente afetada pela adubação NPK.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen, pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENICASA, M. M. P. **Análise do crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

CECONI et al. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**. 2006;12:292-299.

FERREIRA, T. Sisvar para Windows versão 4.0. In: **Anais da 45ª. Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**; julho 2000; São Carlos. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2000. p.255-258.

PRADO, C. H. B. de A. **Aquisição e uso dos nutrientes minerais da solução do solo**. São Carlos: Tipographia Editora Expressa, 2013. 188p.

KÖEHLE, H.; et al. Physiological effects of the strobirulin fungicide F500 on plants. In: DEHNE, H. W. et al. (Eds). **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Bonn: AgroConcept, p.61-74, 2002.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Verso e Reverso Comunicações, 2000. 112 p.

PEREIRA, M. R. R. **Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus* sp. W. (Hill ex. Maiden) submetidos a diferentes níveis de água no solo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem. Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu. 2006

SILVA, W. et al. Altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*, submetidos a diferentes teores de água em convivência com *Brachiaria brizantha*. **Revista Floresta**, 27 n. 1-2, p. 3-16. 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DO FLUXO RADIAL DE PRESERVATIVO EM MADEIRAS DE EUCALIPTO

Wesley Viana Evangelista¹
José de Castro Silva²

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso

² Universidade Federal de Viçosa



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DO FLUXO RADIAL DE PRESERVATIVO EM MADEIRAS DE EUCALIPTO

Resumo: O objetivo desse trabalho foi caracterizar a penetração radial e retenção do preservativo arseniato de cobre cromatado (CCA tipo C) em madeira de eucalipto. Avaliaram-se as madeiras de duas espécies propagadas por sementes - *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus cloeziana* – e de dois híbridos clonais – *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* e um híbrido de *Eucalyptus urophylla*, com origem paternal desconhecida. Para a avaliação da penetração radial e da retenção de CCA, realizou-se o tratamento preservativo da madeira em uma autoclave industrial, sob sistema de vácuo-pressão. Em parte das amostras foi feita uma vedação nas suas duas extremidades com uma resina epóxi, de maneira que a penetração de CCA ocorresse apenas radialmente; na outra parte das amostras não houve nenhuma vedação, permitindo a penetração longitudinal e radial do preservativo. As madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e dos dois híbridos, com vedação nas extremidades, apresentaram penetração irregular de CCA no alburno. No entanto, a madeira de *Corymbia citriodora*, com vedação nas extremidades, e as demais amostras sem vedação de todas as espécies/híbridos tiveram penetração profunda e regular do preservativo em todo o alburno. Os índices de retenção foram satisfatórios em todas as amostras, com e sem vedação das extremidades, para usos preconizados na Categoria de Uso nºs 1 a 5 da norma NBR 16143:2013, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Palavras-chave: preservação de madeiras, retenção, CCA.

QUALITATIVE EVALUATION OF RADIAL FLOW OF PRESERVATIVE IN EUCALYPTUS WOOD

Abstract: The aim of this work was to characterize the radial penetration and retention of chromated copper arsenate preservative (CCA type C) in eucalypts woods. We evaluated two wood species propagated by seed - *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus cloeziana* - and two clonal hybrids - *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* and a hybrid of *Eucalyptus urophylla*, with paternal origin unknown. To evaluate the radial penetration of CCA, wood preservative treatment was done in an industrial vacuum pressure autoclave system. In part of the samples taken both ends were sealed with an epoxy resin so that the penetration of CCA occur only radially, and in the other samples there was no seal, allowing longitudinal and radial penetration of the preservative. Results showed that the wood of *Eucalyptus cloeziana* and the two hybrids, with the ends sealed, had irregular penetration of CCA in the sapwood. However, the timber *Corymbia citriodora*, with the ends sealed, and the other unsealed samples of all species/hybrids had deep and even penetration of the preservative throughout the sapwood. Retention rates were satisfactory in all samples, with and without the ends sealed, recommended for use in Use Categories 1-5 of standard NBR 16143:2013, of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT).

Keywords: wood preservation, retention, CCA.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, algumas espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* são de extrema importância para o setor florestal, sendo a madeira o principal produto obtido das árvores e usada para a obtenção de multiprodutos. De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2016), em 2015 o Brasil tinha 5.630.607 hectares de plantios de eucalipto, destinados

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





principalmente para a produção de celulose, carvão vegetal, painéis reconstituídos, madeira serrada e lenha. Neste contexto a madeira tratada ainda tem sido pouco utilizada em comparação a esses produtos, sendo registrado apenas um consumo de 1,65 milhões de m³ de madeira (0,98%), enquanto o consumo total de madeira foi de cerca de 194,45 milhões de m³ (IBÁ, 2016). Apesar de a madeira tratada ainda ter baixo consumo no País, esse produto é potencial e tem apresentado crescimento de consumo desde o início da década de 2010. No Brasil, a maior parte dos produtos de madeira tratada são produzidos a partir do eucalipto.

No tratamento preservativo, algumas propriedades da madeira exercem forte influência sobre sua permeabilidade e, conseqüentemente, sobre a impregnação de preservativos. Segundo Nicholas e Siau (1973) e Siau (1984), a permeabilidade é definida como a facilidade em que os fluidos são transportados através de um material poroso, sob a influência de um gradiente de pressão. De acordo com Tamblyn (1984) e Silva et al. (2010), a madeira de eucalipto apresenta alburno permeável ao fluxo longitudinal (ou axial) de líquidos, possibilitando o seu tratamento preservativo sem dificuldades.

A permeabilidade da madeira é muito maior na direção longitudinal quando comparada a transversal, devido basicamente a sua estrutura anatômica. Na direção longitudinal, paralela ao sentido das fibras, é que estão localizadas as células que permitem o fluxo de fluidos com maior facilidade, sendo essas células os elementos de vaso e os traqueóides. Nicholas e Siau (1973) relatam que a permeabilidade longitudinal da madeira pode ser superior até 1.000 vezes àquela observada no sentido transversal; entretanto, em aplicações práticas essa superioridade é de aproximadamente 100 vezes para os preservativos químicos. Essa diferença entre as permeabilidades citadas na teoria e na prática pode ser explicada devido o fluxo de preservativos não ser constante e devido essas soluções preservativas geralmente conter impurezas ocasionadas por materiais particulados, gases dissolvidos e, ou, produtos de reações químicas dos próprios preservativos com os extrativos e componentes da parede celular.

O conhecimento da permeabilidade radial da madeira se torna importante principalmente no tratamento preservativo de peças de grandes comprimentos, como postes ou componentes de grandes dimensões para a construção, onde a penetração radial deve ser tão efetiva quanto a longitudinal, de forma a permitir distribuição homogênea do preservativo no alburno da madeira. Madeiras com maior permeabilidade radial possivelmente poderão demandar menor tempo de impregnação sob pressão em autoclave, otimizando o processo produtivo e reduzindo custo a indústria de base florestal.

Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a permeabilidade radial de madeiras de eucalipto tratadas com CCA, a partir da penetração e da retenção desse preservativo na madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta e amostragem do material

As madeiras usadas nesse trabalho foram oriundas de plantios comerciais de eucalipto localizados no município de Itamarandiba, Minas Gerais. A região apresenta precipitação média anual de 1.156,75 mm, temperatura média anual de 20,76 °C e umidade relativa do ar média anual de 68,43%. O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação de Koppen.

Avaliaram-se quatro espécies/híbridos de eucalipto com cerca de 68 meses de idade e plantadas com espaçamento 3,00 x 2,80 m, sendo duas espécies propagadas por sementes – *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. Johnson e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell – e dois híbridos clonais – *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. x *Eucalyptus grandis* Hill



ex-Maiden e um híbrido natural de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, com origem paternal desconhecida. De cada espécie/híbrido foram selecionadas quatro árvores, utilizando-se para cada árvore selecionada a seção correspondente às três primeiras toras, a partir da base, cada uma delas com 3 m de comprimento, totalizando 48 toras.

2.2. Tratamento preservativo e determinação da penetração e retenção de CCA nas madeiras

Para a avaliação do fluxo radial de preservativo na madeira, realizou-se o tratamento preservativo das amostras, sob sistema de vácuo-pressão, e determinou-se a penetração e retenção desse produto na madeira. Para isso, de cada tora retirou-se a porção correspondente a 2,20 m de comprimento, a partir do ápice da tora original de 3,00 m. De cada tora de 2,20 m foram confeccionadas duas amostras, com 60 cm de comprimento cada, a partir da base. Essas amostras foram secas ao ar livre até a madeira do alburno atingir uma umidade menor que 30%, base seca. Após a secagem, realizou-se o tratamento preservativo da madeira em uma autoclave industrial. O preservativo utilizado foi uma solução aquosa de arseniato de cobre cromatado (CCA tipo C), com concentração de 2,0%. A metodologia de tratamento preservativo utilizada foi pelo processo de célula cheia (Bethell), adotando-se as seguintes etapas: carregamento das amostras no cilindro da autoclave, 30 min. de vácuo inicial a 560 mmHg, enchimento da autoclave com a solução de CCA, aplicação de 90 min. de pressão a 12,5 kgf·cm⁻², esvaziamento da autoclave, 10 min. de vácuo final a 560 mmHg e descarregamento das amostras.

Em cada tratamento preservativo foram colocadas seis amostras de cada espécie/híbrido de eucalipto, correspondendo a duas amostras de cada uma das três posições longitudinais, ou seja, base (primeira tora), região intermediária (segunda tora) e terceira tora. Das duas amostras de cada espécie/híbrido e posição longitudinal, uma delas teve as suas duas extremidades seladas com uma resina epóxi de secagem rápida, enquanto a outra amostra não teve nenhuma intervenção. Isso foi feito para impedir a penetração de CCA através da superfície transversal (plano transversal), de maneira que a penetração de CCA ocorresse apenas através do sentido perpendicular às fibras. No total foram utilizadas 24 amostras em cada tratamento preservativo, correspondentes a quatro espécies/híbridos, três posições na árvore e duas amostras por espécie/híbrido e posição longitudinal.

O experimento contou com quatro repetições e as amostras utilizadas em cada tratamento foram sempre oriundas de árvores diferentes.

Após o tratamento preservativo, as amostras de 60 cm de comprimento de cada espécie/híbrido foram divididas na sua região central, a 30 cm de comprimento, em duas sub-amostras. A superfície transversal dessa região central, de uma dessas sub-amostras, foi utilizada para a avaliação do fluxo radial de preservativo, a partir da penetração radial de CCA, através do uso da solução de cromoazurol-S, conforme Standard A3-08 da American Wood Protection Association - AWPA (AWPA, 2010) e NBR 6232 (ABNT, 2013). Essa solução foi aplicada diretamente sobre a superfície transversal da madeira, com o auxílio de um pincel, e as regiões de madeira tratada com CCA apresentavam coloração azul-escuro, enquanto regiões da madeira não tratada apresentavam coloração avermelhada. A avaliação do fluxo radial de CCA foi feita com base em uma metodologia descrita por Montana Química (2008) e também com base na avaliação de preservativo preconizada pela NBR 16143 (ABNT, 2013). A NBR 16143 (ABNT, 2013) preconizava o tratamento de 100% do alburno, enquanto Montana Química (2008) enfatizou a seguinte distribuição do preservativo na madeira:

- Profunda e regular: indica a penetração total e uniforme em toda a extensão do alburno.



- Profunda e irregular: indica a penetração total, mas desuniforme em toda a extensão do alburno. Nesse caso, há regiões do alburno sem penetração do preservativo.
- Parcial e regular: indica a penetração uniforme, mas não total pela extensão do alburno.
- Parcial e irregular: indica a penetração desuniforme e não total pela extensão do alburno.

Considerou-se também a retenção de CCA nas madeiras de eucalipto. Para isso, de cada amostra (com e sem vedação das extremidades), nas sub-amostras que foram utilizadas para a avaliação do fluxo radial, retiraram-se cinco baguetas de formato cilíndrico na direção perpendicular às fibras. A retenção foi determinada em um espectrômetro de fluorescência de raios X, de acordo com Standard A9-08 da AWWA (AWWA, 2010).

2.3. Análise dos dados

Para análise das diferenças da retenção de CCA utilizou-se o teste t de Student para amostras independentes, com 5% de significância, considerando apenas o efeito da espécie/híbrido. Nas análises de retenção de CCA, considerou-se também o efeito da vedação das extremidades. As análises foram realizadas em planilhas do *Excel*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Fluxo radial de CCA nas madeiras

A partir da vedação das extremidades das amostras de eucalipto houve penetração de CCA de forma irregular no alburno das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e nas dos dois híbridos (Figura 1). Em todas as amostras avaliadas dessas espécie/híbridos a penetração de CCA não ocorreu em 100% do alburno (Figuras 1C a 1H), conforme exigência da NBR 16143 (ABNT, 2013). Nessas madeiras, a penetração de CCA foi do tipo profunda e irregular, indicando penetração desuniforme em toda a extensão do alburno.

A madeira de *Corymbia citriodora*, no entanto, foi a única que apresentou regularidade na penetração de CCA com a vedação das extremidades (Figuras 1A e 1B), tendo penetração em 100% do alburno ou penetração do tipo profunda e regular.

A vedação das extremidades das amostras de eucalipto impediu a penetração inicial do preservativo através do lume dos vasos. De acordo com Siau (1984), os vasos são reconhecidos como as estruturas mais importantes para a penetração inicial dos preservativos na madeira, pois formam o caminho de fluxo longitudinal (paralelo às fibras) de menor resistência à passagem de fluidos. Devido os elementos de vasos serem células de extremidades abertas ou parcialmente abertas, a penetração no sentido paralelo às fibras se torna mais rápido e extenso do que aquela no sentido perpendicular às fibras. Os vasos também auxiliam na penetração perpendicular a grã, entre vasos ou entre vasos e outras células, através das pontoações.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

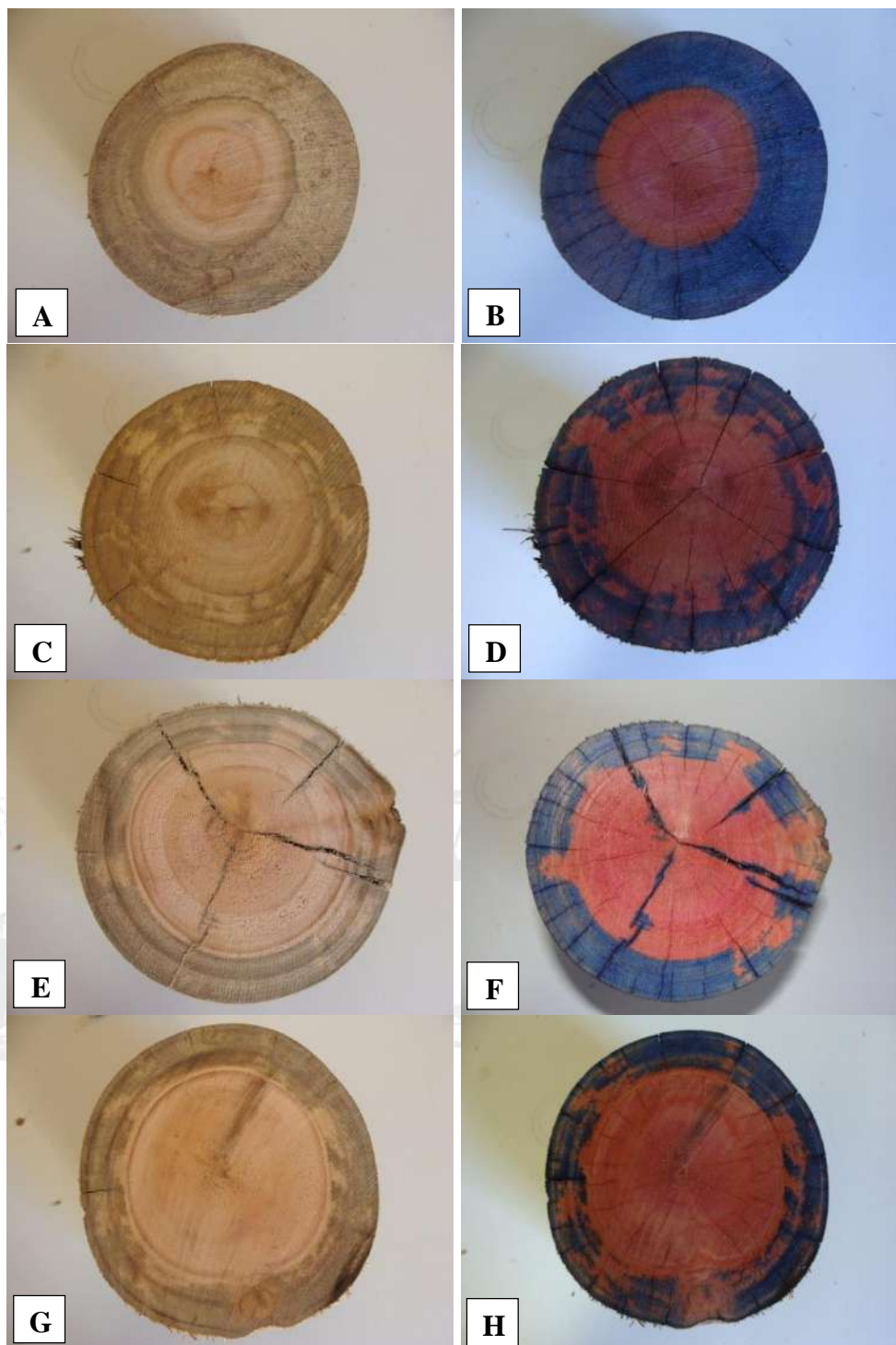


Figura 1 – Penetração de CCA nas madeiras com vedação das extremidades: *Corymbia citriodora* (Figuras A e B), *Eucalyptus cloeziana* (Figuras C e D), híbrido de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* (Figuras E e F) e do híbrido de *Eucalyptus urophylla* (Figuras G e H). Figuras A, C, E e G: seção transversal das madeiras tratadas sem aplicação de cromoazurol-S; Figuras B, D, F e H: seção transversal das madeiras tratadas com aplicação de cromoazurol-S.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A vedação das extremidades das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e dos dois híbridos resultou na penetração radial do preservativo, via pontoações, das células dispostas no sentido axial das amostras. Em seguida, provavelmente, o fluxo de preservativo seguiu através dos pares de pontoações das células superficiais até atingir algum vaso e permitir algum fluxo axial e mantendo-se também o fluxo radial. Nessas espécie/híbridos observou-se em uma deficiência na distribuição radial do CCA, verificado pelo teste do cromoazurol-S, mostrando a importância dos vasos sem obstrução para uma penetração mais efetiva no alburno e, conseqüentemente, um melhor fluxo radial de preservativo.

Na prática o tratamento preservativo da madeira, seja de forma caseira ou industrial, nunca é feito com a vedação das extremidades das toras. A metodologia utilizada nesse trabalho foi nesse caso justificada apenas para avaliar qualitativamente o fluxo radial de preservativo nas madeiras das espécies/híbridos de eucalipto avaliadas. Assim como a permeabilidade axial, a permeabilidade perpendicular ao sentido das fibras é também importante. Isso vale principalmente quando se considera o tratamento preservativo de peças de madeiras com grandes comprimentos, como os postes de madeira tratada ou peças a serem usadas em estruturas de madeira de grande porte, como em pontes. Nesse caso, o tratamento preservativo deverá empregar metodologias que permitam que uma penetração axial e perpendicular às fibras de forma satisfatória, de maneira que o preservativo possa atingir as regiões mais centrais no sentido do seu comprimento.

Na madeira de *Corymbia citriodora* a vedação da superfície transversal das amostras não impediu que a madeira de alburno tivesse 100% de penetração de CCA, ou uma penetração profunda e regular.

As amostras de madeira sem vedação das extremidades de todas as espécies/híbridos de eucalipto tiveram penetração de 100% do alburno ou penetração do tipo profunda e regular (Figura 2). Sem a existência de nenhuma barreira física na superfície transversal, a penetração de CCA nessas amostras ocorreu de maneira satisfatória, conforme era esperado. De acordo com Tamblin (1984) e Silva et al. (2010), as madeiras de *Eucalyptus* spp. apresentam alburno permeável a passagem longitudinal de líquidos, possibilitando o seu tratamento preservativo sem dificuldades.

3.2. Retenção de CCA

Com relação à retenção de CCA, observaram-se diferenças estatísticas entre as espécies e híbridos de eucalipto, bem como entre as amostras com e sem vedação. Nas madeiras das duas espécies houve diferença estatística de retenção de CCA entre as amostras com e sem vedação, enquanto que na madeira dos dois híbridos essa diferença não foi observada (Tabela 1).

Esperava-se que não houvesse diferença estatística entre as amostras com e sem vedação de extremidade na madeira de *Corymbia citriodora*, devido à penetração de CCA ter ocorrido em 100% do alburno nas duas amostras; como também se esperava que as amostras sem vedação das extremidades das madeiras dos dois híbridos apresentassem maior retenção, devido a maior penetração de CCA no alburno, o que não ocorreu. No caso da madeira de *Corymbia citriodora*, as amostras eram sempre oriundas de árvores diferentes e propagadas por sementes, possivelmente a variabilidade genética entre os indivíduos foi muito grande, o que pode ter influenciado a retenção obtida. No caso das amostras dos dois híbridos clonais, não houve uma explicação lógica para a maior retenção de CCA nas amostras com vedação das extremidades.

Todos os índices de retenção observados nesse trabalho, com ou sem vedação, atenderam os usos da madeira tratada preconizados dentro da Categoria de Uso nos 1 a 4 e alguns usos da Categoria no 5 propostos pela NBR 16143 (ABNT, 2013).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

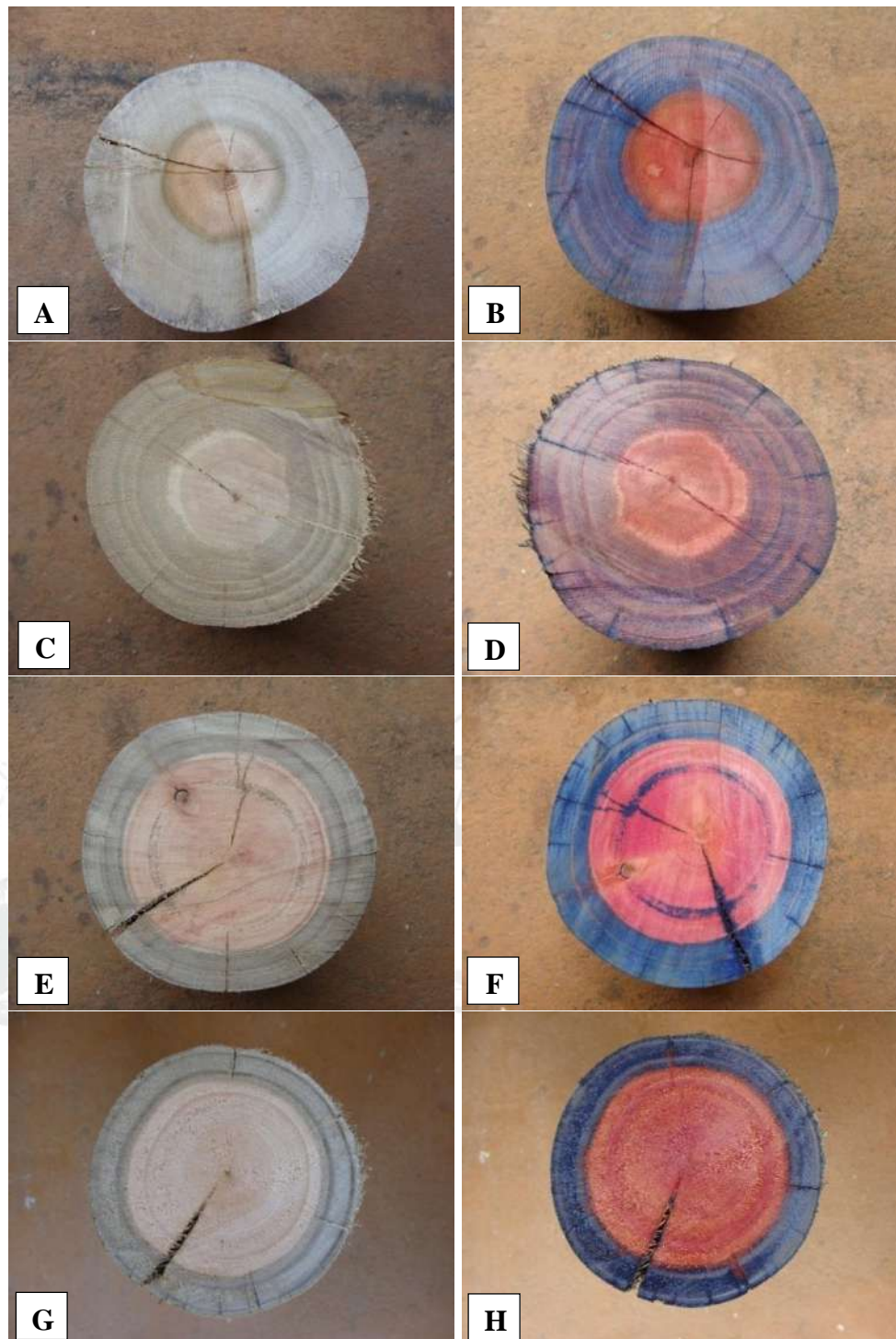


Figura 2 – Penetração de CCA nas madeiras sem vedação das extremidades: *Corymbia citriodora* (Figuras A e B), *Eucalyptus cloeziana* (Figuras C e D), híbrido de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* (Figuras E e F) e do híbrido de *Eucalyptus urophylla* (Figuras G e H). Figuras A, C, E e G: seção transversal das madeiras tratadas sem aplicação de cromoazurol-S; Figuras B, D, F e H: seção transversal das madeiras tratadas com aplicação de cromoazurol-S.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Tabela 1 – Valores médios da retenção (kg m^{-3} de ingredientes ativos) de CCA tipo C, com e sem vedação das extremidades, das amostras de madeira das espécies e híbridos de eucalipto

Tratamento preservativo	Espécies		Híbridos	
	<i>Corymbia citriodora</i>	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>
Com vedação nas extremidades	6,82 bB (0,29)	7,03 abB (0,62)	6,84 abA (0,62)	7,30 aA (0,73)
Sem vedação nas extremidades	7,83 aA (1,06)	7,56 bA (0,36)	6,63 dA (0,35)	6,88 cA (5,31)

^{1/} Médias seguidas da mesma letra minúscula, dentro de uma linha, e da mesma letra maiúscula, dentro de uma coluna, não diferem entre si, pelo teste t para amostras independentes, a 5% de significância.

^{2/} Valor entre parênteses, abaixo da média, corresponde ao desvio-padrão.

A metodologia adotada nesse trabalho é a mesma usada pela maioria das empresas brasileiras produtoras de moirões de eucalipto tratados, pois permitiu a obtenção de uma retenção mínima de $6,5 \text{ kg.m}^{-3}$ de madeira tratada, conforme NBR 9480 (ABNT, 2009). Isso confirmou a efetividade dessa metodologia para a produção desses produtos no setor industrial.

4. CONCLUSÕES

A presença apenas de fluxo radial de CCA não foi suficiente para garantir uma penetração total de todo o alburno nas madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e dos dois híbridos. O fluxo radial de preservativo CCA foi eficiente apenas na madeira de *Corymbia citriodora*. A ocorrência apenas do fluxo radial de preservativo CCA não influenciou a obtenção de uma retenção mínima de $6,5 \text{ kg.m}^{-3}$ de madeira tratada em todas as espécies e híbridos, o que possibilita diversos usos da madeira tratada, dentro das categorias de uso nºs 1 a 4 e alguns usos da categoria nº 5 da NBR 16143 (ABNT, 2013) e também como moirão tratado, conforme NBR 9480 (ABNT, 2009). O fator espécie/híbrido teve efeito significativo sobre os níveis de retenção de CCA.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION. 2010 AWPA book of standards. Birmingham, Alabama, USA, 2010. 576 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Preservação de madeiras – Sistema de categorias de uso: ABNT 16143. Rio de Janeiro, 2013. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão: ABNT 6232. Rio de Janeiro, 2013. 16 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. Apresenta informações sobre o setor florestal brasileiro no ano de 2015. Disponível em



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

<http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso 04 jun 2017.

MONTANA QUÍMICA S.A. Madeira tratada com Osmose® K33 C – Óxido: Informativo Técnico – Divisão Osmose. São Paulo, SP: Montana Química S.A., 2008.

NICHOLAS, D. D.; SIAU, J. F. Factors influencing the treatability of wood. In: NICHOLAS, D. D. Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Syracuse: Syracuse University Press, 2v., p. 299-343. 1973.

SIAU, J. F. Transport processes in wood. Berlim; Heidelberg; New York: Springer-verlag, 1984. 245 p.

SILVA, M. R.; MACHADO, G. O.; DEINER, J.; CALIL JUNIOR, C. Permeability measurements of brazilian Eucalyptus. MATERIALS RESEARCH, p. 281-286. 2010.

TAMBLYN, N. E. Preservation and preserved wood. In: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. Eucalyptus for wood production. Sydney-Australia: Academic Press, p. 343-356. 1984.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DA TAXA DE SECAGEM DE *PINUS ELLIOTTII* ENGELM

JULIO CEZAR HOFFMANN DOS SANTOS¹

Francislene Junia Telles da Silva¹

Daniela Silva Lilge²

Mayra Daniela Ferreira³

¹ Universidade Federal de Pelotas

² Universidade Federal do Pampa

³ Universidade Federal de Mato Grosso

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DA TAXA DE SECAGEM DE *PINUS ELLIOTTII* ENGELM

Resumo: A secagem é fundamental para a industrialização da madeira sólida. Na secagem realizada em câmaras convencionais é possível controlar parâmetros como umidade relativa do ar, temperatura e velocidade de circulação do ar, sempre visando secar a madeira no menor tempo possível, com a mínima incidência de defeitos e permite atingir o teor de umidade final desejado. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo de caso em uma empresa que atua no ramo de secagem da madeira de *Pinus* sp., dimensionar a capacidade de secagem das câmaras de secagem, avaliar o programa de secagem e determinar a taxa de secagem da madeira. Para o estudo foram utilizados dois produtos distintos, peças com 90x140x2700 mm e 21x125x2500 mm de espessura, largura e comprimento, respectivamente. Percebeu-se que a capacidade das estufas foi maior quando abastecida com peças com espessura de 90 mm. O programa de secagem utilizado em ambos os produtos foi considerado adequado. A taxa de secagem foi calculada quando o processo de secagem foi contínuo e quando o mesmo sofreu paradas; a diferença média desse parâmetro para a secagem do produto 1 foi de 30%, enquanto que para o produto 2 foi de 15%. O tempo de secagem foi superior para ambos os produtos quando o processo sofreu interrupções.

Palavras-chave: Secagem da madeira. Taxa de secagem. Câmara de secagem de madeira.

DRYING PROGRAM EVALUATION AND DETERMINATION OF DRYING RATE *PINE ELLIOTTII* ENGELM

Abstract: The wood drying process is fundamental, because protects it against xylophogous attacks, reduces costs of transportation, increase its physical, mechanical and working properties. Therefore, the drying is one of the steps that most aggregates value to wood. At drying performed in conventional chambers, it is possible to control parameters such as relative humidity of air, temperature and air circulation speed, always intending to dry the wood in the smallest amount of time possible and with minimal defect incidence. In this context , the objective of this study was a case study in a company engaged in the drying branch of *Pinus* sp. , Scale the drying capacity of the drying chambers , evaluate the drying program and determine the rate of drying the wood. For the experiment, two distinct products were used: planks of 90x140x2700 mm and 21x125x2500 mm of thickness, width and length, respectively. It was noticed that the chambers' supply capacity was larger when used the 90 mm thickness

batch. The drying program used in both products was considered appropriate. The drying rate was calculated when the drying process was continuous and also when it suffered shutdowns; this wood drying parameter's average difference of blocks with 90 mm of thickness was 30%, meanwhile for the planks of 21 mm was 15%. The drying time, were higher to both products when the process suffered shutdowns.

Keywords: Wood drying. Drying rate. Conventional kilns wood.

1. INTRODUÇÃO

O setor de base florestal brasileiro contribui com cerca de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Em função do potencial de desenvolvimento desse setor, a tendência é de que a participação dessa área seja cada vez maior na economia brasileira, pois o país dispõe de todos os predicados básicos para a produção madeireira, como extensão territorial e clima favorável (KLITZKE, 2007).

A madeira é um material bastante versátil, visto que pode ser utilizada como fonte de energia na forma de carvão, briquetes, peletes ou lenha, na construção civil, produção de móveis, celulose e papel, dentre outras aplicações. Além da grande amplitude de finalidades, a madeira é um recurso natural (MORESCHI, 2005). Por outro lado, de acordo com Burger e Richter (1991) a madeira é um material bastante complexo, pois é orgânica, heterogênea, higroscópica e possui comportamento anisotrópico. Portanto, é necessário o conhecimento técnico desse material para utilizá-lo e processá-lo de forma correta, evitando assim, aplicações equivocadas e problemas tecnológicos em função de suas propriedades.

Logo após o corte, a madeira apresenta elevados teores de umidade. A remoção dessa umidade da madeira justifica-se pela proteção contra fungos xilófagos e manchadores, redução nos custos de transporte do material, da elevação nas propriedades de resistência mecânica, melhoria na trabalhabilidade, condicionamento ao ambiente de uso, melhora nas propriedades de isolamento e estabilidade dimensional das peças (PONCE; WATAI, 1985).

Desta forma, a secagem é uma das etapas que mais agrega valor à madeira, bem como é a fase na qual ocorre a grande parte dos defeitos durante seu beneficiamento. Logo, esse processo é uma das etapas que exige máxima atenção e cuidado no processamento da madeira visando sempre concluir o processo no menor tempo possível e com a mínima incidência de defeitos (JANKOWSKY; GALINA, 2013).

Ponce e Watai (1985) reforçam que a secagem é fundamental para o desenvolvimento de produtos de madeira, visto que se torna inviável produzir produtos com qualidade se a madeira não for seca adequadamente.

A secagem artificial em estufa, realizada em câmaras convencionais visa reduzir o tempo de secagem, controlando as condições de umidade relativa do ar, temperatura e velocidade de circulação do ar. De acordo com Ponce e Watai (1985), a secagem em estufa convencional é o melhor método quando a madeira deve ser seca rapidamente a umidades inferiores àquelas que podem ser obtidas pela secagem ao ar livre.

De acordo com Garbe (2006), o número de estufas destinadas à secagem da madeira de *Pinus* sp. cresceu exponencialmente dos anos 80 até os anos 2000, em função da crescente demanda por esse material, acompanhada da maior exigência do mercado consumidor.

Outro fator que deve ser considerado é o consumo de energia elétrica do processo de secagem, visto que o valor pago por esse serviço aumenta constantemente no Brasil. Segundo a FIRJAN (2014), o Brasil tornar-se-á o quarto país do globo com os custos mais altos de energia elétrica cobrados do setor industrial, ficando atrás apenas da Índia, Itália e Singapura. Em função disso, muitas empresas de beneficiamento de madeira de *Pinus* sp. voltaram suas atenções para essa variável do processo a fim de encontrar uma solução de redução do consumo; analisando, em algumas situações, até fontes alternativas de energia elétrica, como uso de geradores.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é realizar um estudo de caso em uma empresa que atua no ramo de secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm, visando dimensionar a capacidade de secagem das câmaras de secagem, avaliar o programa de secagem e determinar a taxa de secagem da madeira

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local de estudo

A empresa na qual foi desenvolvido o estudo atua há 60 anos no mercado madeireiro e é de cunho familiar. Seu processo de produção dispõe de três setores: desdobro primário, secagem da madeira serrada e beneficiamento. Localiza-se no município de Pelotas, Rio Grande do Sul.

A empresa atuou por muitos anos na produção moveleira em série, com foco na produção de camas e beliches de madeira maciça de *Pinus elliottii* Engelm. No entanto, devido às mudanças do cenário mundial que ocorreram nos últimos anos, a empresa mudou sua atuação passando a exercer suas atividades no fornecimento de madeira serrada de *Pinus elliottii* Engelm.

O fornecimento de energia elétrica é exclusivo da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), enquanto que a energia térmica é gerada pela própria empresa a partir de uma caldeira que utiliza os resíduos gerados no setor de desdobro primário como combustível. A planta industrial é dotada de seis estufas, para o estudo foi utilizada a 6 (Figura 1). Essa câmara é completamente automatizada e o sistema de controle é da Digisystem.

Figura 1. Câmara de secagem onde foram desenvolvidos os experimentos do estudo de caso.

Na empresa são produzidos dois produtos: blocos com 90 mm de espessura, 140 mm de largura e 2700 mm de comprimento, que foram denominados de produto 1; e tábuas de 21 mm de espessura, 125 mm de largura e 2500 mm de comprimento, que foram denominadas de produto 2.

A empresa utiliza madeira serrada de *Pinus* sp. A matéria prima é proveniente de florestas plantadas com cerca de 25 anos de idade, localizadas no município de Piratini, Rio Grande do Sul.

2.2 Avaliação das câmaras de secagem

Foram dimensionadas a capacidade de abastecimento de cada estufa da empresa através da equação 1. Calculou-se a capacidade de cada estufa considerando a secagem dos dois produtos fabricados pela empresa.

$$Cap = Vp * Np \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

Cap = Capacidade de abastecimento da estufa (m³);

Vp = Volume de madeira em cada pilha (m³);

N_p = Número de pilhas acomodadas no interior da estufa.

2.3 Avaliação do programa de secagem

Para esse parâmetro foram avaliados os programas de secagem utilizados pela empresa, verificando se os mesmos se encontravam adequados à espécie, dimensões das peças, teor de umidade final da madeira, tempo de secagem, bem como da qualidade final desejada.

2.4 Determinação da taxa de secagem

A taxa de secagem foi determinada para os dois produtos gerados na empresa: blocos de 90 mm de espessura e tábuas de 21 mm de espessura.

Para a determinação desse parâmetro, foram selecionadas aleatoriamente oito peças de cada produto, que foram identificadas, logo após determinou-se a massa úmida em balança digital com precisão de 0,1Kg. Em seguida mediu-se as dimensões das peças (largura, espessura e comprimento) com paquímetro digital e trena milimétrica para determinação da área superficial e, posteriormente, as peças foram submetidas ao processo de secagem. Após secagem, as peças de madeira dos dois produtos foram pesadas novamente em balança digital com 0,1kg de precisão para a obtenção da massa seca.

Calculou-se a taxa de secagem com base na fórmula apresentada por Santini (1980) (equação 2).

$$TS = \frac{mu - ms}{ms} \cdot \frac{As}{T} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

TS = taxa de secagem (%);

mu = massa úmida da peça (g);

ms = massa seca da peça (g);

As = área superficial da peça (cm²);

T = tempo de secagem (h).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Dimensionamento da capacidade das câmaras de secagem

Na tabela 1 são descritas as dimensões das peças as quais foram analisadas no estudo. A capacidade de secagem de cada estufa para os produtos gerados pela empresa.

Tabela 1. Descrição das dimensões e do volume das peças de madeira analisadas.

Produto	Espessura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Volume (m ³)	Quantidade por pacote
1	0,090	0,14	2,7	0,03402	72
2	0,021	0,125	2,5	0,00656	207

As estufas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 comportam, respectivamente, 21, 21, 27, 27, 27 e 21 pacotes tanto de peças de 90 mm de espessura quanto de 21 mm. A tabela 2 demonstra a capacidade das estufas para os dois produtos fabricados pela empresa.

Tabela 2. Capacidade das estufas em função das peças a serem secas.

Capacidade (m³)

Estufa Produto 1 Produto 2

1	51,44	28,52
2	51,44	28,52
3	66,13	36,66
4	66,13	36,66
5	66,13	36,66
6	51,44	28,52

Onde: Produto 1 = blocos com de 0,09x0,14x2,7 m de espessura, largura e comprimento, respectivamente; Produto 2 = tábuas com 0,021x0,125x2,5 m de espessura, largura e comprimento, respectivamente.

Verificou-se que a capacidade das estufas se altera consideravelmente em função do produto submetido ao o processo de secagem. Isso ocorre devido à diferença de volume ocupado por duas peças. Quando o produto 1 é seco, a capacidade da estufa é superior, visto que a quantidade de madeira sólida é maior, portanto a quantidade de espaços vazios no pacote é menor. O contrário ocorre na secagem do produto 2, onde a quantidade de espaços vazios nos pacotes é superior, visto que o volume das peças é menor e são usados mais separadores entre as peças de madeira. Martins (1988), salienta que a capacidade média das estufas de secagem utilizada no Brasil fica entre 25 e 50 m³ de madeira.

No entanto, a capacidade de abastecimento das câmaras, quando carregadas com tábuas de 21 mm de espessura, poderia ser otimizada se o comprimento das peças fosse de 2,7m. O que promoveria acréscimo da capacidade de abastecimento em 8%, ou seja 2,29 m³ para as que suportam até 21 pacotes por estufada; enquanto que nas estufas que suportam 27 pacotes, poderiam ser adicionados 2,95 m³ de madeira.

3.2 Avaliação do programa de secagem

Na tabela 3 encontra-se o programa utilizado para secagem do produto 1, enquanto que na tabela 4 localiza-se a programação das condições de secagem do produto 2.

Tabela 3. Programa de secagem utilizado para secagem do produto 1.

Temperatura (°C) Umidade (%)

Etapa	Bulbo	Seco	Úmido	Relativa	Equilíbrio
	Bulbo				
0 – 0% e 8 horas	60	60	99,9	24,5	Verde – 80% e 8 horas
80 – 70% e 12 horas	68	58	60,1	8,3	70 – 60% e 12 horas
– 50% e 12 horas	76	57	38,6	5,1	50 – 40% e 12 horas
30% e 12 horas	84	56	25	3,3	30 – 20% e 12 horas
					88
					55
					19,6
					2,7
					20 – 8% e
					0 horas
					92
					54
					15,3
					2,1
					5 horas
					92
					62
					24,7
					3
					Uniformização e 1 hora
					72
					42
					17,4
					2,9

Em função da espessura de 90 mm ser uma dimensão pouco usual, não foram encontrados na literatura programas de secagem compatíveis com esse tipo de produto. Todavia, a empresa informou que essa programação foi sendo aperfeiçoada na medida em que o processo era repetido, até que atingiu o tempo de secagem e na qualidade de produto desejada pelo cliente. Portanto, trata-se de um programa personalizado pela empresa, ou seja, que atende as suas necessidades e que não exige alterações em sua constituição.

Tabela 4. Programa de secagem utilizado para secagem do produto 2.

Etapa	Temperatura (°C) Umidade (%) Bulbo			
	Seco	Bulbo	Úmido	Relativa Equilíbrio
(Umidade da madeira)				

0 – 0% e 2 horas	46 46 99,9 25,6	0 – 0% e 4 horas	60 59 95 20,6
0 – 0% e 14 horas		60 52 64,8 9,7	
		0 – 0% e 8 horas	60 48 51,1 7,5
0 – 0% e 16 horas		20 – 8% e 0 horas	
0 – 0% e 12 horas		62 46 40,3 5,9	66 45 30,3 4,6 68 43
Verde – 20% e 3 horas		23,5 3,8 70 42 19,5 3,2	
0 – 0% e 5 horas	70 60 60,7 8,3	Uniformização e	
		1 hora	56 36 30 3

Quando comparado ao programa de secagem proposto por Andrade (2000), que visou secar tábuas de *Pinus caribea* com até 28 mm de espessura, a programação utilizada pela empresa para secagem de tábuas de 21 mm da mesma dimensão é muito mais agressiva. O mesmo é notado ao considerar o programa elaborado por Galvão e Jankowsky (1985), visto que o programa elaborado por tais autores confere ao processo condições mais amenas de secagem. No entanto, em função da secagem atender às exigências qualitativas pré determinadas pelo cliente comprador do produto, o programa de secagem foi classificado como adequado. Porém, poderiam ser adicionados ao programa de secagem comandos que considerassem não só o tempo, mas também a umidade da madeira para garantir a qualidade do produto final concomitantemente com potencialização de uma redução de tempo do processo; fazendo com que o consumo de energia elétrica seja reduzido e, por conseguinte, o custo do processo de secagem.

3.3 Determinação da taxa de secagem

Na Tabela 5 e 6 encontram-se a taxa de secagem do produto 1 e 2, respectivamente.

De acordo com a Tabela 5, a diferença da média dos valores referentes à taxa de secagem do produto 1 foi 30% de diferença, em função do processo de secagem ocorrer ou não de forma ininterrupta. Deve-se ressaltar que a carga composta pelo produto 1 e com uma taxa média de secagem de 0,00763 g/cm².h correspondeu à remoção de 151,24 kg de água da madeira por hora. Enquanto que com a taxa média de 0,00586 g/cm².h a quantidade de água evaporada por hora foi de 116,17 kg; ou seja, o processo de evaporação de água da madeira quando há paradas durante o ciclo é cerca de 23,2% mais lento, o que corrobora com Klitzke e Batista (2010), pois afirmam que diferenças aparentemente discrepantes nas taxas de secagem podem gerar consideráveis resultados na prática da secagem da madeira em grande escala.

Tabela 5. Taxa de secagem das amostras do Produto 1.

Peça	TS 1 (g/cm ² .h)	TS 2 (g/cm ² .h)
1	0,00784	0,006
2	0,00792	0,00608
3	0,00814	0,00624
4	0,00753	0,00578
5	0,00774	0,00594
6	0,00711	0,00546
7	0,00779	0,00599
8	0,00696	0,00534
Média	0,00762	0,00585

Onde: TS 1 – Taxa de secagem da madeira quando o processo de secagem ocorreu de forma ininterrupta. Levando 159 para secar o produto 1; TS 2 – Taxa de secagem da madeira quando o processo de secagem sofreu interrupções no horário da ponta. Levando 207 horas para secar o produto 1.

A diferença média entre os valores encontrados na taxa de secagem do produto 2, segundo a Tabela 6, foi de 15%, também em função de o processo de secagem ser contínuo ou sofrer paradas na ponta; quando a secagem desenvolveu-se sem interrupções, foram removidos 274,97 kg de água por hora, enquanto que quando houveram paradas, evaporaram 234,73 kg de água da madeira; uma diferença superior a 23%.

Tabela 6. Taxa de secagem das amostras do Produto 2.

Peça TS 1 (g/cm ² .h)	TS 2 (g/cm ² .h)
	1 0,00797 0,0068
	2 0,0089 0,00759
	3 0,00733 0,00626
	4 0,00814 0,00695
	5 0,00675 0,00576
	6 0,00859 0,00734
	7 0,00836 0,00714
	8 0,00822 0,007014
Média	0,00803 0,00687

Onde: TS 1 – Taxa de secagem da madeira quando o processo de secagem ocorreu de forma ininterrupta. Levando 70 horas para secar o produto 2; TS 2 – Taxa de secagem da madeira quando o processo de secagem sofreu interrupções no horário da ponta. Levando 82 horas para secar o produto 2.

Severo (1989) afirma que a taxa de secagem é proporcional à temperatura na qual a madeira é submetida durante a secagem. Contudo verificou-se que esse parâmetro foi superior nas tábuas com 21 mm de espessura mesmo com o processo utilizando temperaturas inferiores à secagem dos blocos com 90 mm da mesma dimensão durante todas as etapas do programa de secagem; indo de acordo com a afirmação de Martins et al. (2009), que afirmam que a taxa de secagem da madeira de *Pinus* sp. é inversamente proporcional a espessura das peças.

Santini e Haselein (2002) ressaltam que, além da temperatura e da espessura, a taxa de secagem da madeira de *Pinus* sp. também é diretamente influenciada pela umidade da madeira e a velocidade do ar. Contudo, a velocidade do ar não influenciou no processo, visto que todos os experimentos foram realizados na mesma câmara de secagem e a estufa não possui inversores de frequência. Portanto, a velocidade do ar em todos os cenários analisados foi constante.

4. CONCLUSÕES

- A capacidade de abastecimento das estufas foi 80% superior quando as mesmas foram carregadas somente com o produto 1;
- Os programas de secagem utilizados pela empresa foram considerados como adequados para a secagem de ambos os produtos;
- A taxa de secagem é inferior se o processo de secagem sofre paradas no horário de ponta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. **Indicação de programas de secagem convencional de madeiras**. 2000. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

BURGER, L. M.; RICHTER H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. v. 1. 155 p.

FIRJAN. Nota técnica nº 1/2014 – DDE/FIRJAN. 12 p.

GARBE, A. E. **Fatores Influentes na Secagem Convencional de *Pinus taeda* com ênfase em trincas superficiais**. 2006. 50p. Monografia (Bacharel em Engenharia Industrial

Madeira) –, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

GALVAO, A. P. M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 112p.

JANKOWSKY, I. P. ; GALINA, I. C. M. **Secagem de Madeiras**. São Paulo: USP, 2013. 39p. (Apostila).

KLITZKE, R. J.; BATISTA, D. J. Ensaio de taxa de secagem e escore de defeitos para a predição da qualidade de secagem convencional da madeira de *Eucalyptus*. **Scientia Florestalis**, n.85, p. 97-105, 2010.

KLITZKE, R.J. Secagem da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2007. cap. 7, p. 271-342.

MARTINS, M. F.; OLIVEIRA, L.S.; COELHO, B. S.; PEREIRA, M. L. **Taxa de secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. de diferentes espessuras**. In: Congresso de Iniciação Científica, 18., 2009, Pelotas.

MARTINS, V.A. **Secagem de Madeira serrada**. Brasília: IBDF, 1988. 56p.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. Curitiba: UFPR. 2005. 203p. (Apostila).

PONCE, R.H. ; WATAI, L. T. **Manual de secagem da madeira**. São Paulo: IPT/STI, 1985. 72p.

SANTINI, E. J.; HASELEIN, R. V. Efeito da temperatura e velocidade do ar sobre a taxa de secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Florestal**, v.12, n.2, p.99-106. 2002.

SANTINI, E. J. **Influência de temperatura na taxa de secagem e contração da madeira de *Pinus elliottii* proveniente de plantios de rápido crescimento**. Curitiba: FUPEF, 1980, 15 p. (Série técnica, n. 5).

SEVERO, E. T. D. **Efeito da temperatura e da velocidade do ar na secagem de madeira serrada de *Pinus elliottii***. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO NA LAMINAÇÃO DE *Pinus patula* SCHLTDL. & CHAM. EM TORNO DESFOLHADOR COM GARRAS

Pricilla Sozo¹
Karina Soares Modes¹
Magnos Alan Vivian¹
Rhayana Bareta¹
Rafael Schlichting¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina



AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO NA LAMINAÇÃO DE *Pinus patula* SCHLTDL. & CHAM. EM TORNO DESFOLHADOR COM GARRAS

Resumo: O trabalho teve como objetivo avaliar o rendimento em laminação de toras de *Pinus patula* Schltdl. & Cham., bem como determinar as perdas em cada etapa do processo. Para a laminação, foram utilizadas sete toras da espécie, retiradas das duas primeiras porções das árvores amostradas. As mesmas foram identificadas e tiveram mensurados a circunferência com casca nas duas extremidades e o comprimento, antes do aquecimento com vapor saturado, sendo que após um período de 12 horas sob esta condição, foram descascadas e tiveram a circunferência novamente aferida. Para cálculos das perdas em cada etapa do processo de laminação, as toras tiveram a circunferência aferida após arredondamento e na forma de rolo resto. As lâminas foram seccionadas em guilhotina rotativa, com largura padrão de 0,90 m e espessura de 1,5 mm, sendo que a cada três lâminas geradas aferiram-se o comprimento, largura e espessura. O rendimento efetivo foi de 44,0%. A perda em rolo resto foi responsável pela maior proporção de perdas registradas (24,0%), seguida da perda em arredondamento (18,0%) e da perda em descascamento (14,0%). O reduzido diâmetro das toras avaliadas (27,0 cm), as características do equipamento de laminação e o excessivo tempo de cozimento são fatores que podem ter contribuído para o baixo rendimento registrado.

Palavras-chave: lâminas, *Pinus spp.*, perdas

EVALUATION OF YIELD IN LAMINATION OF *Pinus patula* SCHLTDL. & CHAM. IN ROTARY CUTTING

Abstract: The objective of this work was to evaluate the laminating yield of *Pinus patula* Schltdl. & Cham., as well as determine the losses at each stage of the process. For the lamination, seven logs were taken from the first two portions of the sampled trees. It was identified and the diameter with bark was measured, before heating with saturated steam, and after a period of 12 hours under this condition, they were peeled and had the circumference again measured. For calculations of the losses at each step of the lamination the logs had the circumference measured after rounding and in the form of roll rest. The veneers were sectioned in a rotary guillotine, with a standard width of 0.90 m and a thickness of 1.5 mm. The length, width and thickness were measured on each three veneers produced. The effective yield was 44.0%. The loss in roll rest was responsible for the highest proportion of losses recorded (24.0%), followed by loss in rounding (18.0%) and loss in peeling (14.0%). The reduced diameter of the logs (27.0 cm), the characteristics of the rotary cutting and the excessive heating time are factors that may have contributed to the low registered yield.

Keywords: veneer, *Pinus spp.*, losses

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, atualmente, as florestas plantadas são a fonte principal de suprimento da demanda da cadeia produtiva florestal e de seus segmentos. Esses plantios são, principalmente, de espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (ACR, 2016). Em 2015, a área total de florestas plantadas no país correspondia a 7,8 milhões de hectares, sendo que destes 1,6 milhão de hectares correspondiam a plantios com *Pinus* (IBÁ, 2016).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Embora venha perdendo espaço para o *Eucalyptus* a nível nacional, na região sul, o *Pinus* ainda é o gênero mais plantado, ocupando cerca de 660 mil hectares, localizados principalmente na região serrana do estado de Santa Catarina (ACR, 2016). Nessa região, estão em destaque os plantios de *Pinus taeda* L. e algumas áreas com *Pinus elliottii* Engelm., em menor escala, devido à inviável utilização de sua madeira na produção de celulose, pelas suas propriedades físico-mecânicas e sua alta produção de resina (AGUIAR et al., 2011 apud GORSKI, 2014).

As espécies de *Pinus*, de modo geral, possuem diversos usos, como a produção de celulose de fibra longa, na qual Santa Catarina se destaca nacionalmente, produção de madeira serrada, fabricação de portas e de painéis de madeira. Os painéis, por sua vez, podem ser confeccionados a partir de partículas de madeira, ou então de lâminas, quando então recebem o nome de painéis compensados. A produção mundial de compensados tem crescido consideravelmente e se mostra como um mercado altamente promissor para países com matéria-prima em quantidade, contínua disponibilidade e competitividade nos custos. No Brasil, entretanto, de 2006 a 2013, a produção de compensados entrou em desaceleração, em função da crise nos setores industrial e de construção civil, sendo que a maior parte do que é produzido tem como fim a exportação (ACR, 2016).

As indústrias de compensados estão, em sua maioria, localizadas na região Sul do Brasil, devido à facilidade na obtenção de matéria-prima. Em Santa Catarina, as empresas se concentram nas regiões Norte e Oeste. Nesses locais, a maior oferta de madeira em toras se dá pela concentração dos plantios de *P. taeda*, que, por consequência, é a matéria-prima mais utilizada na fabricação de painéis compensados. No entanto, além do *P. taeda* L. e do *P. elliottii* Engelm., espécies tropicais do gênero *Pinus* surgem como alternativa para a produção de painéis compensados, principalmente pela necessidade de conhecimento de espécies com características diferenciadas, em comparação às espécies mais utilizadas para tais finalidades (IWAKIRI et al., 2012).

Nesse contexto, a espécie *P. patula* surge como opção. Sua madeira é considerada leve, de fácil trabalhabilidade e secagem, além de ter fácil impregnação e densidade semelhante a das espécies já utilizadas na laminação, que estão por volta de 0,40 a 0,50 g/cm³. Tais fatores são positivos para que sua laminação seja viável (AGROSOFT, 2000 apud ELEOTÉRIO; MELCHIORETTO, 2003). O *P. patula* ocorre naturalmente em alguns estados do México, porém, vem sendo plantada desde 1940 em outros países, tanto em trópicos como em zonas temperadas. Seu crescimento tem, provavelmente, uma das maiores taxas entre as espécies tropicais do gênero, embora tais taxas possam sofrer variações de acordo com a qualidade do sítio e o regime de manejo adotado. Porém, de forma geral, as características que a espécie apresenta possibilitam classificá-la como sendo de alto rendimento industrial (GILLESPIE, 1992). Além disso, em regiões de maiores altitudes, como a Serra da Mantiqueira em Minas Gerais, região Nordeste de São Paulo, Oeste de Santa Catarina e região serrana do Rio Grande do Sul, a espécie possui maior produtividade que o *P. taeda* L. (PINUSLETTER, 2009).

Como mencionado, a fabricação de painéis compensados compreende também a produção de lâminas. O processo de laminação, no entanto, envolve uma série de etapas nas quais ocorrem perdas de madeira que implicam, na maioria dos casos, em reduções significativas do volume inicial processado. Tais perdas estão relacionadas principalmente à qualidade da matéria-prima, como diâmetro e conicidade das toras, ocorrência de nós, densidade da madeira e tempo de cozimento. Além disso, fatores relacionados à regulação do maquinário e decisões tomadas pelo operador de torno e demais colaboradores envolvidos no processo têm influência direta no rendimento, principalmente com relação à geração de resíduos (OLANDOSKI, 2001).

Devido à importância da laminação e da produção de compensados para o estado de Santa Catarina e principalmente para a região Serrana, além da necessidade de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





conhecimento científico de espécies alternativas às mais utilizadas, o presente estudo teve como objetivo avaliar o rendimento em laminação de toras da espécie *P. patula*, em torno desfolhador com garras, bem como as perdas inerentes ao processo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Seleção do material

Para a realização deste estudo, foram utilizadas 7 toras da espécie *Pinus patula*, provenientes de desbaste de povoamento com 15 anos de idade, pertencente à empresa FRP Florestal, com sede no município de Ponte Alta do Norte - SC. O processo de laminação ocorreu em torno laminador com garras, nas instalações da empresa Madeireira Samistraro Ltda. Foram laminadas toras da primeira e segunda porção das árvores com comprimento de 2,4 m e diâmetro médio de 27 cm, com amplitude de 20,80 a 32,71 cm. A laminação, classificação e secagem das lâminas foram conduzidas de acordo com os procedimentos usuais utilizados pela empresa onde se deu o processamento do material.

2.2. Processo de laminação

Primeiramente, as toras foram identificadas e passaram por aferição da circunferência com casca das extremidades, e de seu comprimento, com a utilização de trena. Após esse procedimento, as toras foram submetidas ao aquecimento em vapor d'água, onde permaneceram por aproximadamente 12 horas, tempo padrão utilizado pela empresa. Passado o período de cozimento, as mesmas foram descascadas manualmente e novamente mensuradas a circunferência nas duas extremidades.

A laminação das toras se deu em torno desfolhador com garras, no qual foram produzidas lâminas com comprimento de 2,30 metros e espessura de 1,5 mm. O torno foi ajustado com ângulo de faca de 91°, rotação do motor de 1200 rpm e pressão do contra-rola de 5 MPa.

No processo de laminação, as toras foram submetidas ao desenrolamento até que adquirisse formato cilíndrico, etapa na qual se fez nova mensuração da circunferência nas extremidades da tora. Na sequência, foi conduzido o desenrolamento contínuo da tora até a capacidade permitida pelas garras do torno, gerando como resíduo do processo o rolo resto que da mesma forma teve quantificada a circunferência.

Durante o desenrolamento contínuo, as lâminas foram transportadas por esteiras até a guilhotina rotativa, para o seccionamento na largura padrão de 0,90 m. A classificação e enfardamento das lâminas foram feitas de forma automatizada.

Finalizado o processo de laminação, a cada três lâminas produzidas foram mensuradas a largura e comprimento, com a utilização de trena, além da espessura em seis pontos distintos ao longo das bordas das lâminas, com a utilização de um paquímetro digital. Posteriormente, as lâminas foram conduzidas à secagem, que foi realizada por meio da exposição das mesmas ao ar sob cobertura até que atingissem a umidade de 12%.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Na Figura 1 constam algumas etapas do processo de avaliação.



Figura 1. Etapas do processo de avaliação do rendimento em laminação. (a) Toras após o processo de cozimento em tanques de vapor, (b) Toras após o desenrolamento até a forma cilíndrica, (c) rolo resto obtido ao fim da laminação, (d) mensuração das dimensões das lâminas.

Fonte: os autores.

2.3. Determinação do rendimento em laminação

O volume das toras considerando a presença e ausência de casca, após arredondamento e do rolo resto resultante do processo de laminação foi calculado considerando a Equação 1. Para auxiliar no cálculo do rendimento em laminação, foi calculado também o volume total de lâminas inteiras e segregadas obtidas de cada tora (Equação 2) e a perda em arredondamento (Equação 3). A partir desses dados foi possível determinar a percentagem de participação das perdas na redução do rendimento, considerando o volume da tora com casca como referência. A perda em descascamento foi considerada no presente estudo tomando por base os trabalhos realizados por Santos et al. (2015) e Bortoletto Junior e Belini (2002). O rendimento quantitativo total de lâminas do fardo foi calculado pela Equação 4. Para avaliação do ajuste do torno laminador com relação à uniformidade da espessura, foi calculado o coeficiente de variação entre os valores encontrados. Também foi calculado o fator de forma das toras a partir do volume das toras antes e após o arredondamento (volume do cilindro).

$$V = \frac{\pi \times d^4}{40000} \times L \quad (1)$$

Em que: V = Volume da tora (m^3);

d = Diâmetro médio (cm);

L = Comprimento da tora (m)

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





$$V = C \times L \times E \quad (2)$$

Em que: $V =$ Volume do fardo (m^3);
 $C =$ Comprimento da lâmina (m);
 $L =$ Largura da lâmina (m);
 $E =$ Média da espessura da lâmina (m)

$$Pa = \text{Volume da tora} - \text{Volume do cilindro} \quad (3)$$

Em que: $Pa =$ Perda no arredondamento (m^3);
Volume da tora = Volume da tora considerando a casca (m^3);
Volume do cilindro = Volume da tora após arredondamento (m^3)

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Volume de lâminas (m}^3\text{)}}{\text{Volume da tora com casca (m}^3\text{)}} \times 100 \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 constam as porcentagens de rendimento efetivo na laminação e as perdas no descascamento, arredondamento e no resíduo do processo (rolo resto).

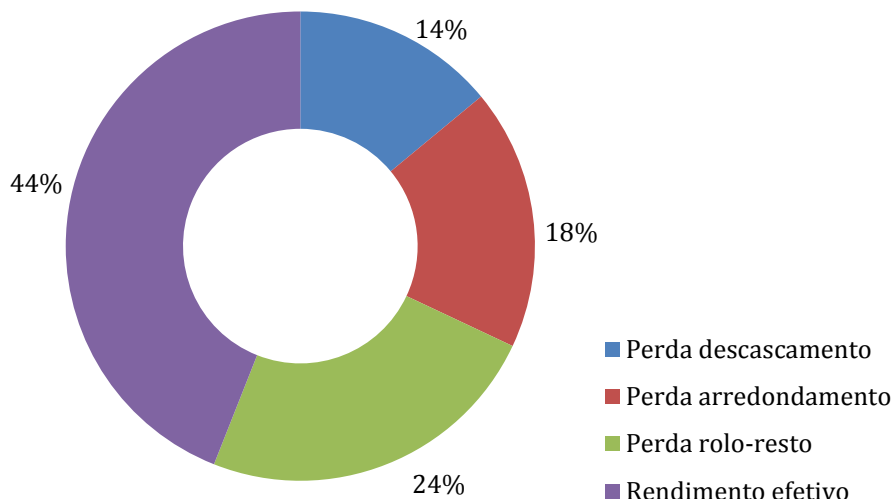


Figura 2. Percentuais de perdas e rendimento em laminação de *Pinus patula*.

Com relação ao ajuste do torno, o coeficiente de variação médio (CV) para as espessuras foi de 2,4%. Esse valor é inferior ao encontrado por Modes et al. (2014) na laminação de *Schizolobium amazonicum* em torno tracionado (3,27%) e Bortoletto Júnior (2008), ao



laminar *Pinus merkusii* em torno de garras (6%), indicando assim uma boa regulação do torno utilizado no presente estudo.

O rendimento médio efetivo na laminação de toras de *Pinus patula* com diâmetro médio de 27 cm foi de 44%, sendo que a maior perda média no processo se deu pelo resíduo do processo, ou seja, o rolo resto (24,0%), seguido da perda no arredondamento (18,0%) e do descascamento (14,0%).

A porcentagem de rendimento efetivo é próxima a registrada por Bonduelle et al. (2006) (48%) ao avaliar a laminação de toras de *Pinus* spp, com diâmetro médio de 29 cm, portanto, pouco superior ao do presente estudo. Segundo os referidos autores, o rendimento em laminação de toras com maiores diâmetros é maior em relação às toras com menor diâmetro devido ao maior aproveitamento da faixa diamétrica da parte externa da tora até o rolo resto, uma vez que o diâmetro do rolo resto é função do tipo de equipamento (torno).

A perda relativa ao rolo-resto foi alta e diferente dos resultados encontrados na literatura com torno laminador de mesmas características tais como Almeida et al. (2014) (15,11%) com a madeira do híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e Bortoletto Júnior (2008) com a laminação de *Pinus merkusii* (7,1%). De modo geral, a maioria das indústrias trabalha com um diâmetro médio do rolo resto de 10 cm (BONDUELLE et al., 2006) e o diâmetro médio do rolo resto foi de aproximadamente 13 cm no presente estudo.

A maior perda em rolo resto observada no presente estudo, além de ser atribuída ao tipo de equipamento utilizado (torno de garras), foi influenciada pelo acondicionamento conferido às toras. Como já descrito, as toras foram submetidas a aquecimento de acordo com os padrões utilizados na empresa, que trabalha com laminação de *P. taeda* e *P. elliottii*, com idade mínima de 22 anos, idade que a madeira passa então a apresentar melhores propriedades físicas e mecânicas. Dessa forma, durante o processo de laminação foi possível observar que as toras de *P. patula* passaram por um cozimento excessivo para as características que possuía.

Enquanto a tora era rotacionada e comprimida pelo contra-rolo, foi possível observar o escorrimento de água, o que indica um alto teor de umidade da madeira na ocasião da laminação. Esse fato pode acarretar no rompimento das células, já que parte da água livre é forçada a sair da madeira pela alta velocidade e compressão durante o corte, causando o fendilhamento e superfície irregular das lâminas (HASELEIN; PAULESKI, 2004). Portanto o amolecimento excessivo da madeira levou a perda de resistência, o que implicou na decisão do operador de finalizar a laminação com rolo-resto de maiores diâmetros, a fim de evitar que os mesmos quebrassem enquanto eram rotacionados.

A perda no descascamento foi muito semelhante a registrada por Bortoletto Júnior (2008) que obteve perdas da ordem de 13,5%. No presente estudo a perda no descascamento foi responsável pela menor participação das perdas no processo (14%). Segundo Almeida et al. (2014) na medida em que a casca obviamente não pode ser convertida em lâminas de madeira, o baixo rendimento de laminação da madeira do híbrido calculado com a casca inclusa é de importância secundária. A perda em descascamento reflete o teor de casca das espécies, sendo tal informação relevante para as indústrias, principalmente para as que utilizam a casca como biomassa para caldeira. Os percentuais de casca, bem como sua composição que varia entre espécies, inferem sobre a decisão em utilizar os resíduos incluindo ou não a casca, uma vez que os diferentes resíduos influenciarão diretamente no poder de geração de calor e no modelo de caldeira a ser utilizado pela empresa (BRAND et al., sd).

As perdas em arredondamento são superiores nos casos em que o diâmetro médio da ponta grossa é muito superior ao diâmetro médio da ponta fina, ou seja, quando as toras são mais cônicas. A conicidade das toras, expressa pelo fator de forma, influi significativamente no rendimento em lâminas verdes, ou seja, quanto mais cilíndrica a tora,



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

maior o aproveitamento (BONDUELLE et al., 2006). O fator de forma médio para as toras laminadas, de 1,27, pode ter contribuído para o bom rendimento encontrado na laminação, levando em consideração a menor perda em madeira no processo de arredondamento (18%). Quando relacionada ao fator de forma, foi possível observar que as toras que obtiveram maior fator de forma foram as que apresentaram maiores perdas no arredondamento, podendo-se concluir, portanto, que a conicidade das toras foi o fator de maior influência no processo. Bonduelle et al. (2006), na avaliação da laminação de *Pinus* spp. em diferentes indústrias do estado do Paraná, encontrou um fator de conicidade médio de 0,90, bem próximo ao cilindro perfeito, representado pelo fator de forma igual a 1, o que implicou em um rendimento superior.

4. CONCLUSÕES

O rendimento médio na laminação de toras de *P. patula* com diâmetro médio de 27,0 cm foi de 44,0%.

A perda em rolo resto foi a maior responsável pela redução no rendimento em lâminas, com 24%, seguida da perda em arredondamento (18%) e da perda no descascamento (14%).

Embora procedente de desbaste e, portanto, de qualidade inferior, o rendimento registrado para as toras de *P. patula* avaliadas demonstra sua viabilidade técnica na produção de lâminas.

São necessários estudos a fim de definir o tempo ótimo de cozimento de toras da espécie, considerando a amplitude de diâmetro avaliada, a fim de verificar possíveis ganhos em rendimento.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu agradecimento à empresa FRP Florestal, pela doação das toras utilizadas no estudo, e também à Madeireira Samistraro Ltda, pela execução da laminação.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, N. F.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; MENDES, R. F.; SURDI, P. G. Produção e avaliação da qualidade de um híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. FLORESTA E AMBIENTE, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 261-268, 2014.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS – ACR. Anuário Estatístico de Base Florestal para o estado de Santa Catarina 2016 (Ano Base 2015). Lages: ACR, 2016. 105p.

BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; CHIES, D.; MARTINS, M. D. Fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus* spp. FLORESTA E AMBIENTE, Seropédica, v. 120, n. 2, p. 35-41, 2006.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas. SCIENTIA FLORESTALIS, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 95-103, 2008.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





BORTOLETTO JÚNIOR, G.; BELINI, U. L. Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de Guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. CERNE, Lavras, v. 8, n. 2, p. 1 – 16, 2002.

BRAND, M. A.; COSTA, V. J.; DURIGON, A.; AMORIM, M. Determinação das propriedades energéticas de resíduos de madeira em diferentes períodos de armazenamento. Disponível em: <<http://www.tractebelenergia.com.br/wps/wcm/connect/304a87b4-66c9-4dbc-9494-b4e6896c4328/numero3.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=304a87b4-66c9-4dbc-9494-b4e6896c4328>>. Acesso em 12 jul. 2017.

ELEOTÉRIO, J. R; MELCHIORETTO, D. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. In: XVIII CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 13, Itajaí, SC. Anais...Itajaí: XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica, 2003. 5p.

GILLESPIE, A. J. R. *Pinus patula* Schiede and Deppe. Patula pine. New Orleans: Forest Service, 1992. 5p.

GORSKI, L. Painéis de partículas orientadas (OSB) da madeira de *Pinus* spp. e *Eucalyptus bethamii*. 2014. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

HASELEIN, C. R.; PAULESKI, D. T. Caderno Didático da Disciplina de Tecnologia da Madeira II: Parte I – Adesivos, Lâminas e Compensados. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 80p. 2004.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. Relatório Ibá 2016. São Paulo, 2016. 96p.

IWAKIRI, S; MATOS, J. L. M; FERREIRA, E. S; PRATA, J. G; TRIANOSKI, R. Produção de painéis compensados estruturais com diferentes composições de lâminas de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea*. REVISTA ÁRVORE, Viçosa - MG, v. 36, n. 3, p. 569-276, 2012.

MODES, K. S.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; SANTOS, L. M.; VIVIAN, M. A. Rendimento em laminação da madeira de *Schizolobium amazonicum* em torno desfolhador do tipo tracionado. CIÊNCIA DA MADEIRA, v. 5, n. 2, p. 151-157, 2014.

OLANDOSKI, D. P. Rendimento, resíduos e considerações sobre melhorias no processo em indústria de chapas compensadas. 2001. 105f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

PINUSLETTER. Os *Pinus* no Brasil: *Pinus patula*. 2009. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_15.html>. Acesso em 12 mai. 2017.

SANTOS, A. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MARTINS, E. H.; LIMA, J. V.; PROTASIO, T. P. Rendimento efetivo em laminação de madeira de *Pinus oocarpa* cultivada no estado de Minas Gerais. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Goiânia – GO, v. 11, n. 21, p. 1662-1670, 2015.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE EM TÁBUAS DA MADEIRA DE MARUPÁ (*Simarouba* spp.)

Lucas de Jesus Barbosa¹
WILZA CARLA SANTOS E SOUSA¹
Eliza Chaves Loschiavo Reuwsaat¹
Luiz Felipe Santos Cardoso¹
HELLEN DA SILVA LOPES¹
SELMA LOPES GOULART²

¹ Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas, Pará, Brasil.

² Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas, Pará, Brasil.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE EM TÁBUAS DA MADEIRA DE MARUPÁ (*Simarouba* spp.)

Resumo: O teor de umidade da madeira é uma característica física muito importante, e o seu acompanhamento durante o processo de secagem é necessário para sua trabalhabilidade e utilização para diferentes consumidores finais, a exemplo dos produtores de madeira serrada. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo determinar o teor de umidade de tábuas de marupá (*Simarouba* spp.), bem como verificar a influência da posição nas peças e das tábuas na pilha durante o processo de secagem da madeira comercializada no município de Parauapebas – PA. Foram selecionadas 3 tábuas da madeira de marupá em três posições da pilha, das quais foram retiradas amostras das extremidades e do centro das peças. Após esse procedimento, foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 3,0 cm x 5,0 cm x 8,0 cm, nas direções tangencial, radial e axial, respectivamente, usados na determinação da umidade pelos métodos do medidor elétrico resistivo e gravimétrico. Houve diferenças significativas em nível de 5% de significância para a propriedade umidade em relação os fatores posição na pilha e posição na peça. Para a determinação da umidade os métodos medidor elétrico resistivo e gravimétrico não apresentaram diferenças significativas. Os valores médios do teor de umidade das tábuas, variou de 18,79% a 65,38%. A tábua retirada do meio da pilha apresentou maiores valores de umidade, diferindo estatisticamente das demais posições. Conclui-se que, a posição na pilha e na peça da madeira influencia o teor de umidade, além disso, recomenda-se o uso do medidor elétrico para a mensuração dessa propriedade.

Palavras-chave: Amazônia, processo de secagem, medidores de umidade, teor de umidade.

EVALUATION OF MOISTURE CONTENT IN TABLES OF MADEIRA DE MARUPÁ (*Simarouba* spp.)

Abstract: The moisture content of wood is a very important physical feature and its accompaniment during the drying process is necessary for its workability and use for different final consumers, such as the lumber producers. In this context, the present study had as objective to determine the moisture content of marupá (*Simarouba* spp.) Boards, as well as to verify the influence of the position in the pieces and of the boards in the pile during the drying process of the wood commercialized in the municipality of Parauapebas - PA. Three boards of the wood of marupá were selected in three positions of the pile, from which samples were taken from the extremities and the center of the pieces. After this procedure, specimens measuring 3.0 cm x 5.0 cm x 8.0 cm in the tangential, radial and axial directions were used, respectively, used in the determination of moisture by the methods of the resistive and gravimetric electric meter. There were significant differences at the 5% significance level for the moisture property relative to the position and pile position factors in the piece. For the determination of the humidity, the electrical resistive and gravimetric methods did not present significant differences. The mean values of the moisture content of the boards ranged from 18.79% to 65.38%. The plank removed from the middle of the pile had higher values of humidity, differing statistically from the other positions. It is concluded that the position in the pile and the piece of wood influences the moisture content, in addition, it is recommended to use the electric meter to measure this property.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Keywords: Amazon, drying process, moisture meters, moisture content.

1. INTRODUÇÃO

O teor de umidade da madeira é uma característica física muito importante, e o seu acompanhamento durante o processo de secagem é necessário para sua trabalhabilidade e utilização para diferentes consumidores finais, a exemplo dos produtores de madeira serrada. O processo de secagem consiste de uma técnica que visa à redução do teor de umidade da madeira, com objetivo de levá-la até um determinado ponto, com um mínimo de defeitos e no menor tempo possível (ANJOS et al., 2011).

Para Jankowsky (1996), a secagem adequada da madeira serrada, antes da sua transformação em bens e produtos, é reconhecidamente a fase mais importante de todo o processamento que visa agregar valor ao produto final. Como qualquer etapa do processamento, deve ser conduzida de forma racional e criteriosa, a fim de se obter produtos competitivos e com considerável padrão de qualidade.

Segundo Aguirre (2010), o teor de umidade é uma importante variável na avaliação da qualidade da madeira e seu devido controle mostra-se fundamental em alguns segmentos. A indústria moveleira de madeira maciça é um exemplo onde a utilização de matéria prima com o teor de umidade inadequado pode causar inúmeros problemas acarretando inclusive na inutilização do produto final. O controle desta variável mostra-se, portanto, como a melhor alternativa de prevenção de defeitos.

Muitas vezes quando a madeira está serrada, ela contém consideráveis quantidades de umidade. A saída irregular da umidade causará defeitos e se for mantida acima de certos valores a madeira ficará sujeita a ataques por fungos manchadores e apodrecedores. Por estas e outras razões é necessário realizar um controle adequado da umidade, pois fazendo uso desse material, fora dos padrões de trabalhabilidade, esse insumo pode tornar-se impróprio pode tornar esse insumo impróprio para a fabricação de móveis, ocasionando dessa forma, grandes problemas para a indústria moveleira (KLITZKE, 2008).

A maneira mais prática e barata de secar madeira é àquela ao ar livre. De acordo com Gatto (2002), a secagem natural ou ao ar livre consiste em empilhar a madeira em local ventilado e, preferencialmente, coberto, a fim de evitar a incidência direta dos raios solares e da chuva, fazendo-se o controle do teor de umidade em intervalos regulares até que ela atinja o valor desejado, geralmente, em razão do uso final a que a madeira se destina ou das condições climáticas da região.

Desse modo, existem vários métodos para verificar o teor de umidade durante o processo de secagem das madeiras, alguns são precisos, porém, não são imediatos, outros permitem a obtenção de uma rápida resposta, mas apresentam precisão contestada pela literatura. O método mais utilizado para determinar o teor de umidade da madeira é o preconizado pela norma da ABNT NBR 14929 (ABNT, 2003), também chamado de método gravimétrico, porém ele tem como desvantagens o fato de ser destrutivo e exigir muito tempo para se obter a resposta. Deve ser salientado que existem outros métodos para determinar o teor de umidade da madeira, por exemplo, os medidores elétricos, que proporcionam resposta imediata, porém esses não foram desenvolvidos para fazer a leitura da umidade com teores acima de 30%.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Neste sentido, a determinação precisa e imediata do teor de umidade durante o processo de secagem da madeira é imprescindível para a obtenção de produtos com qualidade e com menores perdas de matéria-prima, com grande vantagem econômica.

Nesse contexto, visando obter informações para otimizar o processo de secagem natural de madeira serrada, o presente estudo teve como objetivo determinar o teor de umidade de tábuas de marupá (*Simarouba* spp.), bem como verificar a influência da posição nas peças e das tábuas na pilha durante o processo de secagem da madeira comercializada como marupá em uma movelaria, no município de Parauapebas – PA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

Para a realização desse estudo, o material coletado foi proveniente de uma movelaria, presente no polo moveleiro, localizado no município de Parauapebas – PA, latitude 06° 03' 03.30" sul e a uma longitude 49° 52' 34.40". O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com período seco de junho a outubro e chuvoso de novembro a maio. A precipitação média anual varia em torno de 2.000 mm, com temperatura média anual de 26,35°C e umidade relativa do ar entre 70 e 85% (IDESP, 2014). O mapa de localização do município de Parauapebas – PA encontra-se na Figura 1.

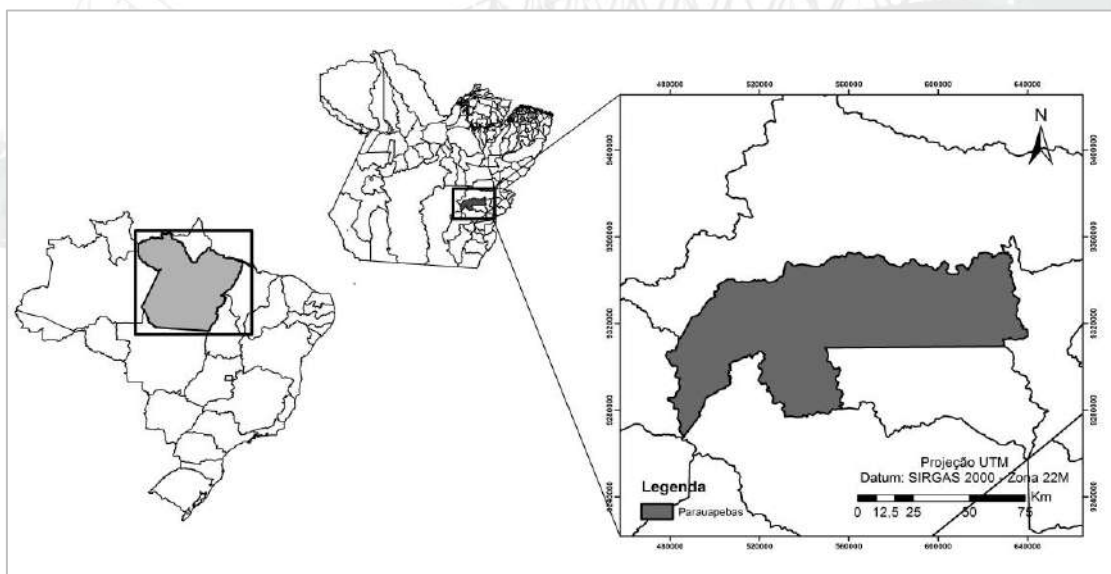


Figura 1. Município de Parauapebas – PA, local onde foi realizado o estudo.

Fonte: autores (2017).

O experimento foi conduzido no galpão da movelaria com tábuas de marupá (*Simarouba* spp.) obtidas por meio de desdobramento com o auxílio de uma serra de fita, sendo adotado o sistema de cortes tangenciais para a obtenção das tábuas, conforme recomendações de Ferreira et al. (2004). As tábuas apresentavam dimensões nominais de aproximadamente 5 cm (espessura), largura variável e

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

comprimento mínimo de 4 metros. Posteriormente, as tábuas foram empilhadas em um lote de 45 unidades, formando uma pilha que em seguida foi submetida à secagem ao ar livre em um galpão coberto e ventilado.

A pilha foi disposta transversalmente à direção predominante dos ventos, distanciada 1,5 m das laterais do galpão de secagem. As 45 tábuas foram empilhadas sobre suportes de madeira a uma distância de 30 cm entre o solo e a primeira camada de tábuas, de acordo com a metodologia descrita por Martins et al. (1985).

2.2 Preparo e confecção dos corpos de prova

Em cada posição da pilha (superior, meio e inferior) foi selecionado uma tábua, totalizando 3 tábuas da madeira de marupá, das quais foram retiradas amostras das extremidades e do centro das peças. Após esse procedimento, com auxílio de uma serra circular de bancada, foram confeccionados cinquenta e quatro corpos de prova com dimensões nominais de 3,0 cm x 5,0 cm x 8,0 cm, nas direções tangencial, radial e axial, respectivamente, usados imediatamente para a determinação da umidade em que as tábuas se encontravam durante o processo de secagem (Figura 2).

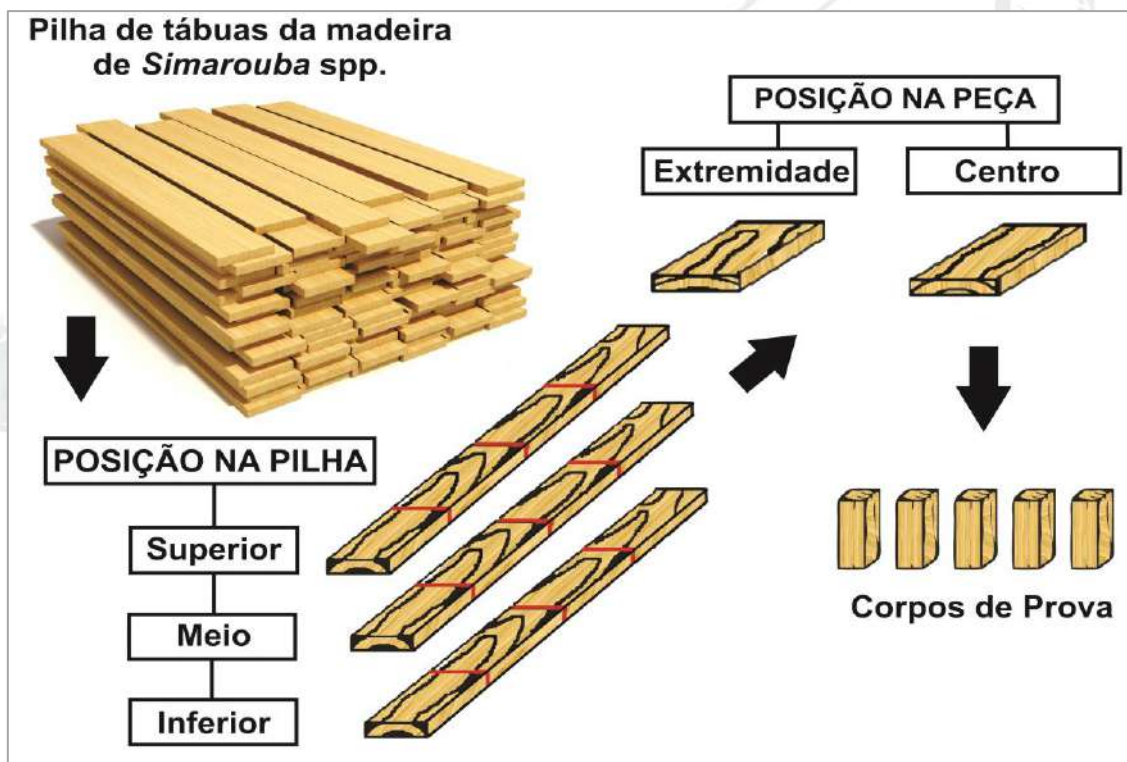


Figura 2. Esquema de retirada de amostras para a avaliação do teor de umidade em tábuas da madeira de marupá (*Simarouba* spp.).

Fonte: autores (2017).

Para determinação da umidade foram utilizados dois métodos: medidor elétrico resistivo e método gravimétrico. O medidor elétrico utilizado para aferir a umidade da madeira foi o Medidor Elétrico de Umidade Portátil, modelo MU-626. O equipamento fornece leituras do teor de umidade na área imediatamente em contato com as

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

agulhas do eletrodo, indicando o ponto com teor de umidade mais elevado na profundidade percorrida.

Para propiciar a passagem da corrente elétrica no interior dos corpos de prova, introduziram-se dois eletrodos com 12 mm de comprimento, distantes 30 mm entre si, de modo que cada pólo ficasse paralelo à grã da madeira, permitindo determinar continuamente o teor de umidade. Foram realizadas medidas nos corpos de prova, sendo duas no sentido transversal e uma no sentido radial, a média destes valores corresponde à umidade inicial do material. Em seguida, foram acondicionados em sacos plásticos para preservar a umidade e levados para o laboratório de produtos florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas.

Para a determinação do teor de umidade pelo método gravimétrico os corpos de prova foram pesados em uma balança eletrônica (resolução 0,01g; $\pm 0,005g$), visando à determinação da massa úmida (MU), em seguida, foram mantidos em estufa a aproximadamente 100°C e depois pesados novamente até atingirem massa constante, obtendo-se a massa seca (MS).

Com base na MU e MS, determinou-se o teor de umidade das amostras, através do uso da equação (1):

$$U\% = \frac{MU-MS}{MS} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

U% – Umidade da madeira (%);

MU – Massa úmida (g);

MS – Massa da madeira anidra (g).

2.3 Análise dos dados

A avaliação dos resultados foi realizada aplicando-se um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3 x 2), em que os fatores avaliados foram as posições das tábuas na pilha com três níveis (superior, meio e inferior) e as posições nas tábuas com dois níveis (extremidade e centro).

Para a análise comparativa entre os métodos de determinação da umidade os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F, em nível de 5% de significância. Observado os efeitos significativos nas interações, foi aplicado o teste Tukey, em nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram feitas por meio do *software* R, versão 3.1.3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

3.1 Métodos de determinação do teor de umidade da madeira

O medidor elétrico resistivo e o método gravimétrico não apresentaram diferenças significativas em nível de 5% de significância para a determinação do teor de umidade. Desse modo, recomenda-se a utilização do medidor elétrico, visto que este apresenta vantagens com relação à praticidade e rapidez. Segundo James (1988) a maioria dos medidores elétricos de umidade, quando apropriadamente utilizados, fornece uma estimativa do teor de umidade rápida e suficientemente precisa para a maioria dos casos, quando abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF). Já Simpson (1991), ressalta que 7% é o limite inferior para que as medidas do teor de umidade sejam válidas.

Simpson (1991) afirma que o PSF para as espécies em geral situa-se em torno de 30%, desse modo, para determinações acima do PSF, esses aparelhos têm uma menor precisão, restringindo assim sua utilização. A perda de precisão das estimativas de teor de umidade acima do PSF é explicada por Galina (1997). O autor relata que com o aumento do teor de umidade, a partir do PSF até a completa saturação da estrutura da madeira, a diminuição da resistividade elétrica é menor e sua determinação incorre em erros.

3.2 Teor de umidade da madeira

Os valores médios do teor de umidade da madeira de marupá (*Simarouba* spp.) encontrados na pilha de tábuas (Figura 3), variou de 18,79% a 65,38% e apresentaram coeficientes de variação de 19,34% e 3,65%, respectivamente. Segundo Pimentel Gomes (1985), na devida ordem, são classificados como médio e de baixa dispersão de dados, que associados ao desvio padrão indicam menor variabilidade e maior homogeneidade quanto à distribuição de umidade. Todavia, quando analisada a média geral de umidade (33,05%) e o coeficiente de variação de (58,43%), fica evidente, uma variabilidade dos dados muito alta, que pode estar associado ao padrão de organização da pilha e/ou a ausência de espaços entre as peças.

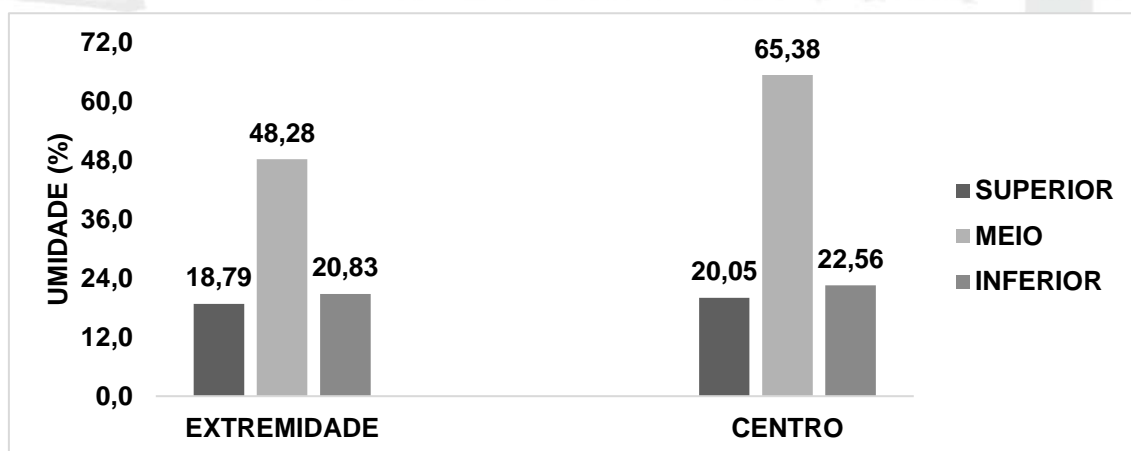


Figura 3. Médias da umidade de tábuas da madeira de marupá (*Simarouba* spp.) de acordo com sua posição na pilha e na peça.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

De acordo com a Figura 3, os valores médios de umidade para a tábua localizada no meio da pilha tanto na extremidade (48,28%) quanto no centro da peça (65,38%) são elevados em relação as demais posições, apresentando disparidades, que podem ser justificadas conforme as observações de Coelho (2010) que destaca a ineficácia do processo de secagem é decorrente da rápida perda de umidade superficial e da lenta movimentação da umidade interna para a superfície.

As tábuas localizadas nas posições superior e inferior da pilha, apresentaram menores médias de umidade próximas da umidade de equilíbrio em torno de 15%, que segundo Galvão (1975) que pesquisou o teor de umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil, encontrou o valor mínimo de 9,6% e o máximo de 21%. No entanto a posição do meio da pilha apresenta média de umidade (56,83%) acima do ponto de saturação das fibras.

Vale ressaltar que o uso de técnicas rudimentares ou o não monitoramento do teor de umidade da madeira, em conjunto com os erros mais frequentes no empilhamento da madeira e a falta de tecnologias apropriadas de secagem controlada são fatores que podem resultar na maior propensão a defeitos nas peças de madeira e no maior tempo de secagem, causando a baixa qualidade da madeira comercializada. De acordo com Marques (2008), o mercado externo é bastante exigente com relação à qualidade da madeira, a qual deve ser seca e isenta de defeitos, de modo a possibilitar a agregação de valor.

Desse modo, a fim de se promover uma maior homogeneização da umidade das tábuas de marupá, faz-se necessário atentar para o correto método de empilhamento durante a secagem ao ar livre, deixando espaços para a ventilação entre as peças na pilha além de alinhar corretamente os tabiques. É importante salientar que o método de empilhamento e a disposição das pilhas no pátio de secagem são fatores essenciais para a obtenção de material com boa qualidade final (SIMPSON, 1991). Além disso, a secagem deve durar até que a umidade da madeira esteja equilibrada com a umidade do ambiente (FAGUNDES, 2003).

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de umidade das amostras de acordo com suas posições na pilha e na peça. A análise de variância demonstrou que houve diferenças significativas segundo o teste F, em nível de 5% de significância, em relação a propriedade física umidade para os fatores posição na pilha e posição na peça. A interação entre esses dois fatores também se mostrou significativa. No presente estudo optou-se por apresentar apenas as comparações entre as médias.

Tabela 1. Médias da umidade das amostras da madeira de marupá (*Simarouba spp.*) de acordo com suas posições na pilha e na peça

POSIÇÃO NA PILHA	POSIÇÃO NA PEÇA	
	Extremidade	Centro
Superior	18,79 a	20,05 a
Inferior	20,83 a	22,56 a
Meio	48,28 b	65,38 c

Obs.: Médias seguidas por mesmas letras minúsculas, não diferem significativamente pelo teste Tukey em nível de 5% de significância.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Na comparação entre as posições na pilha, as tábuas de marupá (*Simarouba* spp.) apresentaram maiores valores de umidade no meio da pilha, diferindo estatisticamente das demais posições. Em relação às posições na peça as médias de umidade no centro se mostraram sempre superiores em comparação com a extremidade.

Esse comportamento desuniforme da umidade afeta negativamente o processo de secagem da madeira, que segundo Andrade (2000) trata-se de uma fase com grande importância entre os processos de transformação da madeira e se sua condução ocorrer de forma correta propicia melhoria das características de trabalhabilidade, além da diminuição da movimentação dimensional e da possibilidade de ataque de fungos e insetos.

4. CONCLUSÕES

A determinação do teor de umidade da madeira de marupá (*Simarouba* spp.) durante o processo de secagem permitiu as seguintes conclusões:

A pilha de tábuas em estudo apresentou heterogeneidade em relação a propriedade física umidade, diferindo estatisticamente em nível de 5% de significância, para os fatores posição na pilha e posição na peça.

A tábua localizada no meio da pilha apresentou os maiores teores de umidade, diferindo das demais posições. Esse comportamento desuniforme da umidade afeta negativamente o sucesso do processo de secagem da madeira.

A mensuração pelo medidor elétrico não apresentou diferença significativa quando comparado ao método gravimétrico. Desse modo, é viável a utilização da medição por corrente elétrica para determinação da umidade da madeira de marupá em substituição ao método convencional.

Dessa forma, pode-se confirmar a importância de analisarmos o teor de umidade da espécie, para proporcionar uma secagem ótima e eficiente, além da obtenção de um produto final com maior valor agregado. Além do mais, sugere-se designar maior atenção na instalação de pátios de secagem ao ar livre e no preparo do empilhamento, visto que diversas falhas estão presentes, sendo essas, entretanto, de fácil correção.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Polo moveleiro de Parauapebas – PA, pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, A. L. de M. Avaliação de medidores dielétricos de umidade da madeira utilizados na indústria moveleira. Monografia de graduação (Graduação em

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

ANDRADE, A. de. Indicação de programas para a secagem convencional de madeiras. Dissertação. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2000.

ANJOS, V. de. A. dos. Stangerlin, D. M., Sander, A., Botin A. A., Tenutti, J. Nilton Nunes dos Santos Filho¹, N. N. S., Braga, R. Caracterização do processo de secagem da madeira nas serrarias do município de Sinop, Mato Grosso. *Ciência da Madeira, Pelotas*, v. 02, n. 01, p. 53-63, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11941: Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

COELHO, C. A. S. Qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis*, procedente da região sul do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2010.

FAGUNDES, H. A. V. Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. Dissertação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de método de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones *Eucalyptus* spp. *Cerne, Lavras*, v. 10, n. 1, p. 10-21, jan./jun. 2004.

GALINA, I. C. M. Variação da resistência elétrica em madeiras visando o grupamento de espécies. 1997. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/ Ciência e Tecnologia de Madeiras) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GALVÃO, A. P. M. Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. n.11. Piracicaba: IPEF, 1975.

GATTO, D. A. Avaliação quantitativa e qualitativa da utilização madeireira na região da quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

IDESP. Estatística municipal de Parauapebas. Governo do estado do Pará, Secretaria de estado de planejamento, orçamento e finanças, Instituto de desenvolvimento econômico, social e ambiental do Pará. 2014, 09 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

JAMES, W. L. Electric moisture meters for wood. Madison: United States Department of Agriculture - USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1988. 17 p. (USDA General Technical Report FPL-GTR, 6).

JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para secagem de madeira. In: Seminário Internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria, São Paulo, 1996. Anais. Piracicaba: IPEF/IPT.

KLITZKE, R. J. Curso de Secagem da Madeira – Manual Didático. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal UFPR, 2008, 119p.

MARQUES, M. H. B. Agrupamento de 41 espécies de madeiras da Amazônia para secagem baseado em características anatômicas e físicas. 2008. 125f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MARTINS, V. A.; TEIXEIRA, P.S. das D.; SILVA, S.J.C.; SANTIAGO, A.J.S.; ESPÍRITO SANTO, C.V. do; MAFRA FILHO, H. das. A. Secagem de Madeiras ao ar livre na região do Distrito Federal. São Paulo: ABPM, 1985. 16 p. il. (ABPM. Boletim ABPM, 35).

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

SIMPSON, W. T. Dry kiln operator's manual. Madison: United States Department of Agriculture - USDA, 1991. 274 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO NO LENHO DE *Tectona grandis* L.f.

Aline Dionizio¹

Ana Claudia Amorim¹

Lucas Temponi¹

Mariana Dianese Moraes¹

Pedro Augusto Fonseca²

Macksuel Fernandes da Silva¹

Matheus Peres Chagas¹

Carlos Sette Jr¹

¹ Universidade Federal de Goiás

² Universidade Estadual de Goiás

AValiação dos Anéis de Crescimento no Lenho de *Tectona grandis* L.f.

Resumo: As árvores de *Tectona grandis* são utilizadas em estudos dendrocronológicos e dendroclimatólogicos pela nítida formação de anéis de crescimento anuais no lenho. Estudos de anéis de crescimento no lenho de árvores tropicais são cada vez mais frequentes e sua importância está relacionada com o conhecimento dos fatores ambientais que influenciam as taxas de crescimento, a produção de madeira e sua qualidade. O presente trabalho teve como objetivo principal caracterizar os anéis de crescimento formados na madeira e determinar a taxa de crescimento em diâmetro do tronco de *T. grandis* e sua relação com as variáveis climáticas. Árvores de Teca foram selecionados no município de Itumbiara-GO, e obtidos discos na altura da base do tronco para a datação, o cálculo do incremento médio e corrente anual e sua relação com as variáveis climáticas através de procedimentos dendrocronológicos. Foi observada a presença de anéis de crescimento distintos caracterizados principalmente pela presença de parênquima marginal associado a uma diminuição do diâmetro tangencial dos vasos. As árvores apresentaram crescimento radial sincrônico (intercorrelação de 0,933) e incremento médio em diâmetro do tronco de 1,86 cm por ano, sendo fortemente influenciado pelo déficit de pressão de vapor no ambiente. Os bons resultados obtidos para a espécie confirmam o seu potencial para o desenvolvimento de estudos dendrocronológicos.

Palavras-chave: Dendrocronologia; variáveis climáticas; Teca

EVALUATION OF GROWTH RINGS IN THE *Tectona grandis* L.f. WOOD

Abstract: The *Tectona grandis* trees are used in dendrochronological studies by sharper formation of annual growth rings. Studies of growth rings in tropical trees are becoming more usual and its importance is related to the knowledge of the environmental factors that influence growth rates, timber production and its quality. The present study aimed to characterize the growth rings formed in the wood and the rate of growth in diameter of the trunk of *Tectona grandis* and its relationship with climate variables. Teak trees were selected (Itumbiara-GO) and of wood discs cut at the height of the base of the trunk to the dating, the calculation of the mean annual increment and current and its relation to climate variables using dendrochronological procedures. *T. grandis* distinct growth rings limits are characterized mainly by marginal parenchyma associated with vessels of small tangential diameter in latewood. Through dendrochronological procedures (series intercorrelation of 0,933) were calculated the annual increment average and current average and its relation to climate variables. The average increment in *T. grandis* trunk diameter trees was 1.86 cm year⁻¹, and it is strongly influenced by vapor pressure deficit from the environment. The good results obtained for the species confirm their potential for the development of dendrochronological studies.

Keywords: Dendrocronology; climate variables; Teca

1. INTRODUÇÃO

As plantações florestais de *Tectona grandis* L.f. no Brasil estão em forte expansão (6,5% de crescimento ao ano), perfazendo um total de 67 mil hectares e estão localizadas principalmente entre as regiões Norte (32,6%) e Centro-Oeste (67,4%) (ABRAF, 2013). A madeira de Teca é conhecida mundialmente pelo seu efeito decorativo e resistência, sendo muito apreciada e utilizada em construções navais, na construção civil, na fabricação de assoalhos e decks, sendo também destinada ao setor mobiliário, laminados decorativos e adornos em geral (ABRAF, 2010).

As árvores e plantações florestais de Teca, no Brasil, são pouco estudadas do ponto de vista da formação dos anéis de crescimento e a sua relação com as variáveis climáticas. Em função da ampliação dos plantios comerciais no Brasil nos últimos anos e do potencial da espécie para estudos dendrocronológicos torna-se fundamental a avaliação dos anéis de crescimento e a determinação da sua taxa de crescimento e relação com as variáveis climáticas.

Neste sentido, a dendrocronologia, que é a ciência que estuda os anéis de crescimento de árvores, o tempo de formação e sua relação com as condições ambientais anteriores de um sítio é uma ferramenta fundamental na análise da na madeira em árvores de clima tropical. Para Mattos (2011), a dendrocronologia surge como uma ferramenta com potencial de resposta rápida para um grande número de espécies, para aquelas regiões com sazonalidade climática definida. Além das aplicações imediatas com a estimativa de idade e incremento médio, os estudos dos anéis de crescimento abrem campo para desenvolvimento de trabalhos em diversas áreas de pesquisa, como a dendroclimatologia.

Inúmeras espécies florestais de coníferas e folhosas de clima temperado são tradicionalmente utilizadas e potencialmente importantes para estudos dendrocronológicos pela sazonalidade da atividade cambial, comportamento fenológico distinto e anéis de crescimento anuais demarcados no lenho das árvores (TOMAZELLO FILHO et al., 2001). Contudo, em climas tropicais e subtropicais, embora existam algumas informações sobre o assunto, há comparativamente um menor avanço nesse campo da pesquisa, em particular no Brasil. Destacam-se os trabalhos realizados por (RAM et al., 2008; BORGAONKAR et al., 2010; SOUZA et al., 2011; OLIVEIRA, 2011; CASTRO, 2011 e GONZÁLEZ, 2013) que avaliaram a formação dos anéis de crescimento no lenho de árvores de Teca.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivos: (i) caracterizar os anéis de crescimento formados na madeira de árvores de *Tectona grandis* oriundas de um plantio na Região Centro Oeste, (ii) determinar a idade e a taxa de crescimento em diâmetro do tronco e (iii) estabelecer a relação entre variáveis climáticas e incremento em diâmetro.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

As amostras de lenho utilizadas neste estudo foram obtidas de árvores de *Tectona grandis* de plantação florestal, localizada na região Sul do Estado de Goiás. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com estação seca bem definida (Figura 1). Itumbiara (GO) apresenta precipitação média anual de 1365 mm e temperatura média variando entre 19°C e 30°C.

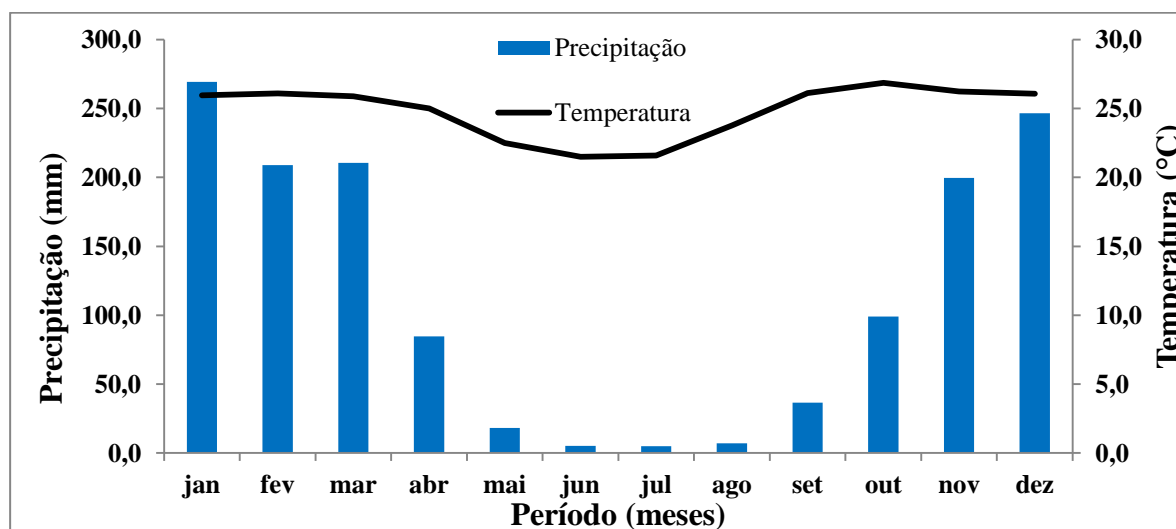


Figura 1 - Precipitação acumulada e temperatura média por mês no período de 2002 a 2013 na área do estudo. Fonte: INMET (2013).

2.2 Seleção das árvores e coleta das amostras do tronco

Foram selecionadas e cortadas cinco árvores de Teca, representativas da classe de área basal média do povoamento. Dos indivíduos selecionados, foram retirados discos de madeira (Figura 2), de forma destrutiva, na posição basal e levadas para o Laboratório de Qualidade da Madeira e Bioenergia, do Setor de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás (UFG) para análise.



Figura 2 - Discos de madeira de *T. grandis* com 12 anos de idade.

2.3 Análise dos anéis de crescimento do lenho das árvores

2.3.1 Anatomia macro e microscópica do lenho

Das amostras do lenho das árvores foram cortados corpos-de-prova (1x1x1,5 cm) orientados no plano transversal, imersos em água e glicerina, proporção 1/1, e levados ao aquecimento para o amolecimento. Em seguida, os corpos de prova foram fixados no micrótomo de deslize e obtidos cortes histológicos transversais finos (15-20 μm de espessura), transferidos para vidros de relógio, clarificados (hipoclorito de sódio, 20%), lavados (ácido acético, 1%), desidratados (série alcoólica, 20-100%), lavados (acetato de N-Butila), corados (safranina) e montados em lâminas de vidro (bálsamo do Canadá) (JOHANSEN, 1940; SASS, 1951). As seções do lenho nas lâminas histológicas permanentes foram examinadas em microscópio de luz LEICA, acoplado a uma câmera digital e coletadas as imagens, seguindo-se a descrição anatômica microscópica.

Das amostras do lenho das árvores foram preparados corpos-de-prova, fixados em micrótomo de deslize e realizado o corte (polimento) das seções transversais em navalha de aço. As seções transversais foram examinadas em microscópio estereoscópio LEICA, acoplado a uma câmara digital e coletadas as imagens macroscópicas.

A descrição da estrutura anatômica macro e microscópica dos anéis de crescimento do lenho das árvores foi realizada segundo as "Normas e Procedimentos aplicados na Anatomia da Madeira" do IBAMA (1991) e da "List of Microscopic Features for Hardwood Identification" da IAWA (IAWA, 1989). Esta descrição teve como objetivo principal a caracterização dos anéis de crescimento, através da identificação de padrões das células que compõem o lenho inicial e tardio para a detecção da periodicidade da sua formação e consequente determinação da sua anualidade.

2.3.2 Dendrocronologia e Dendroclimatologia

Após a caracterização anatômica macro e microscópica do lenho as amostras passaram pelos procedimentos descritos a seguir:

i) Preparo das amostras e taxa de crescimento do tronco

As amostras extraídas de cada árvore foram polidas utilizando-se lixadeira orbital (Figura 3A e B) para evidenciar os anéis de crescimento. Após o polimento, estas amostras foram escaneadas e geradas imagens digitais (resolução: 1200 dpi) para posterior análise em software específico *Image Pro Plus* visando demarcar o limite dos anéis de crescimento (Figura 4).

Os dados de largura dos anéis de crescimento gerados foram exportados para o Microsoft Office Excel para a obtenção dos gráficos de variação anual da largura dos anéis

de crescimento e da taxa de incremento das árvores e para o cálculo das taxas de incremento médio anual (IMA), conforme equação (1) e incremento acumulado (IA) do tronco, determinado pela soma dos valores de largura dos anéis de crescimento consecutivos de cada série, considerando o primeiro ano de cada.

$$IMA = \frac{\text{Raio}(i)}{n} \quad (1)$$

Em que:

IMA: incremento médio anual;

Raio: comprimento do raio (mm) no ano i ;

n : número de anéis de crescimento no raio;

i : ano.

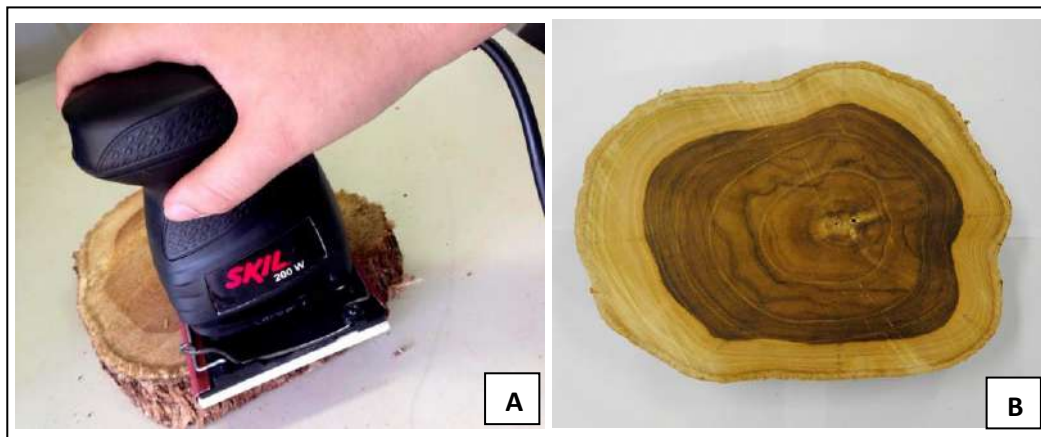


Figura 3 – Preparo das amostras para análise dos anéis de crescimento: polimento (A), amostra após o polimento (B).

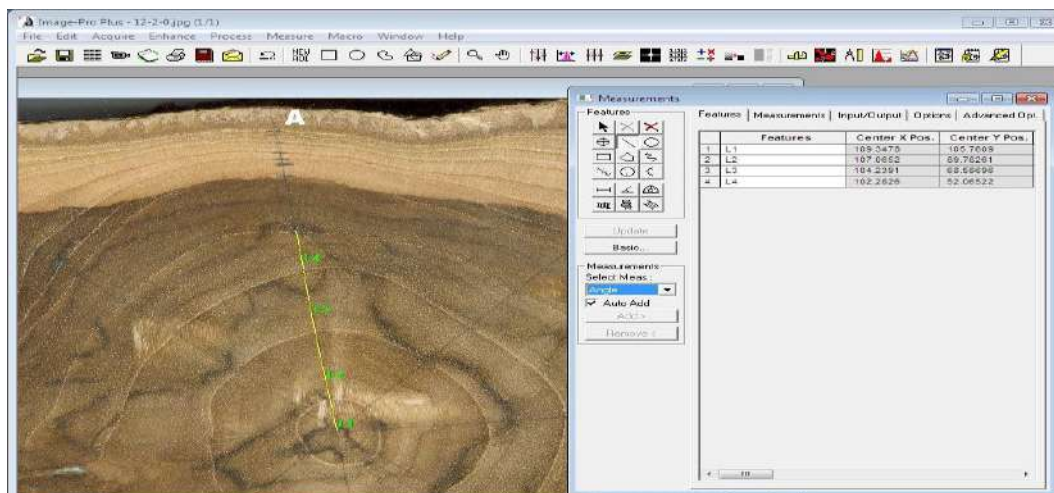


Figura 4 – Seção transversal do lenho de árvore de *Tectona grandis*, com os limites dos anéis de crescimento demarcados e aplicação do software *Image Pro Plus*.

ii) Sincronização dos anéis de crescimento das árvores

Obtida a largura dos anéis de crescimento das amostras do lenho das árvores construíram-se as séries de largura e procedeu-se a sua sincronização. O controle de qualidade e a verificação da sincronização foram feitos aplicando-se o programa COFECHA (HOLMES et al., 1986). O programa COFECHA correlaciona series temporais pela sobreposição dos segmentos de cada série cronológica de anéis de crescimento, com a média construída com todas as demais cronologias (série “master”). Este procedimento

verifica, estatisticamente, a datação realizada, identificando as amostras ou segmentos de amostras do lenho das árvores que apresentem problemas de demarcação ou de mensuração dos anéis de crescimento, indicando a possível existência de anéis de crescimento falsos ou ausentes.

iii) Obtenção das séries cronológicas dos anéis de crescimento

Com as séries de anéis de crescimento individuais das árvores de *T. grandis* utilizou-se o software ARSTAN para o desenvolvimento das cronologias. Para evitar que a cronologia final dos anéis de crescimento apresente problemas envolvendo tendências relacionadas a sinais não climáticos e outras flutuações singulares no crescimento, Cook (1987) recomenda que cada série de anéis de crescimento seja padronizada através do ajuste das mensurações originais dos anéis de crescimento.

Resumidamente, a padronização tem dois objetivos (i) remover as tendências não climáticas, relacionadas com a idade das árvores e (ii) permitir que os valores padronizados de árvores individuais, com diferentes taxas anuais de crescimento, sejam calculados juntos em uma função média. Ainda, possui a vantagem de corrigir a heterogeneidade da variância dos dados de largura do anel de crescimento, uma vez que o desvio padrão dos índices deixa de ser função da média, como ocorria antes da padronização (MEDEIROS et al., 2008).

Dessa forma, torna-se possível a maximização do sinal comum de crescimento e a preservação das oscilações de baixa frequência nas séries de crescimento, permitindo um melhor ajuste, com um maior número de séries.

iv) Resposta climática no crescimento das árvores

As funções de resposta são amplamente utilizadas para descrever a relação existente entre o clima e o crescimento das árvores. Para tanto, as cronologias de anéis de crescimento das cinco árvores de Teca geradas pelo programa ARSTAN foram comparadas com os valores anuais de temperaturas máxima, mínima e média, precipitação, umidade relativa do ar e déficit de pressão de vapor através da aplicação do software JMP.

O resultado é uma função de resposta para cada cronologia, que expressa a relação independente entre o crescimento das árvores e o clima. Para a obtenção da resposta climática no crescimento em diâmetro do tronco das árvores da espécie estudada, foram utilizados os dados meteorológicos dos últimos 12 anos coletados na Estação Meteorológica da Estação Meteorológica de Itumbiara. O déficit de pressão de vapor (DPV) foi determinado pelo método de Penman-Monteith FAO (SENTELHAS et al., 2010) com a pressão de saturação de vapor (e_s) calculada pela temperatura média (TM) e a pressão parcial de vapor (e_a) pela umidade relativa do ar (UR):

$$e_s = 0,611 e^{17,27TM/TM+237} \quad (2)$$

$$e_a = (UR/100) * e_s \quad (3)$$

$$DPV = (e_s - e_a) \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise e caracterização dos anéis de crescimento

A partir da análise da seção transversal das amostras de lenho das árvores de Teca foi possível identificar e caracterizar os anéis de crescimento. A Teca apresenta o limite dos anéis de crescimento distintos individualizados por parênquima marginal associado aos vasos de maior diâmetro (Figura 5).

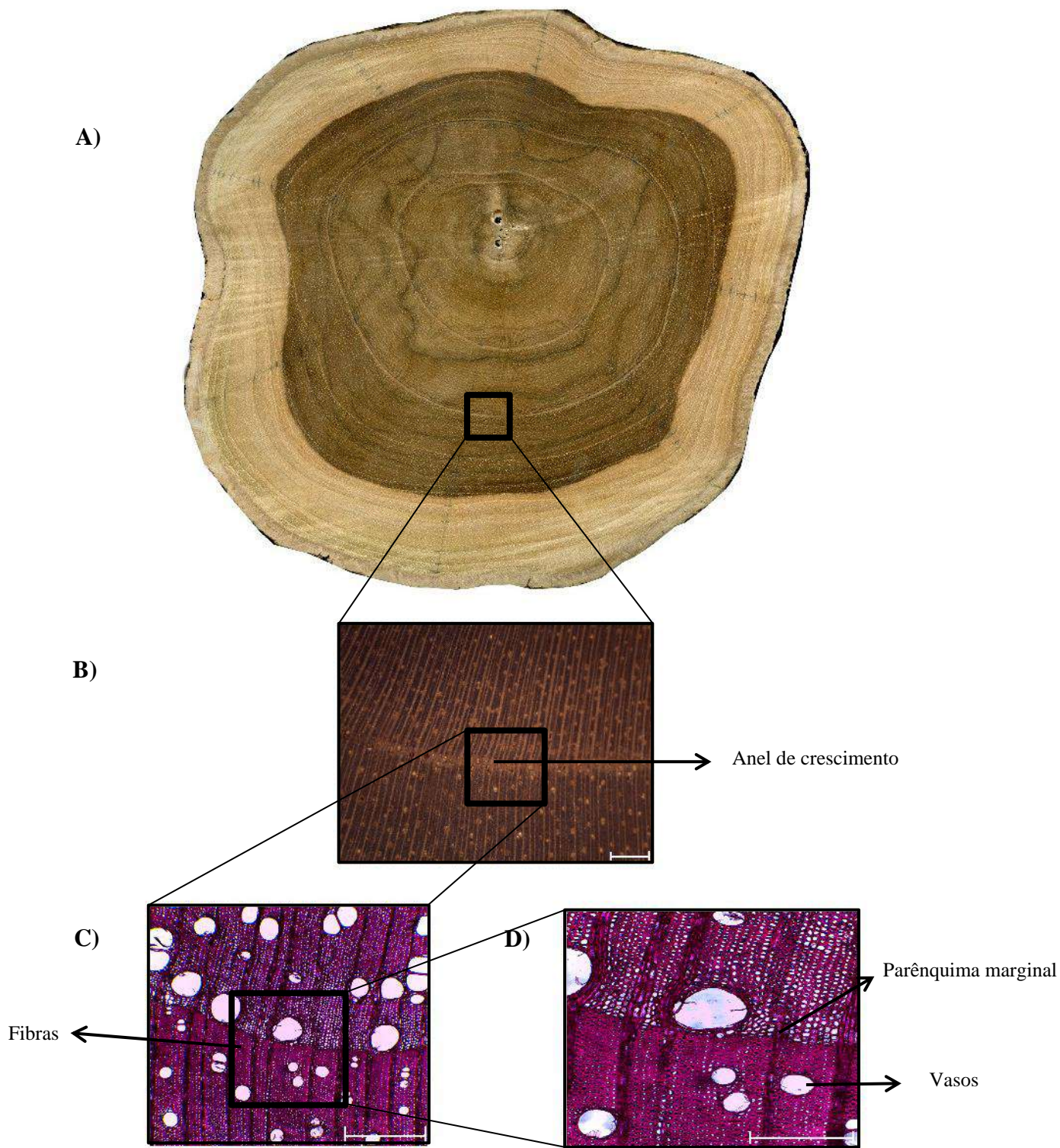


Figura 5 – Características anatômicas do lenho das árvores de *Tectona grandis*. Disco (A); estrutura macroscópica, ampliação 10x, barra 1mm (B); estrutura microscópica, ampliação 40x, barra 1mm (C); estrutura microscópica, ampliação 400x, barra 0,5mm (D); evidenciando o anel de crescimento, fibras de parede celular mais espessa próximo ao parênquima, vasos e parênquima marginal.

Os vasos estão dispostos em anéis semi-porosos, ou seja, poros de diâmetro maior no lenho inicial, início do período de crescimento, e diminuição gradativa no lenho tardio, formados no final do período de crescimento.

Esta estrutura anatômica dos anéis de crescimento das árvores de Teca é citada na literatura (GOVAERE et al., 2003; CASTRO, 2011; OLIVEIRA, 2011; BOTOSSO, 2011; GONZÁLEZ, 2013), que identificam a conformação dos anéis de crescimento através dos anéis semi-porosos e a presença de faixas de parênquima axial com uma coloração mais clara em relação as fibras.

3.2 Dendrocronologia: idade e taxa de crescimento em diâmetro do tronco

A análise da estrutura anatômica da madeira de *T. grandis* indica que os anéis de crescimento são mais largos na região interna do lenho, próxima da medula, pelas características da madeira juvenil, formada nos primeiros anos de crescimento do tronco das árvores. Nesta região, a largura dos anéis de crescimento é superior a 20 mm. Na madeira formada a partir do sexto ano, observa-se uma redução gradativa da sua largura até a casca, relacionada ao aumento da idade das plantas e a formação da madeira de transição/adulta.

A avaliação da largura dos anéis de crescimento, além de outras propriedades, pode auxiliar na determinação da porcentagem da presença das madeiras juvenil e adulta no lenho de espécies nativas e exóticas. A distinção dos dois tipos de madeira é importante sob o aspecto tecnológico, pois as diferenças de comportamento entre elas refletem nas suas propriedades físico-mecânicas e, consecutivamente, no seu uso doméstico ou industrial (SETTE Jr et al., 2010).

O modelo clássico (exponencial negativo) demonstra que as árvores apresentaram maior taxa de crescimento em diâmetro do tronco nos 3 primeiros anos seguida de uma redução exponencial da largura dos anéis de crescimento, até valores relativamente constantes aos 11 anos de idade (Figura 7A).

A qualidade da datação realizada, expressa pelos resultados das correlações e das idades obtidas para as árvores de *T. grandis*, mostrou uma boa sincronização, evidenciando a existência de um sinal comum que permite um bom ajuste entre as séries individuais dos anéis de crescimento. A sincronização conjunta da série de anéis de crescimento do lenho das árvores, obtida através da datação cruzada apresentou correlação significativa (0,933), indicando que as árvores respondem de maneira semelhante aos fatores ambientais e climáticos durante o seu desenvolvimento. Radaeli Neto et al. (2011) analisou 12 árvores de Teca plantadas em área urbana através dos anéis de crescimento do seu lenho, com o objetivo de determinar a sua idade e taxa de crescimento obtendo-se como resultado, uma sincronização de crescimento ($r=0,60$).

Apesar das árvores estudadas serem provenientes de plantação florestal, a datação das amostras de lenho indicou a idade de 11 anos, confirmada pela data da sua implantação. A avaliação do crescimento em diâmetro das árvores, através dos parâmetros de incremento médio anual (IMA) e de incremento acumulado (IA) (Figura 8) indica que, de modo geral, as árvores apresentam similaridades no ritmo de crescimento.

O incremento médio anual (IMA) em diâmetro do tronco das árvores (Figura 8 A) foi, de maneira geral, maior nos primeiros anéis de crescimento (2,1-4,7 cm), período de menor competição entre as árvores pelos fatores que induzem o crescimento, formando a madeira denominada juvenil. Com o avanço da idade das árvores e consequente aumento da demanda por nutrientes, água, e outros recursos, o IMA diminui consistentemente tendendo a estabilização a partir do sexto ao décimo ano (1,1-0,7 cm), indicando o início da formação da madeira denominada adulta. Conforme mencionado, a madeira adulta é a que apresenta as melhores propriedades tecnológicas e permite um uso industrial.

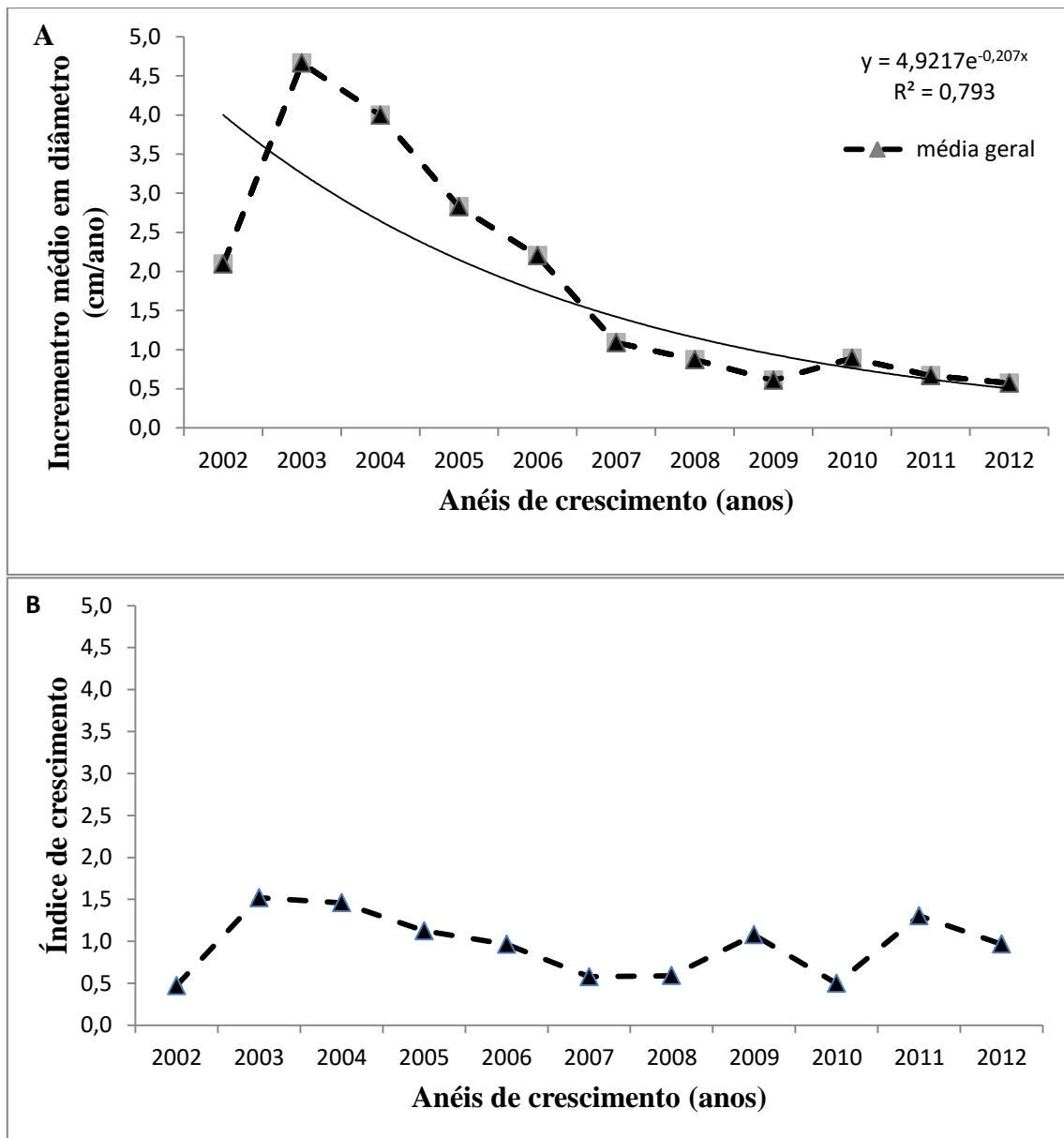


Figura 7 – Curva de tendência do crescimento médio em diâmetro no tronco de árvores de *Tectona grandis* ao longo dos anos; média das séries cronológicas sem padronização (A) e padronizadas (B).

O incremento médio anual das cinco árvores de Teca analisadas foi de 1,9 cm. Oliveira (2011) e Pelissari et al. (2013) em seus estudos encontraram valores de incremento médio anual em diâmetro de 1,8 cm e 2,2, respectivamente, para a Teca, valores próximos aos resultados encontrados.

A mensuração do incremento acumulado do tronco, através da análise dos anéis de crescimento (Figura 8 B), indica as diferenças no ritmo de crescimento das cinco árvores de Teca ao longo dos anos. A partir do sexto ano nota-se uma pequena variação no ritmo de crescimento das árvores em resposta a variação dos fatores de crescimento, sejam água e nutrientes do solo ou da luz solar.

A potencialidade da espécie em estudos dendrocronológicos no Brasil foi denotada no estudo de Tomazello Filho e Cardoso (1999), realizado com árvores de Teca com 31 anos provenientes de Araraquara, no Estado de São Paulo. Nos países asiáticos de onde a espécie é originária, como Indonésia, Tailândia, Java e Índia, há diversas citações na literatura sobre a utilização da espécie em reconstruções climáticas com alta resolução

(PANT e BORGAONKAR, 1983; MURPHY e WHETTON, 1989; JACOBY e D'ARRIGO, 1990; BHATTACHARAYYA et al., 1992; D'ARRIGO et al., 1994; PUMIJUMNONG et al., 1995).

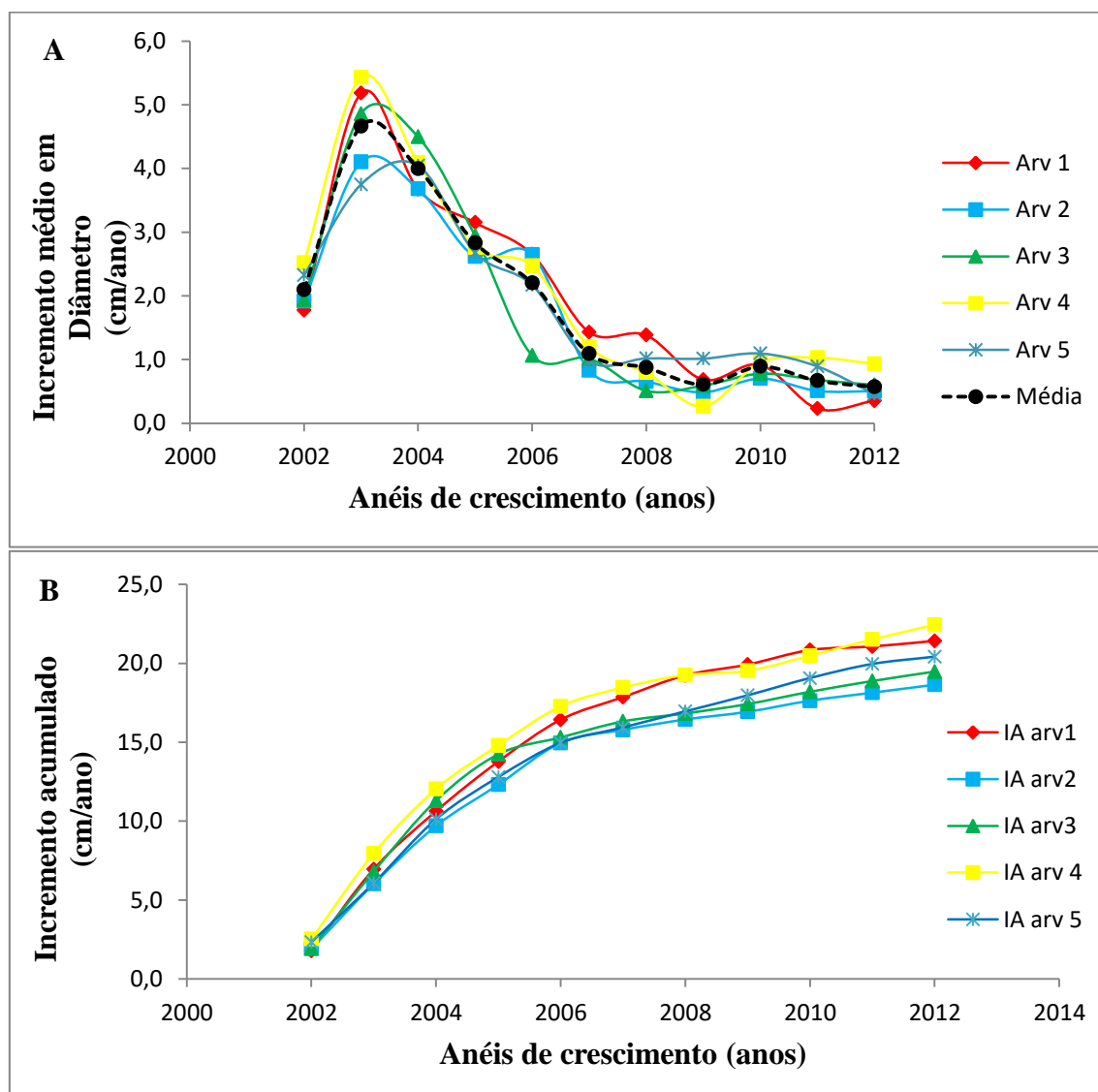


Figura 8 – Incremento médio (A) e acumulado (B) em diâmetro de árvores de *T. grandis*.

3.3 Dendroclimatologia: variáveis climáticas x crescimento em diâmetro do tronco

A relação entre o incremento médio em diâmetro do tronco das árvores de *T. grandis* e as variáveis climáticas – e sua ordem de importância – foi estudada através da análise de regressão múltipla e da correlação de Pearson, considerando-se como repetições o índice de crescimento médio de cada anel de crescimento calculado pelo software Arstan (Figura 7B). Os modelos ecofisiológicos devem ser desenvolvidos para explicar a variação do crescimento das árvores em função das condições climáticas (SETTE Jr et al., 2013), não se constituindo, no entanto, no objetivo do presente trabalho.

Na análise de regressão foram retiradas as variáveis não significativas, precipitação, temperaturas máxima, média e mínima e umidade relativa. Desta forma, a variável analisada para explicar o incremento em diâmetro do tronco, em regressão Stepwise (5% probabilidade) foi selecionado o DPV (déficit de pressão de vapor) para compor o modelo de

regressão (eq. 4). Essa variável explica 50% da variação total do incremento em diâmetro do tronco (Tabela 2).

$$\text{Incremento} = 3,9231 - 2,8245 (\text{DPV}) \quad (4)$$

A variável selecionada para compor o modelo de regressão (DPV) é inversamente proporcional ao crescimento em diâmetro do tronco, com coeficiente de correlação de Pearson de -0,70 indicando que, quanto menor o DPV, maior será o crescimento em diâmetro do tronco das árvores de Teca ou o inverso, confirma a alta sensibilidade do crescimento em relação à variação da disponibilidade de umidade no ambiente. As relações entre a formação dos anéis de crescimento e a qualidade da madeira e as variáveis climáticas têm sido amplamente estudadas, sendo Baas (1973) e Carlquist (1975) os pioneiros nesta abordagem da anatomia da madeira. Trabalhos posteriores, desenvolvidos em exemplares arbóreos tanto de regiões temperadas quanto tropicais, constataram que as variações ambientais se refletem na estrutura do lenho (SETTE Jr et al., 2010). Os resultados da regressão múltipla indicam que as variações do incremento do tronco em diâmetro das árvores de *T. grandis* estão relacionadas com o déficit de pressão de vapor. O déficit de pressão de vapor por sua vez possui forte correlação negativa com a umidade (-0,96) e a precipitação (-0,80) e boa correlação positiva com a temperatura média do ar (0,54).

Tabela 2 – Análise de regressão múltipla entre o incremento no tronco de árvores *Tectona grandis* e as variáveis climáticas

Passos	Precipitação	Temperatura máxima	Temperatura Média	Temperatura mínima	UR ¹	DPV ²	R ²
1	1,0 ³	15,9	22,9	19,5	16,4	24,6	0,59
2	1,5	22,4	39,7	27,2	ns	9,8	0,58
3	ns ⁴	22,4	40,6	28,0	ns	8,9	0,58
4	ns	ns	29,5	32,4	ns	38,1	0,53
5	ns	ns	ns	15,3	ns	84,7	0,51
6	ns	ns	ns	ns	ns	100	0,50

1 Umidade Relativa do Ar; 2 Déficit de Pressão de Vapor; 3 Os valores colocados abaixo das variáveis independentes são os coeficientes estandardizados (betas) e representam a proporção com que cada variável contribui para a determinação da variável dependente, explicada pela regressão; 4 O símbolo “ns” indica que a variável independente se mostrou não significativa para o nível de probabilidade de $p < 0,05$.

Segundo Costa e Marengo (2007) e Monteiro (2013), baixos níveis de umidade associados ao aumento de temperatura na folha podem afetar o déficit de pressão de vapor, ao qual o estômato da planta é sensível. Para Taiz e Zeiger (2004), quanto maior o DPV, maior a tendência da planta perder água. No ar com umidade relativa alta, o gradiente de difusão que move a perda de água é aproximadamente 50 vezes maior que o gradiente que promove a absorção de CO². Portanto, o DPV é uma variável que impulsiona a transpiração e altos valores ao longo do dia causam o fechamento estomático e reduzem o crescimento (ALMEIDA, 2003).

A análise dos anéis de crescimento das árvores possibilita a identificação e a reconstrução das alterações ambientais naturais, da dinâmica de populações florestais e da variação dos recursos hídricos e edáficos, além de possibilitar a avaliação dos efeitos dos ventos, de ataques de insetos e microorganismos, da presença de metais pesados no ambiente e da ação antrópica (BOTOSSO e MATTOS, 2002), se constituindo, portanto, em excelente ferramenta de análise do histórico de uma determinada região.

No caso específico de árvores de *Tectona grandis*, alguns trabalhos indicam a precipitação como principal variável climática responsável pelo incremento em diâmetro do tronco em regiões tropicais (D'ARRIGO et al., 2011; KUMAR et al, 2014; VENEGAS-GONZÁLEZ et al, 2014).

4. CONCLUSÕES

A anatomia do lenho propiciou a caracterização, a identificação e a demarcação dos anéis de crescimento anuais no lenho das árvores de Teca.

A taxa de crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *T. grandis* é fortemente influenciada pela sazonalidade climática, principalmente pelo déficit de pressão de vapor no ambiente.

A avaliação dos anéis de crescimento anuais formados no lenho das árvores de *T. grandis* se mostrou eficiente na determinação da idade e da taxa de crescimento em diâmetro do tronco.

5. RECOMENDAÇÕES

São apresentadas sugestões para futuras pesquisas em dendrocronologia com árvores de *T. grandis*, fundamentadas nas metodologias aplicadas e nos resultados obtidos:

(i) requer-se que seja utilizada maior quantidade de amostras;

(ii) a avaliação da atividade cambial e da fenologia das árvores da espécie, visando uma maior compreensão da periodicidade da formação dos anéis de crescimento e das relações entre o crescimento das árvores, dos fatores climáticos, da senescência e queda de folhas das árvores.

(iii) a utilização de outras metodologias para a detecção da periodicidade da atividade cambial e, conseqüentemente, da formação dos anéis de crescimento na madeira como a densitometria de raios x, aplicação de dendrômetros permanentes instalados no tronco das árvores, marcações cambiais, e outros;

(iv) a elaboração de modelos ecofisiológicos para explicar melhor a variação do crescimento das árvores em função das condições climáticas.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. Application of a process-based model for predicting and explaining growth in Eucalyptus plantations. 2003. 232 p. Thesis (Doctor of Philosophy) – The Australian National University, Canberra, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS- ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009. Brasília, DF. 140p, 2010. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatistica_s.asp>. Acesso em: 13 out. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília-DF: 2013. 142 p. Disponível em:<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>. Acesso em: 06 out. 2013.

BAAS, P. The wood anatomical range in *Illex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. BLUMEA, Leiden, v. 21, p. 193-258, 1973.

BHATTACHARAYYA, A.; YADAV, R. R.; BORGAONKAR, H. P. ; PANT, G. B. Growth-ring analysis of Indian tropical trees. CURR. SCI., n. 62, p. 736–741. 1992.

BORGAONKAR, H.P.; SIKDER, A.B.; RAM, S.; PANT, G.B. El Niño and related monsoon drought signals in 523-year-long ring width records of teak (*Tectona grandis* L.F.) trees from south India. PALAEOGEOGR PALAEOCLIMATOL PALAEOECOL 285:74–84. 2010.

BOTOSSO, P. C. Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento. Colombo: Embrapa, 2011. 55p.

BOTOSSO, P.C.; MATOS, P.P. Conhecer a Idade das Árvores: Importância e Aplicação. Colombo : Embrapa Florestas, 2002. 25 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 75).

CARLQUIST, S. Ecological strategies in xylem evolution. University of California Press, Berkeley. 1975.

CASTRO, V.R. Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* Barr. Et Golf. E *Tectona grandis* (L.f). 2011. 102p. Dissertação (Mestrado em ciências florestais)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

COSTA, G.da; MARENGO, R. A. Fotosíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). REVISTA ACTA AMAZÔNICA, Manaus, v.37, n.2, p.:229-234, 2007.

D'ARRIGO, R.; G. C. Jacoby & P. J. Krusic. Progress in Dendroclimatic Studies in Indonesia. JOURNAL OF TAO (TERRESTRIAL, ATMOSPHERIC AND OCEANOGRAPHIC) SCIENCES 5: 349-363. 1994.

D'ARRIGO, R., PALMER, J; UMMENHOFER, C.C; KYAW, N.N; KRUSIC, P Three centuries of Myanmar monsoon climate variability inferred from teak tree rings. Geophysical Research Letter, v. 38(24), 2011.

GONZÁLEZ, A. D. V.; Dendrocronologia de árvores de *Tectona grandis* L. e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf de plantação da Mata da Pedreira, campus da ESALQ-USP. 2013.142 p. Tese de Mestrado, Piracicaba- SP, 2013.

GOVAERE, G.; CARPIO, I.; CRUZ, L. Descripción anatómica, durabilidad y propiedades físicas y mecánicas de *Tectona grandis*. Laboratorio de Productos Forestales, Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 15 f. 2003.

HOLMES, R. L.; ADAMS, R. K.; FRITTS, H. C.; Treering chronologies of western north America: California, eastern Oregon and northern Great Basin with procedure used in the

chronology development work including User's Manual for computer programs COFECHA and ARSTAN; Chronology Series-VI, Laboratory of tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA. 1986.

IAWA COMMITTEE. IAWA List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin, Leiden, v. 10 (3), p. 219-332, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: angiospermae e gimnospermae. Brasília, 1991. 17 p. (Série Técnica, 15).

JACOBY, G.C.; D'ARRIGO, R.D. Teak (*Tectona grandis* L.f.), a tropical species of large-scale dendroclimatic potential. DENDROCHRONOLOGIA 8: 83–98. 1990.

JOHANSEN, D. A. Plant microtechnique. New York: MacGraw-Hill, 1940. 533 p.

KUMAR, P.; DEVAKUMAR, A.S.; SHESHSHAYEE, M.S.; MOHANKUMAR, M.V. Dendroclimatological approach to evaluate *Tectona grandis* L. for moisture stress response. Trees, v.28, p. 1053-1063, 2014.

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; HESS, A. F. SALIS, S. M. A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais. Corumbá : Embrapa Pantanal, 2011. 37 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 112).

MEDEIROS, J. G. S.; TOMAZELLO FILHO, M. T.; KRUG, F. J.; VIVES, A. E. Tree-ring characterization of *Araucaria columnaris* Hook and its applicability as a lead indicator in environmental monitoring. DENDROCHRONOLOGIA, Amsterdam, v. 26, p.165–171, 2008.

MONTEIRO, D. C. A. Condições topoclimáticas preferenciais para plantios de paricá (*Schyzolobium parahyba* Var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) e evidências de desempenho para otimizar a silvicultura em áreas desflorestadas na Amazônia. 2013. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba-SP. 2013.

MURPHY, J. O. ; WHETTON, P. H. A re-analysis of tree-ring chronology from Java; Proce. koninkl. Nederl. Akad. Wetensch., n. 92, p. 241–257, 1989.

OLIVEIRA, B. R. U. Dendrocronologia e análise da variação radial da densidade do lenho de árvores de *Tectona grandis* L.f., do município de Cáceres, MT. 2011. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2011.

PANT, G. B. ; BORGAONKAR, H. P. Growth rings of teak trees and regional climatology (An ecological study of Thane region); In: Environmental Management (eds) Singh L R, Singh S, Tiwari R C and Srivastava R P, Geogr. Soc. Allahabad, India, p. 153–158, 1983.

PELLISSARI, A. L.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R. Desenvolvimento Quantitativo e Qualitativo de *Tectona grandis* L. f. em Mato Grosso. FLORESTA E AMBIENTE, 20(3):371-383, 2013.

PUMJIUMNONG, N.; ECKSTEIN, D.; SASS, U. Tree-ring research on *Tectona grandis* in Northern Thailand. IAWA JOURNAL 16: 385–392, 1995.

RADAEI NETO,, A. P.; SOAVE JUNIOR, M.; CHAGAS, M. P.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA FILHO, D.F. Dendrocronologia de árvores urbanas de Teca (*Tectona grandis* linn f., Verbenaceae): determinação da idade e taxa de crescimento radial do tronco. In: 15º Congresso Brasileiro/ 1º Congresso Ibero-americano de Arborização Urbana, 2011, Recife/PE. Anais... Recife: 15 CBAU & 1 CIAU, 2011.

RAM, S.; BORGAONKAR, H.P.; SIKDER, A. B. Tree-ring analysis of teak (*Tectona grandis* L.F.) in central India and its relationship with rainfall and moisture index. JOURNAL OF EARTH SYSTEM SCIENCE, Dona Paula, v. 117, n. 5, p. 637-645, 2008.

SASS, J. E. Botanical microtechnique. 2.ed. IAWA: State College Press, 1951, 228 p.

SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT. v. 97, n. 05, p. 635-644, 2010.

SETTE Jr C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS C. T. S.; LACLAU, J. P. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. EX. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. REVISTA ÁRVORE 34, p. 979-990, 2010.

SETTE Jr, C.R. et al. Source-driven remobilizations of nutrients within stem wood in *Eucalyptus grandis* plantations. TREES, v. 27, n. 4, p. 827-839, 2013.

SOUZA, V.; TOMAZELLO FILHO, M.; ARIZAPANA, M.A.; SILVA, J.C.; SILVA FILHO, D. M.; POLIZEL, J.L. Avaliação do perfil radial do lenho de árvores de Teca (*Tectona grandis*), através da tomografia de impulso. FLORESTA E AMBIENTE, Rio de Janeiro, v. 18, p. 144-152, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TOMAZELLO FILHO, M.; CARDOSO, N.S. Seasonal variations of the vascular cambium of *Tectona grandis* in Brazil. P. 45-67. En: Wimmer, R. & R. E. Vetter (eds.) Tree-ring Analysis: Biological Methodological and Environmental Application. CABI Publishing, Oxford. 1999.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISE, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento em árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e

dendroclimatologia. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, W. (Org.). Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC. p. 117-143, 2001.

VENEGAS-GONZÁLEZ, A; VON ARX, G; CHAGAS, M.P; TOMAZELLO FILHO, M. Plasticity in xylem anatomical traits of two tropical species in response to intra-seasonal climate variability. *Trees*, Heidelberg, v. 29.2, p. 423-435 2015



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE CLONES DE EUCALIPTO POR TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA

Ana Boa¹

Lairo David Feuchard¹

José Tarcísio da Silva Oliveira¹

Adair José Regazzi¹

Thais de Souza Marcchiori²

Rafael Gonçalves Espósito de Oliveira¹

Marcia Carneiro¹

Walter Torezani Neto Boschetti³

¹ Universidade Federal do Espírito Santo

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira / CCAE (Centro de Ciências Agrárias e Engenharias) / Universidade Federal do Espírito Santo

³ Universidade Federal de Viçosa



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE CLONES DE EUCALIPTO POR TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA

Ana Carolina **BOA**¹; Lair D. **FEICHARD**²; José Tarcisio da S. **OLIVEIRA**³; Adair José **REGAZZI**¹; Thais de S. **MARCCHIORI**³; Rafael G. E. de **OLIVEIRA**¹; Marcia Fernanda **CARNEIRO**¹; Walter T. N. **BOSCHETTI**⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais; ³ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo

² Analista de Operações Jr., Suzano Papel e Celulose

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa

Resumo: A busca pela qualidade da madeira é objetivo constante das empresas e fonte de diversos estudos, sendo as seleções de matérias primas homogêneas uma alternativa ao seu alcance. A análise de agrupamento é uma técnica que permite avaliar a heterogeneidade entre materiais considerando de forma conjunta as variáveis que os caracterizam. Neste estudo foram mensuradas a densidade em sentido longitudinal e radial e as características anatômicas de fibras e vasos de quatro clones de eucalipto. Estas propriedades foram avaliadas por meio das técnicas multivariadas de variáveis canônicas e análise de agrupamento. Foi possível inferir que, entre as características analisadas, a espessura da parede das fibras, o diâmetro vascular e a variação da densidade no sentido longitudinal foram as que mais influenciaram na divergência entre os clones e que a frequência vascular foi a com menor impacto. Na análise de agrupamento foi possível observar a formação de dois grupos distintos. O primeiro grupo foi formado pelos clones A, B e D e o segundo grupo pelo clone C, de modo que os clones A, B e D são os que apresentam características mais similares e podem, por exemplo, ser utilizados em conjunto sem causar variações impactantes no processamento da madeira originada destes materiais.

Palavras-chave: qualidade da madeira, análise de agrupamento, variáveis canônicas.

EUCALYPTUS CLONES EVALUATION AND SELECTION BY MULTIVARIATE ANALYSIS TECHNIQUES

Abstract: The search for quality of the wood is a constant objective of the companies and source of many studies, being like selections of homogeneous raw materials an alternative to its reach. Cluster analysis is a technique that allows evaluating the heterogeneity between materials considering jointly the variables that characterize them. This study measured the density in the longitudinal and radial directions and anatomical characteristics of fibers and vessels of four clones of eucalyptus. These variables were evaluated by multivariate techniques of canonical variables and cluster analysis. It was possible to infer that among the characteristics analyzed, the variation of the fiber wall thickness, vascular diameter and density variation in the longitudinal direction were the most important influence on divergence between the clones and the vascular frequency was less impact. In cluster analysis we observed the formation of two distinct groups. The first group was formed by the clones A, B and D and the second group by clone C, revealing that the clones A, B and D are those having homogeneous characteristics and, for example, may be used together without causing variations in processing of wood originating of these materials.

Keywords: wood quality, cluster analysis, canonical variate analysis.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

Busnardo (1983) et al. afirmaram que enfoques sobre a caracterização da madeira são muito importantes do ponto de vista do seu uso final, pois são através deles que podem ser formuladas hipóteses sobre o comportamento deste material sob diferentes condições de processamento industrial e qualidade do produto final.

Observamos que uma série de transtornos na indústria de transformação e processamento da madeira está relacionada à variabilidade das características deste material e esta heterogeneidade é passível de redução. Para isso a avaliação dentro e entre árvores, para que se possa conhecer o grau de homogeneidade da matéria-prima fornecida para o setor e estimar o impacto destas variações no processamento, torna-se necessária (CALONEGO; SEVERO; ASSI, 2005; QUILHÓ; MIRANDA; PEREIRA, 2006).

Foelkel (2013) destacou que se objetiva operar fábricas com alta produtividade, alta eficiência operacional, alta qualidade dos produtos e com mínimos custos de produção, mas que para isso é preciso que a madeira seja a mais uniforme possível, de forma a não causar impactos relevantes no processo de polpação e nas metas qualitativas para o produto celulose. O autor ainda destacou (p.324) que “a meta é uniformizar a desuniformidade no que diz respeito às diferenças de clones, espécies, idades, tempos pós-corte, ciclos de corte, madeiras de terceiros e condições das madeiras”.

Na avaliação da qualidade da madeira muitas vezes concentramos o estudo em características anatômicas, físicas, químicas e mecânicas deste material, as quais geralmente são analisadas estatisticamente de maneira individualizada. Trugilho et al. (2004) sugeriram que esta avaliação realizada a partir de um tratamento univariado dificulta ou até mesmo impede que uma classificação mais precisa do material seja realizada, podendo até equivocadamente levar ao descarte de um material superior.

As técnicas de análise multivariada contemplam a avaliação de todas as variáveis mensuradas de uma forma integrada, em que as inter-relações são exploradas em máxima profundidade, com maior clareza da magnitude da variação. Estas técnicas são eficientes na classificação e seleção de indivíduos, onde o aspecto original é a combinação das variáveis mensuradas para a maximização das diferenças entre os grupos. (TRUGILHO et al, 2004; HAIR JUNIOR et. al, 2010, FERREIRA, 2011).

De acordo com Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), existem várias técnicas estatísticas multivariadas que podem ser utilizadas em estudos de divergência, como por exemplo, a análise por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. A escolha do método mais adequado, segundo os autores, é função da precisão desejada pelo pesquisador, facilidade da análise e a forma como os dados foram obtidos.

A análise por variáveis canônicas é uma técnica de análise estatística multivariada que permite a redução da dimensionalidade de dados, proporcionando uma simplificação estrutural destes, de modo que a divergência influenciada a princípio por um conjunto p-dimensional ($p = n^{\circ}$ de caracteres considerados no estudo), possa ser avaliada por um complexo bi ou tridimensional de fácil interpretação geométrica (VARELLA, s.d., SOUZA, s.d).

O emprego desta técnica é essencialmente realizado em análises nas quais as amostras possuem observações repetidas, e permite que o efeito simultâneo das características originais seja capturado, de forma que variações não observadas

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

quando do uso das características originais isoladamente possam ser capturadas (VARELLA, s.d).

A análise de agrupamentos é outra técnica multivariada utilizada em estudos de divergência, e tem por finalidade classificar indivíduos com base na similaridade ou dissimilaridade observada entre eles. As observações são fracionadas em um número de grupos desconhecidos de tal maneira que todas as observações dentro de um grupo são semelhantes, enquanto que as observações em diferentes grupos não são semelhantes, e os insumos necessários para sua realização são medidas de similaridade ou dados a partir dos quais podem ser computadas as semelhanças (RENCHER, 1934; FERREIRA, 1996; TIMM, 2002; JOHNSON; WICHERN, 2007).

Este trabalho teve como objetivo a aplicação de técnicas de análise multivariada por variáveis canônicas e de agrupamento, em que foram utilizados quatro clones do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na avaliação dos materiais visando a produção de polpa celulósica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

O material utilizado neste estudo foi procedente de quatro clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, provenientes de plantações florestais com sete anos e implementadas para a produção de celulose, de um teste clonal da localizado no Vale do Rio Doce no Estado de Minas Gerais.

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Ciência da Madeira (LCM), do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (DCFM/CCA/UFES).

Para realização do estudo, foram retirados discos a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore e também o disco do DAP (diâmetro a altura do peito – 1,30m). No DAP, foram amostradas duas baguetas diametraais das quais os corpos de prova utilizados para a realização das análises anatômicas e da densidade no sentido radial foram retirados. Para a determinação da densidade básica da madeira no sentido longitudinal da árvore, foram retiradas duas cunhas de cada disco amostrado das posições 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. Para a determinação da densidade básica e dos caracteres anatômicos no sentido radial (medula-casca), de cada bagueta foram retiradas pequenas amostras em intervalos equidistantes a partir da medula, em direção a casca (Figura 1).

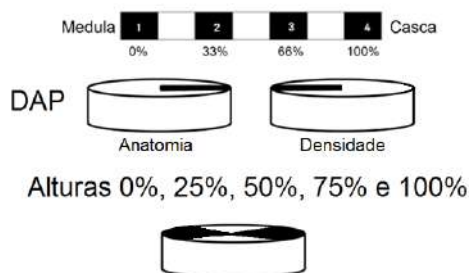


Figura 1. Metodologia de amostragem dos corpos de prova.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2.2 Métodos

A densidade básica foi determinada de acordo com o preconizado na Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003). Já na caracterização anatômica da madeira, em cada corpo-de-prova foram realizados cortes histológicos do plano transversal e montadas lâminas temporárias, para mensurações dos elementos de vasos de acordo com os procedimentos da norma COPANT (1974). Também foram retirados pequenos cavacos para produção do macerado a ser utilizado na mensuração de fibras, sendo empregado o método do ácido acético/peróxido de hidrogênio de dissociação das fibras, proposto por NICHOLLS e DADSWEL descrito por RAMALHO (1987).

Para análise estatística, o delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos (clones) e cinco repetições, sendo cada uma delas representada por uma árvore. Os dados utilizados para a realização das técnicas de análise multivariada consistiram nos obtidos na caracterização das árvores, sendo eles: frequência e diâmetro vasculares, comprimento e espessura da parede das fibras, e densidade básica nos sentidos longitudinal e radial.

Os dados foram submetidos à MANOVA com o objetivo de comparar os clones simultaneamente para as seis variáveis observadas, e o teste de significância multivariado utilizado foi o critério de Wilks. Observada a significância da MANOVA, foi aplicada a análise por variáveis canônicas, sendo também aplicado o teste de Wilks para a verificação de que as variáveis canônicas eram estatisticamente diferentes de zero.

Na análise por variáveis canônicas, como os coeficientes (elementos dos autovetores) são influenciados pela escala de avaliação das variáveis, a avaliação foi realizada a partir dos coeficientes associados às variáveis padronizadas conforme a Equação (1) (REGAZZI, 2010):

$$\partial_j = c_j \sqrt{\hat{\sigma}_j^2}, \text{ com } j = 1, 2, \dots, p. \quad (1)$$

Em que:

c_j : coeficiente de ponderação associado à variável original X_j , com $j = 1, 2, \dots, p$;

$\hat{\sigma}_j^2 = \hat{\sigma}_{jj}$: quadrado médio do resíduo associado à variável original X_j .

∂_j : coeficiente de ponderação associado à variável padronizada Z_j (Equação 2):

$$\left(Z_j = \frac{X_j}{\sqrt{\hat{\sigma}_j^2}} \text{ ou } Z_j = \frac{X_j - \bar{X}_j}{\sqrt{\hat{\sigma}_j^2}} \right) \quad (2)$$

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Com a utilização do PROC CANDISC do SAS (2004), e entrando com os dados originais, o programa já fornece os coeficientes de ponderação c_j e $\hat{\delta}_j$ para a devida interpretação.

Entrando com os dados utilizando a padronização dada pela Equação (3), os coeficientes de ponderação serão os mesmos.

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij}}{s(X_j)}, \text{ com } i = 1, 2, \dots, n \text{ e } j = 1, 2, \dots, p. \quad (3)$$

Em que:

Z_{ij} : variável padronizada;

X_{ij} : i -ésima observação da j -ésima variável;

$s(X_j)$: desvio padrão da variável X_j .

Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) sugerem que as variáveis de menor importância para a divergência entre os tratamentos estudados, são aquelas cujos coeficientes de ponderação são de maior magnitude, em valor absoluto, nas últimas variáveis canônicas, por estas explicarem uma pequena fração da variância total observada. No presente estudo, com apenas três variáveis canônicas, este critério foi adotado para a última variável canônica indicando uma variável de menor importância, e para a primeira variável canônica que explicou a maior parte da variância total, as variáveis com maior peso foram consideradas as mais importantes para a divergência entre os clones.

Posteriormente, o processo de aplicação das técnicas de agrupamento consistiu em duas etapas, sendo inicialmente caracterizada a dissimilaridade entre os tratamentos por meio da Distância generalizada de Mahalanobis ao quadrado (D^2_{ii}) e em seguida empregadas técnicas para a formação dos grupos, sendo as técnicas empregadas na formação dos grupos a do método do vizinho mais próximo e do método de otimização de Tocher (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos na caracterização das árvores para frequência e diâmetro vasculares, comprimento e espessura da parede das fibras, e densidade básica nos sentidos longitudinal (DBL) e radial (DBR) constam na Tabela 1.

A partir dos resultados das análises multivariadas, empregando os dados da Tabela 1, foram obtidas três variáveis canônicas e nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os autovalores, as porcentagens da variância explicada e os coeficientes de ponderação associados a cada uma das variáveis padronizadas. Sendo evidenciado que 90,08% da variação total observada, foi explicada pelas duas primeiras variáveis canônicas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Análise descritiva dos dados para as variáveis avaliadas na madeira

Variável	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
DBR (g.cm ⁻³)	0,38	0,41	0,46	0,02
DBL (g.cm ⁻³)	0,43	0,46	0,50	0,02
Frequência vascular (nº.mm ⁻²)	10,60	13,26	16,80	1,70
Diâmetro vascular (µm)	88,48	99,24	105,09	4,83
Espessura da parede da fibra (µm)	3,52	4,08	4,69	0,27
Comprimento de fibra (µm)	630,99	772,48	854,11	58,13

Tabela 2. Variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear das seis variáveis padronizadas para os clones A, B, C e D

Variável Canônica	Autovalores de E ⁻¹ H ^{**}	VA ¹ (%)	VAC ² (%)
VC1	6,7134	71,76	71,76
VC2	1,7140	18,32	90,08
VC3	0,9278	9,92	100

* E e H: matrizes de somas de quadrados e de produtos do resíduo e tratamentos (clones), respectivamente.

¹ VA: Variância explicada;

² VAC: Variância acumulada.

Tabela 3. Coeficientes de ponderação das variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear das seis variáveis padronizadas para os clones A, B, C e D

Variável Canônica	Coeficientes de ponderação (β _j)					
	Z1*	Z2*	Z3*	Z4*	Z5*	Z6*
VC1	-0,2534	1,2252	0,0858	0,4639	0,4723	-0,1389
VC2	-0,3343	0,1943	-0,0122	-0,9580	0,0719	0,5975
VC3	0,7024	-0,3081	0,7807	0,2941	-0,2710	0,5460

*Z1: densidade radial, Z2: densidade longitudinal, Z3: frequência vascular, Z4: diâmetro vascular, Z5: espessura da parede da fibra e Z6: comprimento da fibra.

A importância das variáveis canônicas diminui da primeira para a última, com a primeira variável canônica sendo a mais representativa da fração da variância total do experimento e a última com a menor representação desta variância. Este fato permite inferir que a variável padronizada com maior coeficiente de ponderação (em valor absoluto) associado a última variável canônica pode ser considerada como a de menor importância na divergência entre os clones. Ou ainda, considerando a primeira variável canônica que explica a maior parte da variância total, as variáveis com maior peso são consideradas as mais importantes para a divergência entre os clones.

Pela Tabela 3, pode-se verificar que a variável com maior coeficiente de ponderação (0,7807) associado a VC3 é a frequência vascular (Z3), expressando que entre as seis variáveis avaliadas nas madeiras das árvores deste estudo, a frequência vascular apresentou pouco impacto na divergência entre os clones. Por outro lado,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

observando os coeficientes associados a VC1; a qual explicou a maior parte da variação total observada (71,76%), a variável com maior peso (1,2252) foi a densidade básica longitudinal (Z2), sendo evidenciada a importância desta propriedade na avaliação da divergência da madeira de clones de eucalipto, estando seguida das variáveis espessura da parede da fibra (Z5) e diâmetro vascular (Z4), as quais são destacadas por diversos autores em inúmeros trabalhos.

A densidade básica da madeira é destacada como uma das principais características quando se pretende avaliar a qualidade da madeira, uma vez que está relacionada com muitos aspectos econômicos e tecnológicos. Na produção de celulose, a avaliação da densidade permite inferir no rendimento e qualidade da polpa, bem como uma série de propriedades do papel (PEREIRA et al., 2000, SHMULSKY; JONES, 2011).

Boa (2014), também aplicando técnicas multivariadas no estudo de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, obteve resultado semelhante ao verificado neste estudo, com destaque da densidade básica em sua ponderação longitudinal como uma importante variável na distinção entre os clones. A autora ainda observou que entre as dez características da madeira avaliadas em seu estudo, a frequência vascular foi a segunda variável com menor impacto na divergência entre os clones, por apresentar alto coeficiente de ponderação associado a sexta das oito variáveis canônicas estabelecidas.

Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) afirmaram que quando um conjunto de variáveis canônicas explica mais de 80% da variação total dos dados, estas podem ser consideradas para representar a dispersão gráfica no estudo de divergência. Observa-se que as duas primeiras variáveis canônicas deste estudo explicam 90,30% da variabilidade total dos dados e, então, estas foram empregadas na representação gráfica da variabilidade observada entre os clones (Figura 2).

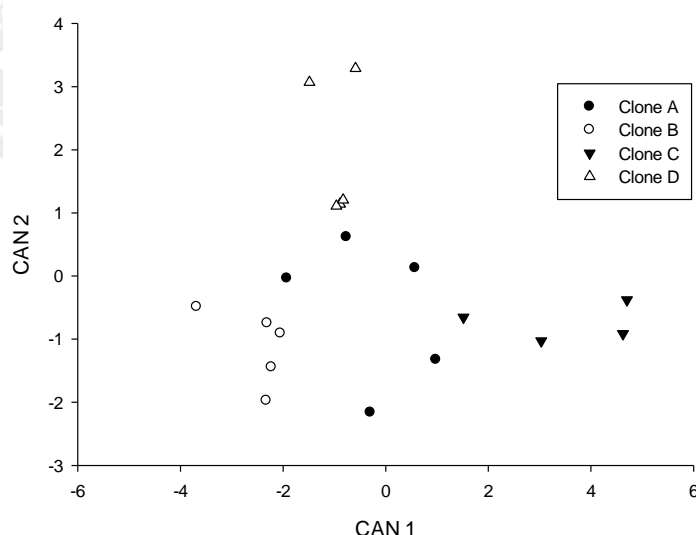


Figura 2. Dispersão dos quatro clones em relação às duas primeiras variáveis canônicas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Foi possível observar na Figura 2 que os clones A e C apresentaram maior variabilidade quando comparados aos clones B e D, sendo este efeito observado a partir da dispersão dos indivíduos que os representam graficamente.

Na análise gráfica bidimensional da dispersão dos clones no trabalho desenvolvido por Boa (2014), a autora constatou um indício da formação de dois grupos distintos pelos clones aos quais estudava, o que posteriormente foi comprovado por meio da aplicação de outras técnicas. Na Figura 2 verificamos que os indivíduos que representam os clones A e D encontram-se centralizados e próximos na dispersão gráfica, o que pode ser um indício de similaridade entre estes clones, assim como a dispersão periférica e mais distante dos demais clones pode ser um indício de dissimilaridade do clone C com os demais estudados.

No estudo da análise de agrupamentos, foi empregada a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade cujas distâncias obtidas são apresentadas na Tabela 4:

Tabela 4. Distância de Mahalanobis entre os clones.

Clones	A	B	C	D
A	0	10,3753	20,0926	9,2294
B		0	40,2417	12,3931
C			0	27,4140
D				0

A distância generalizada de Mahalanobis representa a dissimilaridade entre os clones, de forma que quanto maior seu valor, menos semelhantes são os indivíduos (REGAZZI, 2010). Os clones B e C foram, entre si, os mais divergentes entre os clones estudados, pois apresentaram entre eles a maior distância observada (40,2417) e, de forma inversa, os clones A e D foram os mais semelhantes, por apresentarem a menor distância (9,2294) observada.

O método do vizinho mais próximo foi empregado com o objetivo de avaliar a dissimilaridade entre os clones, a partir das distâncias generalizada de Mahalanobis, e os resultados obtidos a partir da aplicação desta técnica podem ser observados na Tabela 5 e no dendrograma representado na Figura 3. Assim como verificado na Tabela 4, ao avaliarmos os dados e a imagem referentes às Tabela 5 e Figura 3, a similaridade entre os clones A e D é mais uma vez evidenciada.

Tabela 5. Formação dos grupos de dissimilaridade entre clones pelo método do vizinho mais próximo

Passo	Junção dos clones	Nível (distância)
I	A e D	9,2294
II	AD e B	10,3750
III	ABD e C	20,0930

O método de agrupamento de Tocher foi aplicado para que os clones, fundamentado em suas dissimilaridades, pudessem ser discriminados em grupos específicos e também para que as estimativas das distâncias intra e intergrupos pudessem ser determinadas, e na Tabela 6 são apresentados os resultados obtidos com a aplicação desta técnica.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

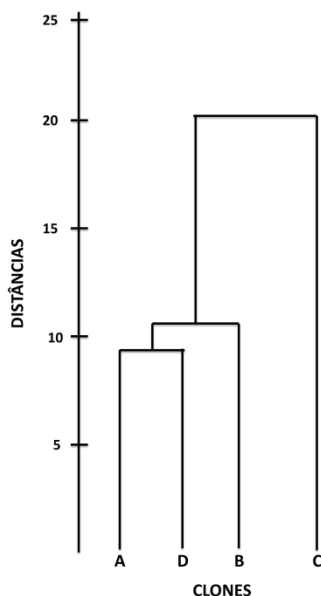


Figura 3. Dendrograma de similaridade entre os quatro clones baseado nas distâncias generalizadas de Mahalanobis.

Tabela 6. Grupos de dissimilaridade entre os clones estabelecidos pelo método de Tocher e estimativa da distância generalizada de Mahalanobis intragrupos

Grupo	Clones	Distância intragrupos
I	A B D	10,6659
II	C	-

A análise pelo método de Tocher conduziu a formação de dois grupos distintos, com a estimativa da distância generalizada de Mahalanobis entre eles de 29,2482 (distância intergrupos). Os resultados coincidem com a formação do dendrograma, na análise do vizinho mais próximo. Em função da menor distância observada entre os clones A e D, estes foram agrupados em um mesmo grupo, assim como o clone B também constituiu o mesmo grupo por apresentar pequenas distâncias entre ele e os clones A e D. Já o clone C, por apresentar maior divergência com os demais clones, visualizada a partir de maiores valores de distância apresentada entre e este clone e os demais, não foi incluído no primeiro grupo e sozinho constitui a formação do grupo II.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram concluir que: (i) a aplicação de técnicas multivariadas na seleção dos clones foi eficiente, resultando na formação de grupos com menor variabilidade dos caracteres da madeira; (ii) entre as características da madeira utilizadas na avaliação multivariada, a variação longitudinal da densidade básica, a espessura da parede das fibras e o diâmetro vascular foram as com maior influência na divergência entre os clones, desta maneira, sendo importante que o estudo destas seja realizado para seleção de materiais visando a produção de polpa celulósica; (iii) o processamento de forma conjunta dos clones A, B e D resultará em pequena variabilidade no processo e no produto final.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-11941**: madeira - determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: 2003.

BOA, A. C. **Caracterização da madeira da metade superior do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 13 anos para produção de celulose**. 2014. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

BUSNARDO C. A., GONZAGA J. V., FOELKEL C. E. B., DIAS C., MENOCELLI S. Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose III. A importância da altura de amostragem para avaliação da densidade básica média da árvore. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, 1983 São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1983. v. 1, p. 55-72.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; ASSI, P. P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.68, p.113-121, 2005.

COMMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. **Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas**. Buenos Aires, v.30, p. 1-19, 1974.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. V. 1, 4 ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

FERREIRA, D. F. Estatística Multivariada. **Notas de Aula**. Departamento de Ciências Exatas: Universidade Federal de Lavras. 1996.

FERREIRA, D. F. **Estatística Multivariada**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 2011.

FOELKEL, C. E. B. Aspectos práticos e conceituais sobre a fabricação de celulose de mercado do tipo kraft branqueada a partir de madeira de eucalipto. **Eucalyptus Online Book & Newsletter**, 2013. Disponível em: <<http://www.eucalyptus.com.br>>. Acesso em: 17 dez. 2013.

HAIR JUNIOR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. **Multivariate data analysis**. 7 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6 ed. New Jersey: Pearson, 2007.

MOITA NETO, J. M. **Estatística multivariada - Uma visão didática-metodológica**. 2004. Disponível em: <http://criticanarede.com/cien_estatistica.html>. Acesso em: 27 nov. 2013.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

QUILHÓ, T.; MIRANDA, I.; PEREIRA, H. Within-tree variation in wood fiber biometry and basic density of the Urograndis Eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* × *E. Urophylla*). **IAWA Journal**, v. 27, n.3, p.243–254, 2006.

RAMALHO, R. S. **O uso de macerado no estudo anatômico de madeiras**. Viçosa: UFV, 1987. 4p.

REGAZZI, A. J. Análise multivariada. **Notas de Aula**. Departamento de estatística – DET: Universidade Federal de Viçosa. 2010.

RENCHER, A. C. **Methods of multivariate analysis**. 2 ed. Published Online: 2003. USA: Wiley Interscience, 1934. Disponível em: <<http://tx.shu.edu.tw/~purplewoo/Literature/!DataAnalysis/Methods%20of%20Multivariate%20Analysis.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2013.

SAS INSTITUTE INC. Statistical analysis system. Version 9.1, USA: Cary, NC. 2004.

SHMULSKY, R. JONES, P. D. **Forest Products & Wood Science: an introduction**. 6 ed. New Jersey: Willey-Blackwell. 2011.

SOUZA, A. L. Aplicação de algumas técnicas multivariadas: componentes principais, variáveis canônicas e correlações canônicas. **Notas de Aula**. Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Viçosa. (s.d.). Disponível em: <<ftp://www.ufv.br/def/disciplinas/ENF642/Apostila-TECMULTIVARIADAS/AloisioXavier/Apostila-AXavier.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2013.

TIMM, N. H. **Applied multivariate analysis**. New York: Springer, 2002.

TRUGILHO, P. F.; BIANCHI, M. L.; GOMIDE, J. L.; SCHUCHARDT, U. Classificação de clones de *Eucalyptus* sp visando à produção de polpa celulósica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.895-899, 2004.

VARELLA, C. A. A. Análise multivariada aplicada as ciências florestais: Análise de variáveis canônicas. **Notas de Aula**. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. (s.d.). Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/analise%20multivariada.htm>>. Acesso em: 29 nov. 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus* spp.

Pamela Beatriz Moreira de Oliveira¹

Rodrigo Simetti²

Breno Assis Loureiro²

Maíra REIS DE ASSIS²

Poliane Pereira de Souza²

Joice Aparecida de Assis²

Paulo Fernando Trugilho³

José Reinaldo Moreira da Silva²

¹ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras

³ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais



AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus* spp.

Resumo: O estudo das propriedades da madeira e a avaliação de sua qualidade são fundamentais para definir as características mais adequadas visando à produção direta de calor e de carvão vegetal, como também a qualidade do carvão produzido. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar as características energéticas, químicas e física da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. visando a sua utilização para produção de carvão vegetal. Foram utilizadas madeiras de clones de *Eucalyptus* spp. aos 12,5 anos de idade. Foram colhidas 3 árvores-amostras por idade e clone, totalizando 9 árvores. De cada árvore foram retirados discos de 2,5 cm de espessura em cinco pontos da altura comercial do tronco: 0 (base), 25, 50, 75 e 100%. Foram analisadas a densidade básica, densidade energética, poder calorífico superior, análise química elementar, teor de extrativos, teor de lignina total e holocelulose da madeira dos clones. O clone C1 destacou-se em relação as suas características para uso energético, apresentando maiores valores de densidade básica (0,634 g/cm³) e poder calorífico superior (4.667 kcal/kg), proporcionando assim, consequentemente maior densidade energética (2,95 Gcal/m³). O poder calorífico superior apresentou correlação positiva com a densidade básica média e com a densidade energética da madeira. A densidade básica apresentou associação positiva com o teor de extrativos totais.

Palavras-chave: energia; biomassa; *Eucalyptus*.; qualidade da madeira.

EVALUATION OF *Eucalyptus* spp. CLONES' WOOD FOR ENERGY PURPOSE

Abstract: To define proper characteristics for heat and charcoal production, as for the best charcoal quality, the study and evaluation of wood quality and properties is essential. Based on that, this study aimed to evaluate energetic, chemical and physical wood properties of *Eucalyptus* spp. clones for charcoal production. It was used wood from *Eucalyptus* spp. clones aged 12,5 years old. Tree sample-threes per age and clone were harvested, summarizing 9 threes in total. From each three it was extracted disks of 2,5 depth at five different height points (from commercial height): 0 (base), 25, 50, 75 and 100%. Basic density, energetic density, higher heating value, elemental contents, extractive contents, total lignin and holocellulose contents were analyzed. C1 clone stood out from others in terms of its characteristics for energy use, presenting higher values of basic density (0.634 g/cm³) and higher heating value (4,667 kcal/kg), thus resulting in a higher energy density (2,95 Gcal/m³). The higher heating value showed a positive correlation with the average basic density and with the energy density of the wood. The basic density presented positive association with the extractive content.

Keywords: energy; biomass; *Eucalyptus*; wood quality.



1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material biológico bastante heterogêneo, considerando-se sua composição química e anatômica, como também suas propriedades físicas e mecânicas. Sua qualidade sofre influência de diversos fatores, assim como o efeito do material genético, o local de plantio, a interação entre o material genético e o ambiente, a idade e o espaçamento empregado. E, por fim, a composição da madeira irá influenciar também a produção e qualidade do carvão vegetal.

Algumas características favoráveis para madeiras destinadas a produção de carvão vegetal e bioenergia são: alta densidade básica, elevado valor de poder calorífico, alto teor de lignina e baixo teor de mineirais. Tais características garantem alto rendimento na produção de carvão vegetal, como também elevada qualidade do produto e baixo custo na produção (TRUGILHO et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2010; NEVES et al., 2011; PROTÁSIO et al., 2013).

Portanto, o estudo das propriedades da madeira e a avaliação de sua qualidade são fundamentais para definir as características mais adequadas visando à produção direta de calor e de carvão vegetal, como também a qualidade do carvão produzido.

O presente trabalho teve como objetivo determinar as propriedades energéticas, químicas e física da madeira de clones visando a sua utilização para produção de carvão vegetal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material experimental e amostragem

Foram utilizadas madeiras de clones de *Eucalyptus* spp. (C1, C2 e C3) plantados no município de Niquelândia, no Estado de Goiás. Os plantios provenientes da empresa *Codemim* apresentavam 12,5 anos de idade. Foram colhidas 3 árvores-amostras por idade e clone, totalizando 9 árvores.

De cada árvore foram retirados discos de 2,5 cm de espessura em cinco pontos da altura comercial do tronco: 0 (base), 25, 50, 75 e 100%, considerando até 6 cm de diâmetro com casca da árvore (DOWNES et al., 1997).

O material foi encaminhado para o Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira no Departamento de Ciências Florestais (DCF), localizado na Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais. Os discos foram descascados e seccionados em quatro cunhas, sempre passando pela medula.

2.2 Análise das propriedades da madeira

Para determinação da densidade básica da madeira (DB) foram utilizadas duas cunhas opostas, conforme a metodologia descrita na NBR 11941 (ABNT, 2003). O cálculo foi considerado como sendo a média aritmética das posições longitudinais de amostragem.

Para a determinação do poder calorífico superior (PCS) foi utilizada a fração da amostra moída que passou pela peneira de 40 *mesh* e ficou retida na de 60 *mesh*. O poder calorífico superior foi determinado em calorímetro digital IKA C-200, conforme a norma NBR 8633 (ABNT, 1984).

A densidade energética da madeira base PCS (DE) foi determinada por meio do



produto da densidade básica média (DB) pelo poder calorífico superior (PCS).

Para a quantificação do teor de extrativos totais da madeira foi utilizada a metodologia prevista na norma TAPPI 204 om-88 (TAPPI, 2001).

O teor de lignina solúvel (Klason) em ácido sulfúrico foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Goldschimid (1971). Para a obtenção do teor de lignina insolúvel (Klason), a metodologia utilizada foi a de Gomide e Demuner (1986). O teor de lignina total foi obtido pelo somatório dos teores de lignina solúvel e insolúvel.

O teor de holocelulose foi obtido decrescendo de 100 o somatório dos teores de lignina e extrativos totais.

Para a análise química elementar foram utilizadas frações de amostras compostas já moídas e peneiradas, sendo estas as que ficaram retiradas entre as peneiras de 200 e 270 *mesh*. O equipamento utilizado foi o analisador universal modelo Vario Micro Cube. Os teores de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e enxofre (S) foram quantificados em relação à massa seca da madeira, utilizando gases de arraste e ignição, sendo estes hélio e oxigênio, respectivamente. As amostras de 2 mg foram acondicionadas em cápsulas de estanho e completamente incineradas a 1.200°C. Os elementos químicos foram quantificados com auxílio de um *software*. O valor do oxigênio foi quantificado pelo somatório dos teores de C, N, H e S e decrescido de 100.

2.3 Análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos (clones) e três repetições (árvores-amostra). A análise de variância foi determinada e quando verificado efeito significativo de clone foi utilizado o Teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância. Também foi utilizada a análise de correlação de Pearson para verificar a associação entre as características da madeira estudadas. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* R versão 3.0.1 e pacote ExpDes.pt (R CORE TEAM, 2014).

3. RESULTADOS EDISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da análise de variância para as características energéticas da madeira e densidade básica dos clones estudados. Pode-se observar que tanto a densidade básica, como o poder calorífico superior e a densidade energética apresentaram efeito significativo de clone.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características energéticas e densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus* spp.

FV	GL	QM		
		DB (g/cm ³)	PCS (kcal/kg)	DE (Gcal/m ³)
Clone	2	0,0077631*	5.811,4*	0,202876*
Erro	6	0,0000491	1114,6	0,001452
Total	8	-	-	-
Média		0,592	4.637,55	2,751
CVe (%)		1,18	0,72	1,39

FV = fator de variação. GL = grau de liberdade. QM = quadrado médio. CVe = coeficiente de variação experimental. DB = densidade básica. PCS = poder calorífico superior. DE =



densidade energética base poder calorífico superior. * = significativo a 5% pelo teste F.

Em relação as características químicas da madeira, os resultados da análise de variância para estas foram apresentados na Tabela 2. Verifica-se que, para o teor de extrativos, teor de holocelulose e nitrogênio o efeito de clone foi significativo. Já para os teores de lignina total, carbono, hidrogênio e oxigênio não houve significância para efeito de clone.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das propriedades químicas da madeirade clones de *Eucalyptus* spp.

FV	GL	QM						
		Ext (%)	LigTOT (%)	Holo(%)	C (%)	N (%)	H (%)	O (%)
Clone	2	10,815*	6,6093 ^{ns}	30,757*	0,2575 ^{ns}	0,00457*	0,0376 ^{ns}	0,1139 ^{ns}
Erro	6	0,9411	5,0632	5,7451	3,2365	0,00034	0,043195	4,0172
Total	8	-	-	-	-	-	-	-
Média		5,27	32,99	61,72	47,51	0,63	5,74	46,11
CVe (%)		18,38	6,82	3,88	3,79	2,93	3,62	4,35

FV = fator de variação. GL = grau de liberdade. QM = quadrado médio. CVe = coeficiente de variação experimental. Ext = teor de extrativos. LigTOT = teor de lignina total. C = teor de carbono. N = teor de nitrogênio. H = teor de hidrogênio. O = teor de oxigênio. * = significativo a 5% pelo teste F. ^{ns} = não significativo, a 5% de significância, pelo teste F.

Os valores médios e o teste de comparação múltipla para a densidade básica e as características energéticas da madeira dos clones encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação múltipla de médias das características energéticas estudadas da madeira de clones de *Eucalyptus* spp.

CLONE	Médias		
	DB (g/cm ³)	PCS (kcal/kg)	De (Gcal/m ³)
C1	0,634 a	4.667 a	2,95 a
C2	0,608 b	4.658 a	2,83 b
C3	0,536 c	4.587 b	2,45 c

DB = densidade básica. PCS = poder calorífico superior. DE = densidade energética base poder calorífico superior. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Em relação a densidade básica da madeira, os três clones se diferenciaram estatisticamente. Trugilho et al. (2001), reportaram densidades básicas médias variando de 0,52 a 0,59 g/cm³ para clones aos 7 anos de idade, considerando-as como potenciais para produção de carvão vegetal. O valor médio de DB do clone C3 encontrou-se na faixa de valores reportados por Trugilho et al. (2001) e, dos clones C2 e C1, foram superiores a estes. Demonstrando assim, potencial para produção de carvão vegetal, uma vez que quanto maior a densidade da madeira, maior a massa de carvão produzido para um determinado volume (TRUGILHO et al., 1997).



Os clones C1 e C2 foram semelhantes estatisticamente em relação ao poder calorífico superior analisado, apresentando valor mais elevado desta propriedade e distinguindo-se do clone C3. Carneiro et al. (2014) reportou valores médios de 4.542 a 4.633 kcal/kg para clones em diferentes idades, os quais se aproximam aos valores encontrados neste trabalho. Pode-se observar que os clones que apresentaram maior densidade básica, apresentaram também um maior poder calorífico superior, demonstrando uma provável relação entre essas características. Essa propriedade tem grande importância ao se considerar um material destinado à produção de energia, pois representa a medida da quantidade de calor liberado após a combustão completa da biomassa (QUIRINO et al., 2005) e depende da composição química da matéria-prima (variando em função da espécie) e de sua umidade (AINA; ADETOGUN; IYIOLA, 2009).

As densidades energéticas para os três clones estudados se diferiram estatisticamente. Sendo que, o clone C1, que apresentou maior DB e maior PCS, obteve assim a maior densidade energética, de 2,95 Gcal/m³, entre os aqui analisados. Para clones de eucalipto com 42 meses de idade, Protásio et al. (2013) encontraram valores de 2,16 a 2,57 Gcal/m³, valores próximos aos encontrados neste. Segundo Protásio et al. (2015), quanto maior a densidade da madeira, maior será a densidade relativa aparente e energética do carvão vegetal produzido, características desejadas para produção de energia.

A Tabela 4 apresenta as médias dos teores de extrativos, lignina total, holocelulose, carbono, nitrogênio, hidrogênio e oxigênio presentes na madeira. Os teores de enxofre foram desconsiderados, uma vez que, ou não estavam presentes nos materiais ou apresentaram teores abaixo de 0,01%.

Tabela 4. Comparação múltipla de médias das características químicas estudadas da madeira de clones de *Eucalyptus* spp.

CLONE	Médias						
	Ext	LigTOT	Holo	C	N	H	O
C1	7,45 a	34,45 a	58,09 b	47,82 a	0,60 b	5,68 a	45,89 a
C2	4,39 b	31,48 a	64,12 a	47,48 a	0,61 b	5,67 a	46,23 a
C3	3,98 b	33,04 a	62,97 a	47,23 a	0,67 a	5,87 a	46,21 a

Ext = teor de extrativos (%). LigTOT = teor de lignina total (%). C = teor de carbono (%). N = teor de nitrogênio (%). H = teor de hidrogênio (%). O = teor de oxigênio (%). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Em relação ao teor de extrativos, o clone C1 apresentou diferença a nível estatístico dos demais materiais aqui analisados. O valor mediano encontrado para tal clone foi de 7,45% de extrativos. Trugilho et al. (2007) encontraram valores na faixa de 2,47 a 7,26% de extrativos na madeira de clones *Eucalyptus* spp. aos 5,8 anos de idade, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Autores acreditam que o aumento do teor de extrativos esteja correlacionado positivamente com a idade do material lenhoso, sendo explicado pelo processo de cernificação, no qual os extrativos são lançados no cerne (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996; SOARES et al., 2015). Em função de sua natureza fenólica, alguns extrativos possuem elevado teor de carbono, podendo assim colaborar para o aumento do poder calorífico da madeira e do carvão vegetal devido a sua resistência à degradação térmica (FREDERICO, 2009).



Os valores médios encontrados para o teor de lignina total presente na madeira dos clones analisados não apresentaram diferença a nível estatístico. Tais valores foram considerados satisfatórios, considerando a indicação do uso da madeira para produção de carvão vegetal. Santos et al. (2016) ao avaliar clones híbridos de eucalipto aos 7 anos de idade, reportaram um valor médio de 32% de lignina total em sua madeira. Conforme Pereira et al. (2012) reportaram, o teor de lignina total pode influenciar positivamente no poder calorífico do carvão vegetal, relação também observada por Santos et al. (2011). Assim, madeiras que apresentam um alto teor de lignina produzem um carvão vegetal com maior poder calorífico. Isso acontece em razão da estrutura da lignina se manter preservada devido a dificuldade de quebra de suas ligações carbono-carbono. Tais ligações necessitam de mais energia para sua quebra, diferente de ligações carbono-oxigênio presentes na celulose e hemicelulose com maior frequência (PEREIRA et al., 2012).

Para o teor de holocelulose, verificou-se diferença significativa entre o clone C1 e os demais. Tal clone apresentou o menor teor para esta característica, de 58,06%. Característica essa desejável, uma vez que menores porcentagens desses compostos resultam em menores porcentagens de gases não condensáveis e condensáveis durante a sua degradação na produção de carvão vegetal (SANTO et al., 2016). Em seu estudo, Santos et al. (2016) reportaram porcentagem média de holocelulose observada nos diferentes materiais genéticos estudados de aproximadamente 65%.

Com exceção do nitrogênio, os demais componentes elementares da madeira dos clones estudados neste trabalho, não se diferenciaram estatisticamente. Brand (2010) reportou teor médio de 49% para carbono em madeira de folhosas. Para clones de *Eucalyptus*, Neves et al. (2011) reportaram valores entre 45,75 a 47,25%, próximos aos encontrados neste trabalho para o teores de carbono.

O clone C3 apresentou o maior teor de nitrogênio (0,67%), se diferenciando dos demais. Para este elemento, Neves et al. (2011) reportou teores médios entre 0,09 a 0,21% em clones, e Brand (2010) de 0,30% para folhosas. Os teores aqui encontrados para nitrogênio apresentam valores elevados se comparados aos dos autores citados anteriormente. Essa característica é indesejada, uma vez que a queima deste elemento pode formar óxidos de nitrogênio tóxicos, os quais poluem o meio ambiente (KUMAR et al., 2010).

Os teores de hidrogênio se aproximam aos encontrados por Brand (2010) de 5,87% para madeira de folhosas. Para oxigênio, Protásio et al. (2011) reportou em maravalhas de eucalipto teor médio de 45,04%, próximo aos aqui analisados.

Teores elevados de carbono e hidrogênio e, baixos teores de oxigênio, são desejados objetivando o uso da madeira para produção de carvão vegetal, visto que, estes se correlacionam com o poder calorífico do material (PROTÁSIO et al., 2011).

As correlações entre as características analisadas para madeira neste trabalho foram apresentadas na Tabela 5. Ao se observar a matriz de correlações, nota-se correlação positiva entre poder calorífico superior e densidade básica, e PCS e densidade energética. Assim, o clone com maiores valores de densidade básica e energética (C1), apresentou também o maior poder calorífico superior. Segundo Cunha et al. (1989) *apud* Quirino et al. (2005), não há correlação entre poder calorífico e densidade básica. Porém, em relação ao volume de madeira para queima, a densidade se relaciona positivamente com o conteúdo calórico da madeira, estimulando assim o interesse em madeiras mais densas para a queima.



Tabela 5. Matriz de correlação de Pearson de clones de *Eucalyptus* spp.

	PCS	DB	DE	Ext	LigTOT	Holo	N	C	H	O
PCS	1	0,77	0,82	0,49	-0,01	-0,25	-0,65	0,06	-0,43	0,01
DB		1	0,99	0,70	0,01	-0,38	-0,89	0,23	-0,37	-0,14
DE			1	0,69	0,01	-0,38	-0,88	0,21	-0,38	-0,13
Ext				1	0,36	-0,77	-0,50	0,35	-0,09	-0,29
LigTOT					1	-0,86	-0,01	-0,41	-0,43	0,42
Holo						1	0,27	0,09	0,34	-0,12
N							1	-0,11	0,41	0,03
C								1	0,79	-0,99
H									1	-0,84
O										1

PCS = poder calorífico superior (kcal/kg). DB = densidade básica (g/cm³). DE = densidade energética base poder calorífico superior (Gcal/m³). Ext = teor de extrativos (%). LigTOT = teor de lignina total (%). C = teor de carbono (%). N = teor de nitrogênio (%). H = teor de hidrogênio (%). O = teor de oxigênio (%).

A densidade básica se correlacionou positivamente com a densidade energética e extrativos totais, e negativamente com o teor de nitrogênio. Trugilho, Lima e Mendes (1996) encontraram correlações negativas significativas entre a densidade básica e o teor de lignina e extrativos totais da madeira, trabalhando com *Eucalyptus saligna*. Resultado este que não foi encontrado neste trabalho.

Nota-se também significativa correlação entre os componentes químicos elementares, corroborando com os resultados observados por Paula et al. (2011).

4. CONCLUSÕES

O clone C1 destacou-se em relação aos demais, devido as suas características favoráveis ao uso energético, apresentando maiores valores de densidade básica e poder calorífico superior, proporcionando assim, conseqüentemente maior densidade energética.

Embora o clone C1 tenha se destacado, os demais materiais analisados neste trabalho também possuem potencial para emprego energético, uma vez que as características apresentadas por estes encontram-se dentro do desejável para produção de energia.

O poder calorífico superior apresentou correlação positiva com a densidade básica média e a densidade energética da madeira.

A densidade básica apresentou associação positiva com o teor de extrativos totais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa *Codemin* pela disponibilidade do material estudado; à FAPEMIG, CNPQ, CAPES, pela ajuda financeira; ao Programa de Ciência e Tecnologia da Madeira – UFLA e à Universidade Federal de Lavras.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINA, O. M.; ADETOGUN, A. C.; IYIOLA, K. A. Heat energy from value-added sawdust briquettes of *Albizia Zygia*. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, Etiópia, v. 2, n. 1, p. 42-49, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. D 1762-84: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. Philadelphia, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8633 - Carvão vegetal: determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941 - Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

BRAND, M. A. Energia da biomassa florestal. Rio de Janeiro: Interciência, 2010, 131 p.

CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; SANTOS, R. C.; FERREIRA, L. P.; DAMÁSIO, R. A. P.; VITAL, B. R. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. *Revista Árvore*, Viçosa, Minas Gerais, v.38, n.2, p.375-381, 2014.

DOWNES, G. M; HUDSON, I. L.; RAYMOND, C. A.; DEAN, G. H.; MICHELL, A. J.; SCHIMLECK, R.; EVANS, R.; MUNERI, A. Sampling plantations eucalypts for wood and fiber properties. Melbourne: CSIRO, 1997. 126 p.

FREderico, P. G. U. Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. (Ed.). *Lignins: occurrence, formation, structure and reactions*. New York: John Wiley, 1971. p. 241-266.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. *O Papel*, São Paulo, v. 47, n. 8, p. 36-38, ago. 1986.

KUMAR, R.; PANDEY, K. K.; CHANDRASHEKAR, N.; MOHAN, S. Effect of tree-age on calorific value and other fuel properties of *Eucalyptus* hybrid. *Journal of Forestry Research*, v. 21, n. 4, p. 514-516, 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, out./dez. 2011.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIRA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, set. 2010.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. *Cerne*, Lavras, MG, v. 17, n. 2, p. 237-246, 2011

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, L. C.; VITAL, B. R. Quality of wood charcoal from *Eucalyptus* clones for Ironmaster use. *International Journal of Forestry Research*, v. 2012, p. 8, 2012.

PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e mineirais da biomassa vegetal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 31, n. 66, p. 113-122, abr./jun

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Seleção de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 15-28, mar. 2013.

PROTÁSIO, T. P. et al. Avaliação tecnológica do carvão vegetal da madeira de clones jovens de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 801-816, 2015.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos. *Revista da Madeira*, n. 89, p. 100-106, abril 2005.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. Available from: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 fev. 2017.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O.; BIANCHE, J. J.; SOUZA, M. M.; CARDOSO, M. T. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. *Scientia Forestalis*, v. 39, n. 90, p. 221-230, jun. 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; CASTRO, R. V. O.; VIDAURRE, G. B.; TRUGILHO, P. F.; CASTRO, A. F. N. M. Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 2, abri.-jun. 2016.

SOARES, V. C.; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F.; HÖFLER, J.; PEREIRA, A. J. Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. *Cerne, Lavras*, v. 21, n. 2, p. 191-197, 2015.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY - TAPPI. Test methods T204 om-88: solvent extractives of wood and pulp. Atlanta, 2001.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. *Cerne, Lavras*, v. 2, n. 1, p. 94-111, jan./jun. 1996.

TRUGILHO, P. F.; VITAL, B. R.; REGAZZI, A. J.; GOMIDE, J. L. Aplicação da análise de correlação canônica na identificação de índices de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de carvão vegetal. *Revista Árvore, Viçosa*, v. 21, n. 2, p. 259-267, 1997.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clone de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. *Cerne, Lavras*, v.7, n. 2, p. 104-114, 2001.

TRUGILHO, P. F.; BIANCHI, M. L.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis, Piracicaba, São Paulo*, n.73, p. 55-62, março 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA MARAVALHA GERADA EM DUAS MARCENARIAS DE PEQUENO PORTE

RAFAEL DAMACENA¹

Júlia Silva¹

TARCILA LINS¹

Cibelle Amaral Reis¹

Thiago Cardoso Silva¹

Emmanoella Costa Guaraná Araujo¹

Rafael Leite Braz¹

Marcelo Nogueira¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA MARAVALHA GERADA EM DUAS MARCENARIAS DE PEQUENO PORTE

Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

Resumo: O volume de madeira aproveitado na indústria florestal gera um alto percentual de resíduo na forma de serragem, maravalha, costaneiras, aparas, pó de serra e outos. Tais resíduos podem ser utilizados como fonte alternativa de energia, o que colabora para o aumento da renda e preservação do meio ambiente. O presente trabalho tem como objetivo realizar a análise imediata do resíduos na forma de maravalhas, geradas em duas serrarias de pequeno porte, e comparar seus potenciais para fins energéticos. As amostras de maravalhas foram coletadas em duas serrarias na Região Metropolitana de Recife e posteriormente foram realizadas, em condições laboratoriais, análises de densidade a granel, teor de cinzas, teor de umidade, carbono fixo e teor de voláteis. Os dados dos tratamentos comparados diferiram estatisticamente, excetuando a análise de teor de cinzas, porém os resultados ainda estão dentro do esperado de acordo com a literatura. Resíduos produzidos em ambas as serrarias possuem características aceitáveis para o uso energético.

Palavras-chave: biomassa, resíduo, energia.

ENERGY EVALUATION OF THE SHAVINGS GENERATED IN TWO SMALL SAWMILLS

Abstract: The volume of wood used in the forest industry generates a high percentage of waste in the form of sawdust, shavings, wood pieces and others. Such residues can be used as an alternative source of energy, increasing the income and preserving the environment. The present work aimed to perform the immediate analysis of samples residues in the form of shavings, generated in two small sawmills, and to compare their potentials for energetic purposes. The shaving samples were obtained from two sawmills in the Metropolitan Region of Recife. Afterwards, for the determination of moisture content, ash, volatile and fixed carbon a analysis was performed in laboratory conditions. The comparative data of the treatments differed statistically, except for the ash content analysis, however the results are still within the expected range according to the literature. Residues produced in both sawmills have acceptable characteristics for energetic purposes.

Keywords: biomass, residues, energy.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal no Brasil é de grande importância para o desenvolvimento econômico e social do país. Em 2014, o Brasil chegou a atingir cerca de 7,74 milhões de hectares de florestas plantadas. Neste mesmo ano o consumo de madeira de florestas plantadas, com finalidade industrial, foi de aproximadamente 190 milhões de m³ e houve uma estimativa de 12,7 milhões de toneladas de biomassa residual (FERREIRA, 2016).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

De acordo com Lima (2005), o aproveitamento da tora de madeira corresponde a cerca de 40% a 60% de seu volume, gerando um alto percentual de resíduo na forma de serragem, maravalhas, costaneiras, aparas, pó de serra e outros (GONÇALVES, 2009). Mesmo em pequenas serrarias ou marcenarias pode-se ressaltar o volume de perdas e o não aproveitamento do resíduo madeireiro é muito grande (CERQUEIRA, 2012).

A geração de resíduos madeireiros pode trazer problemas como a poluição do ar, rios, redução do espaço útil para armazenamento de resíduos e proporcionar acidentes (MOULIN, 2011). Por isso é de grande importância mais estudos sobre problemas que envolvem a geração de resíduos e formas de descarte ou reutilização, principalmente os provenientes do processamento mecânico da madeira, uma vez que diversos produtos podem ser obtidos destes resíduos, que na verdade devem ser tratados como subproduto.

Os resíduos madeireiros podem ser reaproveitados na forma de energia, confecção de chapas de fibras, polpa para produção de papel e cargas para compostos poliméricos (LIMA, 2005). O potencial desses resíduos, quando provenientes de serraria, é bastante promissor, pois além de ser fonte alternativa de energia apresenta baixo custo. O uso desses materiais pode aumentar o lucro do estabelecimento assim como contribui com a preservação do ambiente e incentiva o desenvolvimento de novas tecnologias mais eficientes no aproveitamento de resíduos (REIS, 2016).

Considerando as informações, o presente trabalho tem como objetivo realizar a análise imediata de amostras de maravalhas, geradas em duas serrarias de pequeno porte, e comparar seus potenciais para fins energéticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

A coleta do material foi realizada ao acaso em duas serrarias de pequeno porte, localizadas na Av. Caxangá, Região Metropolitana do Recife, Estado de Pernambuco. Na primeira marcenaria, o material adquirido era composto por maravalhas das espécies de *Manilkara* sp. e *Pinus* sp., e foi designado como Tratamento A (Figura 1). O material proveniente da serraria segunda serraria, era composto por *Manilkara* sp. e angelim e foi designado como Tratamento B.

Em seguida, o material coletado foi encaminhado ao Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE, onde foram realizadas as análises de teor de umidade, densidade a granel, teor de voláteis e teor de cinzas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 1. Resíduos utilizados, referentes aos tratamentos A (a) e B (b)

2.2 Determinação de umidade

A avaliação do teor de umidade foi realizada de acordo com a metodologia da Norma NBR 8112 (1986). Para cada tratamento, foram realizadas 3 repetições.

Obteve-se o peso úmido de cada amostra através de uma balança semi-analítica de precisão 0,001g. Em seguida, as amostras foram levadas à estufa a $100 \pm 10^\circ\text{C}$ até que sua massa ficasse constante, obtendo o peso seco das amostras. O teor de umidade foi obtido pela diferença entre os pesos da amostra, antes e após à secagem, como mostra a seguinte fórmula:

$$T_u = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

Onde:

T_u : Teor de umidade, em %

m_1 : Massa inicial das amostras, em g

m_2 : Massa final das amostras secas, em g

2.3 Determinação da densidade a granel

Em uma balança semi-analítica de precisão de 0,001g, foi obtido o peso da maravalha contida em um recipiente com as dimensões já conhecidas. A densidade a granel foi calculada a partir da relação entre o peso do material (maravalhas) e o volume do recipiente. Para evitar influência da granulometria, foram realizadas 3 repetições para cada tratamento. Por fim, empregou-se a seguinte fórmula para o cálculo das densidades:

$$d_{granel} = \frac{m}{v}$$

Onde:

d_{granel} : Densidade a granel, em kg.m^{-3}

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

m: Massa, em kg

v: Volume ocupado pela amostra, em m³

2.4 Determinação do teor de voláteis

Para a determinação de voláteis, foram realizadas 5 repetições para cada tratamento. Em cada repetição, foi pesada cerca de 1 g de maravalha, *in natura*, em uma balança semi-analítica de precisão de 0,001g, depositadas em cadinho de porcelana com tampa.

Os cadinhos foram levados, um por vez, a um Forno Mufla (Figura 1), com capacidade de aquecimento de até 1200° C, permanecendo por 3 minutos na tampa da mufla e por 7 minutos dentro da mufla fechada, totalizando 10 minutos, a 900° C. Seguindo uma adaptação da metodologia da Norma NBR 8112 (Carvão Vegetal – Análise Imediata).

Após esse processo, a amostra foi levada a um dessecador para resfriamento e, por fim, pesou-se novamente. O teor de voláteis é determinado através da seguinte fórmula:

$$T_v = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Onde:

T_v: Teor de voláteis, em %

m₁: Massa inicial das amostras pesadas para esta análise, em g

m₂: Massa final das amostras, em g



Figura 2. Forno Mufla utilizado nas análises (a) e exemplo de amostra após a volatilização (b).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2.5 Determinação do teor de cinzas

O material resultante da análise anterior, já sem umidade e voláteis, foi levado ao Forno Mufla, a 710° C, onde permaneceu por 30 minutos com a porta do forno aberta e mais 30 minutos com a porta do forno fechada. Após ser retirado do forno, o material foi levado ao dessecador para o resfriamento e pesagem, Para o cálculo da determinação de cinzas, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$T_v = \frac{m_c}{m_1} \times 100$$

Onde:

T_v: Teor de voláteis, em %

m₁: Massa inicial das amostras, em g

m_c: Massa das cinzas, em g

2.6 Determinação do teor de carbono fixo

O teor de carbono fixo é determinado de maneira indireta, utilizando a seguinte equação:

$$T_{cf} = 100 - (T_v + T_c)$$

Onde:

T_{cf}: Teor de carbono fixo, em %

T_v: Teor de voláteis, em %

T_c: Teor de cinzas, em %

2.7. Análise dos dados

Os dados foram analisados utilizando o software Assistat, versão 7.7, foi realizada a Análise de Variância, com $\alpha = 5\%$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias da densidade a granel, teor de umidade, voláteis, cinzas e carbono fixo, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios referentes à densidade a granel (D), teor de umidade (Tu), teor de voláteis (Tv), teor de cinzas (Tc) e teor de carbono fixo (Tcf) das amostras de maravalha.

Tratamento	D(kg.m ⁻³)	T _u (%)	T _v (%)	T _c (%)*	T _{cf} (%)
A	195,3	13,17	85,32	0,55	14,06
B	109,7	12,35	82,57	0,66	16,84

* Não significativo pela ANOVA, com $\alpha = 5\%$.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Através da Análise de Variância, observou-se que as médias das amostras diferenciaram estatisticamente entre si, excetuando o teor de cinzas.

Hilling et al. (2009), em seu estudo sobre resíduos de madeira na indústria moveleira, encontrou a densidade a granel média de 223 kg.m^{-3} . Apesar de ambos os valores encontrados serem inferiores ao encontrado por Hilling, o tratamento A ($195,3 \text{ kg.m}^{-3}$) possui uma densidade significativamente maior que o B ($109,7 \text{ kg.m}^{-3}$). A densidade a granel está diretamente ligada à granulometria, partículas maiores tendem a um arranjo mais solto, já menores partículas se compactam com mais facilidade, aumentando a densidade. Biomassas mais densas possuem menor custo de transporte (VALE et al, 2007).

O tratamento B apresentou um teor de umidade de 12,35%, o que é significativamente menor que o tratamento A (13,17%). Ainda assim, ambos estão abaixo de 25%. Segundo Vale et al. (2000), a umidade na madeira é uma característica que influencia negativamente a produção de calor por unidade de massa do material. Para que o material seja considerado adequado para energéticos, o ideal é que seu teor de umidade não ultrapasse 25%. Logo, os resultados encontrados são satisfatórios.

Os resultados obtidos por Paula et, al. (2011), que estudou cascas de amêndoa de dendê, encontrou o valor de voláteis igual a 81,31%, que é inferior aos valores obtidos no Tratamento A e Tratamento B. Já Reis (2016) em seu trabalho com maravalhas de Anani encontrou uma média de 84,6% para teor de material volátil, que é superior ao tratamento B (82,57%) mas inferior ao tratamento A (85,32%). Apesar dos valores encontrados serem aparentemente altos, estão de acordo com a literatura. O teor de voláteis implica diretamente na velocidade da queima da biomassa, quanto mais alto, mais rapidamente a queima ocorre.

Pinheiro et, al. (2005) estudou a geração de resíduos nos setores madeireiros e agroindustrial, tais como serragem, casca de castanha do Pará, cacho seco de amêndoa, caroço de açaí e fibra de dendê, e observou que os teores de cinzas variaram entre 0 e 5%. Já Reis (2016) obteve em seu trabalho com maravalhas de Anani (*Symphoniaglobulifera l. guttiferæ*) uma média de 1,56% de teor de cinzas e concluiu que o teor de cinzas varia de acordo com a estrutura ou material em estudo. O teor de cinzas dos tratamentos avaliados (0,55% e 0,66%, respectivamente) não possuem diferença significativa entre si e estão dentro do esperado.

Em seu estudo com pellets de madeira, Caraschi (2012), encontrou uma média de 15,08%. Quanto maior o índice de carbono fixo mais lenta é a queima da biomassa. O tratamento B apresentou teor de carbono fixo superior ao A, tendo portanto, uma queima mais lenta; confirmando o que já era esperado de acordo com o teor de voláteis.

4. CONCLUSÕES

De acordo com o estudo realizado é possível concluir que os resíduos das

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

serrarias analisadas possuem características adequadas para uso em fins energéticos. Os teores de umidade, densidade a granel, teor de cinzas, voláteis e carbono fixo estão de acordo com a literatura.

A maravalha composta por *Manilkara* sp. e *Pinus* sp., tratamento A, é mais densa, sendo capaz de produzir mais energia que a maravalha composta por *Manilkara* sp. e angelim, tratamento B.

A queima da maravalha que compõe o tratamento A é mais rápida que a que compõe o tratamento B, ou seja, ao optarem usar resíduos da primeira serraria, o reabastecimento será necessário em um intervalo de tempo menor que a da segunda serraria.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112: carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 8 p.

BRAND, M. A. et al. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balance de materiais, PR. REVISTA FLORESTA, v. 32, n. 2, p. 247-259, 2001.

CARASCHI, J. C et al. Caracterização física e química dos pellets de madeira produzidos no brasil. XIII Ebramem. UFES/Vitória – 23 a 25 de julho de 2012

CERQUEIRA, P. H. A. et al. Análise dos resíduos madeireiros gerados pelas serrarias do município de Eunápolis- BA, AM. REVISTA FLORESTA E AMBIENTE, v. 19, n. 4, p. 506- 510, 2012.

FERREIRA, J. C. et al. Qualificação da biomassa em povoamentos florestais de *Pinustaeda*, PR.REVISTA FLORESTA, v. 46, n. 2, p. 269- 276, 2016

GONÇALVES, J. E.; SARTORI, M. M. P.; LEÃO, A. L. Energia de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis*, Campina Grande, PB. REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL, v. 13, n. 5, p. 657- 661, 2009.

HILLIG, E.; Schneider, V. E.; Pavoni, E. T. (2009), Geração de resíduos de madeira e derivados da indústria moveleira em função das variáveis de produção. Produção, 19,13-22.

LIMA, E. G. L.; SILVA, D. A. Resíduos gerados em indústria de móveis de madeira situadas no polo moveleiro de arapongas – PR. REVISTA FLORESTA, v. 35, n.1, p.105- 116, 2005.

MOULIN, J. C. et al. Avaliação da maravalha gerada em uma serraria de pequeno

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

porte, TO. JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY AND BIODIVERSITY, v2, n.2, p. 16-22, 2011.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of Residues from Plant Biomass for use in Energy Generation. Cerne, Lavras, v. 17, n. 2, p. 237-246, abr./jun. 2011.

PINHEIRO, G. F. et al. Densidade Energética de Resíduos Vegetais. Biomassa e Energia, 2005, v.2, n.2, p. 113-123.

REIS, M. P.; GUIMARÃES, L. K. Análise química de maravalha de *Symphonia globulifera* L. *guttiferae* (Anani) gerada em uma serraria de pequeno porte no Distrito de Icoaraci em Belém – PA, PA. II CONGRESSO AMAZÔNICO DE MEIO AMBIENTE & ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2016.

VALE, A. T. do.; Brasil, M. A. M.; Carvalho, C. M. de; Veiga, R. A. de A. (2000), Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill ex-*maiden* e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. Cerne, Lavras, 6, 83-88.

VALE, A.T. et al. Caracterização energética e rendimento da carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arabica*, I) e de madeira (*Cedrelinga catenaeformis*), duke. Cerne, Lavras, v. 13, n. 4, p. 416-420. 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE COBERTURA EM MADEIRA EM PRÉDIO HISTÓRICO

Rodrigo Figueiredo Terezo¹
Talitha Oliveira Rosa²
Ângela Maria Stüpp³
Cleide Beatriz Bourscheid²
Gabriel Oliveira Rosa²
Guilherme Motta²

¹ UDESC

² Universidade do Estado de Santa Catarina

³ Centro de Ciências Agroveterinárias - Engenharia Florestal



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE COBERTURA EM MADEIRA EM PRÉDIO HISTÓRICO

Resumo: Este trabalho teve como objetivo avaliar qualitativamente a estrutura de madeira que compõe a cobertura de um prédio situado no centro histórico de Florianópolis (Brasil), construído em meados do Séc. XIX. A inspeção foi realizada por meio dos procedimentos de avaliação visual, levantamento dimensional, auscultação e escarificação. A cobertura é totalmente composta por madeira, e é formada por elementos estruturais treliçados de três tipos. A partir da avaliação executada os danos identificados foram: ataque de agentes xilófagos, apodrecimento, rachaduras, fissuras, envergamento, pontos de infiltração de água, ausência ou hipo-dimensionamento de mãos francesas, peças metálicas provocando sobrecarga, parafusos antigos, ferrugem nas vergas de aço, banzos inferiores colapsados e falta de sustentação nas paredes, devido à direção do descarregamento de forças. Desta forma, compreende-se que o processo de intervenção para restauração da estrutura deve ser executado, realizando planejamento adequado em função da complexidade e falta de materiais utilizados originalmente na edificação, visando manter ao máximo as características originais da obra.

Palavras-chave: Estruturas em madeira; Inspeção de cobertura; Patógenos da madeira

EVALUATION TO WOOD ROOF RECOVERY IN A HISTORIC BUILDING

Abstract: This research aimed to evaluate the quality of the wood structure that composes the roof of a building located in the historical center of Florianópolis (Brazil), which was built in the 19th century. The inspection was performed through procedures such as: visual evaluation, dimensional survey, auscultation and scarification. The roof is entirely made of wood, and is formed by structural truss elements of three types. From the evaluation, the identified damages were: attack of xylophagous organisms, rot, cracks, water infiltration points, absence or hypo-scaling of struts, overload caused by metal parts, old screws, rust of Steel, lower flanges collected and lack of support on the walls due to the direction of discharge forces. Thus, it is understood that the intervention process to restore the structure must be executed with adequate planning due to the complexity and lack of materials originally used in the building, aiming to keep the maximum of the original characteristics of the work.

Keywords: Timber structures; Historical center; Inspection of roof; Pathogens of wood.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





1. INTRODUÇÃO

A madeira é uma matéria-prima importante e versátil em vários setores da atividade humana, pois pode ser aplicada em diversos usos. No Brasil, a madeira é pouco valorizada como material de construção, embora seja encontrado em abundância na natureza (RODRIGUES & SALES, 2013).

Sendo um material com grande variabilidade natural, anisotrópica, higroscópica e susceptível a degradação por agentes biológicos, a madeira tem sido aplicada na construção em diversas situações, nem sempre com os cuidados adequados de construção e de manutenção. Sendo que, frequentemente, os elementos em madeira são os primeiros a denunciar deficiências estruturais, problemas de umidade e demais patologias, que devem ser resolvidas de modo a manter a estrutura (CRUZ, 2011).

Além de serem submetidas a ações, as estruturas de madeira interagem com o ambiente, o que contribui para a perda de suas propriedades iniciais. O ataque biológico representa uma das principais causas de sua degradação, resultando em perda de massa e, conseqüentemente, na diminuição da sua resistência (MIOTTO & DIAS, 2006). Pelo fato de a madeira ser um material higroscópico, o teor de umidade também é um fator preponderante nas construções, e variações da umidade abaixo do ponto de saturação das fibras também implicam em variação nas propriedades mecânicas (GALVÃO & JANKOWSKY, 1985 apud ANDRADE JUNIOR et al., 2014).

Embora o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira seja fundamental para o seu correto emprego como elemento estrutural, é bastante comum encontrar construções históricas edificadas sem um projeto específico, uma vez que estas eram construídas pela experiência daqueles que a implementaram.

Apesar disto, Bernardo (2014) afirma que uma casa de madeira antiga comprova a evolução da técnica construtiva, manifesta a história de uma região, traz consigo a sabedoria do artesão, enfim, revela os valores culturais como um bem nacional. A preservação da arquitetura de madeira contempla a manutenção deste conjunto de valores, a saber, os sociais, os históricos e os culturais, e o envio destes às futuras gerações. De acordo com Almeida (2012), uma construção antiga é mais do que um edifício, é o desenho do arquiteto, o material utilizado pelo construtor, a história dos que lá passaram e um registo do que aconteceu a sua volta – Um patrimônio, que deve ser reconhecido e preservado.

O desafio de preservar o patrimônio histórico, no entanto, enfrenta questões elementares como a necessidade de conscientização da população e dos governos quanto à valorização da memória cultural a partir da conservação da arquitetura popular, principalmente as obras de madeira. São os elementos em estruturas de telhados em geral os mais atingidos, pois recebem o impacto direto do intemperismo. A deterioração pode iniciar a partir de pequenas falhas na cobertura, que ao longo dos anos, sem a devida manutenção, levam ao comprometimento da estrutura e da segurança de uso do bem imóvel (BERNARDO, 2014).

Percebe-se, assim, a necessidade de um trabalho minucioso de equipes especializadas na inspeção e reparo ou restauração dos elementos estruturais danificados. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar qualitativamente elementos estruturais em madeira que compõem a cobertura de um prédio situado no centro histórico de Florianópolis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





A inspeção foi realizada em um edifício do século XIX no centro histórico de Florianópolis – SC (Brasil). Os procedimentos para a avaliação foram executados na cobertura da edificação visitação à obra nos dias 26 e 27 de janeiro de 2015, e a metodologia utilizada incluiu: a avaliação visual e levantamento dimensional das peças da estrutura; auscultação; e escarificação. Além dessas técnicas foi realizado um levantamento fotográfico da estrutura do telhado.

A cobertura é formada por elementos estruturais em madeira treliçada de três tipos, sendo os demais componentes, como terças e cumeeira, também em madeira. A Figura 1 demonstra, de forma esquemática, os três tipos de treliças presentes na cobertura.

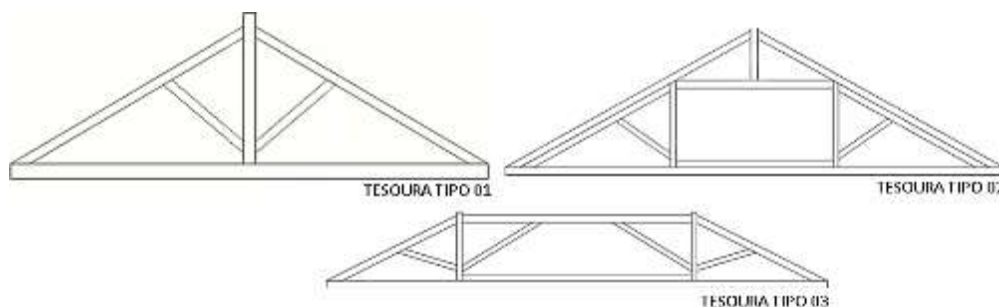


Figura 1. Modelos das tesouras utilizadas na cobertura.

Na avaliação da estrutura em madeira do telhado foi empregada, primeiramente, inspeção visual de todas as peças que compõem as treliças: banzos, montantes e diagonais (Figura 1). Por meio dessa avaliação visual foi possível estimar a situação das peças em função dos defeitos, tais como ataques de agentes xilófagos, manchas de umidade, rupturas mecânicas e deformações excessivas, os quais podem comprometer a estabilidade da estrutura.

A partir da análise visual, onde foram detectados os pontos danificados nas peças, foram realizadas a auscultação e a escarificação, sendo estes, complementos da avaliação visual, uma vez que ajudam a localizar os pontos danificados por agentes xilófagos e defeitos por apodrecimento, em intensidade e quantidade.

A auscultação possibilita, pelo som, o reconhecimento da presença ou ausência de ataques por organismos xilófagos ou apodrecimento por umidade. Utiliza-se qualquer material que possa ajudar a propagar o som na madeira, como um martelo. Com a escarificação é possível localizar, com precisão, as áreas atacadas e a profundidade do dano. Desta forma, pode-se reconhecer o grau de deterioração de cada componente estrutural. Para este método pode-se utilizar uma machadinha, que cria leves sulcos na madeira de forma a detectar os defeitos sem, contudo, comprometer as peças avaliadas.

Por fim, as peças foram medidas em altura (h), espessura (e) e comprimento, possibilitando saber se o dimensionamento utilizado na época era compatível com as cargas atuantes do telhado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da inspeção realizada na obra foi possível a detecção de diversos problemas estruturais, sendo alguns extremamente prejudiciais para a estabilidade da cobertura,



colocando em risco todo o edifício. Os resultados obtidos estão descritos conforme a técnica utilizada.

3.1 Inspeção visual

Durante esta etapa, pôde-se observar que quase todas as peças em madeira apresentaram fissuras, com exceção das diagonais. Todavia, para o tipo 02, os elementos de montante evidenciaram fissuras (Figura 4) em função da ausência de mãos francesas na estrutura das treliças ligadas à cumeeira, para melhor contraventamento da cobertura.

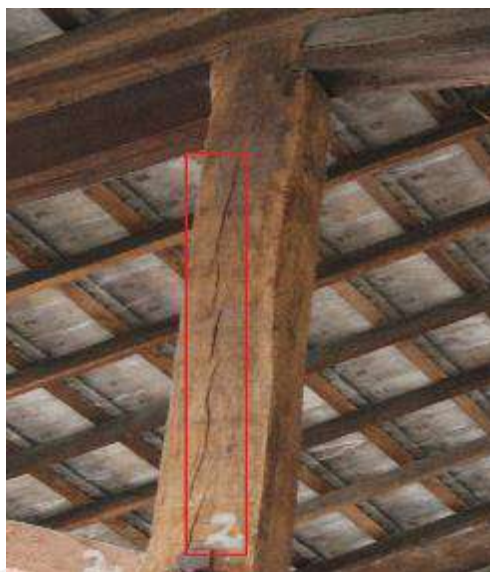


Figura 1. Fissura no montante. Fonte: BOURSCHEID, 2015 (arquivo pessoal).

Também, perceberam-se manchas de umidade nos banzos superior e inferior das treliças dos tipos 02 e 03, e as do tipo 01 no banzo inferior. No caso das manchas nos banzos superiores, estes se referem à parte da peça que está em contato com o banzo inferior (extremidades laterais), a qual se encontra apoiada na parede. Além disso, as manchas de umidade que foram encontradas estavam, na maioria, nas mesmas peças que apresentaram outros problemas, como fissuras ou cupins.

Todas as treliças dos tipos 02 e 03, além da tesoura 02 do tipo 01, estavam escoradas. O escoramento foi feito devido ao envergamento das peças, principalmente do banzo inferior, além do fato de que os banzos superiores não estão apoiados sob a parede o que promove um esforço cortante maior no banzo inferior.

3.2 Avaliação por auscultação e escarificação

O ataque por agentes xilófagos também foi observado. A ocorrência de maior gravidade foi encontrada nas tesouras do Tipo 01, nas quais se notou a presença ativa dos insetos, apesar de superficiais, como demonstrado pela Figura 7.



Figura 2. Ataque por agente xilófago (cupins). Fonte: BOURSCHEID, 2015 (arquivo pessoal).

3.3 Erros construtivos

No decorrer da inspeção foram visualizados alguns erros construtivos que, de certa forma, comprometeram a sanidade e capacidade de sustentação mecânica da estrutura, fazendo com que algumas peças começassem a envergar e/ou rachar.

Em alguns destes problemas foram colocadas escoras tanto para sustentação da tesoura inteira, que pode ser visto na Figura 8, como para reforço nos montantes e outras peças.



Figura 3. Escoramento de peças colapsadas. Fonte: BOURSCHEID, 2015 (arquivo pessoal).

Além disto, quando da construção, deveriam ter sido colocadas mãos-francesas entre as treliças do tipo 01, assim como foram colocadas em algumas do tipo 02, para que houvesse o travamento da cobertura no sentido longitudinal. Também, deveriam ser reforçadas as demais treliças (do tipo 02 e 03) com mãos francesas para a mesma finalidade (Figura 9). Outro ponto importante verificado foi que as mãos-francesas que estão unidas as terças possuem bitola pequena, sendo necessária a substituição por outras maiores.



Figura 4. Reforço com mãos-francesas entre treliças

Ainda, pôde-se perceber que os parafusos utilizados necessitam ser substituídos, uma vez que os encontrados são muito antigos e não se pode garantir que os mesmos promovam a segurança necessária para a contínua utilização desta cobertura.

Na cumeeira, no rincão e no espigão foram observados vários pontos com goteiras, e, até mesmo, grandes aberturas por onde a água da chuva facilmente entra, molhando as treliças.

As Figuras 13 e 14 demonstram uma possível solução para a parede rachada em um dos galpões, a qual está em perigo iminente de total ruptura e queda, que faria com que a cobertura desabasse em conjunto. Neste caso, é necessário que seja aumentado o número de vigas na horizontal entre a última treliça e as terças na parede (13) de forma que as cargas sejam melhor distribuídas, bem como a inclusão de vigas nas treliças (14), já que a falta delas é um dos motivos pelo qual a parede foi empurrada para fora por conta das forças atuantes na mesma. Ainda, este também foi o motivo pelo qual as vigas de sustentação entre as treliças e as terças sofreram ruptura (14).



Figura 5. Necessidade de aumento da quantidade das vigas de apoio entre treliça e terça.



Figura 6. Ruptura da viga e sugestão de inclusão de vigas na horizontal. Fonte: BOURSCHEID, 2015 (arquivo pessoal).

Em decorrência da ruptura que já ocorreu na parede e a fez entortar, possivelmente as vergas das janelas, as quais estão enferrujadas, tenham tido sua capacidade mecânica reduzida, e por isso, deveriam ser avaliadas e se necessário, substituídas.

Foi possível perceber, também, o rompimento das treliças no local para onde as cargas são projetadas de acordo com a construção inicial, que é no banzo inferior, contrariamente à necessidade, dada na estrutura da parede. Notou-se que nestes locais são necessários pilares de sustentação de forma a provocar uma força de reação às cargas verticais. Os mesmos devem ser colocados na extremidade do banzo inferior das treliças de forma com que haja a neutralização das cargas, bem como que seu descarregamento seja distribuído, evitando que o banzo inferior receba toda a solicitação.

Ademais, foi constatado tesouras com sobrecarga em consequência do depósito de peças de aço sobre o banzo superior das mesmas.

4. CONCLUSÕES

Com a inspeção realizada foi possível avaliar, de maneira geral, o estado de conservação das treliças localizadas na cobertura do edifício avaliado em Florianópolis, SC.

Desta forma, entende-se a necessidade de intervenção na estrutura em razão do que foi constatado, o qual foi relatado anteriormente. Notou-se que diversas treliças dos tipos 02 e 03 estão correndo risco de desabamento juntamente com a parede. Portanto, é imprescindível que sejam restauradas. Quanto às tesouras do tipo 01, nas quais foi verificada a presença de cupins, as mesmas devem ser recuperadas, de modo a diminuir a possibilidade de ruptura das peças.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. C. P. De. Análise e reabilitação estrutural de um edifício. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, (2012).

BERNARDO, J. COLÔNIA MURICI: MÉTODOS PARA DIAGNÓSTICO EM PROJETOS DE RESTAURAÇÃO E PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Parana. Curitiba – PR. (2014).

CRUZ, H. Inspecao, avaliacao e conservacao estruturas de madeira. 1ª Jornada de Materiais de Construcao. (2011).

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. Secagem Racional da Madeira. São Paulo: Nobel, 1985. IN: Andrade Junior, Jairo Ribas, Almeida, Diego Henrique de, Almeida, Tiago Hendrigo de, Christoforo, André Luis, Stamato, Guilherme Corrêa, & Lahr, Francisco Antonio Rocco. Avaliação das estruturas de cobertura em madeira de um galpão de estoque de produtos químicos. Ambiente Construído, 14(3), 75-85. (2014).

MIOTTO, J. L.; DIAS, A. A. Reforço e recuperação de estruturas de madeira. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 27, n. 2, p. 163-174. (2006).

RODRIGUES, M. A. S.; SALES, J. C. A madeira e suas patologias. Estudo de caso: Igreja Nossa Senhora das Mercês – Itaipoca/CE. IX Congresso Internacional sobre Patologia y Recuperacion de Estructuras. Joao Pessoa-PB. (2013).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO PERFIL DE DENSIDADE DO LENHO DE ÁRVORES DE PINUS POR MÉTODOS RADIOGRÁFICOS

Felipe Silva Bastos¹
Vinícius Resende Castro¹
Paula Gabriella Surdi²
Angélica de Cássia Oliveira Carneiro¹

¹ UFV -DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL / Universidade Federal de Viçosa

² Universidade Federal de Viçosa



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO PERFIL DE DENSIDADE DO LENHO DE ÁRVORES DE PINUS POR MÉTODOS RADIOGRÁFICOS

Felipe Silva **BASTOS**¹; Vinicius Resende de **CASTRO**¹; Paula Gabriella **SURDI**¹;
Angélica de Cássia Oliveira **CARNEIRO**¹

¹Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Resumo: O trabalho tem como objetivo, a determinação e comparação dos resultados da análise do perfil de densidade aparente do lenho de árvores de pinus, utilizando imagens digitais de raios X. No estudo foram utilizadas amostras radiais do lenho de cinco árvores de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com 7 anos e 10 meses. Os perfis radiais de densidade aparente foram obtidos através aplicação da metodologia de imagens digitais de raios X que propicia diferentes formas de avaliação dos resultados, seja na forma qualitativa (escala de cinza e escala *rainbow*) e quantitativa (gráficos de densitometria de raios X). Os dados foram obtidos e avaliados com maior agilidade e facilidade no processamento de análise do lenho, sendo, portanto, recomendada nos trabalhos que demandem a avaliação da densidade de significativo número de amostras do lenho de árvores de coníferas e de folhosas, de forma não destrutiva e com alta precisão.

Palavras-chave: propriedades físicas, densitometria de raios X, método não-destrutivo.

QUALITATIVE EVALUATION OF THE DENSITY PROFILE OF PINUS TREES BY RADIOGRAPHIC METHODS

Abstract: The objective of this work was to determine and compare the results of the analysis of the apparent density profile of the pine tree wood using digital X - ray images. In the study were used radial samples of the wood of five trees of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, at 7 years and 10 months. Radial profiles of apparent density were obtained by applying the X-ray digital imaging methodology, which provides different ways of evaluating the results, both qualitatively (gray scale and rainbow scale) and quantitative (X-ray densitometry) graphs. The data were obtained and evaluated with greater agility and ease in the analysis of the wood, and it is therefore recommended in the studies that require the evaluation of the density of a significant number of samples of the wood of coniferous and hardwood trees in a nondestructive way and with high precision.

Keywords: physical properties, X-ray densitometry, non-destructive method.

1. INTRODUÇÃO

A densidade aparente da madeira é expressa pela razão da massa e volume da madeira, na condição de 12 % de umidade, como descrito na NBR 7190 (ABNT, 1997). Os métodos convencionais de determinação da densidade aparente, em madeira, são aplicados para corpos de prova obtidos, de modo geral, por métodos destrutivos. Neste contexto, os métodos radiográficos de atenuação de raios X para a determinação da densidade aparente do lenho apresentam vantagens por ser uma metodologia não destrutiva, além disso, propicia a otimização do tempo, melhora a precisão das análises e aumenta a eficiência no processamento dos dados (CASTRO, 2014).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A técnica da densitometria de raios X em madeiras foi implantada no Brasil por Amaral (1994), sendo uma importante ferramenta na avaliação da qualidade do lenho das árvores submetidas aos tratamentos silviculturais e variações climáticas, bem como para a caracterização tecnológica da madeira. A técnica possibilita, da mesma forma, a determinação da produção anual da biomassa do lenho e a sua relação com a estrutura anatômica; a aplicação na genética e melhoramento florestal e na avaliação do efeito da fertilização, irrigação, desrama, ataque de fungos e insetos, etc (MOTHE et al., 1998; POLGE, 1965; TOMAZELLO FILHO et al., 2005; CASTRO, 2014).

Atualmente, com o desenvolvimento de equipamentos de imagens digitais de raios X direcionados para a ortopedia, odontologia, zootecnia, zoologia, entre outras áreas (WOO NORDAL, 2006), abriu-se a possibilidade para sua aplicação na análise da qualidade da madeira e de seus produtos. A literatura relata a utilização de imagens radiográficas digitais em tons de cinza da madeira para a determinação da sua densidade pela metodologia de atenuação de nêutrons, além da caracterização dos defeitos do tronco resultantes do crescimento das árvores e do ataque de organismos xilófagos (WU; PENG, 2007; VAN DEN BULCKE et al., 2009; TRTIK et al., 2007). Através de recursos digitais e softwares de processamento, é possível reclassificar essas imagens, através do tratamento com escalas de cores contrastantes, a fim de realçar as informações de interesse no estudo.

Ainda mais, vale destacar a utilização para detectar as variações dos valores de densidade dos anéis de crescimento e sua correlação com as condições climáticas, ciclo do carbono, influência da fertilização, etc. (CHERUBINI et al., 2013; SURDI et al., 2014).

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivos determinar e analisar o perfil de densidade aparente do lenho de árvores de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, utilizando imagens digitais de raios X e recursos gráficos computacionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As cinco árvores de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com 7 anos e 10 meses, DAP de 30 cm, foram selecionadas das plantações florestais da Fazenda Pedra Maria, localizadas na região de Buri, SP (coordenadas de 48° 26' 13,8"W; 23° 52' 07,5"S; altitude de 660 m), da empresa Pinus Brasil Agro Florestal Ltda.

Para a determinação da densidade aparente, foram cortadas seções transversais do lenho na base do tronco das árvores. Posteriormente, foram climatizadas em condições normais de laboratório (20 °C e 60% U.R.) para a posterior avaliação densitométrica.

Na seção transversal dos discos do lenho foram demarcadas e cortadas 2 amostras radiais (20x10 mm, largura x espessura), coladas em suportes de madeira, seccionadas em equipamento de dupla serra circular paralela (amostras de 2,0 mm de espessura), acondicionadas (câmara de climatização, 20°C, 24h, 60% U.R., 12-15% U.E.) (CASTRO, 2014).

Para a obtenção do perfil radial da densidade aparente do lenho utilizou-se o equipamento de raios X digital modelo LX-60. As amostras do lenho, utilizadas na análise de densitometria de raios X, e uma cunha de calibração de acetato de celulose foram inseridas no compartimento blindado do equipamento de raios X, seguindo-se a operação de calibração e de leitura automática (30 Kv, 19 segundos), gerando-se imagens digitais do lenho juntamente com a cunha de calibração de elevado contraste e alta resolução na tela do monitor. Estas, posteriormente, foram salvas em formato

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

TIF (FAXITRON, 2009) e analisadas com *software ImageJ*, transformando-se, por comparação com a escala de tons de cinza da cunha, em valores de densidade aparente do lenho a cada 50 μm de distância ao longo da medula-casca. Posteriormente, foram transferidos para planilha eletrônica e construídos os perfis radiais de densidade aparente do lenho.

Através de recursos gráficos, as imagens em escala de cinza foram tratadas com as cores da escala *rainbow*, no *software Photoshop*, partindo-se do limite inferior, representada pela cor azul até o vermelho, mostrando os valores mínimos e máximos de densidade. A análise das amostras nesta escala possibilita a diferenciação, demarcação, contagem e mensuração de anéis de crescimento, além da possibilidade de verificar a distinção e a flutuação de densidade em um maior contrastaste de cores, facilitando a interpretação de forma qualitativa.

Recomenda-se, no entanto, a justaposição da imagem da seção transversal do lenho (imagem escaneada), com as imagens de escala de cinza e *rainbow*, além do gráfico do perfil densitométrico, para possibilitar a comparação com a estrutura anatômica macroscópica do lenho.

A densidade aparente média das árvores foi determinada a partir dos raios (2 por árvore) das 5 árvores analisadas. Nas análises estatísticas foi aplicado o programa SAS, sendo aferidos os “outliers”. A análise da variância (ANOVA) foi utilizada para verificar o efeito dos tratamentos (árvores) e aplicado o teste de Tukey a 95% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de densidade aparente da madeira do híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* encontram-se na Tabela 1. O valor médio da densidade aparente foi de 0,432 g/cm^3 .

Tabela 1. Densidade aparente das árvores de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Árvore	Densidade aparente média (g/cm^3)
A	0,414 bc
B	0,469 a
C	0,392 c
D	0,453 ab
E	0,374 c

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Estudos foram conduzidos com as espécies parentais do híbrido e registra-se que Iwakiri et al. (2001) encontraram para a madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* densidade aparente de 0,43 g/cm^3 aos 10 anos de idade. De acordo com Carpanezi et al. (1986) a madeira do *Pinus elliottii* var. *elliottii*, em idades mais avançadas, possui densidade básica variando entre 0,50 e 0,56 g/cm^3 . Com base nestes dados de literatura, observa-se que o valor médio de densidade aparente do híbrido estudado foi mais próximo ao da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

A diferença da densidade aparente média do lenho entre as árvores pode ser explicada pelo fato da análise de densitometria de raios X ocorrer de forma linear (contínua e radialmente) ao longo de todo o raio. Dessa forma, não possibilita a eliminação de possíveis defeitos, como microfissuras nas amostras. As variações da

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

largura e as imperfeições anatômicas do lenho dos anéis de crescimento, e a presença dos canais de resina são, desta forma, detectadas pela passagem do feixe colimado de raios X e, quando registradas graficamente e em termos de média indicam diferenças dos valores da densidade aparente média do lenho.

Para a inferência qualitativa da densidade aparente do lenho das cinco árvores em estudo foi criado um histograma, que pode ser visualizado na Figura 2 a seguir.

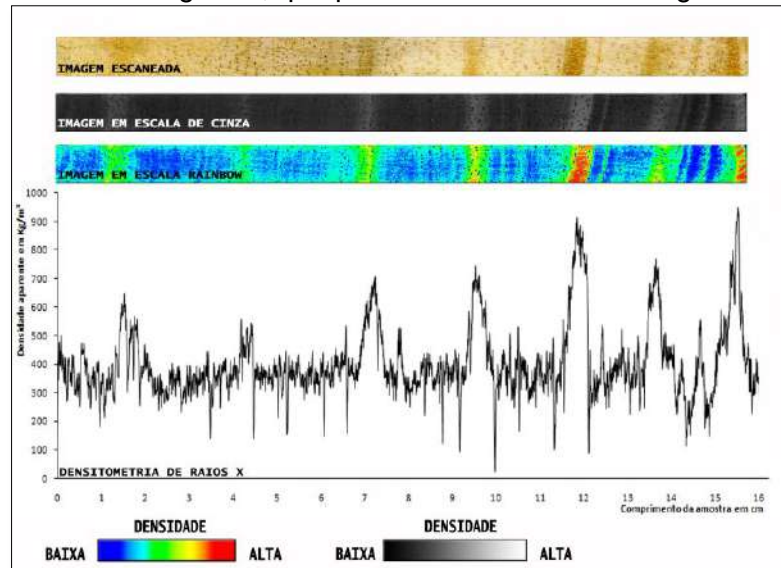


Figura 2. Comparação da imagem escaneada, escala de cinza, escala *rainbow* e perfil de densitometria por raios X. Fonte: Elaboração própria.

Verifica-se na imagem escaneada (análise qualitativa), que alguns anéis de crescimento podem ser identificados a olho nu sem auxílio de equipamentos. Porém, a percepção da flutuação densidade entre os anéis de crescimento é melhor visualizado nas imagens de raios X digital na escala de cinza e na escala *rainbow*.

A análise dos dados na escala de cinza (análise qualitativa) é interpretado da seguinte maneira: as faixas de coloração clara, onde se localização os traqueídes de parede mais espessa (indicativa de maior densidade, maior atenuação de raios X), são características do lenho outonal/tardio dos anéis de crescimento anuais. Já os tons de cinza mais escuros são indicativos de regiões de menor densidade, menor atenuação dos raios X e traqueídes de parede delgada, caracterizando períodos favoráveis de crescimento, ou seja, lenho primaveral/inicial.

Ainda mais, a aplicação dessa a metodologia em dendrocronologia (determinação da idade e taxa de crescimento das árvores) e qualidade do lenho (porcentagem do lenho tardio/anel de crescimento anual) é de extrema eficiência e confiabilidade. Com a presença de 7 bandas claras é possível inferir que as árvores possuem aproximadamente 7 anos de idade.

A análise dos dados na escala *rainbow* (análise qualitativa) possibilita visualizar regiões do lenho com variações marcantes de tonalidades variando do azul, mostrando a idade com menor densidade, caracterizando lenho inicial, período favorável de crescimento, até o vermelho, região do lenho com maior densidade, representado pelo lenho tardio, período desfavorável de crescimento para a árvore.

Já a análise de densidade pelo gráfico do perfil densitométrico (análise quantitativa) permite determinar os valores crescentes de densidade aparente média, mínima e máxima dos anéis de crescimento anuais.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Da mesma forma, caso seja foco da pesquisa, pode ser mensurada a espessura dos lenhos inicial-tardio e total dos anéis de crescimento anuais e construída a curva de crescimento em diâmetro do tronco e sua correlação com a densidade do lenho dos anéis de crescimento e do incremento anual de massa e de carbono.

4. CONCLUSÕES

A densidade aparente média das cinco árvores do estudo foi igual a 0,432 g/cm³, demonstrando a precisão e eficiência da metodologia no emprego análises densitométricas.

Os perfis radiais de densidade aparente do lenho, interpretados de forma quantitativa, por meio de imagens digitais de raios X, auxiliam na tomada de decisões. Com auxílio dessas ferramentas de interpretação, foi possível detectar com precisão as flutuações de densidade que existem ao longo do perfil radial, sendo indicada em estudos de avaliação da qualidade do lenho que demandem grande quantidade de amostras.

O estudo expõe a gama de possibilidades de utilização da metodologia, tanto em análises qualitativas, como em quantitativas, para análise não destrutiva da madeira. Dessa forma, a avaliação do perfil de densidade do lenho de árvores por métodos radiográficos se mostra como uma ferramenta eficiente, precisa e de rápida inferência para madeiras.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

AMARAL, A. C. B. Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira. 1994. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

CARPANEZZI, A.A.; FERREIRA, C.A.; ROTTA, E.; NAMIKAWA, I.S.; STURION, J.A.; PEREIRA, J.C.D.; MONTAGNER, L.H.; RAUEN, M.J.; CARVALHO, P.H.R.; SIVEIRA, R.A.; ALVES, S.T. Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná. Brasília: Embrapa, CNPF. 1986. 89p. (Documentos, 17).

CASTRO, V.R. Efeitos do potássio, sódio e da disponibilidade hídrica no crescimento e qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. 2014. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CHERUBINI, P.; HUMBEL, T.; BEECKMAN, H.; GARTNER, H.; MANNES, D.; PEARSON, C.; SCHOCH, W.; TOGNETT, R.; Olive Tree-Ring Problematic Dating: A Comparative Analysis on Santorini (Greece). Plos One, v. 8, n. 1, p. 1-5, 2013.

FAXITRON. User Manual Faxitron DX Radiography System.2009. 95 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D.P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M.A. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de Pinus tropicais. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.11, n.2, p.71-77, 2001.

MOTHE, F.; SCIAMA, D.; LEBAN, J. M.; NEPVEU, G. Localisation de la transition bois initial - bois final dans un cerne de chêne par analyse microdensitométrique. *Annales des Sciences Forestières*, Champenoux, v. 4, n. 55, p. 437-449, 1998.

POLGE, H. Study of wood density variations by densitometric analysis of X ray negatives of samples taken with a Pressler Auger. In: SYMPOSIUM OF IUFRO, 41, Melbourne, 1965. 19 p.

SURDI, P.G.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; CASTRO, V.R; ALMEIDA, N.F.; MENDES, R.F.; CHAIX, G.; TOMAZELLO FILHO, M. Perfil de densidade do lenho utilizando métodos radiográficos. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 229-236, jun. 2014.

TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M. P.; ROQUE, R. M. Manual de aplicação de densitometria de raios-X em amostras de madeira, CRAD e CERD. Piracicaba, 2005, 32 p.

TRTIK, P.; DUAL, J.; KEUNECKE, D.; MANNES, D.; NIEMZ, P. 3D imaging of microstructure of spruce wood. *Journal of Structural Biology*, v. 159, n. 1, p. 46-55, 2007.

VAN DEN BULCKE, J.; BOONE, M.; VAN ACKER, J.; VAN HOOREBEKE, L. Three-dimensional X-ray imaging and analysis of fungi on and in wood. *Microscopy and Microanalysis*, v. 15, n. 1, p. 395-402, 2009.

WOO, M. K; NORDAL, R. A. Commissioning and evaluation of a new commercial small rodent X-ray irradiator. *Biomedical Imaging and Intervention Journal*, v. 2, n. 1, p. 1-5, 2006.

WU, D.; PENG, X. F. Investigation of water migration in porous material using micro-CT during wetting. *Heat Transfer - Asian Research*, v. 36, n. 4, p. 198- 207, 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Rodrigo Simetti¹
Taiana Guimarães Arriel¹
Maíra REIS DE ASSIS²
Rebeca Lima¹
Luciano Junqueira Costa³
Kelly Iapuque Rodrigues de Sousa¹
Thiago De Paula Protásio⁴
Paulo Fernando Trugilho¹

¹ Universidade Federal de Lavras

² Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

³ Universidade Federal de Viçosa

⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

AVALIAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Resumo: Diversos materiais genéticos têm sido desenvolvidos em programas de melhoramento florestal, porém às vezes o foco desses programas é a produção em volume de madeira, não em relação à sua qualidade. O presente trabalho teve como objetivo avaliar clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Foram utilizados seis clones provenientes de testes clonais, esses foram avaliados em relação à sua densidade básica, composição química imediata, composição química elementar, teor total de lignina e composição monomérica siringil/guaiacil da lignina. As propriedades avaliadas nos materiais genéticos foram correlacionadas entre si. Os clones apresentaram diferenças para a densidade básica, teor de carbono fixo, teor de materiais voláteis, e para a relação siringil/guaiacil de lignina. Foram observadas correlações significativas entre a densidade básica e o teor de lignina, e entre o teor de carbono elementar e o teor de cinzas.

Palavras-chave: Composição química elementar; Composição química imediata; Densidade básica

CHEMICAL EVALUATION OF *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* clones wood

Abstract: Several genetic materials have been developed in forest breeding programs, but sometimes the focus of these programs is the production in relation to the volume of wood, not in relation to its quality. The present work aimed to evaluate clones of hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Six clones from clonal tests were used, which were evaluated for their basic density, proximate chemical composition, elemental chemical composition, total lignin content and syringyl / guaiacyl monomer composition of lignin and the correlations between these properties were evaluated. The evaluated materials presented differences for basic density, fixed carbon content, volatile material content, and for the syringyl / guaiacyl ratio of lignin. Significant correlations were observed between basal density and lignin content, and between elemental carbon content and ash content.

Keywords: Proximate composition; Elemental composition; basic density;

1. INTRODUÇÃO

A madeira é composta majoritariamente por celulose, hemiceluloses e lignina, e em menor proporção por extrativos e materiais inorgânicos (ROWELL, 2005). Essa composição pode variar com diversos fatores, entre eles: idade, material genético, espécie, local de plantio, quantidade de nutrientes disponíveis, posição do tronco, entre outros. A qualidade da madeira é, portanto, atribuída ao genótipo, ao ambiente e a interação entre esses dois elementos.

Os diversos usos da madeira dependem de propriedades específicas, a madeira que é adequada para a produção de polpa celulósica pode não ser a mesma que é recomendada para a produção de carvão vegetal. Para produção de celulose são procurados materiais com maior densidade básica, menor teor de lignina e maior

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

relação S/G (KAČÍK et al., 2012) e para carvão vegetal são indicados materiais com alta densidade básica, alto teor de lignina e baixa relação S/G (GOUVÊA et al., 2015).

Os programas de melhoramento genético florestais têm buscado melhorar cada vez mais os materiais disponíveis, de modo a fomentar, principalmente, as indústrias de celulose, carvão vegetal e serrarias (CRISTINA, 2004). O gênero *Eucalyptus* é o mais utilizado, devido à sua diversidade e adaptabilidade, ocupando 5,51 milhões de hectares no Brasil, 71,9% de toda área florestal plantada no país (IBÁ, 2016).

Um dos materiais desenvolvidos é o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, material que apresenta alto índice de crescimento, tanto em altura quanto em volume, fibras com paredes mais espessas e maior resistência a patógenos, em relação as suas espécies parentais (BRISOLA, DEMARCO; 2011).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a madeira de diferentes clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* quanto à densidade e composição química.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material biológico utilizado é proveniente de um teste clonal da empresa Plantar S/A. O plantio foi instalado no espaçamento 3 x 3m, no município de Curvelo, Minas Gerais, localizado nas coordenadas 18° 45' 44" S e 44° 33' 39" O, com altitude de 690m e precipitação média de 1308,3 mm. No momento da coleta o material estava com 81 meses (6,75 anos) de idade. Foram utilizados seis clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* identificados como nº 1012, nº 1013, nº 1022, nº 1026, nº 1027 e nº 1029.

Foram amostradas três árvores com diâmetro médio por clone, de cada árvore foram retirados discos de 2,5 cm de espessura, nas posições longitudinais de 0%, 2%, 10%, 30%, 50% e 70% da altura comercial. Cada disco foi dividido em quatro cunhas passando pela medula, sendo duas cunhas opostas encaminhadas para determinação da densidade básica e as outras duas para preparação para as análises químicas.

As cunhas encaminhadas para análise química foram reduzidas a partículas em moinho de facas Willey e posteriormente classificadas para prosseguimento das análises. O material classificado entre as peneiras 40 e 60 mesh foi encaminhado para análise química imediata, determinação do teor de lignina e análise da relação S/G. O material classificado entre as peneiras de 200 e 270 mesh foi encaminhado para análise química elementar.

O método de determinação da densidade básica foi o da norma NBR 11941 (ABNT, 2003). Para análise química imediata foram utilizados os preceitos da norma NBR 8112 (ABNT, 1986). Na determinação do teor de lignina insolúvel foi utilizado o método Klason modificado, conforme Gomide e Demuner (1986); o teor de lignina solúvel seguiu as recomendações de Goldschimid (1971); sendo o teor de lignina total a soma dos dois anteriores. Para determinação da relação do monômeros siringil/guaiacil (S/G) da lignina foi utilizado o método descrito por Lin e Dence (1992) por meio de cromatografia líquida de alta eficiência. Na determinação da composição química elementar foi utilizado um analisador universal Elementar Vario Micro Cube, onde foram determinados os teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre; o teor de oxigênio foi calculado pela diferença entre o total e os demais componentes.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para avaliar o experimento foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado considerando o clone como fator de variação e árvore como repetição. Foi realizada análise de variância e essa mostrando-se significativa foi realizado o teste de médias de Tukey. Foi a realizada análise de correlação entre as propriedades avaliadas, considerando a média da propriedade de cada clone.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade básica da madeira apresentou diferença significativa para o efeito de clones, assim como os teores de materiais voláteis, carbono fixo e a relação siringil/guaiacil; enquanto o teor de cinzas e o teor de lignina total não apresentaram efeito significativo de clone (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para densidade básica, teor de materiais voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo, teor de lignina total e relação siringil/guaiacil da madeira dos clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

FV	GL	Quadrado médio					
		DB	MV	Cz	CF	L	SG
Clone	5	0,00305*	2,965*	0,010 ^{ns}	2,670*	1,413 ^{ns}	0,1213*
Residuo	12	0,00010	0,523	0,007	0,523	0,885	0,0257
CVe (%)		1,93	0,86	82,09	4,63	3,29	5,45

DB = Densidade básica; MV = Teor de materiais voláteis; Cz = Teor de cinzas; CF = Teor de carbono fixo; L = Teor de lignina total; S/G = Relação siringil/guaiacil.

A densidade básica da madeira para os clones estudados apresentou valores médios entre 0,47 e 0,56 g.cm⁻³. Os clones nº 1012, nº 1013 e nº 1027 apresentaram os maiores valores médios para densidade básica, não apresentando diferença estatística entre si, enquanto o clone nº 1026 apresentou a menor densidade básica média (Figura 1A). O teor de carbono fixo na madeira também variou entre os clones avaliados, de forma que o clone nº 1027 foi o que apresentou maior valor médio, não diferenciando dos clones nº 1022, nº 1026 e nº 1029, esses três últimos também não diferenciaram estatisticamente dos clones com menores valores médios, nº 1012 e nº 1013 (Figura 1B).

REALIZAÇÃO



APOIO



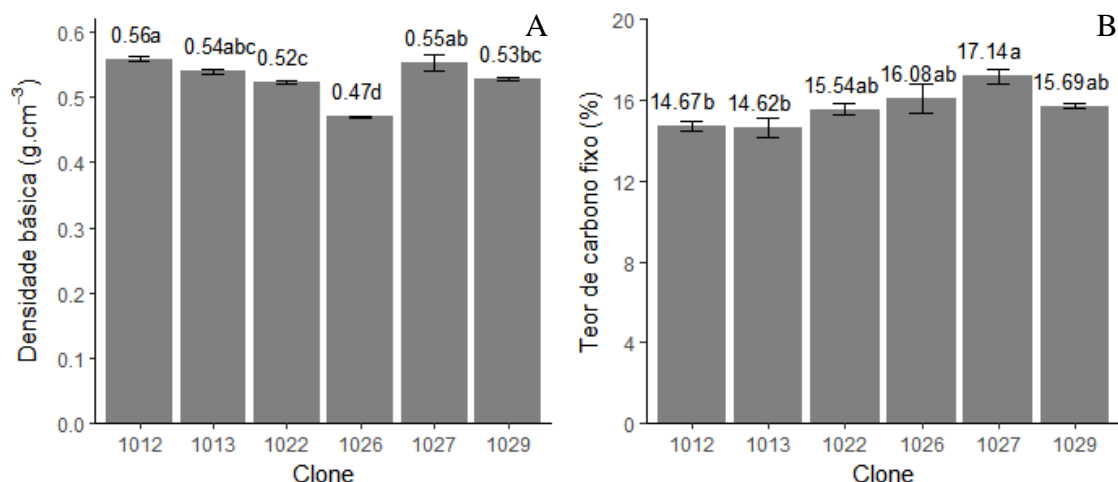
ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente para o teste de Tukey, à 5% de probabilidade, para a mesma propriedade

Figura 1. Valores médios de densidade básica (A) e teor de carbono fixo (B) da madeira dos clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Para a densidade básica, Eloy et al. (2014) em estudo com *Eucalyptus grandis* com um e três anos de idade encontraram valores inferiores ao presente trabalho, da mesma forma que Meneses et al. (2015) em avaliação de *Eucalyptus urophylla* com cinco, seis e sete anos de idade. Os valores estão próximos ao encontrado por González et al. (2014) para *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com oito anos de idade.

A densidade básica da madeira apresenta relação direta com a idade do material, sendo que materiais mais velhos apresentam maior densidade básica média (Meneses et al., 2015). O aumento da densidade com a idade do material ocorre devido ao amadurecimento do meristema cambial e exigências mecânicas em função do crescimento da árvore (Sette Jr et al., 2012).

O teor de carbono fixo para esse trabalho apresentou valores inferiores aos encontrados por Nones et al. (2014) para *Eucalyptus benthamii* com cinco anos de idade (18,28%), porém os mesmos autores constataram redução do teor de carbono fixo com o aumento da idade, sendo que aos 13 anos o material apresentou valores na faixa encontrada para o presente estudo (16,83%).

O teor de materiais voláteis variou entre 82,64% e 85,35% (Figura 2A), sendo que os clones com maior teor de materiais voláteis são os que apresentaram menor teor de carbono fixo, uma vez que o teor de cinzas presente nos materiais foi baixo, entre 0,05% e 0,22% - com média de 0,11% (Figura 2B), e o teor de carbono fixo é calculado pela diferença entre o montante e a soma destas duas.

REALIZAÇÃO



APOIO



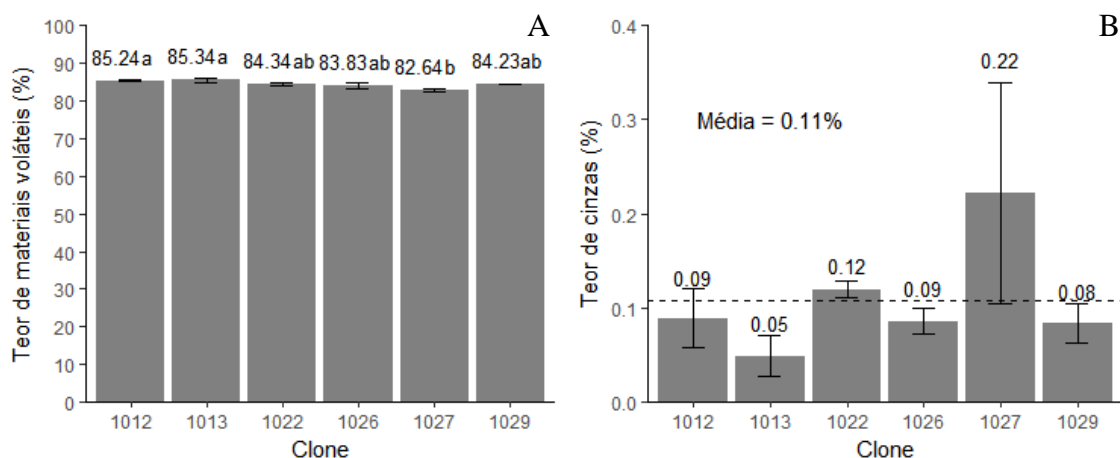
ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente para o teste de Tukey, à 5% de probabilidade, para a mesma propriedade

Figura 2. Valores médios de teor de materiais voláteis (A) e teor de cinzas (B) da madeira dos clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

O teor de materiais voláteis interfere na forma que o material queima. Maiores teores de materiais voláteis facilitam a ignição, assim alto teor de materiais voláteis indica um material mais reativo e com maior facilidade para queimar, entretanto a energia é liberada de forma mais rápida em relação a queima da fração sólida, representada pelo teor de carbono fixo (CHAVES et al., 2013). Os valores encontrados no presente trabalho são próximos ao encontrados por Silva et al. (2015) para *Eucalyptus benthamii* com cinco anos de idade.

O teor de cinzas representa a fração inorgânica da madeira. Baixos teores de cinzas são desejados para a conversão da madeira em biocombustíveis, pois as cinzas reduzem o poder calorífico do material, e entre alguns problemas causados interferem de forma negativa na conversão térmica, formam incrustações em tubulações e equipamentos (VASSILEV et al, 2015). Os valores encontrados para todos os clones estudados são inferiores aos relatados por Nones et al. (2013), Santos et al. (2011) e Silva et al. (2015).

O teor de lignina médio apresentou pouca variação entre os clones, na faixa de 28,00% e 29,88%, com média de 28,62% (Figura 3A). A relação dos monômeros S/G da lignina apresentou uma faixa de variação de 2,69% até 3,24% (Figura 3B), sendo o clone nº 1029 aquele que apresentou maior valor médio e os clones nº 1012 e nº 1022 com os menores valores médios, os demais clones não apresentaram diferença estatística significativa entre esses dois grupos.

REALIZAÇÃO



APOIO



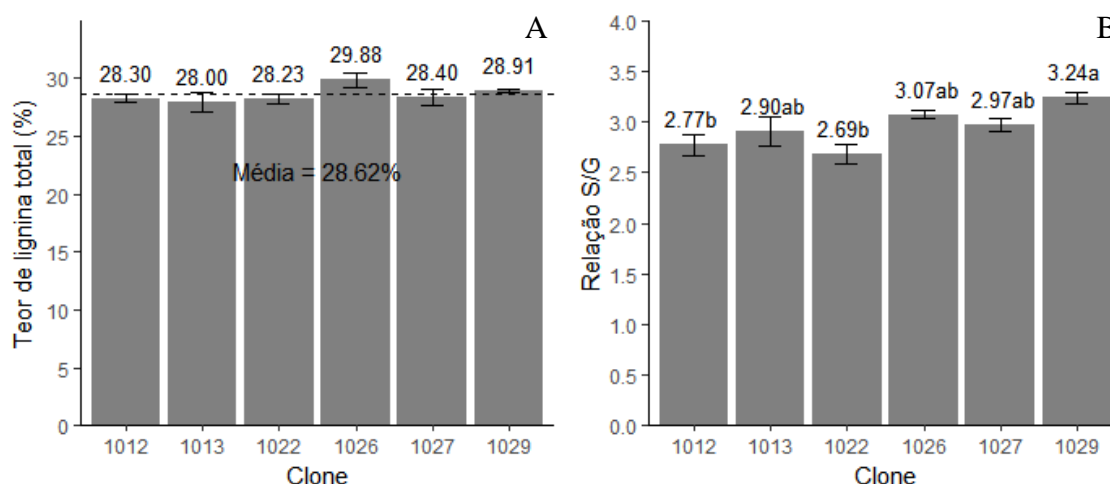
ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente para o teste de Tukey, à 5% de probabilidade, para a mesma propriedade

Figura 3. Valores médios de teor total de lignina (A) e relação S/G (B) da madeira dos clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Os teores de lignina são próximos aos encontrados por Rocha et al. (2016) para híbridos de *Eucalyptus* aos sete anos de idade e aos encontrados por Gouvêa et al. (2015) para *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com três anos de idade, porém ligeiramente inferiores aos valores encontrados por Santos et al. (2011) ao estudarem *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* também com sete anos de idade.

Rencoret et al. (2007) relatam relações S/G para cinco espécies do gênero *Eucalyptus* na faixa de 2,7 e 4,1, além de associarem o fato combinado de altas relações S/G com baixos teores de lignina facilitarem o processo de deslignificação por meio de polpação Kraft. Kačík et al. (2012) observaram relações S/G entre 1,65 e 2,61, indicando madeira com maior relação S/G e menor teor de lignina para hidrólise.

A análise de variância para composição química elementar da madeira dos clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* não apresentou diferença significativa para nenhum dos constituintes elementares da madeira (Tabela 2). Dessa forma, os clones avaliados são homogêneos entre si, em relação a composição elementar. A composição química elementar não pode ser utilizada com um critério de seleção para os clones estudados. O valor elevado para o coeficiente de variação experimental da análise de variância do enxofre (Tabela 2) está ligado ao baixo valor encontrado desse elemento nos materiais estudados (Tabela 3) e à técnica utilizada para mensuração do mesmo. Por ser um elemento com baixa concentração sua detecção pelo equipamento é mais difícil.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 2. Resumo da análise de variância para composição química elementar da madeira dos clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

FV	GL	Quadrado médio				
		C	H	O	N	S
Clone	5	0,0942 ^{ns}	0,0223 ^{ns}	0,1822 ^{ns}	0,00745 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo	12	1,0064	0,1186	1,6305	0,01401	0,0001
CVe (%)		2,08	5,56	2,84	22,59	164,23

C = Teor de carbono; H = Teor de hidrogênio; O = Teor de oxigênio; N = Teor de nitrogênio; S = Teor de enxofre

É possível observa pouca variação entre os clones para a composição química elementar. Os valores médios encontrados foram 48,18%; 6,20%; 44,99%; 0,52% e <0,01%; para os teores de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios da composição química elementar da madeira dos clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Clone	C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	S (%)
1012	48,19	6,26	44,91	0,55	0,01
1013	48,42	6,28	44,64	0,61	<0,01
1022	48,09	6,17	45,15	0,46	<0,01
1026	48,34	6,28	44,79	0,51	<0,01
1027	47,93	6,07	45,27	0,49	<0,01
1029	48,09	6,13	45,17	0,52	<0,01
Média	48,18	6,20	44,99	0,52	<0,01

C = Teor de carbono; H = Teor de hidrogênio; O = Teor de oxigênio; N = Teor de nitrogênio; S = Teor de enxofre

Os valores médios para o teor de carbono, teor de hidrogênio e teor de nitrogênio foram superiores aos observados por Protásio et al. (2014), enquanto o teor de oxigênio foi inferior ao encontrados pelos mesmos, para *Eucalyptus* spp. aos 61 meses de idade. Vassilev et al. (2015) destacam os baixos valores de nitrogênio e enxofre presentes na biomassa como uma vantagem desse material como combustível em relação aos combustíveis fósseis, uma vez que esses elementos formam NOx e SOx durante a combustão, porém os mesmos ainda apontam como desvantagem da biomassa o elevado teor de oxigênio, que está relacionado com a formação de compostos voláteis e redução do poder calorífico.

Em relação à matriz de correlação entre as propriedades avaliadas, a densidade básica da madeira dos clones estudados apresentou coeficiente de correlação negativo e significativo com o teor de lignina total. A composição química

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

imediate apresentou coeficientes significativos entre todos seus componentes, sendo negativos para o teor de materiais voláteis em relação ao teor de cinzas e teor de carbono fixo, e positivos entre o teor de carbono fixo e o teor de cinzas (Tabela 4).

Tabela 4. Correlação de Pearson entre as características analisadas da madeira dos clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

	DB	MV	Cz	CF	C	H	O	N	S	LT
MV	0,17	1								
Cz	0,29	-0,86	1							
CF	-0,20	-1,00	0,84	1						
C	-0,41	0,67	-0,83	-0,65	1					
H	-0,36	0,73	-0,79	-0,72	0,93	1				
O	0,29	-0,67	0,75	0,65	-0,98	-0,94	1			
N	0,29	0,67	-0,61	-0,67	0,68	0,56	-0,74	1		
S	0,42	0,74	-0,46	-0,75	0,50	0,65	-0,62	0,73	1	
LT	-0,86	-0,35	-0,11	0,38	0,17	0,16	-0,10	-0,30	-0,36	1
S/G	-0,34	-0,35	-0,07	0,37	-0,02	-0,24	0,09	0,09	-0,39	0,61

As correlações entre a composição química imediata e entre a composição química elemental são esperadas, uma vez que essas análises apresentam componentes majoritários e outros calculados por diferença. A diminuição de densidade básica da madeira com o aumento do teor de lignina total corrobora com o que é relatado na literatura, pois os carboidratos são os principais responsáveis pela variação na densidade básica da madeira, e apresentam uma relação positiva com esta (TRUGILHO et al.,1996). Na Figura 4 é apresentada a relação funcional entre densidade básica e teor de lignina total para esse trabalho.

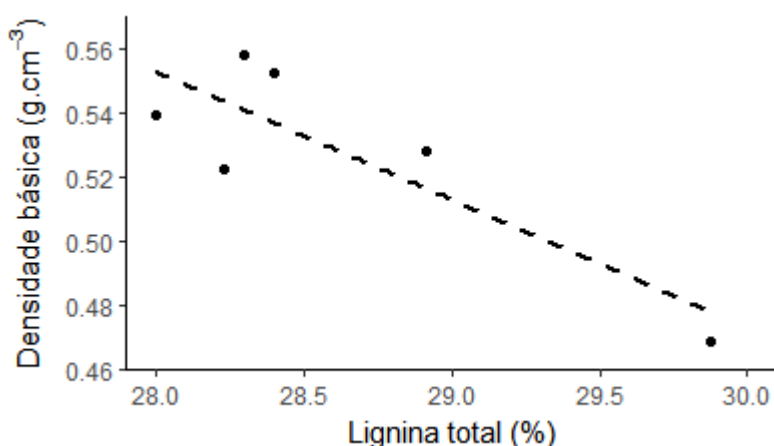


Figura 4. Relação funcional entre a densidade básica e o teor de lignina total para a madeira dos clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

A madeira dos clones avaliados possui composição química semelhante, não havendo diferenças significativas na sua composição elementar, teor de cinzas e teor de lignina, porém apresenta diferenças nos teores de carbono fixo, materiais voláteis, e estrutura monomérica da lignina.

Os clones nº 1012, nº 1013 e nº 1027 têm maior densidade básica em relação aos demais avaliados.

Há correlações significativas e inversas entre densidade básica com o teor total de lignina, e do teor de cinzas com o teor de carbono fixo

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Plantar S/A por disponibilizar o material estudado; ao CNPq, à CAPES e Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho; à FAPEMIG pela concessão de recursos para o desenvolvimento do presente trabalho, além de viabilizar financeiramente a participação no evento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112: carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

BRISOLA, S. H.; DEMARCO, D. Stem anatomical analysis of *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* and *E. grandis x urophylla*: wood development and its industrial importance. *Scientia Florestalis*, v. 39, n. 91, p. 317–330, 2011

CHAVES, A. M. B.; VALE, A. T.; MELIDO, R. C. N.; ZOCH, V. P. Características energéticas da madeira e carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 533-542, 2013

CRISTINA, K. Melhoramento de essências florestais. *Revista da madeira*, v.14, n.83, p.60-62, 2004

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. (Ed.). *Lignins: occurrence, formation, structure and reations*. New York: J. Wiley, 1971. p. 241-266.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. *O Papel*, São Paulo, v. 47, n. 8, p. 36- 38, 1986.

GONÇALEZ, J.C.; SANTOS, G. L.; SILVA JUNIOR, F. G.; MARTINS, I. S.; COSTA, J. A. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. *Scientia Florestalis*, Piracicaba, v.42, n. 101 p. 81–89. 2014.

GOUVÊA, A. DE F. G.; TRUGILHO, P. F.; ASSIS, C. O. DE; et al. Avaliação do Efeito da Relação Siringila/Guaiacila da Lignina de Eucalipto na Produção de Carvão Vegetal. *Revista Ciência da Madeira*, v. 6, n. 2, p. 71–78, 2015

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório anual da IBÁ 2016, ano base 2015. Brasília: IBÁ, 2016. 96 p. Disponível em: <<http://www.iba.org>> Acesso em: 11/05/2017.

LIN, S. Y.; DENCE, C. W. *Methods in lignin chemistry*. Berlin: Springer Verlag, 1992.

KAČÍK, F.; ĐURKOVIČ, J.; KAČÍKOVÁ, D. Chemical profiles of wood components of poplar clones for their energy utilization. *Energies*, v. 5, n. 12, p. 5243–5256, 2012.

MENESES, V. A.; TRUGILHO, P. F.; CALEGARIO, N.; LEITE, H. G. Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Florestalis*, v. 43, n. 105, p. 101–116, 2015.

NONES, D. L.; BRAND, M. A.; DA CUNHA, A. B.; DE CARVALHO, A. F.; WEISE, S. M. K. Determinação das propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal produzido a partir de *Eucalyptus benthamii*. *Floresta*, v. 45, n. 1, p. 57, 2014.

PROTÁSIO, T. DE P.; GOULART, S. L.; NEVES, T. A.; ASSIS, M. R. DE; TRUGILHO, P. F. Clones comerciais de *Eucalyptus* de diferentes idades para o uso bioenergético da madeira. *Scientia Florestalis*, v. 42, n. 101, p. 113–127, 2014.

RENCORET, J.; GUTIÉRREZ, A.; DEL RÍO, J. C. Lipid and lignin composition of woods from different eucalypt species. *Holzforschung*, v. 61, n. 2, p. 165–174, 2007.

ROCHA, M. F. V; VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; et al. Effects of plant spacing on the physical, chemical and energy properties of *Eucalyptus* wood and Bark. v. 28, n. 3, p. 243–248, 2016.

ROWELL R. M. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Boca Raton: CRC Press, 2005

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. D. C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O.; BIANCHE, J. J.; SOUZA, M. M.; CARDOSO, M. T. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. *Scientia Florestalis*, v. 39, n. 90, p. 221–230, 2011.

SETTE JR, C. R.; OLIVEIRA, I. R. DE; FILHO, M. T.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 36, p. 1183–1190, 2012.

SILVA, D. A. DA; MULLER, B. V.; KUIASKI, E. C.; ELOY., E; BEHLING, A.; COLAÇO, C. M. Propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de energia. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 35, n. 84, p. 481–486, 2015.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J.T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e Anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. *Revista Cerne*, Lavras, v.2 n.1 p. 1-15, 1996.

VASSILEV, S. V.; VASSILEVA, C. G.; VASSILEV, V. S. Advantages and disadvantages of composition and properties of biomass in comparison with coal: An overview. *Fuel*, v. 158, p. 330–350, 2015

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BIOCHAR GERADO A PARTIR DA PIRÓLISE LENTA DE BIOMASSA DE *Cocos nucifera* (L.)

Erick Gonzalez¹

Isis adhamann²

Fabio M Yamaji¹

Gabriela Nakashima¹

Isaí Euán Chi¹

Javier Jacques³

Elias Ricardo Durango Padilla²

¹ Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos

² Departamento de Ciência dos Materiais / Universidade Federal de São Carlos

³ ECOLOGIA / INSTITUTO DE ECOLOGIA / INECOL



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BIOCHAR GERADO A PARTIR DA PIRÓLISE LENTA DE BIOMASSA DE *Cocos nucifera* (L.)

Resumo: A pirólise é uma conversão química, que consiste na degradação térmica de um material orgânico com quantidade controlada de oxigênio. Através da pirólise é possível transformar a biomassa em biochar, resultando em um produto rico em carbono. O objetivo deste trabalho foi produzir biochar a partir de biomassa de coco verde (*Cocos nucifera* (L.)) por meio de pirólise lenta com temperaturas de 400 °C e 450 °C, a fim de encontrar a menor temperatura e o menor tempo de produção com maior rendimento. A biomassa coletada, foi seca em estufa com circulação forçada de ar e moída em moinho. A pirólise foi realizada por aquecimento da biomassa em mufla, em triplicata. Após a produção do biochar foi realizada a análise química imediata, com a utilização de 1g do material, para a determinação dos teores de cinzas, teor de voláteis e carbono fixo. De acordo com os resultados, obteve-se a temperatura e o tempo ideais para a produção de biochar de biomassa de coco verde.

Palavras-chave: Resíduo, Pirólise lenta, Carvão vegetal, Biocarvão.

BIOCHAR GENERATED FROM SLOW PYROLYSIS OF *Cocos nucifera* (L.) BIOMASS

Abstract: Pyrolysis is a chemical conversion that insists on the thermal degradation of an organic material with controlled amount of oxygen. Through pyrolysis it is possible to transform the biomass into biochar, resulting in a product rich in carbon. The aim of this work was to produce biochar from coconut biomass (*Cocos nucifera* (L.)) by slow pyrolysis with temperatures of 400 °C and 450 °C, in order to find the lowest temperature, the shortest time and the highest yield of production. The collected biomass was dried in a drying oven with forced air circulation and grounded in a mill. The pyrolysis was performed by heating the biomass in muffle, in triplicate. After the biochar production, a proximate analysis was carried out, using 1g of the material, to determine the ash content, volatile matter and fixed carbon. According to the results, the ideal temperature and time for biochar production of coconut biomass were obtained.

Keywords: residue, slow pyrolysis, charcoal, biochar.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

Biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica que pode ser utilizada na produção de energia. É uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos. A energia armazenada, pode ser convertida em outras formas de energia ou em produtos energéticos como: carvão vegetal, etanol, gases combustíveis, óleos vegetais combustíveis, entre outros. A fotossíntese permite, também, a liberação de oxigênio e a captura de dióxido de carbono (CO₂, principal agente do efeito estufa). Portanto, contribui para a contenção do aquecimento global.

O Brasil possui aproximadamente 270 mil ha de plantações de coco. A alta disponibilidade de coco no Brasil faz com que muito resíduo seja formado (MAIA et al., 2013). O coco é um fruto seco simples classificado como drupa pesa cerca de 1,5 kg, e é formado por epicarpo, mesocarpo, endocarpo e semente; sendo a fibra o nome dado ao material fibroso que constitui o mesocarpo (ARAGÃO et al., 2005).

Biocarvão ou biochar, é definido como um carvão de uso agrícola, produto da pirólise em atmosfera pobre em oxigênio, cuja finalidade é o uso como condicionador e para estoque de carbono no solo (LEHMANN et al., 2011). O biochar obtido a partir da pirólise lenta, com temperaturas relativamente baixas (abaixo de 700 °C) e longos tempos de residência dos sólidos e gás (SADAKA e BOATENG, 2009).

Muitas pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de entender os mecanismos do biochar no solo. Os resultados mostram que o emprego do biochar é promissor, melhorando em vários aspectos o solo em que é aplicado. Entre esses aspectos de ação do biochar temos: a capacidade de troca catiônica, capacidade em reter água e nutrientes e a capacidade de elevar o pH no solo (NÓBREGA, 2011).

O objetivo deste estudo foi produzir biochar a partir de biomassa de coco, utilizando a pirólise lenta com temperatura de 450 °C, variando o tempo de produção em 1 hora e 3 horas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Para o estudo de produção do biochar, foi usada a biomassa de coco verde (Cocos nucifera (L.)) (Figura 1) que foi coletada na cidade de Sorocaba-SP, em pontos de venda de água de coco. Em seguida, o material foi levado ao laboratório para secagem, moagem e produção do biochar.



Figura 1. Resíduos de coco verde.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





2.2 Preparação da matéria-prima

O material foi seco em estufa com circulação de ar (Figura 2), com temperatura de 105 ± 2 °C, até peso constante. Após a secagem, o material (Figura 3). passou por um moinho de facas tipo Willey marca Marconi



Figura 2. Estufa com circulação de ar.



Figura 3. Biomassa de coco verde moída.

Após a moagem, as partículas foram separadas com auxílio do equipamento de peneiras, com agitação orbital e batidas intermitentes, modelo MA-75 da marca Marconi, com peneira de abertura igual a 0,841 mm. Para a produção de biochar, foram utilizadas as partículas menores que 0,841 mm



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2.3 Produção de biochar

A técnica de pirólise lenta foi aplicada aos dois tratamentos realizados, onde o tempo de permanência na mufla foi de 3 horas. Os tratamentos foram: T1 - 450°C/1h T2 - 450°C/3h. Os cadinhos, com volume de 75 mL, foram completados com a biomassa de coco verde moída, posteriormente, tampados (para evitar a entrada de oxigênio) e levados à mufla, iniciando o processo de pirólise.

2.4 Análise química imediata

Após a produção de biochar, foram realizadas a análise química imediata de cada amostra de biochar, segundo a norma ASTM D1762-13.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise química imediata

Os resultados da análise química imediata realizados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química imediata dos tratamentos T1 e T2.

Análise química imediata			
Tratamentos	Teor de voláteis (%)	Teor de cinzas (%)	Teor de Carbono fixo (%)
T1(450°C/1h)	30,65	7,78	61,57
T1(450°C/1h)	27,58	7,59	64,83
T2(450°C/3h)	26,08	11,01	62,91
T2(450°C/3h)	25,28	10,91	63,83

Windeatt et al. (2014), obtiveram para a análise química imediata de fibra de coco, os seguintes resultados: 25,1% para teor de voláteis, 74,9% para teor de carbono fixo e 13,5% de teor de cinzas. Comparando-se os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 1), o teor de voláteis encontra-se próximo aos resultados de Windeatt et al. (2014), enquanto para o teor de cinzas e o teor de carbono fixo, os resultados deste trabalho obtiveram menores porcentagens. Estas diferenças podem ter ocorrido devido ao uso de metodologias distintas para a produção do biochar.

Era esperado uma maior diferença entre o tratamento T1 e T2, com relação ao carbono fixo. No entanto, T2 com 3 horas de permanência na mufla não apresentou maior rendimento de carbono fixo que T1. Sendo assim, para uma produção de biochar (Figura 4) com temperatura de 450 °C, 1 hora de permanência na mufla já seria suficiente.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 4. Biochar de coco verde (*Cocos nucifera* (L.)).

4. CONCLUSÕES

- O resíduo de coco pode ser utilizado para a produção de biochar.
- O processo de pirólise lenta com temperaturas de 450°C e tempo que podem variar de 1 a 3 horas.
- A biomassa de coco verde ainda mostrou ter grande potencial para sequestrar carbono, pois converteu seus materiais lignocelulósicos em carbono fixo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, W. M. et al. Produção de fibra de cultivares de coqueiro. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2005. 4 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado técnico, 36).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL (ASTM). ASTM 1762: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2013. 2p.

LEHMANN, J. et al. Biochar effects on soil biota – A review. SOIL BIOLOGY & BIOCHEMISTRY, 43, p. 1812-1836, 2011.

MAIA, C.M.B.F. et al. Efeito da temperatura final de carbonização nas propriedades físico-químicas do biocarvão da fibra do coco. Embrapa: Comunicado Técnico, 323, Colombo, PR, 2013.

NÓBREGA, C.C. et al. Caracterização do lodo residual das lagoas de lodo da estação de tratamento de água – estudo de caso: ETA Gramame. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energia y matéria prima, p. 8-14, 2011.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SADAKA, S.; BOATENG, A.A. Pyrolysis and bio-oil. AGRIC NAT RESOUR, pp. 1-6, 2009.
Disponível em: < <https://www.uaex.edu/publications/pdf/fsa-1052.pdf>.>

WINDEATT, J. H. et al. Characteristics of Biochars From Crop Residues: Potential for Carbon Sequestration and Soil Amendment. J Environ Manage 146, 189-197, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BIODETERIORAÇÃO DE ÁRVORES DO ENTORNO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE, SÃO CRISTÓVÃO/SE

Natali Aparecida Santana¹
Helôisa Safira Santos PINHEIRO¹
Alice Palácio Da Silva de Melo¹
Frances Alves Andrade¹
Saly Takeshita¹

¹ Universidade Federal de Sergipe



BIODETERIORAÇÃO DE ÁRVORES DO ENTORNO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE, SÃO CRISTÓVÃO/SE

Resumo: Em ambientes urbanos, a arborização proporciona benefícios e qualidade ambiental de vida, pois as árvores, além de fixarem carbono, melhoram a qualidade do ar, garantem um equilíbrio térmico, criam barreira contra os ventos, isolam a poluição sonora e ainda possuem função paisagística. No entanto estes indivíduos são susceptíveis ao ataque de agentes xilófagos, causando sua deterioração e conseqüentemente problemas em meios urbanos, inclusive no ambiente da universidade. Com base nisso, este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico dos indivíduos arbóreos atacados por agentes xilófagos localizados em um bosque da Universidade Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão. Foi realizado um levantamento visual para mapeamento, identificação e registro dos indivíduos para caracterização qualitativa-descritiva dos ataques observados na área selecionada em função do tipo de dano causado, presença de ninhos e/ou de indivíduos. Como resultado, constatou-se que os cupins foram os agentes de maior ocorrência, presentes em 39 do total de 54 indivíduos arbóreos. Dos 15 indivíduos restantes, 14 apresentaram-se sadios e 1 sob ataque de formigas. É importante destacar que em apenas 11 indivíduos foram constatados danos significativos à árvore quanto ao ataque de cupins; nos demais, verificou-se apenas a presença de túneis e/ou ninhos. Entretanto, apenas visualizações externas não correspondem à realidade das infestações, pois indivíduos aparentemente saudáveis podem apresentar sérios comprometimentos internos. Desta maneira, para complementar a análise visual recomenda-se a utilização de equipamentos como resistógrafo ou tomografia de impulso para um diagnóstico mais detalhado sobre o comprometimento do indivíduo.

Palavras-chave: madeira, agentes biodeterioradores, cupim.

BIODETERIORATION OF TREES AROUND FEDERAL UNIVERSITY OF SERGIPE'S CENTRAL LIBRARY, SÃO CRISTÓVÃO/SE

Abstract: In urban environments, afforestation provides benefits and environmental quality of life, because trees, besides fixing carbon, improve air quality, guarantee a thermal balance, barrier against the winds and insulating sound pollution and still have a landscape function. However, these individuals are susceptible to attack by xylophagous agents, causing their deterioration and consequently problems in urban environments, including in the university environment. Based on this, the goal of this work was to carry out a diagnosis of arboreal individuals attacked by xylophagous agents located at Federal University of Sergipe, São Cristóvão Campus. A visual survey was carried out for mapping, identification and registration of individuals for qualitative-descriptive attacks characterization observed in the selected area according to the damage, the presence of nests and / or individuals. As a result, it was verified that termites were the agents of greater occurrence, present in 39 of the total of 54 arboreal individuals. Of the 15 remaining individuals, 14 were healthy and 1 was under ant attack. It is important to note that in only 11 individuals, significant damage to the tree was verified regarding termite attack. In the others, only the presence of tunnels and / or nests was verified. However, only external visualizations do not correspond to the reality of the infestations, since individuals that are apparently healthy can present serious internal damage. Thus, in order to complement the visual analysis, it is recommended to use equipment such as a resistograph or impulse tomography for a more detailed diagnosis of the individual's impairment.

Keywords: wood, biodeterioration agents, termites.



1. INTRODUÇÃO

A biodeterioração pode ser definida como o conjunto de danos, desgastes ou modificações produzidas na matéria orgânica por agentes biológicos (SILVA, 2008). Apesar da madeira encontrar-se entre os materiais biológicos de mais difícil decomposição, devido à sua estrutura anatômica e à presença de grandes quantidades de substâncias recalcitrantes, como a lignina, além de outros compostos do metabolismo secundário (APRILE et al., 1999), o ataque biótico é uma das degradações mais comuns e com danos mais graves que podem comprometer a estrutura da madeira. Sendo um material bastante susceptível ao ataque biótico, existem inúmeros agentes de degradação que alteram as suas propriedades, quer se trate de uma árvore viva, quer de madeira serrada para construção (SILVA, 2008).

Sabe-se que, a decomposição de materiais biológicos depende de uma série de fatores bióticos e abióticos, tais como as condições climáticas, a composição da comunidade decompositora, sua afinidade com o substrato e as características físicas e químicas do material a ser decomposto (SWIFT et al., 1979).

Os agentes bióticos degradadores da madeira podem ser insetos, fungos, bactérias, algas e xilófagos marinhos. A madeira está sujeita ao ataque de insetos, desde a árvore viva até aquela em condições de serviço, devido aos seus constituintes serem de origem orgânica, que os insetos utilizam como alimento ou substrato para reprodução ou moradia, sendo as principais ordens que a atacam a Isoptera (cupins), a Coleoptera (coleobrocas) e com menor importância a Hymenoptera (vespas e formigas) (TREVISAN et al., 2008).

Os cupins são insetos sociais, que vivem em colônias cujos indivíduos são divididos em castas com funções definidas: reprodução, trabalho e defesa da colônia. De modo geral, as espécies que atacam a madeira podem ser divididas em subterrâneas e de madeira seca. Segundo Richardson (1993), dentre os insetos xilófagos, são os mais severos agentes destruidores da madeira.

De acordo com Oliveira et al. (1986), as brocas, como também outros organismos xilófagos, têm seus hábitos alimentares estreitamente relacionados com o teor de umidade da madeira. De modo geral, o ataque pode ocorrer sob as seguintes condições: madeira com teor de umidade abaixo de 30% é atacada por Anobiidae e Lyctidae; madeira em fase de secagem é atacada por Bostrichidae; árvores recém abatidas, ainda com alto teor de umidade e liberando substâncias químicas, atraem mais intensamente insetos das famílias Scolytidae e Platypodidae, embora ambas, também, sejam relatadas atacando árvores vivas; por fim, há uma faixa que compreende desde árvores vivas até troncos em adiantada decomposição, que normalmente sofre ataques de Cerambycidae.

Os besouros das famílias Scolytidae, Bostrichidae, Platypodidae e Cerambycidae talvez sejam os grupos mais importantes. As coleobrocas da família Scolytidae e Platypodidae têm papel fundamental no processo de deterioração, pois perfuram galerias para nidificação em várias partes do tronco, essencialmente na madeira de árvores recém-abatidas ou debilitadas, que ainda estejam em processo de fermentação da seiva, liberando voláteis químicos atrativos a esses insetos (SIMEONE, 1965; FURNISS e CAROLIN, 1977). De tamanho comumente bastante reduzido, essas galerias, restritas à casca no caso das espécies fleófitas e profundas no lenho no caso das xilomicetófitas (besouros da ambrósia), podem ser consideradas portas de entrada para fungos biodeterioradores, sendo sítios potenciais para desenvolvimento de organismos, simbioses ou não, responsáveis pela aceleração da degradação do material (TREVISAN et al., 2008).

A atuação dos fungos na degradação da madeira também é intensa, segundo Sgai (2000). Os fungos destruidores mudam as propriedades físicas e químicas das paredes das células ou das cavidades celulares, afetando seriamente a resistência da madeira e causando sua decomposição. Quase todos atacam tão logo a árvore tenha sido cortada ou



logo que ela tenha caído. Segundo Paes e Vital (2000), os fungos xilófagos que causam mudanças na composição química da madeira são classificados em fungos de podridão-branca, de podridão-parda e de podridão-mole. A lignina é apenas ligeiramente degradada pelos fungos de podridão-parda e, mais intensamente, pelos fungos de podridão-branca e de podridão-mole.

Para que a arborização cumpra suas funções adequadamente, se faz necessário todo um cuidado com a árvore desde o momento do plantio até o final de seu ciclo vital. Portanto devem ser desenvolvidas ações de manejo que atendam às necessidades das árvores em relação ao seu espaço. A manutenção das árvores deve ser realizada de modo a viabilizar a longa permanência de exemplares adultos, frondosos e saudáveis, já que esses indivíduos contribuem de modo mais impactante para a melhoria ambiental (NASCIMENTO, 2005).

As ações de manejo indicadas são: irrigação, podas, readequação de canteiros, remoção de vegetação parasita e interferentes e supressão. Para decidir qual ação deve ser aplicada, deve-se levar em conta que cada indivíduo arbóreo possui necessidades diferenciadas referentes à espécie, em função de suas características morfológicas e fisiológicas. Além disso, é importante que seja realizada uma avaliação da árvore, observando o estado fitossanitário, analisando mais detalhadamente o tronco, a raiz, os ramos e as folhas e as condições do local onde está plantada (NASCIMENTO, 2005).

As ações de manejo realizadas preventivamente e periodicamente contribuem para a formação e desenvolvimento de árvores saudáveis e seguras, evitando futuros procedimentos corretivos como poda drástica ou eventual supressão pela presença de patógenos ou insetos que possam comprometer a árvore (NASCIMENTO, 2005).

O objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico dos indivíduos arbóreos atacados por agentes xilófagos no entorno da Biblioteca Central (BICEN) da Universidade Federal de Sergipe (Campus São Cristóvão/SE).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área selecionada para o levantamento do ataque de agentes xilófagos em árvores foi o bosque localizado próximo à Biblioteca Central (BICEN) da Universidade Federal de Sergipe, *Campus São Cristóvão*.

Este levantamento consistiu, primeiramente, em uma análise visual, qualitativa e descritiva das árvores presentes na área para que houvesse a possibilidade da determinação da extensão dos ataques no local.

Em seguida, as árvores foram mapeadas e fotografadas. A partir destas análises visuais realizou-se a identificação dos principais indivíduos atacados e dos agentes causadores de deterioração, destacando o tipo de dano causado, presença de ninhos e/ou de agentes biodeterioradores.

A partir dos dados levantados pela análise visual, formulou-se propostas para controle dos ataques e das árvores do local.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Diagnóstico

Na área selecionada (Figura 1) foram identificados 1 indivíduo de amendoeira (*Terminalia catappa* L.), 2 indivíduos de angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.)), 2 indivíduos de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), 1 indivíduo de graviola (*Annona muricata* L.), 5 ingás (*Inga vera* Willd.), 20 indivíduos de jamelão (*Syzygium jambolanum* (Lam.) DC.), 1 jatobá-mirim (*Hymenaea courbaril* L.), 2 mangueiras (*Mangifera indica* L.), 2 indivíduos de matafome (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.), 2 indivíduos de pau-pombo (*Tapirira guianensis*



Aubl.), 15 indivíduos de sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard) e 1 indivíduo não identificado, totalizando 54 indivíduos arbóreos.

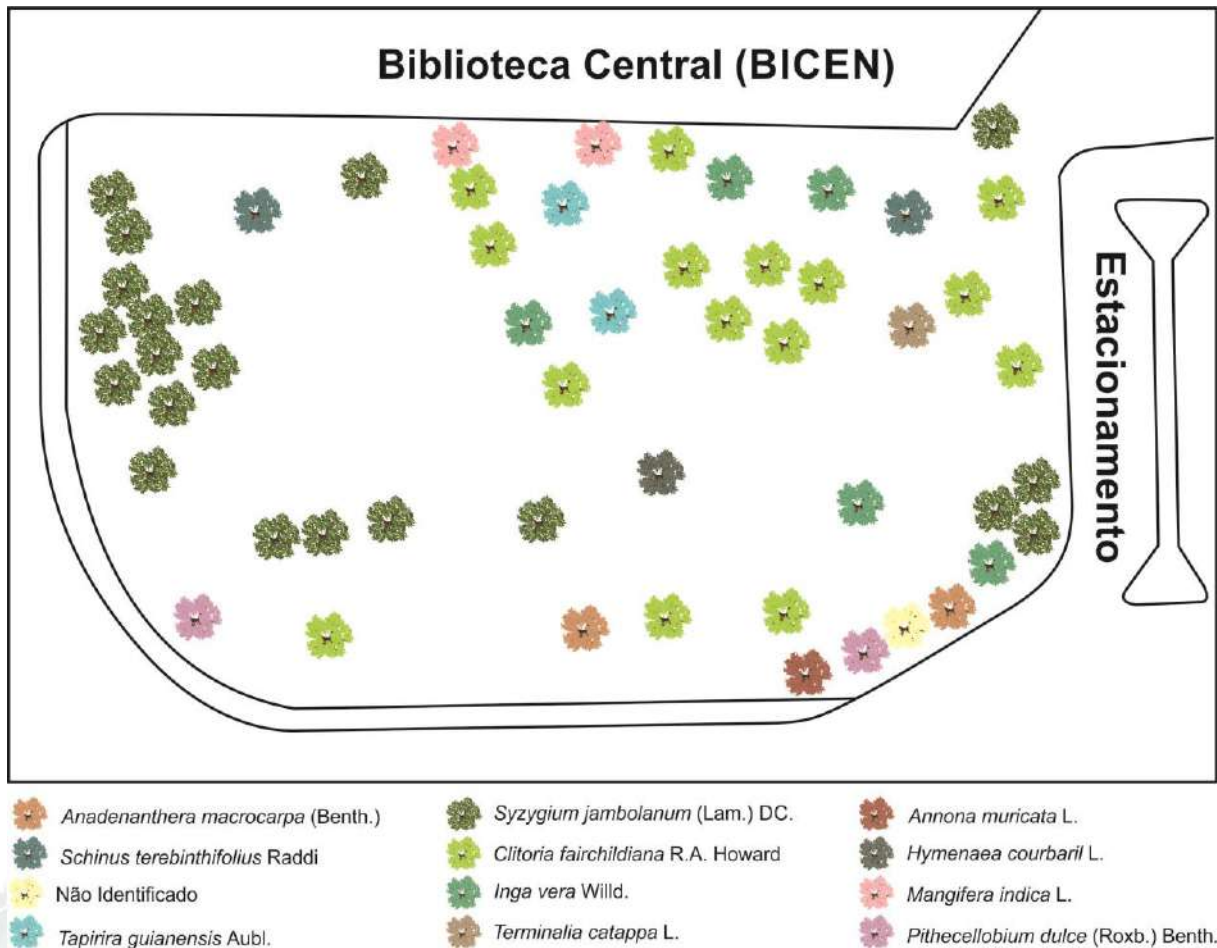


Figura 1. Mapeamento e identificação de indivíduos arbóreos no entorno da BICEN.

Do total de árvores levantadas na área, foram diagnosticados 41 ataques de cupins, formigas e outros agentes biodeterioradores (fungos e outros insetos), sendo os cupins os de maior ocorrência, presentes em 39 indivíduos. Os cupinzeiros identificados foram do tipo arborícola, sendo que do tipo subterrâneo ou montículos não foram detectados pela análise visual. A presença de formigas foi detectada em apenas 1 indivíduo do total observado. Aqueles considerados saudáveis, ou seja, sem presença e/ou ataque de agentes biodeterioradores foram contabilizados em 13, conforme a Tabela 1.



Tabela 1. Lista de espécies que compõem a área estudada e número de indivíduos sadios e atacados

Espécie	Atacadas	Sadias	Total de Indivíduos
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.)	0	2	2
<i>Annona muricata</i> L.	0	1	1
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	15	0	15
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	0	1	1
<i>Inga vera</i> Willd.	0	5	5
<i>Mangifera indica</i> L.	1	1	2
Não identificado	0	1	1
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	2	0	2
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	20	0	20
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl	0	2	2
<i>Terminalia catappa</i> L.	1	0	1
Total	41	13	54

É importante destacar que em apenas 11 indivíduos foram constatados danos significativos à árvore quanto ao ataque de cupins, nos demais, verificou-se apenas a presença de túneis e/ou ninhos. Os danos mais severos foram constatados em indivíduos de *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard (Figura 2), pois o dano causado estava visível à olho nú, demonstrando o comprometimento da estrutura da árvore e o risco de queda. No geral, os ataques mais severos, também estão associados, concomitantemente, ao ataque de fungos apodrecedores.



Figura 2. *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard atacada por cupim e presença de ninhos.

Já a presença de formigas, contabilizada em apenas um indivíduo de *Mangifera indica* L. não estava causando danos direto e visual quanto à estrutura do indivíduo. O mesmo pode ser observado em *Syzygium jambolanum* (Lam.) DC. e *Schinus terebinthifolius* Raddi com a presença de cupins, conforme a Figura 3.

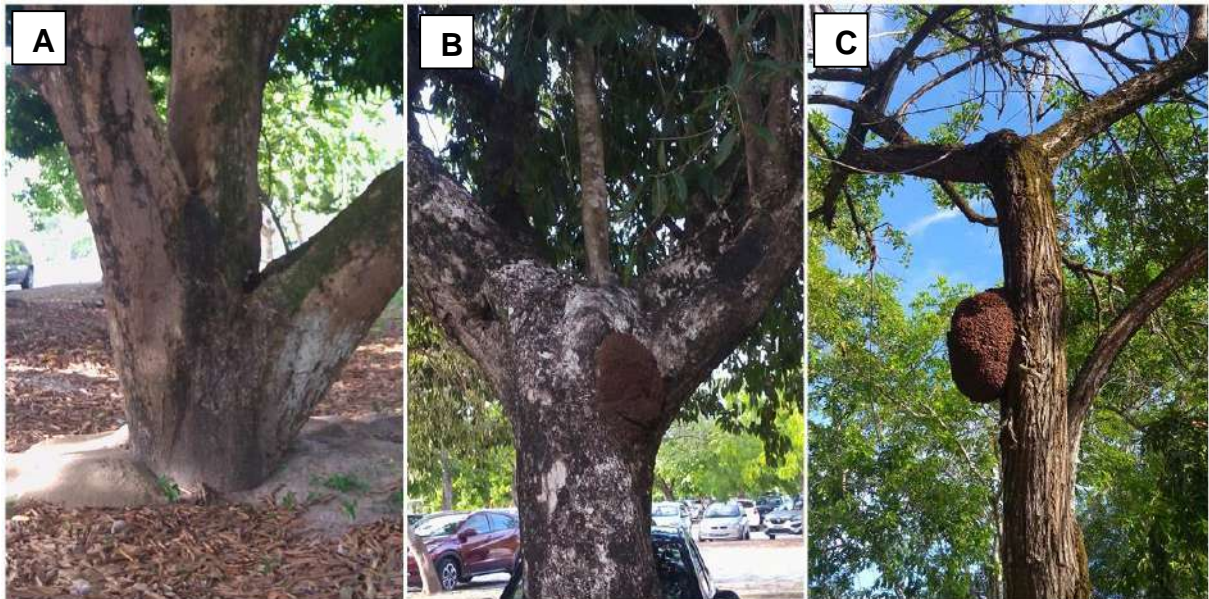


Figura 3. (A) Presença de formigueiro em *Mangifera indica* L.; (B) Habitação de cupins em *Syzygium jambolanum* (Lam.) DC. e (C) *Schinus terebinthifolius* Raddi.

Árvores com presença de ninho de cupim (arborícola) geralmente são utilizadas apenas como abrigo, no entanto se comunicam com o solo através de túneis, ou em situações indesejadas, se comunicam com edificações próximas em busca de alimentos, atacando arquivos de papel, portas, móveis de madeira e a própria estrutura de madeira do prédio.

Também foram observados indivíduos com poda realizada de maneira irregular, facilitando o caminho de entrada para agentes deterioradores (Figura 4). O que ressalta a importância de adoção de técnicas de manejo adequadas com o intuito de estabelecer indivíduos saudáveis, para não permitir a entrada de agentes degradadores da madeira.



Figura 4. Poda realizada de madeira inadequada em *Syzygium jambolanum* (Lam.) DC.



As podas, por exemplo, ao longo do ciclo de vida das árvores, poderão ser executadas os seguintes tipos: poda de formação, de condução, de limpeza, de correção e de emergência (PIVETTA e SILVA-FILHO, 2002). Sendo necessário utilizar um cicatrizante para fechar as possíveis portas de entrada para patógenos e insetos.

Mesmo com todas as técnicas de manejo bem empregadas as árvores podem apresentar sinais como presença de ocos no tronco, inclinação excessiva e/ou infestação intensa de pragas e doenças; denotando um alto risco de queda e acidentes o que implicará na sua possível supressão (NASCIMENTO, 2005).

Este breve levantamento visual realizado mostra um pequeno cenário do que é observado nos indivíduos arbóreos das demais localidades do *Campus*, demonstrando a necessidade de manutenção mais rigorosa e tratos silviculturais adequados, pois podem gerar danos à comunidade universitária, principalmente onde há fluxo mais intenso de pedestres e veículos, sendo fundamental um diagnóstico mais completo para as tomadas de decisões adequadas de prevenção para evitar situações de perigo.

3.2. Controle

A falta de critérios no diagnóstico leva a dificuldades na tomada de decisões tanto para o controle, quanto para a supressão ou não dos indivíduos. Segundo Zorzenon et al. (2011), um bom controle está intimamente relacionado com o conhecimento e a análise criteriosa de cada caso, além da identificação correta da espécie e o dimensionamento de seu ataque, e da análise das condições dos locais atingidos, visando determinar a metodologia e o produto mais adequado para o controle.

Numa tentativa de solucionar o problema inicialmente exposto, recomenda-se primeiramente realizar uma limpeza da área, removendo a madeira morta da árvore e do solo nos indivíduos que apresentam danos leves.

O uso de inseticidas para eliminação dos ninhos deve ser criterioso, respeitando as normas de segurança para que não haja contaminação ambiental e intoxicação de pessoas e animais, bem como a morte de árvores devido à fitotoxicidade do produto utilizado. O tratamento utiliza inseticidas líquidos, sempre diluídos em água, que são infiltrados através de perfurações nos troncos das árvores comprometidas ou diretamente nos ninhos. Os ingredientes ativos fipronil, etofenproxi, imidaclopride e thiametoxan são alguns dos principais inseticidas registrados para o controle de cupins em área urbana (ZORZENON et al., 2011).

Deve-se lembrar que plantas submetidas a condições de estresse são mais suscetíveis ao ataque de cupins, visto que o estresse leva a um estado de baixa resistência geral, comprometendo seriamente o vigor do vegetal atacado. Portanto, o manejo adequado aliado a tratos silviculturais como adubação e podas, são medidas importantes para minimizar o ataque destes insetos.

Em *Mangifera indica* L., diagnosticado sob ataque de formigas, não apresenta danos severos e, portanto, deve-se apenas realizar um acompanhamento da situação para que as medidas adequadas para seu controle sejam tomadas, caso estas venham a ser necessárias.

4. CONCLUSÕES

Dos 54 indivíduos presentes na área, 13 mostravam-se sadios e 41 sob ataque ou presença de agentes biodeterioradores, sendo 39 de cupins arborícolas, 01 de formigas e 01 de outros agentes (fungos ou outros insetos). Dos 39 indivíduos sob ataque de cupins, em apenas 11 foi possível observar à olho nu o comprometimento da estrutura árvore e o risco de queda.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A partir deste breve levantamento visual realizado conclui-se a importância dos tratamentos silviculturais adequados e a manutenção do espaço público do campus para evitar riscos de acidentes, sendo fundamental um diagnóstico mais completo para as tomadas de decisões adequadas de prevenção para evitar situações de perigo. Entretanto, apenas visualizações externas não correspondem à realidade das infestações, pois indivíduos aparentemente saudáveis podem apresentar sérios comprometimentos internos. Desta maneira, para complementar a análise visual recomenda-se a utilização de equipamentos como resistógrafo ou tomografia de impulso para um diagnóstico mais detalhado sobre o comprometimento do indivíduo

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APRILE, F. M.; DELITTI, W. B. C.; BIANCHINI JR., L. Aspectos cinéticos da degradação de laminados de madeira em ambientes aquático e terrestre. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 59, n. 3, p. 485-492, 1999.

FURNISS, R. L.; CAROLIN. V. M. *Western forest insects*. Washington, DC: USDA, 1977, 654p.

NASCIMENTO, W. M. *Manual Técnico de Arborização Urbana*, 2ª ed. São Paulo, Brasil. 2005, 124p.

OLIVEIRA, A. M. F.; LELIS, A. T.; LEPAGE, E. S.; CARBALLERA LOPEZ, G. A.; OLIVEIRA, L. C. S.; CANEDO, M. D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E. S. *Manual de preservação de madeiras*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, v. 1, p. 99-279, 1986.

PAES, J. B.; VITAL, B. R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos, em teste de laboratório. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 97-104, 2000.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA-FILHO, D. F. *Boletim Acadêmico Série Arborização Urbana*. Jaboticabal, São Paulo, 2002. (Série Técnica).

RICHARDSON, B. A. *Wood preservation*. 2ª ed. London: E & FN SPON, 1993. 226p.

SGAI, D. R. *Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras*. 2000. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Setor de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

SILVA, J. P. A. G. *Especificações de tratamentos de preservação para elementos de madeira*. 2008. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Porto, 2008.

SIMEONE, J. B. *Insects and wood*. New York: Syracuse, 1965, 178p.

SWIFT, M. J.; HEAL, D. W.; ANDERSON, J. M. *Studies in Ecology-Decomposition in Terrestrial and Aquatic Ecosystems*. Oxford: Blackwell, 1979.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

TREVISAN, H.; MARQUES, F. M. T.; CARVALHO, A. G. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. *Revista Floresta*, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, 2008.

ZORZENON, F. J.; CAMPOS, A. E. C.; JUSTI JR. J.; POTENZA, M. R. Principais pragas da arborização urbana I: cupins subterrâneos. Secretaria da Agricultura e Abastecimento de São Paulo (Instituto Biológico). Disponível em <http://www.biológico.agricultura.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=165>. Acesso em: 22 fev. 2017.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BRIQUETAGEM E PELETIZAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA

Lívia Dal Sasso de Souza¹
Gabriel Andrade Gomes de Assis¹
Larissa Carvalho Santos²
Wilson de Souza Júnior³
Walter Torezani Neto Boschetti¹
Jéssica Dornelas Soares¹
Déborah Nava Soratto¹
Angélica de Cássia Oliveira Carneiro⁴

¹ Universidade Federal de Viçosa

² Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal

³ Departamento de Agronomia / Centro de Ciências Agrárias / Universidade Federal de Viçosa

⁴ UFV -DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL / Universidade Federal de Viçosa



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BRIQUETAGEM E PELETIZAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA

Resumo: A alta geração e baixa utilização de resíduos de madeira intensificam a problemática ambiental de gerenciamento de resíduos sólidos, além de representar uma perda significativa de energia. Objetivou-se neste estudo, apresentar a produção de pellets e briquetes como alternativa para o aproveitamento energético de resíduos de biomassa. No Brasil, a contribuição de fontes renováveis de energia é de cerca de 80%, com 9% de biomassa compondo esse cenário. Dentre as possibilidades de aproveitamento de resíduos de biomassa, pellets e briquetes apresentam inúmeras vantagens em relação à madeira *in natura*, desde a simples facilidade em transporte e armazenamento, até a maior quantidade de energia concentrada em um mesmo volume. A possibilidade da utilização de misturas de resíduos não lignocelulósicos às biomassas convencionais mostra-se como tendência, visto que ao mesmo tempo em que há um aumento da demanda de resíduos madeireiros em diversos setores, há uma maior oferta de rejeitos.

Palavras-chave: Briquetes, Pellets, Resíduos de madeira.

BRIQUETAGE AND PELETIZATION AS AN ALTERNATIVE FOR THE USE OF BIOMASS RESIDUES

Abstract: The high generation and low utilization of wood waste intensifies the environmental problem of solid waste management, besides representing a significant loss of energy. The objective of this study was to present a production of pellets and briquettes as an alternative for the energetic use of biomass residues. In Brazil, with contribution of renewable energy sources of about 80%, with 9% of biomass composing this scenario. Among the possibilities of using biomass residues, pellets and briquettes online, from a simple facility in transport and storage, to a greater amount of energy concentrated in a same volume. One possibility of the use of mixtures of non-lignocellulosic residues in conventional biomass is a trend, since there is an increase in the demand for wood residues in several sectors, there is a greater supply of tailings.

Keywords: Briquettes, pellets, wood waste.

1. INTRODUÇÃO

O cenário madeireiro do Brasil é gerador de grande volume de resíduos em seus processamentos primários e secundários. Somado a isso, a construção civil, poda de árvores e descarte de embalagens acabam por contribuir com um volume expressivo de resíduos de madeira nos centros urbanos do país (TUOTO, 2009). Na medida em que apenas uma parcela desses resíduos é reaproveitada, há uma intensificação da problemática ambiental quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos, além de perda de oportunidade de obtenção de energia através de biomassa.

REALIZAÇÃO



APÓDIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Um dos principais objetivos da política energética mundial é valorização dos recursos energéticos de matriz renovável, para minimizar a dependência dos combustíveis fósseis e, conseqüentemente, reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEEs). Nesse sentido, a transição da matriz energética para uma mais limpa vem sendo requerida com frequência (SOUZA, 2014). Dentre as possíveis fontes de energia, Pereira (2014) cita a utilização de biomassa para a produção de calor e energia elétrica como uma alternativa de alto rendimento e em franco desenvolvimento. Mas para que a biomassa seja convertida em um recurso de utilização prática, essa mesma autora afirma serem necessárias tecnologias que gerem um produto final de fácil manuseio, transporte, armazenamento e utilização.

Nesse contexto, o presente trabalho visa apresentar a produção de pellets e briquetes como alternativa para o aproveitamento energético de resíduos de biomassa.

2. CENÁRIO BRASILEIRO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA

Segundo Tuoto (2009), os resíduos de madeira são, em geral, provenientes de duas fontes: 1) processamento industrial: serragem, maravalha, sólidos de madeira, cascas e outros, e são gerados desde o transporte da madeira, passando por seu manuseio, e processamento, até a finalização do produto; 2) meio urbano: construção civil (entulho de obras), arborização urbana (poda) e descartes em geral (embalagens, móveis, etc.). Considerando as distintas fontes, na Tabela 1 é apresentada uma estimativa da quantidade de resíduos provenientes da madeira gerados anualmente no Brasil.

Tabela 1 – Quantidade estimada de resíduos de madeira gerados no Brasil

Fonte geradora	Resíduos (1000 t/ano)	%
Indústria madeireira	27.750	90,7
Construção civil	923	3
Podas urbanas	1.930	6,3
TOTAL	30.603	

(TUOTO, 2009)

Os dados da Tabela 1 corroboram com o exposto em Biomassabioenergia (2016), na qual estima-se uma produção anual de 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira, sendo a principal fonte a indústria madeireira com uma contribuição de 91% e, ainda que menos expressiva, tem-se que a participação do meio urbano e da construção civil também são importantes. Assim, faz-se necessário viabilizar sua utilização, para que, ao mesmo tempo em que sejam mitigados os problemas quanto à geração de resíduos sólidos, possam-se obter produtos de elevado potencial energético.

REALIZAÇÃO



APÓDIO



ORGANIZAÇÃO





3. ENERGIA DA BIOMASSA

O aproveitamento energético da biomassa consiste na utilização de lenha ou de resíduos agrícolas, domésticos ou industriais, para a geração de calor e, ou eletricidade. Vieira (2005), afirma que a grande vantagem do uso da biomassa é a possibilidade de reaproveitamento de resíduos de baixo custo para a geração de energia, e que sua utilização tem um aspecto ambiental positivo, visto que a emissão de CO₂ proveniente da queima é parcialmente compensada durante o crescimento vegetativo da nova biomassa.

Dados do Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2017), destacam que houve um aumento quanto à utilização de fontes renováveis de energia em relação ao restante do mundo: enquanto a Oferta Interna de Energia (OIE) mundial, a partir de fontes renováveis, foi de 24,1% em 2016, no Brasil esse valor chegou a 82,7%, no mesmo ano. Segundo a mesma pesquisa, para o ano 2017, a previsão é que a OIE nacional de fontes renováveis aumente para 83,3%. Esse desempenho reflete as transformações do setor energético nacional, que tem incentivado tanto o crescimento das fontes renováveis quanto a diversificação da matriz. Ainda que a matriz hídrica continue sendo a maior colaboradora, é prevista sua redução, que será compensada pelo aumento, entre outras, da energia renovável a partir de biomassa, que deverá passar de 8,8% para 9%.

4. PRODUÇÃO DE BRIQUETES E PELLETS

Dentre as possibilidades para aproveitamento da energia da biomassa, a produção de briquetes e pellets desponta como uma alternativa com inúmeras vantagens em relação a outros formatos. Segundo Alves Júnior et al. (2002), o processo de briquetagem consiste na conversão da madeira em partículas, seguida da compactação das mesmas utilizando alta pressão, o que resulta em um aumento de temperatura que, por sua vez, leva a plasticização da lignina, que atua como agente colante das partículas de madeira. A peletização ocorre de forma similar, porém resulta em um produto final de dimensões inferiores.

Quando comparados à lenha, briquetes e pellets apresentam densidade energética superior e teor de umidade inferior, na ordem de 12%, a lenha apresenta, em média, 35% de umidade. Devido a compactação, a estocagem concentrará mais energia por unidade de volume, reduzindo a dimensão dos equipamentos de queima e dos pátios de armazenamento (SILVA, 2007). Tuoto (2009), lista algumas vantagens da fabricação e utilização de briquetes e pellets, a saber: 1) possibilidade de aproveitamento dos resíduos gerados na própria unidade fabril; 2) produtos finais com menores teores de umidade quando comparados à madeira in natura; 3) existência de tecnologias nacionais disponíveis no mercado; 4) processo de fabricação simples; 5) mercado para exportação; 6) maior rendimento em transporte e armazenamento, quando comparados à madeira in natura; e 7) possibilidade de aproveitamento de qualquer resíduo lignocelulósico.

Os briquetes e pellets são utilizados, principalmente, em olarias, pizzarias, padarias e até mesmo em residências, servindo de combustível para lareiras, fogões e fornos, além da utilização em indústrias, abastecendo fornalhas e caldeiras. De acordo com o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO, 2009), em algumas capitais e grandes cidades, os briquetes e pellets já possuem um papel destacado, competindo diretamente com a lenha e o carvão vegetal.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Além disso, Rodrigues (2010), pesquisando a utilização de lodo biológico da indústria de papel e celulose e finos de madeira, obteve resultados satisfatórios quanto ao potencial energético destes dois resíduos sólidos para a produção de briquetes. Souza (2014), também observou resultado semelhante quanto a mistura de lodo com finos de madeira, demonstrando uma melhora nas características de briquetes e pellets em relação à resistência à compressão, expansão linear, absorção de água e densidade aparente. Dessa forma, evidencia-se que outros resíduos sólidos não lignocelulósicos tem potencial utilização na confecção desses produtos.

5. CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

De forma a atenuar a problemática ambiental de gerenciamento de resíduos sólidos, a fabricação de briquetes e pellets através de resíduos de madeira são tecnologias alternativas viáveis, que possuem, sobretudo, uma oportunidade de obtenção de energia através de biomassa.

Somado a isso, salienta-se que o desenvolvimento de pesquisas que visem a produção e caracterização de misturas as biomassas convencionais de resíduos não lignocelulósicos é uma tendência, consequência do aumento da demanda de resíduos madeireiros em diversos setores conjuntamente a oferta de outros tipos rejeitos.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à FAPEMIG e à CAPES pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES JUNIOR, F. T., SANTOS, G. A. **Potencial de geração de biomassa para briquetagem e o perfil do mercado consumidor deste insumo na região do Cariri-CE.** In: II Congresso Ibero-Americano de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Florestais & I Seminário em Tecnologia da Madeira e Produtos Florestais Não Madeiráveis, Anais. FUPEF, Curitiba, 2002.

BIOMASSABIOENERGIA, 2016. Disponível em: <https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/os-residuos-de-madeira-gerados-anualmente-no-brasil-sao-estimados-em-30-milhoes/20160211-103419-x618>> Acesso em: 31 de julho de 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional Ano Base 2016.** Brasília, 2017.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO. **Aproveitamento energético de resíduos de madeira e florestais na forma de briquetes.** Disponível em: < http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_briquete.asp>. Acesso em: 3 de junho de 2017.

REALIZAÇÃO



APÓIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MAROZZI, C.R.B. Caracterização de resíduos agroindustriais e florestais visando a briquetagem. 2012. Monografia (Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

PEREIRA, B. L. C. Propriedades de pellets: biomassas, aditivos e tratamento térmico. 2014. 64 f. Tese (Doutorado) - Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

RODRIGUES, V.A.J., Valorização energética de lodo biológico da indústria de polpa celulósica através da briquetagem. Viçosa, 2010.134p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa.

SILVA. C. A. Estudo técnico-econômico da compactação de resíduos madeireiros para fins energéticos. 2007. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2007.

SOUZA, M.M. Propriedades de briquetes e pellets produzidos com resíduos sólidos urbanos. 2014.71 f. Tese (Doutorado) - Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014

TUOTO, M. **Levantamento sobre geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado.** Ministério do meio ambiente. Secretária de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Secretaria de Biodiversidade e Florestas Projeto PNUD BRA 00/20. Curitiba-PR, 2009.

VIEIRA, A.C. Gaseificação de briquetes de casca de eucalipto. 2005. 83f. Tese (Mestrado) – Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

REALIZAÇÃO



APÓIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BRIQUETES PRODUZIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE Sorghum bicolor

Isaí Euán Chi¹

Fabio M Yamaji¹

Franciane Andrade de Pádua¹

Vagner Roberto Botaro²

José Claudio Caraschi³

João Tomeleri⁴

Letícia Sant' Anna Alesi⁴

Diego Silva⁴

¹ Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos

² Departamento de Engenharia Química / Universidade Federal de São Carlos

³ UNESP - Universidade Estadual Paulista - Campus de Itapeva

⁴ Universidade Federal de São Carlos



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BRIQUETES PRODUZIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE *Sorghum bicolor*

Resumo: O Sorgo é uma gramínea que produz uma panícula repleta de grãos. Após a colheita, a biomassa residual da planta ainda se encontra úmida, uma alternativa é seu uso como feno de pastejo. Outra alternativa poderia ser sua queima. Assim, o objetivo deste trabalho foi tentar agregar maior valor energético e mecânico, por meio do processo de briquetagem. Foi avaliada a característica físico-química e energética da biomassa coletada. As análises consistiram no ensaio de teor de umidade, densidade a granel, análise granulométrica, análise imediata e poder calorífico. Em seguida, a biomassa foi submetida ao processo de briquetagem. O procedimento ocorreu sem a presença de aglutinantes e sem acréscimo de temperatura, o que é um fator positivo. Os briquetes foram confeccionados em uma prensa hidráulica, sendo utilizadas 20g de biomassa. A umidade foi ajustada entre 10 a 12%. A força de prensagem foi de 61,48 kgf cm⁻² durante 30 segundos. Após a formação dos briquetes, foram avaliadas suas características físico-mecânicas, como a expansão dos briquetes, a resistência e a friabilidade. O teor de umidade da biomassa inicialmente foi de 20%, a densidade a granel 0,12 g.cm⁻³ e poder calorífico 4446 kcal.kg. O processo de briquetagem melhorou a densidade da biomassa e diminuiu o teor de umidade, beneficiando assim o transporte, a estocagem e o poder calorífico, ou seja a briquetagem foi considerada um procedimento que proporcionou resultados com maior valor agregado.

Palavras-chave: Briquetagem, características químicas e mecânicas, resíduo, Sorgo.

BRIQUETTES PRODUCED FROM *Sorghum bicolor* WASTE

Abstract: The Sorghum is a grass that produces a panicle full of grains. After harvesting, the residual biomass of the plant is still humid, an alternative is its use as a grazing hay. Another alternative could be its burning. Thus, the objective of this work was to try to add greater energy and mechanical value, through the briquetting process. The physicochemical and energetic characteristics of the collected biomass were evaluated. The analyzes consisted in the test of moisture content, bulk density, particle size analysis, immediate analysis and calorific value. Then, the biomass was submitted to the briquetting process. The procedure occurred without the presence of binders and without the increase of temperature, both are positive factors. The briquettes were made in a hydraulic press, using 20g of biomass. Humidity was adjusted to between 10 and 12%. The pressing force was 61.48 kgf cm⁻² for 30 seconds. After the formation of the briquettes, their physico-mechanical characteristics, such as briquette expansion, resistance and friability were evaluated. The moisture content of the biomass was initially 20%, the bulk density was 0.12 g.cm⁻³ and the calorific value was 4446 kcal.kg The briquetting process improved the biomass density and decreased the moisture content, benefiting transport, storage and calorific value, this way, briquetting was considered a procedure that provided results with higher added value.

Keywords: Briquetting, chemical and mechanical characteristics, waste, Sorghum.



1. INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos, agrícolas, florestais ou industriais são uma fonte energética alternativa aos combustíveis sólidos convencionais como a lenha e o carvão (YAMAJI et al., 2013). O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma gramínea que produz uma panícula repleta de grãos. Nos Estados Unidos, na América do Sul e na Austrália, seus grãos são usados basicamente na nutrição animal. Na África, na Ásia e na América Central, o cereal pode ser usado na alimentação humana, como por exemplo, na panificação e produção de biscoitos (QUEIROZ et al., 2009).

Outra utilização pode ser atribuída na geração de energia, como um biocombustível. Segundo Emygdio et al. (2011) o sorgo sacarino, uma variedade da planta também usada na nutrição animal, tem alto potencial para gerar açúcar fermentável, um aspecto ideal para a produção de álcool.

Na produção em campo, em condições ideais de cultivo, o rendimento pode equivaler em aproximadamente 4 mil litros de etanol por hectare (CANIATO et al., 2011). Entretanto, não existe um maquinário eficiente na colheita da planta, uma vez que sua altura pode atingir até três metros de altura e isso obriga o processo de colheita manual (TARDIN et al., 2013).

A alta quantidade de biomassa inutilizada no campo, após a colheita dos grãos, gera uma grande quantidade de resíduos. Mesmo que esse material seja empregado diretamente na alimentação de usinas sucro-alcooleiras, uma grande área de estocagem é necessária tanto no campo como no pátio da usina.

Para a otimização deste espaço, sugere-se o processo de briquetagem que aumenta e melhora as características de manuseio, compactando o volume da biomassa em até 700% (QUIRINO, 1991). A alta densificação do material melhora o poder calorífico do material, reduz o custo com o transporte e produz um combustível uniforme (NAKASHIMA et al., 2017).

Como a biomassa possui alta higroscopicidade, a umidade é um dos fatores que devem ser controlados no processo de briquetagem. A umidade ideal para produção de briquetes compreende a faixa entre 10 e 12%, pois resulta em briquetes com melhores características mecânicas (YAMAJI et al., 2013; SILVA et al., 2017).

O tamanho das partículas é outro fator que interfere na superfície de contato das fibras, exigindo que o material seja triturado. Partículas maiores oferecem resistência ao processo de briquetagem uma vez que são longas e não foram trituradas (NAKASHIMA et al., 2014; HANSTEAD et al., 2016).

O objetivo do trabalho foi analisar as características físicas e químicas do *Sorghum bicolor* e dos briquetes produzidos a partir desse material. O material foi coletado numa fazenda que planta sorgo no município de Garça - SP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção e processamento do material

O material utilizado foi o sorgo concedido por uma fazenda que comercializa esse produto localizada na cidade de Garça/SP. O material foi armazenado em sacos plásticos lacrados no Laboratório de Bioenergia e Materiais Lignocelulósicos da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, campus Sorocaba, para preservar suas condições físicas até o momento das análises.



2.2. Teor de umidade

O teor de umidade foi obtido através da balança determinadora de umidade (modelo: ID-200; marca: Marconi). Utilizou-se, aproximadamente, 1g de amostra e aquecimento de 100°C.

2.3. Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada, por triplicata, de acordo com a metodologia da norma NBR 6922, utilizando-se um béquer de 1 L de capacidade e de peso conhecido. A densidade aparente dos resíduos foi determinada em suas condições iniciais de umidade.

2.4. Granulometria da biomassa

A granulometria do material seguiu a norma NBR 248 (ABNT, 2013). A serragem do *Sorghum bicolor* foi separada através de um conjunto de peneiras dispostas da maior para a menor abertura (9, 20, 35, 60, 100 mesh e coletor). Esse conjunto foi inserido no agitador orbital com batidas intermitentes (modelo: MA 750; marca: Marconi). A duração do ensaio foi de 3 minutos.

2.5. Análise imediata

A análise imediata determina o teor de material que se queima no estado gasoso (material volátil) e no estado sólido (carbono fixo), e também o teor de material residual após a combustão (cinzas). A análise imediata dos resíduos estudados foi realizada por triplicata seguindo a norma NBR 8112 (ABNT, 1986).

2.6. Preparação dos briquetes

A biomassa na sua forma íntegra foi submetida à prensagem. Tal procedimento testa a formação do briquete com o tamanho de suas partículas em sua forma natural, ou seja, sem a intervenção da separação granulométrica.

A umidade foi ajustada na faixa de 10 a 12%. Para isto, a biomassa foi seca em estufa e em seguida foi corrigida com um borrifador d'água. Assim, 20 g do material foram prensados em um molde de aço inox (3,5 cm de diâmetro e 16 cm de altura), utilizando-se uma pressão de 61,48 kgf cm⁻² durante 30 segundos. Foram preparados 11 briquetes.

2.7. Expansão dos briquetes

A avaliação da expansão dos briquetes foi aferida com um paquímetro Digimess. Foram tomadas as medidas de altura dos briquetes em diferentes intervalos de tempo (1 h, 3 h, 4 h, 6 h, 12 h, 24 h e 72 h).

2.8. Resistência mecânica e friabilidade

Após sete dias da produção dos briquetes foi realizado o ensaio mecânico de de tração por compressão diametral adaptado da NBR 7222 (ABNT, 2011). Utilizou-se



a máquina universal de ensaios EMIC DL3000N e uma célula de carga de 5 kN. Foram realizadas 5 repetições e os resultados foram obtidos diretamente pelo programa Tesc versão 3.04 do equipamento.

Os ensaios de friabilidade mecânica foram realizados de acordo com a NBR 8740 (ABNT, 1985). Foram utilizados 6 corpos de prova, calculando-se um índice de friabilidade pela resistência ao tamboramento. O ensaio foi realizado com o auxílio de um friabilômetro (equipamento não comercial e institucional) com 30 rpm; durante 10 minutos. A friabilidade foi calculada a partir da massa da amostra restante após da separação de partículas colapsadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Teor de umidade, densidade aparente e granulometria

O teor de umidade do material foi de 18,77%. Valores altos de umidade influenciam negativamente no poder calorífico da biomassa (SILVA et al., 2017).

A densidade aparente da biomassa foi de 118 kg.m³. A baixa densidade pode refletir na demanda de uma maior área para estocar o material (QUIRINO, 1995; YAMAJI et al.; 2013).

A análise granulométrica da biomassa representou como as partículas de Sorgo estão distribuídas entre os tamanhos de 9 a 100 mesh (Figura 1). Foi possível observar que a distribuição granulométrica do material é representada na sua maioria por partículas com diâmetros iguais ou superiores a 0,841 mm (20 mesh). A classificação granulométrica é de grande importância, pois o tamanho de partículas é um fator que influencia na densidade, durabilidade e resistência de briquetes (KALIYAN; MOREY, 2009).

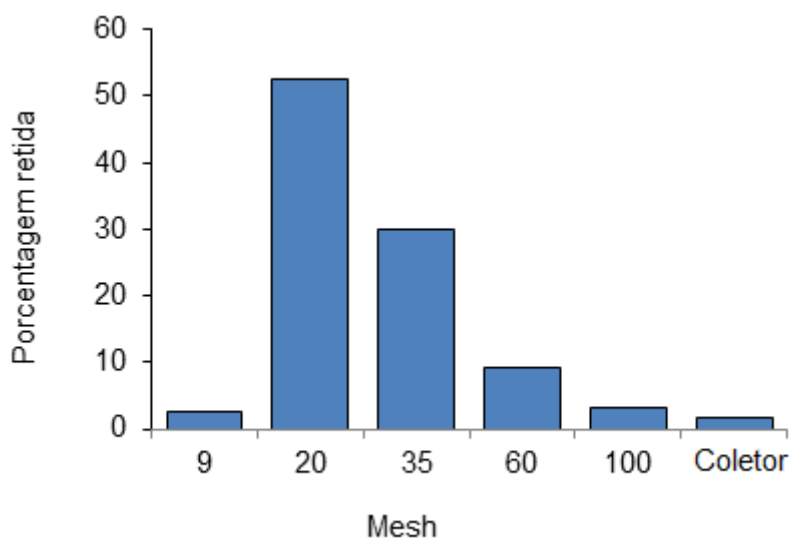


Figura 1. Classificação granulométrica dos resíduos de *Sorghum bicolor*.



3.2. Análise química imediata e poder calorífico

Para um melhor aproveitamento da biomassa é fundamental a caracterização do material por meio da análise imediata, pois a composição química do material influencia diretamente no processo de combustão (SANTOS et al., 2011). A Tabela 1 apresenta a análise química imediata do resíduo e seu poder calorífico.

Tabela 1. Dados obtidos da análise imediata e poder calorífico para a biomassa de *Sorghum bicolor*.

Material	Cinzas (%)	Voláteis (%)	Carbono fixo (%)	PCS* (kcal.kg)	Densidade (kg m ⁻³)
Sorgo	3,63(±0.24)	80,36(±0.42)	16,01(±0.55)	4446	118(±3.0)

* Poder Calorífico Superior

Os resultados, em relação aos materiais voláteis são altos (OBERNBERGER, I.; THEK, 2004). Estudos com bagaço de cana-de-açúcar, palha de milho, capim elefante e poda de jardim mostram resultados semelhantes (NAKASHIMA et al., 2014). O alto conteúdo de material volátil dificulta que altas temperatura sejam atingidas, pois a combustão do material acontece de maneira acelerada (NAKASHIMA et al., 2014) o que ocasionaria uma desvantagem para certos tipos de biomassa.

Na avaliação energética de combustíveis de biomassa é imprescindível a análise do teor de cinzas. As cinzas são compostas de elementos minerais e geram atrito no molde da briquetadeira, provocam impurezas no centro do material solidificado, além de contribuir no desgaste do equipamento. Altos teores de cinzas reduzem o poder calorífico do material (PROTÁSIO et al., 2012). O conteúdo de cinzas é elevado em relação ao encontrado no bagaço de cana-de-açúcar e palha de milho, 1,58% e 1,92% respectivamente (NAKASHIMA et al., 2014).

O alto teor de carbono fixo é o que mais contribui para o valor energético da biomassa fazendo com que sua combustão seja mais lenta (BRAND, 2010). O teor de carbono fixo para os materiais lignocelulósicos varia entre 14% - 25% (BRITO; BARRICHELO, 1982). Assim, o material usado se encontra dentro dos intervalos propostos.

3.3. Expansão dos briquetes

Com relação à estabilidade dimensional dos briquetes, avaliou-se a expansão longitudinal por um período de 72 horas. A Figura 2 apresenta a expansão média longitudinal no decorrer do tempo analisado.

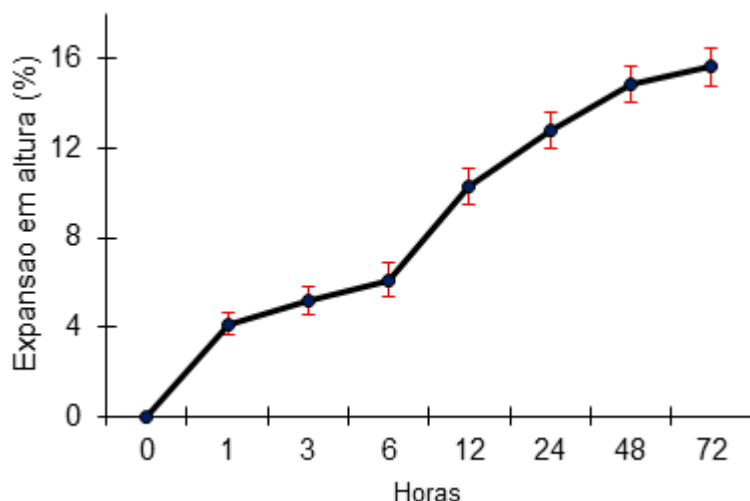


Figura 2. Expansão média da altura dos briquetes produzidos a partir de *Sorghum bicolor*.

Foi possível observar que a maior expansão longitudinal dos briquetes (10,3%) ocorreu nas primeiras 12 horas após a briquetagem; porém, foi necessário um período de aproximadamente 72 horas para que não se observassem mais alterações significativas na altura dos briquetes. Estudos recentes de algumas biomassas como bagaço de cana-de-açúcar, palha de milho e capim elefante apresentaram valores de expansão em altura de entre 4 e 13,7% (NAKASHIMA et al., 2014; RÓZ et al., 2016). Uma expansão alta indica que não ocorreu uma boa adesão entre partículas, fator que influencia na resistência mecânica dos briquetes (GENTIL, 2008; CHRISOSTOMO, 2011). A compactação dos resíduos é influenciada pela granulometria utilizada para confecção dos briquetes (RÓZ et al., 2016).

3.4. Resistência mecânica

Os ensaios mecânicos de tração por compressão diametral resultaram em briquetes estáveis dimensionalmente. Os valores de tensão obtidos nas repetições são apresentados na Figura 3. A tensão média foi de 0,72 MPa. De maneira geral, pode-se dizer que o resíduo de Sorgo é um material que apresenta bons resultados quanto à resistência mecânica dos briquetes (NAKASHIMA et al., 2014).

O índice de friabilidade foi de 5,9%. Conforme a classificação CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais) descrita por Oliveira (1982). Resultados com menos de 10% do material perdido, são considerados como um material muito pouco friável, resultando em briquetes de alta qualidade.

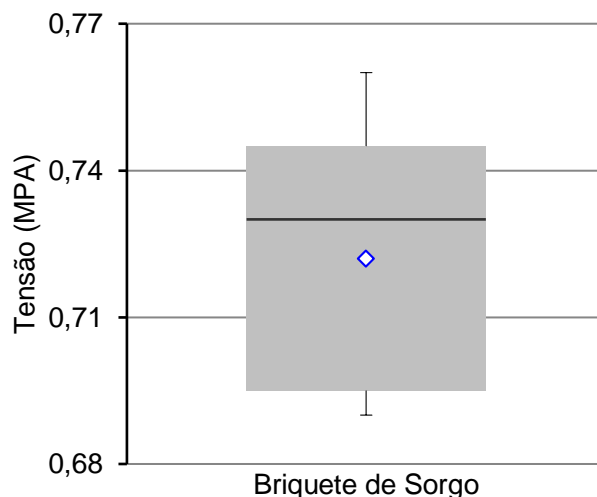


Figura 3. Valores de tensão dos briquetes de resíduo de *Sorghum bicolor*.

4. CONCLUSÕES

A briquetagem da biomassa de Sorgo proporcionou bons resultados quanto aos parâmetros utilizados, refletindo em vantagens quanto ao transporte, manuseio e estocagem. A densificação das partículas é, assim, uma boa alternativa para os resíduos de *Sorghum bicolor*.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CONACYT e a CAPES pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112: concreto e argamassa. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: análise imediata. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8740: carvão vegetal. Rio de Janeiro, 1985.

CANIATO, F. F. et al. The relationship between population structure and aluminum tolerance in cultivated sorghum. Plos One, v. 6, p. 830, 2011.

CHRISOSTOMO, W. Estudo da compactação de resíduos lignocelulósicos para utilização como combustível sólido. 2011. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2011.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

EMYGDIO, B. M.. Desempenho da cultivar de sorgo BR 506 visando a produção de etanol em dois ambientes contrastantes. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v. 17, n. 1, p. 45-51, 2011.

FERNANDEZ, B.O. et al. Características Mecânicas e Energéticas de Briquetes Produzidos a partir de Diferentes Tipos de Biomassa Mechanical and Energetic Characteristics of Briquettes Produced from Different Types of Biomass. *Rev. Virtual Quim*, v. 9, n. 1, 2016.

GENTIL, L. V. B. Tecnologia e economia do briquete de madeira. 2008. 215 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

HANSTED, A. L. S. et al. Comparative analyses of fast growing species in different moisture content for high quality solid fuel production. *Fuel*, v. 184, n. November, p. 180–184, 2016.

KALIYAN, N.; MOREY, V. R. Factors affecting strength and durability of densified biomass products *Biomass and Bioenergy*, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953408002146>>. Acesso em: 5 jun. 2017

NAKASHIMA, G. T. et al. Aproveitamento de resíduos vegetais para a produção de briquetes. *RBCiAmb*, p. 22–29, 2014.

NAKASHIMA, G. T. et al. Materiais Lignocelulósicos: Caracterização e Produção de Briquetes. *Rev. Virtual Quimi*, v. 9, n. 1, [no prelo], 2017.

OLIVEIRA, J. B. Produção de carvão vegetal: aspectos técnicos. In: *Produção e utilização de carvão vegetal*. Ed. Penedo, W. R. p. 59–73 1982.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior. *Biomass and Bioenergy*, v. 27, n. 6, p. 653-669, 2004.

PROTÁSIO, T. D. P. et al. Torrefação e carbonização de briquetes de resíduos do processamento dos grãos de café. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 11, p. 1252–1258, 2012.

QUEIROZ, V. A. V. et al. O Sorgo na Alimentação Humana. Circular Técnica – EMBRAPA, 1ª ed., n. 133, 19p., 2009.

QUIRINO, W. F. Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos. Circular Técnica- LPF, 1ª ed., n. 20, 1991.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

RÓZ, D. et al. Artigo Características Mecânicas e Energéticas de Briquetes Produzidos a partir de Diferentes Tipos de Biomassa Mechanical and Energetic Characteristics of Briquettes Produced from Different Types of Biomass Características Mecânicas e Energéticas de Briq. Revista Virtual de Química, v. 9, n. 1, 2016.

SANTOS, M. et al. Study of the storage conditions of the sugarcane bagasse through thermal analysis. Química Nova, v. 34, n. 3, p. 507–511, 2011.

SILVA, D. A. et al. A Influência da Umidade em Propriedades Mecânicas de Briquetes Produzidos com Resíduos de Madeira (*Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp.). Rev. Virtual Quimi, v. 9, n. 3, [no prelo], 2017.

TARDIN, F. D. et al. Avaliação agrônômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. Revista Brasileira de Milho e Sorgo (Online), v. 12, n. 1, p. 102-117, 2013.

YAMAJI, F. M. et al. Análise do comportamento higroscópico de briquetes. Energia na Agricultura, v. 28, n. 1, p. 11–15, 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS E DO ÂNGULO MICROFIBRILAR DA MADEIRA DE *Eucalyptus pilularis* e *Corymbia maculata*

Joice Aparecida de Assis¹

Claudinéia Olímpia de Assis²

SELMA LOPES GOULART³

José Tarcísio Lima¹

Naiara Conceição M. de Souza⁴

Pamela Beatriz Moreira de Oliveira⁴

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

³ Universidade Federal Rural da Amazônia

⁴ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS E DO ÂNGULO MICROFIBRILAR DA MADEIRA DE *Eucalyptus pilularis* e *Corymbia maculata*

Resumo: O presente estudo teve como objetivo avaliar a dimensão dos elementos anatômicos da madeira e determinar a relação da morfologia das fibras com a variação do ângulo da microfibrila para o *Eucalyptus pilularis* e *Corymbia maculata* aos 37 anos de idade. Foram utilizadas duas árvores de cada espécie, provenientes de um plantio experimental da Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG. Os corpos de prova para as análises foram retirados de um disco com 10 cm de espessura cortado a três metros de altura de cada árvores. Foram feitas 20 medições de fibras a partir do macerado para cada espécie visando a determinação da morfologia das fibras e do ângulo das microfibrilas. Para a determinação das correlações foi empregado à correlação de Pearson. Pelos resultados observou-se para *E. pilularis* comprimento médio da fibra de 1071 μm , largura da fibra 21 μm , diâmetro do lume 9,9 μm , espessura de parede 5,6 μm , ângulo microfibrilar igual a 11,8 graus, alta correlação entre o ângulo das microfibrilas e a espessura da parede celular e entre o ângulo das microfibrilas e o comprimento das fibras. Para *C. maculata* comprimento médio da fibra de 968 μm , largura da fibra 18 μm , diâmetro do lume 6,0 μm , espessura de parede 6,0 μm , ângulo microfibrilar igual a 12,2 graus, média correlação entre o ângulo das microfibrilas e a espessura da parede celular e entre o ângulo das microfibrilas e o comprimento das fibras. Portanto, pode-se concluir que há uma semelhança anatômica entre as duas madeiras estudadas.

Palavras-chave: morfologia da fibras, correlação de Pearson, ângulo da microfibrila.

CHARACTERISTICS OF THE FIBERS AND THE MICROFIBRILLARY ANGLE OF THE WOOD OF *Eucalyptus pilularis* and *Corymbia maculate*

Abstract: This paper aimed to evaluate the dimensions of wood anatomic elements and to define the relation between fiber morphology and microfibril angle variation. It was used two trees from 37-years-old species: *Eucalyptus pilularis* and *Corymbia maculata*, proceeding from experimental plantations on Federal University of Lavras Campus, located in Lavras city/MG. The specimens for analysis were taken from a 10 cm thick disk cut three meters high from each of the trees. Twenty measurements of fiber were made from the macerate for each species aiming the determination of fiber morphology and microfibril angle. Pearson correlation was used to determine the correlations. The from results indicated a high correlation between microfibril angle and wall thickness. The same as between microfibril angle and fiber length was found for *E. pilularis*, specie presented higher values for fiber dimensions analyzed, with average fiber length of 1070 μm , a fiber width of 21 μm , fire diameter 9,8 μm , wall thickness of 5,6 μm , and microfibril angle of 11,8 degree; *C. maculate*, specie presented higher values for fiber dimensions analyzed, with average fiber length of 968 μm , a fiber width of 18 μm , fire diameter 6,0 μm , wall thickness of 6,0 μm , and microfibril angle of 12,2 degree. Therefore, it can be concluded that, there is an anatomical similarity between the two species studied.

Keywords: fiber morphology, correlation Pearson, microfibril angle

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A madeira é constituída de diferentes tipos, formas de células e arranjos de células, o que lhe confere heterogeneidade. Como consequência, ela apresenta diferentes comportamentos durante o processamento e utilização. Por isso, entre outros, o estudo da morfologia das fibras e dos elementos de vasos, e da quantidade e organização do parênquima, são fundamentais para o melhor entendimento da madeira.

Associado a essas características microscópicas, no nível ultramicroscópico, tem sido cada vez mais reconhecido que o ângulo formado entre o eixo da fibra e a orientação das microfibrilas, denominado ângulo das microfibrilas (AMF), tem importante influência sobre o comportamento da madeira (BARNETT e BONHAM, 2004), como em sua instabilidade dimensional e propriedades mecânicas.

Trugilho et al. (1996) relataram a existência de correlação significativa e alta entre a densidade básica da madeira e o comprimento das fibras, a espessura da parede e a largura das fibras da madeira de *Eucalyptus saligna*. Diversos trabalhos têm sido realizados para a caracterização de fibras visando buscar madeiras para diferentes finalidades. Oliveira et al. (2006) determinaram dimensões das fibras, dos elementos de vasos e das células do parênquima da madeira de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., visando determinar alguns parâmetros de produção e de qualidade do carvão. Miranda et al. (2012), desenvolveram uma pesquisa em que determinaram as dimensões das fibras da madeira de *Parkia gigantocarpa* Ducke e suas relações para produção de polpa celulósica.

Hein e Lima (2012) verificaram que, para *Eucalyptus grandis*, houve um aumento tanto no módulo de elasticidade quanto na resistência da madeira à compressão quando ocorreu um decréscimo no ângulo microfibrilar.

Esses estudos correlacionando dimensões celulares com o AMF encontraram resultados variáveis. O AMF frequentemente varia entre o lenho inicial e o lenho tardio, assim como varia com a espessura da parede e com o diâmetro do lume, porém os estudos não são conclusivos a respeito da existência ou não de relação causal (DONALDSON, 2008).

O estudo anatômico da variação da madeira nas direções medula-casca e base-topo do tronco da árvore pode auxiliar pesquisadores das áreas de manejo florestal e de tecnologia de madeira na obtenção de produtos de melhor qualidade (FLORSHEIM, 2009).

Diante disto, este trabalho teve como objetivo buscar informações sobre a caracterização anatômica das fibras da madeira de *E. pilularis* de *C. maculata*, além de verificar as relações entre a anatomia das fibras e o ângulo microfibrilar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção do material

Para a realização deste trabalho foram coletadas e analisadas duas árvores para cada espécie de *Eucalyptus pilularis*, *Corymbia maculata* com idade de 37 anos, provenientes de plantio experimental na Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras- MG. Do caule de cada árvore foram retirados discos de aproximadamente 10 cm de espessura, amostrados a três metros da altura do tronco,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

que foram utilizados para determinar o comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume das fibras, além do ângulo das microfibrilas.

2.2 Determinação do ângulo microfibrilar e morfologia das fibras

Os corpos de prova foram saturados em água com aplicação intermitente de vácuo. No preparo do material para a medição do ângulo microfibrilar (AMF), as amostras foram cortadas tangencialmente em seções de 7 μm de espessura com o auxílio de um micrótomo de deslize. Já o material para medição da morfologia das fibras, foram retirados pequenos fragmentos em formato de palitos de madeira. Ambos os cortes foram colocados em frascos de vidro e cobertos com uma solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio, na proporção de 1:1 (FRANKLIN, 1945, modificado por BERLYN; MIKSCHE, 1976). Os frascos do AMF foram lacrados e deixados em estufa a 60°C durante 12 horas e um período de 24h para os frascos de morfologia das fibras, visando à completa dissociação dos elementos anatômicos, formando um macerado.

O macerado foi retirado da estufa e lavado abundantemente em água corrente para que a substância macerante fosse completamente removida.

AMF: após a obtenção do macerado foi armazenado em água destilada. Em seguida foram feitas lâminas provisórias com cortes imersos em glicerina e água destilada. O AMF médio foi determinado através da técnica de microscopia de luz polarizada, empregada por Lima et al. (2004), em que a fibra é cortada longitudinalmente, para permitir que apenas uma parede seja atravessada pela luz. Girando-se a mesa do microscópio, colocou-se a fibra na máxima posição de extinção da luz, onde a luz polarizada se encontra sobreposta com o mesmo alinhamento das microfibrilas. Girando-se manualmente a mesa graduada, obteve-se o ângulo microfibrilar formado entre a posição vertical e a nova posição do eixo da fibra. Foram realizadas 20 medições por amostra.

Morfologia das fibras: o material dissociado passou por um processo de coloração com safranina a 1% em álcool 50% (BERLYN e MIKSCHE, 1976). Em seguida foram montadas as lâminas provisórias contendo o material dissociado em solução aquosa de glicerina (1:1). Foram realizadas as seguintes medições: comprimento de fibra, diâmetro do lume das fibras, comprimento das fibras e a espessura da parede da fibra, a mensuração de 20 fibras em cada corpo de prova, foi realizada em microscópio de luz, associado ao sistema de análise de imagens Image Pro-Pus®.

2.4 Análise estatística

Inicialmente foi feita a estatística descritiva dos dados. A seguir, foram estimadas as correlações se Pearson entre as propriedades, utilizando-se as médias das dimensões das fibras e as médias do ângulo das microfibrilas com auxílio do software R 3. 1.1. Com base nas correlações do AMF em função das dimensões das fibras mais elevados, foram ajustados modelos lineares simples pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), estimando as equações e os valores do coeficiente de determinação (R^2).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os valores médios e o coeficiente de variação obtidos de cada espécie estudada. Conforme podemos observar para *Eucalyptus pilularis*, encontramos valor médio de CF igual a 1070 μm e para *Corymbia maculata* média de 968 μm . Segundo IAWA (1989) as duas madeiras se classificam como de fibras curtas.

Tabela 1. Valores médios das dimensões e ângulo microfibrilar das fibras das madeiras de *Eucalyptus pilularis* e *Corymbia maculata* aos 37 anos de idade

Espécie	CF (μm)	LF (μm)	DLF (μm)	EPF (μm)	AMF
<i>E. pilularis</i>	1070	21,0	9,8	5,6	11,8
CV (%)	21,1	7,0	18,3	21,2	21,7
<i>C. maculata</i>	968	18,0	6,0	6,0	12,2
CV (%)	7,7	8,2	26,2	14,8	26,2

CF = comprimento das fibras; LF = largura das fibras; DLF = diâmetro do lume das fibras; EPF = espessura da parede das fibras; AMF = ângulo das microfibrilas; CV (%) = coeficiente de variação.

A largura média das fibras 21,08 μm e espessura média de parede 5,66 μm , para *E. pilularis*, já para *C. maculata* os valores de largura média da fibra de 18,04 μm e espessura média de parede 6,01 μm . Para ambas as espécies estudadas as EPF classificam as madeiras como de fibras muito espessas IAWA (1989).

Essas características estão relacionadas com a idade cambial, quando o câmbio é mais jovem forma normalmente fibras menores com parede celular mais estreita. Nesta fase de formação do lenho, a madeira apresenta densidade e resistência mecânica mais baixas, diferentemente do que acontece no lenho maduro. O câmbio mais maduro, que se forma em idade adulta da árvore, pode apresentar fibras mais largas e maiores, com paredes mais espessas (CHALK, 1983).

As condições ambientais de crescimento também podem afetar essa dinâmica, afetando a formação da madeira de variadas formas. Porém, neste trabalho como todas as árvores das duas espécies cresceram no mesmo local, é possível que variações ambientais não interferiram diferentemente nas duas espécies estudadas.

Lima (2015) avaliando madeiras de clones de *Eucalyptus grandis* \times *Eucalyptus urophylla* aos 6,5 anos, encontrou dimensões das fibras próximas às observadas no presente estudo: o CF variou entre 1021 μm e 1105 μm ; a LF variou entre 17,86 μm e 22,24 μm ; o DLF variou entre 9,1 μm e 12,9 μm e a EPF variou entre 4,35 μm e 4,64 μm .

Os valores dos ângulos microfibrilares (Tabela 1) foi de 11,8° para *E. pilularis* e de 12,2° para *C. maculata*. A idade cambial exerce influência aos diferentes AMF encontrados na madeira, sendo os AMF maiores típicos de madeira juvenil e os menores ângulos são formados geralmente em madeira adulta (LIMA et al., 2014).

Lima et al. (2004) avaliaram o AMF da camada S2 da parede celular de onze clones de *Eucalyptus* spp aos oito anos de idade, provenientes de quatro locais. Os autores, observaram redução desta característica no sentido medula-casca, com ângulos inferiores aos encontrados neste estudo, variando de 7,4 a 10,0° e com média de 8,8°.

Em estudo realizado por Lima et al. (2014), ao analisarem o AMF em relação à idade cambial em *Eucalyptus grandis*, foi constatado um decréscimo no AMF nos

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

anéis formados mais recentemente em relação aos mais antigos e encontraram valor de ângulo das microfibrilas médio aos 25 anos de idade igual a 23,5°.

A Tabela 2 mostra as correlações obtidas pelo teste de Pearson entre as dimensões das fibras com a variação do ângulo da microfibrila.

Tabela 2. Resumo da análise de correlação de Pearson do ângulo microfibrilar com as dimensões das fibras de *Eucalyptus pilularis* e *Eucalyptus maculata*

Fonte de variação	AMF x CF	AMF x DLF	AMF x EPF
<i>Eucalyptus pilularis</i>	- 0,85	0,65	- 0,87
<i>Corymbia maculata</i>	- 0,67	0,83	- 0,62

AMF = ângulo da microfibrila; CF = comprimento das fibras; EPF = espessura da parede das fibras; DLF = diâmetro do lume das fibras.

De acordo com a tabela 2 podemos observar que a correlação positiva foi encontrada entre o AMF e o DLF, quando as correlações pelo teste de Pearson foram analisadas em cada uma das espécies.

Ribeiro et al. (2011) estudaram a variação das dimensões das fibras e do ângulo microfibrilar da madeira de cedro australiano aos quatro anos de idade cultivado em três localidades. Os autores observaram baixa correlação entre o AMF e o CF analisada em dois dos três municípios estudados, divergindo da alta correlação encontrada neste estudo (Figura 1). Observaram também alta correlação entre o AMF e a EPF em dois municípios, o que corrobora com os resultados de correlação obtidos no presente estudo para a madeira de *E. pilularis* (Figura 2).

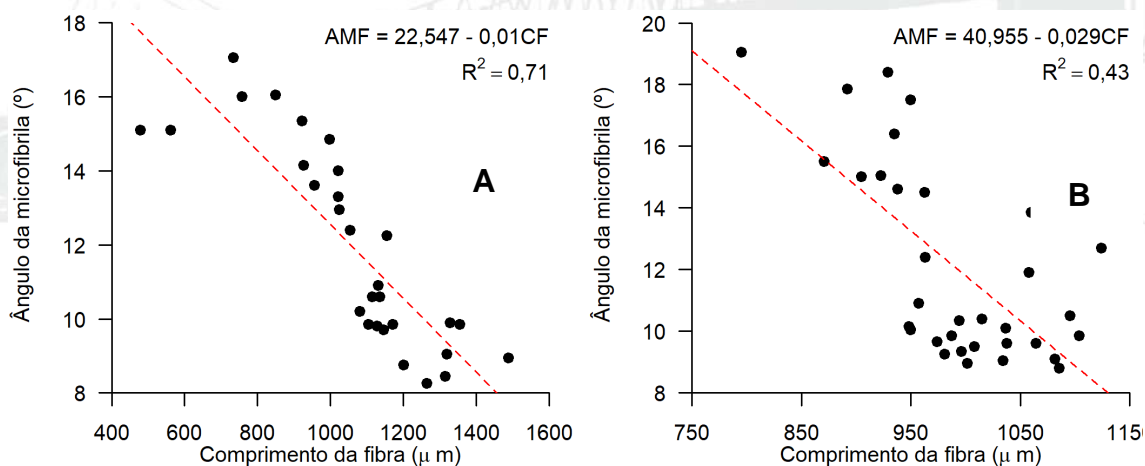


Figura 1. Relação entre o ângulo das microfibrilas e o comprimento das fibras para as madeiras de *Eucalyptus pilularis* (A) e de *Corymbia maculata* (B)

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram uma semelhança anatômica entre as duas espécies estudadas, apresentando fibras curtas com paredes espessas, conforme os resultados observados:

1) para *E. pilularis* comprimento médio da fibra de 1071 μm , largura da fibra 21 μm , diâmetro do lume 9,9 μm , espessura de parede 5,7 μm , ângulo microfibrilar igual a 11,8 graus, alta correlação entre o ângulo das microfibrilas e a espessura da parede celular e entre o ângulo das microfibrilas e o comprimento das fibras;

2) para *C. maculata* comprimento médio da fibra de 968 μm , largura da fibra 18,0 μm , diâmetro do lume 6,0 μm , espessura de parede 6,6 μm , ângulo microfibrilar igual a 12,2 graus, média correlação entre o ângulo das microfibrilas e a espessura da parede celular e entre o ângulo das microfibrilas e o comprimento das fibras.

Entre as correlações encontradas houve indícios de forte correlação negativa do ângulo das microfibrilas com comprimento das fibras e entre o ângulo das microfibrilas com o diâmetro do lume para a madeira de *E. pilularis*.

Já para *C. maculata* forte correlação positiva foi encontrada entre o ângulo das microfibrilas e a espessura de parede.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio na realização do trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNETT, J. R.; BONHAM, V. A. Cellulose microfibril angle in the cell wall of wood fibres. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, Cambridge, v. 79, n. 2, p. 461- 472, may 2004.

BERLYN, G. P.; MIKSCHE, J. P. *Botanical microtechnique and cytochemistry*. Ames: Yowa, State University, 1976.

CHALK, L. Fibras. In: *Anatomy of dicotyledons*. METCALFE, C. R. & CHALK, L. Wood structure and conclusion of the general introduction. Oxford, Clarendon Press, Ed. 2, V. 2, p. 28 – 38, 1983.

DONALDSON, L. Microfibril angle: measurement, variation and Relationships - a review. *IAWA Journal*, Utrecht, v. 29, n. 4, p. 345-386, 2008.

FLORSHEIM, S. M. B., Couto, H. T. Z., Lima, I. L., & Longui, E. L. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. *Revista do Instituto Florestal*, v. 21, n. 1, p. 79-91, 2009.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature*, 155 (3924): 51, 1945.

HEIN, P. R. G.; LIMA, J. T. Relationships between microfibril angle, modulus of elasticity and compressive strength in *Eucalyptus* wood. *Maderas: Ciencia y Tecnologia Journal*. Concepción, v. 14, n. 3, nov. 2012.

IAWA Committee - International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin*, Utrecht 10(3), 221-359, 1989.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in microfibril angle in *Eucalyptus* clones. *Holzforschung*, 58: 160-166, 2004.

LIMA, J. T.; RIBEIRO, A. de O.; NARCISO, C. R. P. Microfibril angle of *Eucalyptus grandis* wood in relation to the cambial age. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, v. 16, n. 4 p. 487- 494, 2014.

LIMA, L. C. Variação do ângulo microfibrilar e do conteúdo de lignina na parede celular das fibras da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Lavras: UFLA, 2015. 42p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

MIRANDA, M. C.; CASTELO, P. A. R. AVALIAÇÕES ANATÔMICAS DAS FIBRAS DA MADEIRA DE *Parkia gigantocarpa* DUCKE. *Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.)*, Pelotas, v. 03, n. 02, nov. de 2012.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; LUCIA, R. M. D; LADEIRA, A. M. M.; Carneiro, A. C. O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.311-318, 2006.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. E. Textbook of wood technology. 4. ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722 p.

PRESTON, R. D. The physical biology of plant cell walls. London: Chapman & Hall, 1974. 491 p.

RIBEIRO, A. de O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Características das dimensões das fibras e análise do ângulo microfibrilar de *Toona ciliata* cultivada em diferentes localidades. *Floresta*, Curitiba, PR, v.41, n. 1, p. 47- 56, jan./mar.2011.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. *Cerne*, Lavras, v. 2, n. 1, p. 15p, 1996.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERÍSTICAS DE FIBRAS DE EUCALIPTO SOB ESTRESSES BIÓTICOS E ABIÓTICOS PARA PRODUÇÃO DE PAPEL

Ramon Ferreira Oliveira¹

Ana Paula Câmara¹

Gabrielly dos Santos Bobadilha²

SUELLEN RIOS MARTINS¹

Jean Carlos Lopes de Oliveira¹

Graziela Baptista Vidaurre Dambroz¹

José Tarcísio da Silva Oliveira¹

Mayra Estevão Barros de Castro¹

¹ UFES Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

² Mississippi State University



CARACTERÍSTICAS DE FIBRAS DE EUCALIPTO SOB ESTRESSES BIÓTICOS E ABIÓTICOS PARA PRODUÇÃO DE PAPEL

Resumo: Características da matéria prima como a estrutura e anatomia da madeira, incluindo a biometria e proporção celular, fazem do eucalipto a principal cultura para a produção de celulose. Contudo, estresses de origem biótica ou abiótica, podem comprometer essas estruturas e reduzir o potencial do eucalipto. Neste contexto, estudou-se o prospectivo de híbridos de eucalipto que cresceram em condições de estresses bióticos (ataque de *Gonipterus platensis* e *Thyrinteina arnobia*) e abióticos (seca de ponteiros e distúrbio fisiológico) visando o uso para produção de celulose e papel por uma avaliação precoce de características anatômicas da madeira. Os híbridos foram estudados em relação à anatomia de fibras, a partir de discos retirados a altura do peito e amostrados na região do cerne periférico. A partir das dimensões de fibras, foram calculados os índices qualitativos para produção de papel, como: o índice de enfiamento, o coeficiente de flexibilidade, a fração de parede e a razão de Runkel. O comprimento das fibras foi alterado em árvores com estresses abióticos de distúrbio fisiológico e seca de ponteiros. O estresse causado pela *Thyrinteina arnobia* e a seca de ponteiros interferiu nos índices de qualidade de fibras para a produção de papel.

Palavras-chave: Razões anatômicas, biometria da fibra, pragas desfolhadoras, distúrbio fisiológico

CHARACTERISTICS OF EUCALYPTUS FIBERS UNDER BIOTIC AND ABIOTIC STRESSES FOR PAPER PRODUCTION

Abstract: The raw material characteristics such as wood structure and anatomy, also biometry and cellular proportion make eucalyptus the main culture for the pulp wood production. However, biotic and abiotic stresses may compromise these structures reducing the eucalyptus potential. In this context, the paper makes a prospective study of eucalyptus hybrids developed under biotic conditions (*Gonipterus platensis* and *Thyrinteina arnobia* attack) and abiotic stresses (dieback and physiological disorder). Once those trees were cultivated aiming paper production, their wood anatomical properties were evaluated. From fiber dimensions, the qualitative indexes for paper production were calculated, such as slenderness ratio, flexibility ratio, wall fraction, and Runkel ratio. The fiber lengths were modified in trees with abiotic stresses. Stress caused by *Thyrinteina arnobia* and dieback interfere in fiber quality indexes to paper production.

Keywords: Anatomical indexes, Fiber biometry, Defoliant pests, Physiological disorder

1. INTRODUÇÃO

A madeira de eucalipto é intensamente utilizada na produção de papel de impressão e um dos fatores que contribuem para essa aplicação são os parâmetros anatômicos, como porcentagem e dimensão dos elementos constituintes do lenho. A combinação destas com outras propriedades contribuiu para que a madeira de eucalipto se tornasse a principal matéria prima para a produção de 15 milhões de toneladas de celulose em 2015, sendo 7,8 vezes superior à utilização de fibra longa (IBÁ, 2016).

As fibras, bem como suas características, conferem resistências ao rasgo e a dobra ao papel, como relatado por Bamber (1985), embora em fibras curtas, essas propriedades



tendam a ser inferiores. Destaca-se que o comprimento da fibra de eucalipto é, entretanto, satisfatório para a maioria dos papéis.

Sendo assim, a avaliação inicial do potencial da madeira por meio da anatomia pode ser realizada, todavia, de forma cautelosa visto que características de cada fibra podem ser controladas por diferentes condições climáticas, variando entre espécies e até no mesmo, intra espécie (MIRANDA e CASTELO, 2012).

Há grande quantidade de informações sobre dados anatômicos da madeira de eucalipto e a relação com os índices de qualidade das fibras, incluindo a variação com local, idade e genética, conforme compilado na literatura (GOMINHO et al., 2014; PIRRALHO et al., 2014). Todavia, são escassos para a madeira de *Eucalyptus* oriundos de condições estressantes de crescimento.

Portanto, o estudo das características anatômicas de árvores provenientes de estresses bióticos ou abióticos é fundamental para compreender a qualidade da madeira das mesmas para a produção de polpa celulósica, além de esclarecer sobre a qualidade das fibras para obtenção de papel. Dentro desse contexto, o estudo objetivou avaliar os índices de qualidade de fibra em híbridos de eucalipto, desenvolvidos sob condições de estresse biótico e abiótico, para a produção de papel.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados híbridos de eucalipto que se desenvolveram sob fatores abióticos, tais como: seca de ponteiros e distúrbio fisiológico, como também a fatores bióticos como o ataque de pragas (Tabela 1), em diferentes idades e regiões do Brasil, localizados nos estados do Maranhão e São Paulo, no Brasil.

Tabela 1. Descrição das situações de estresses com as características, localização, idade e número de árvores avaliadas dos híbridos de *Eucalyptus* spp.

Estresse	Situação	Híbrido	Procedência (Estado)	Árvores amostradas
<i>Gonipterus plantensis</i> (5,5 anos)	Sadio	<i>E. grandis</i> x	Itararé (SP)	7
	Atacado	<i>E. urophylla</i>	Itararé (SP)	7
<i>Thyriniteina arnobia</i> (5,5 anos)	Sadio	<i>E. grandis</i> x	Lençóis Paulistas (SP)	10
	Atacado	<i>E. urophylla</i>	Lençóis Paulistas (SP)	10
Seca de Ponteiros (3 anos)	Sadio	<i>E. grandis</i> x	Estreito (MA)	15
	Com sintoma	<i>E. urophylla</i>	Estreito (MA)	15
Distúrbio Fisiológico (7 anos)	Nível I	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Vila Nova dos Martírios (MA)	10
	Nível II	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Imperatriz (MA)	10
	Nível III	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Vila Nova dos Martírios (MA)	10

Para o distúrbio fisiológico, os sintomas visuais foram diferenciados em níveis de intensidade, sendo I: sintomas brandos, II: medianos e III: sintomas severos.

A partir de amostras retiradas da região de transição entre o cerne e alborno dos discos a 1,30 m de altura da árvore (DAP), realizou-se a dissociação dos elementos celulares. O processo de maceração foi embasado na técnica de Nicholls e Dadswel, descrito por Ramalho



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

(1987) utilizando solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético 1:1, com permanência do material em estufa a 60°C, por 48h. O material foi então lavado com água destilada e corado com safranina.

As mensurações foram obtidas pelo emprego de fotomicrografias das lâminas com o uso de câmera fotográfica, acoplada ao microscópio óptico, e por meio do *software* analisador de imagem Image-Pro Plus 4.5. Em cada amostra, foram tomadas 25 medidas de comprimento, largura e diâmetro de lume, e indiretamente a espessura da parede celular das fibras, de acordo com os procedimentos descritos pela Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas - COPANT (1974).

Os índices qualitativos de fibras para produção de papel, como: o índice de enfiamento, o coeficiente de flexibilidade, a fração de parede e a razão de Runkel foram calculados de acordo com as seguintes equações (1, 2, 3 e 4), respectivamente, onde e é a espessura da parede celular, D é a largura da fibra, d é a largura do lúmen da fibra e L é o comprimento da fibra:

$$\text{Índice de enfiamento} = L/D \quad (1)$$

$$\text{Coeficiente de flexibilidade} = (d/D) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Fração de parede} = (2e/D) \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Relação de Runkel} = 2e/d \quad (4)$$

Para análise do índice de Runkel da madeira foi utilizada a classificação proposta por Runkel (1952 apud PAULA e ALVES, 1997).

Quadro 1. Classificação de índice Runkel

Grupo	Índice de Runkel	Classificação para produção de papel
I	<0,25	Excelente
II	0,25 – 0,50	Muito boa
III	0,50 – 1,00	Boa
IV	1,00 – 2,00	Regular
V	>2,0	Inadequada

Os dados relativos às mensurações de índices qualitativos de fibras foram analisados por delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos avaliados separadamente. De acordo com o resultado do teste F, procedeu com o teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fibras oriundas de árvores com estresses bióticos (*Gonipterus platensis* e *Thyrintina arnobia*) e do distúrbio fisiológico são classificadas, quanto ao comprimento como curtas, enquanto as fibras oriundas da seca de ponteiros são muito curtas, o que possivelmente seja efeito da idade (IAWA, 1989). O comprimento de fibra diferiu estatisticamente em situações de estresses abióticos, com redução nas árvores com distúrbio fisiológico nível I e com sintomas de seca de ponteiros.

Em condições de estresses abióticos, o excesso ou o déficit hídrico, proporcionado pela sazonalidade das áreas, tende a alterar as taxas hormonais nas regiões meristemáticas, uma vez que as divisões das células cambiais influenciam no crescimento em comprimento das fibras (SHMULSKY e JONES, 2011). Além disso, o alongamento das fibras pode ser comprometido pelo desequilíbrio na fisiologia, resultado da má formação da copa, verificado na seca de ponteiros.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





A espessura da parede, depende de processos genéticos, bioquímicos e fisiológicos mediados pela presença de água que promove a turgescência celular. Segundo Moore et al. (2008), a tolerância à seca parece resultar na extensibilidade das paredes celulares.

As dimensões de fibras foram semelhantes entre árvores atacadas ou não atacadas por *G. platensis*. No entanto, o efeito de *T. arnobia* foi expresso na espessura da parede e na largura da fibra, sendo menor, em árvores atacadas (Figura 1).

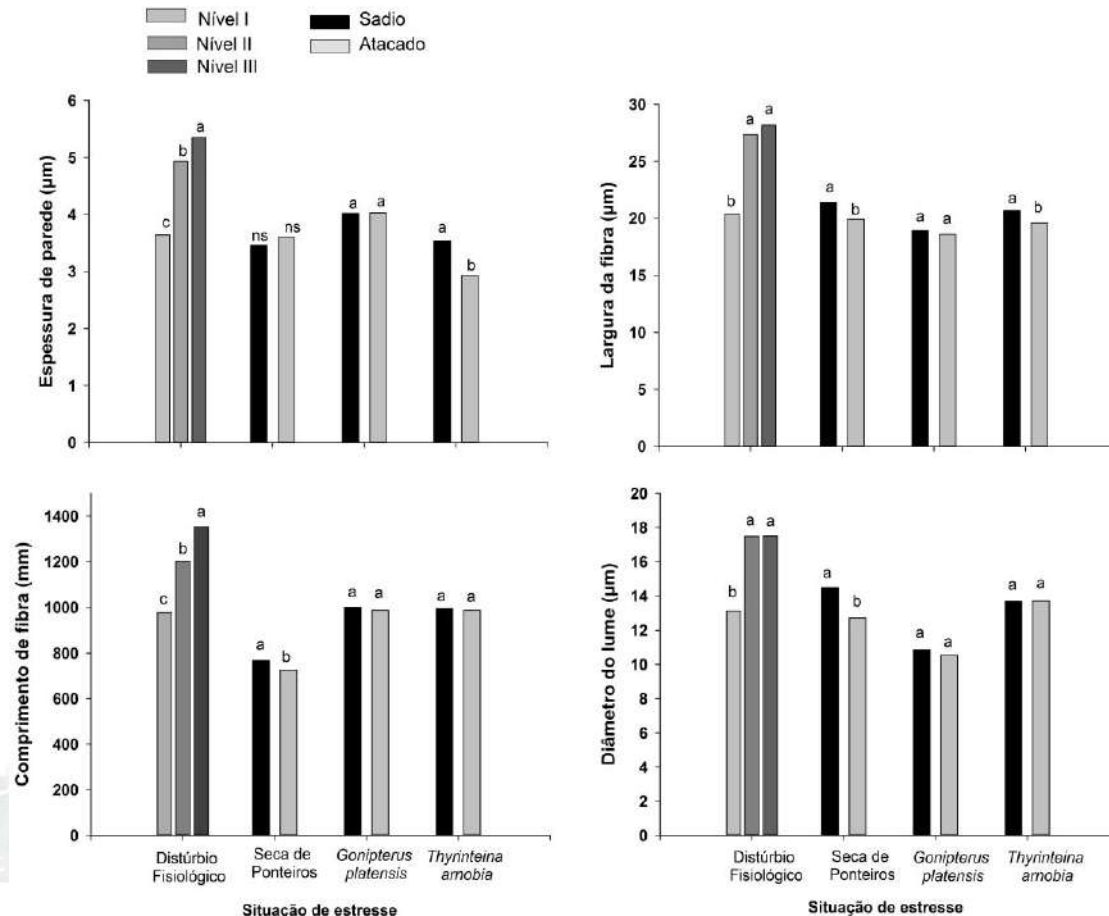


Figura 1. Dimensões das fibras de eucalipto com idades e procedências distintas que se desenvolveram sob condições de estresse biótico e abiótico. Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ns= não significativo a 5%.

O estresse biótico causado por *Gonipterus platensis* não afetou estatisticamente os índices de qualidade de fibra para produção de celulose e papel, quando comparadas às não atacadas (Tabela 2). Embora não haja diferença nas fibras de madeira, verifica-se que esse coleóptero promove ataques em grandes proporções de danos aparentes, como desfolha completa do ponteiro do eucalipto, origem de brotações laterais na planta e em alguns casos, o envassouramento (SOUZA et al., 2016).



Tabela 2. Índices de classificação da qualidade para produção de celulose e papel de híbridos de *Eucalyptus spp*, submetidos a diferentes tipos de estresse.

Estresse	Situação	IE	CF	FP	IR
Gonipterus platensis	Sadio	54,99 a	56,06 a	43,93 a	0,85 a
	Atacado	55,04 a	56,67 a	43,32 a	0,93 a
	CV (%)	27,49	17,96	23,20	138,44
	DMS	3,18	2,13	2,12	0,26
Thyrinteina arnobia	Sadio	50,26 a	65,45 b	34,55 a	0,56 a
	Atacado	48,85 a	69,38 a	30,63 b	0,46 a
	CV (%)	56,35	11,33	23,43	37,72
	DMS	5,79	1,58	1,59	0,04
Seca de ponteiros	Sadio	38,33 a	66,35 a	33,65 a	0,53 a
	Com sintoma	34,33 b	65,54 a	34,46 a	0,55 a
	CV (%)	29,42	12,86	25,18	40,12
	DMS	3,71	2,85	2,85	0,07
Distúrbio Fisiológico	Nível I	49,91 a	64,22 a	35,78 b	0,60 b
	Nível II	46,56 b	63,29 a	36,71 b	0,61 ab
	Nível III	49,94 a	61,28 b	38,72 a	0,67 a
	CV (%)	28,81	14,09	23,93	45,99
	DMS	2,95	1,86	1,86	0,06

Em que: IE = índice de enfieltramento; CF = coeficiente de flexibilidade; FP = fração parede; IR = índice de Runkel. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As plantas com sintomas de seca dos ponteiros obtiveram os maiores valores para o índice de enfieltramento e também apresentaram os maiores valores de comprimento e largura da fibra (Figura 1).

As árvores atacadas por *Thyrinteina arnobia* resultaram em menor fração parede (FP) e o maior coeficiente de flexibilidade (CF) com diferença de valores para as não atacadas de 3,93 e 3,92%, respectivamente. Essa resposta confere as árvores atacadas maior possibilidade de ligações entre as fibras, cuja característica é desejável para fabricação de papel de impressão (COSTA, 2011). Influencia também no colapso e achatamento das células, elevando as resistências ao estouro e tração.

Durante o estresse hídrico, os níveis de lignina e compostos fenólicos podem alterar a flexibilidade da parede (MOORE et al., 2008), o que possivelmente justifica a diferença estatística entre os níveis de distúrbio fisiológico.

Para o índice de Runkel, em todas as situações de estresses analisadas os valores foram inferiores a 1,0, ou seja, produziram polpas com boa interligação entre as fibras. Todavia, verifica-se que na madeira de árvores atacadas por *Thyrinteina arnobia* obteve o menor valor, classificando-a como muito boa para a produção de papel de impressão e escrita (RUNKEL, 1952 apud PAULA e ALVES, 1997).

4. CONCLUSÕES

O comprimento das fibras foi alterado em árvores com estresses abióticos de distúrbio fisiológico nível I e sintomas de seca de ponteiros.



O estresse causado pela *Thyrinteina arnobia* e a seca de ponteiros interferem nos índices de qualidade de fibras para a produção de papel.

Os materiais estressados podem proporcionar papéis de qualidade, com base nas características anatômicas.

5. AGRADECIMENTOS

À Suzano Papel e Celulose nas pessoas de Marina Valin e Leandro de Siqueira pelo fornecimento de material e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES pela concessão da bolsa de estudos.

6. REFERÊNCIAS

BAMBER, R. K. The wood anatomy of eucalyptus and paper making. APPITA JOURNAL, v. 38, n. 3, p.210-216, 1985.

COMMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledoneas. v.30. p.1-19, 1974.

COSTA, J. D. A. Qualidade da madeira de *Eucalyptus urograndis*, plantado no Distrito Federal, para produção de celulose kraft. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

GOMINHO, J. et al. *Eucalyptus globulus* stumpwood as a raw material for pulping. BIORESOURCES, v. 9, n. 3, p. 4038-4049, 2014.

IAWA- International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification, Leiden, Bulletin, v.10, n. 3, p. 219-332 [4th printing 2007], 1989.

IBÁ. Relatório Estatístico de 2016. Ano Base 2015. 100 p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>.

MIRANDA, M.C.; CASTELO, P.A.R. Avaliações anatômicas das fibras da madeira de *Parkia gigantocarpa* DUCKE. CIÊNCIA DA MADEIRA, v. 03, n. 02, p. 81-88, 2012.

MOORE, J. P. et al. Adaptations of higher plant cell walls to water loss: drought vs desiccation. Physiologia Plantarum, v. 134, n. 2, p. 237-245, 2008.

PAULA, J.E.; ALVES, J.L.H. Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendometria, produção, uso. Brasília: Fundação Mokiti Okada, 1997. 541 p.

PIRRALHO, M. et al. Evaluation on paper making potential of nine *Eucalyptus* species based on wood anatomical features. INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS, v. 54, p.327-334. 2014.

RAMALHO, R. S. O uso de macerado no estudo anatômico de madeiras. Viçosa: UFV, 1987. 4p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SHMULSKY, R.; JONES, P. D. Forest Products & Wood Science: an introduction. 6ª ed. New Jersey: Willey-Blackwell. 2011. 483p.

SOUZA, N. M. D.; JUNQUEIRA, L. R.; WILCKEN, C. F.; SOLIMAN, E. P.; CAMARGO, M. B.; NICKELE, M. A.; BARBOSA, L. R. *Gonipterus platensis* (Coleoptera: Curculionidae): infestação em eucalipto, aspectos morfológicos e biológicos e controle. Piracicaba: IPEF, 2016. 20p. (IPEF. Circular técnica, 209).



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DE ÁRVORES DE *Pinus taeda* L. SADIAS E SOB ATAQUE PATOGÊNICO

Matheus de Liz Salamon¹
Amanda Lemos Miguel¹
Philippe Soares¹
Marcos Felipe Nicoletti¹
Gustavo Silva Oliveira¹
Nilton Sergio Novack Junior¹
MAYCON THUAN Saturnino da SILVA¹
Taize Caroline Dreyer¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina



CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DE ÁRVORES DE *Pinus taeda* SADIAS E SOB ATAQUE PATOGENICO

Resumo: No Brasil, o *Pinus taeda* é a espécie do gênero Pinus mais plantada, sendo o Estado de Santa Catarina a segunda maior área plantada, destinada para a produção de celulose, papel, madeira serrada, chapas e madeira reconstituída. Como para qualquer cultura, os plantios comerciais podem estar sujeitos à pragas e doenças. Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de patógeno desconhecido no crescimento de *P. taeda*. Para isso, realizou-se análise de tronco e comparação do crescimento em DAP (diâmetro na altura do peito), área transversal e produção em volume de árvores sadias e árvores atacadas por patógenos em fase de identificação. Foram selecionadas 4 árvores sadias e 4 árvores doentes, destas, foram retirados discos a 0,15 m, 1,30 m, 25, 50 e 75% da altura total. Segundo o teste t Student para populações independentes com nível de confiança de 95%, constatou-se que há diferença significativa no crescimento em DAP de árvores sadias e doentes, entretanto, não há diferença significativa no crescimento em volume.

Palavras-chave: análise de tronco, volume, árvores doentes e sadias

DENDROMETRIC CHARACTERISTICS OF *Pinus taeda* HEALTHY TREES AND UNDER PATHOGENIC ATTACK.

Abstract: In Brazil, *P. taeda* is the most planted species among pinus genre, being the State of Santa Catarina the second largest planted area, destined for the production of pulp, paper, sawn wood, panels and reconstituted wood. As for any crop, commercial plantings may be subject to pests and diseases. Therefore, the present work aims to realize the Growth ring analysis in order to compare the growth of the DBH (diameter at breast height), cross sectional area and volume production of healthy trees and trees attacked by pathogens in identification phase. Four healthy trees and four diseased trees were selected, of which, discs were removed at 0,15 m, 1,30 m, 25, 50 and 75% of the total height. As stated by the Student t test for independent populations with a 95% confidence level, it was verified that there is a significant difference in the growth in DBH between healthy and diseased trees, however, there is no significant difference in volume.

Keywords: Growth ring analysis, volume, healthy and diseased trees.

1. INTRODUÇÃO

O plantio e a utilização de espécies do gênero Pinus no Sul do Brasil representam grande importância devido ao uso amplo desta espécie, principalmente nas indústrias de papel e celulose, serraria e laminação como fonte de matéria prima além de uma ótima adaptação as condições climáticas e edáficas. Vasques et al. (2007) salienta que as florestas plantadas de Pinus reduzem de forma substancial o impacto ambiental sobre as formações florestais nativas além da grande importância no desenvolvimento social e econômico no país.

Com a finalidade de garantir madeira em quantidade suficiente para atender as demandas industriais, é preciso ficar atento a produtividade de um povoamento florestal. De acordo com Glufke et al. (1997), a produtividade de um povoamento pode ser mensurada pelo volume de madeira gerado durante um ciclo de produção que está



intimamente relacionado com a altura, diâmetro, área basal e o número de árvores ao final de cada rotação.

Além disso, o crescimento de uma árvore em uma floresta ou bosque é influenciado pelos fatores genéticos interligados com o ambiente que compreende fatores climáticos, tipo de solo, topografia bem como a competição com outros seres vivos (SELLE, 1994)

No entanto, a competição com outros seres vivos causa estresse nas árvores, podendo ser um dos fatores que deixam as árvores vulneráveis a agentes patogênicos que acabam limitando o seu crescimento, causando-lhe o definhamento e sua morte. Árvores bem nutridas tendem a apresentar uma maior resistência contra doenças, mostrando assim a importância de um manejo adequado para evitar uma elevada competição intraespecífica e um alto nível de estresse.

Avaliar o crescimento de uma árvore é importante para delimitar a influência de fatores abióticos ou bióticos que podem estar estagnando o seu incremento de volume, uma das técnicas mais utilizadas para esta avaliação é a análise de tronco (Anatro), que consiste na contagem e medição dos anéis de crescimento de uma árvore em diferentes porções de sua altura sendo possível obter o registro do crescimento passado de uma árvore (HUSCH et al., 1982).

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo comparar as características dendrométricas da espécie de *Pinus taeda* L. que estavam sob ataque de um patógeno desconhecido com o padrão de crescimento de árvores saudáveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado na região serrana de Lages, Santa Catarina. O clima da região, de acordo com a classificação de KöppenGeiger, citado por Kottke et al. (2006), é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22 °C e precipitações pluviárias bem distribuídas.

2.2 Obtenção e processamento do material

O estudo foi realizado em um plantio de *Pinus taeda* com 30 anos de idade, na área de uma empresa florestal. A densidade inicial da floresta era de 1600 árvores/ha que passaram por cinco desbastes, resultando em 250 árvores/ha ao final da rotação. Quatro árvores saudáveis selecionados de forma aleatória e quatro árvores doentes selecionadas de acordo com os níveis da doença. Todas as árvores foram submetidas a técnica de análise de tronco (ANATRO). Os indivíduos foram derrubados e destes foram retirados cinco discos nas seguintes posições: 0,15 m do solo; 1,3 m do solo (DAP); 25, 50 e 75% da altura total da árvore.

As árvores doentes encontravam-se mortas ou sob alto estresse devido à ocorrência do patógeno. O agente causador da morte das árvores está em fase de análise, não sendo identificado até o presente momento.

Para a realização da ANATRO, cada disco foi seco até umidade de equilíbrio e, posteriormente, submetido ao polimento superficial com uma sequência crescente de lixas abrasivas de diferentes granulometrias (80 a 320 grãos/mm²) para uma melhor visualização dos seus anéis de crescimento.



Os discos foram digitalizados com resolução de 600 dpi (Figura 1) e os anéis de crescimento foram medidos, por meio do programa *Image PRO PLUS*. Os dados de largura dos anéis de crescimento gerados foram exportados e analisados no Microsoft Office Excel 2010.



Figura 1. Disco digitalizado da árvore I na posição de 50% da altura total.

Foram reconstituídos os valores de diâmetro à altura do peito, área transversal e volume pelo método de Smalian para cada ano para cada árvore, sendo a média desses valores utilizada para gerar as curvas de crescimento em DAP, crescimento da área transversal e curva de produção para as árvores sadias e doentes. Após isso, foi realizado o teste t de Student para populações independentes com nível de confiança de 95% com a finalidade de comparar se há diferença significativa para as variáveis DAP e volume para as árvores doentes e sadias.

Além disso, foi realizada também a estatística descritiva para a variável DAP para as árvores sadias e doentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta a média do crescimento do DAP ao longo dos anos para as árvores sadias e doentes.

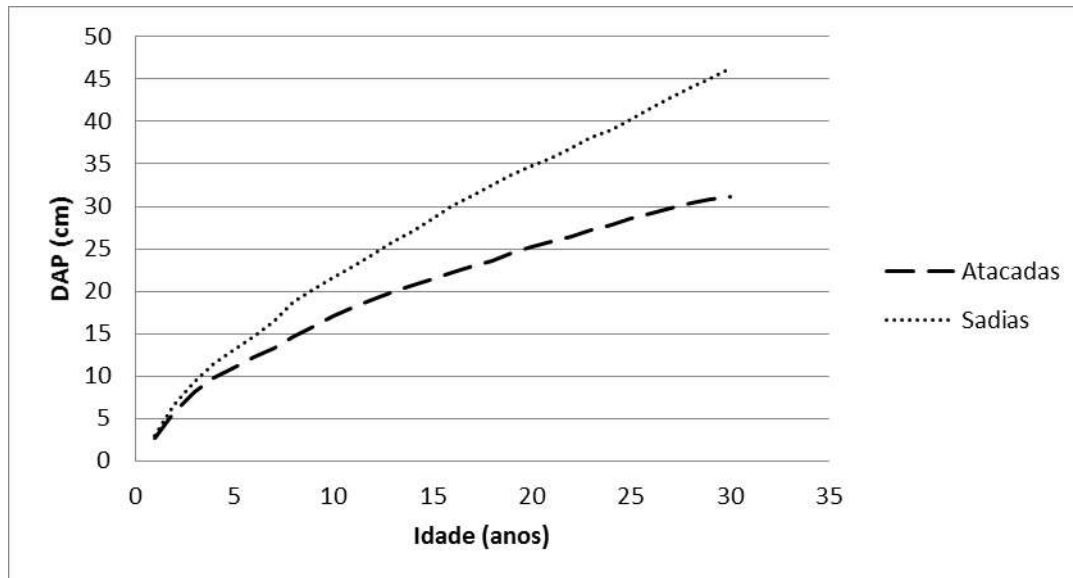


Figura 2. Crescimento em DAP.

Por meio da técnica de ANATRO foi possível avaliar o crescimento em DAP das árvores, que ocorre à medida que o povoamento fica mais velho. É possível observar que a partir do quinto ano as árvores doentes passam a crescer visivelmente menos em DAP do que as sadias e ao final dos trinta anos, essa diferença é maior que 10 cm, sendo o DAP médio das árvores sadias aos trinta anos de 46,20 cm e das doentes 31,10 cm. Contudo esse menor crescimento em DAP das árvores atacadas não justificaria o ataque tendo em vista que as variáveis de área transversal e volume indicam que o aparecimento da doença ocorreu por volta dos vinte e cinco anos de idade.

A tabela abaixo representa a estatística descritiva da variável DAP. É possível observar que a média do DAP das árvores sadias é maior do que as atacadas, sendo 27,8 e 20,5 cm, respectivamente. O valor de “mínimo” refere-se à reconstituição do DAP no ano um, sendo o valor para as árvores sadias maior que o das danificadas. Pode-se observar também, que a média de DAP aos 30 anos da árvore sadia é de 46,20 cm, enquanto que a média das árvores atacadas é de 31,10 cm. O desvio padrão se mostrou maior para as árvores sadias do que as danificadas. Esse resultado é devido aos menores valores de DAP nos primeiros anos de idade, interferindo na variação dos dados.

Tabela 1. Estatística descritiva da variável DAP.

Estatística descritiva do DAP (cm)	Árvores sadias	Árvores atacadas
Média (cm)	27,8	20,5
Erro padrão	2,24	1,46
Desvio padrão (cm)	12,27	7,99
Variância da amostra (cm ²)	150,61	63,80
Mínimo (nº)	3,02	2,76
Máximo (nº)	46,20	31,10

As figuras 3 e 4 demonstram a média do crescimento em área transversal (m²) e volume (m³) ao longo dos anos para as árvores sadias e atacadas.

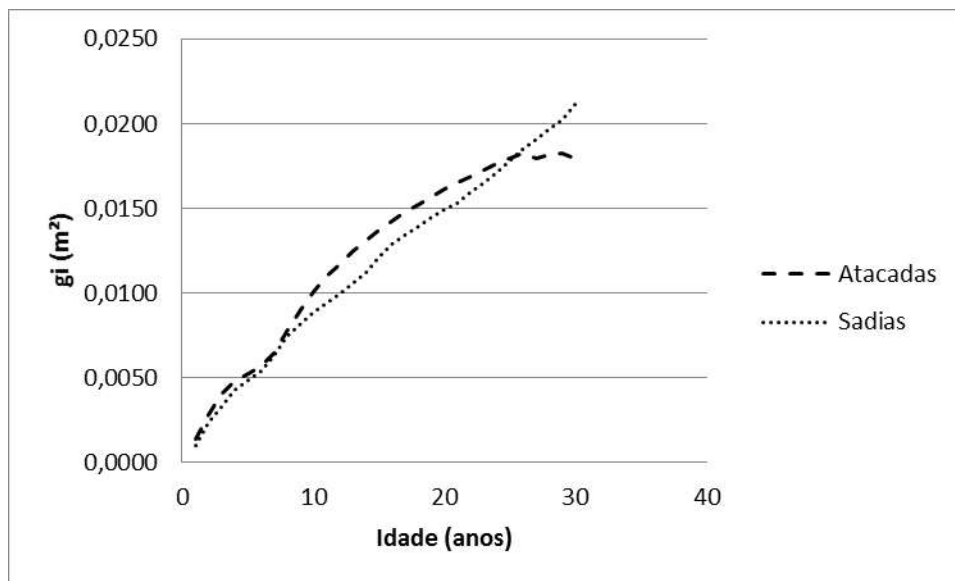


Figura 3. Crescimento médio em área transversal das árvores atacadas e sadias.

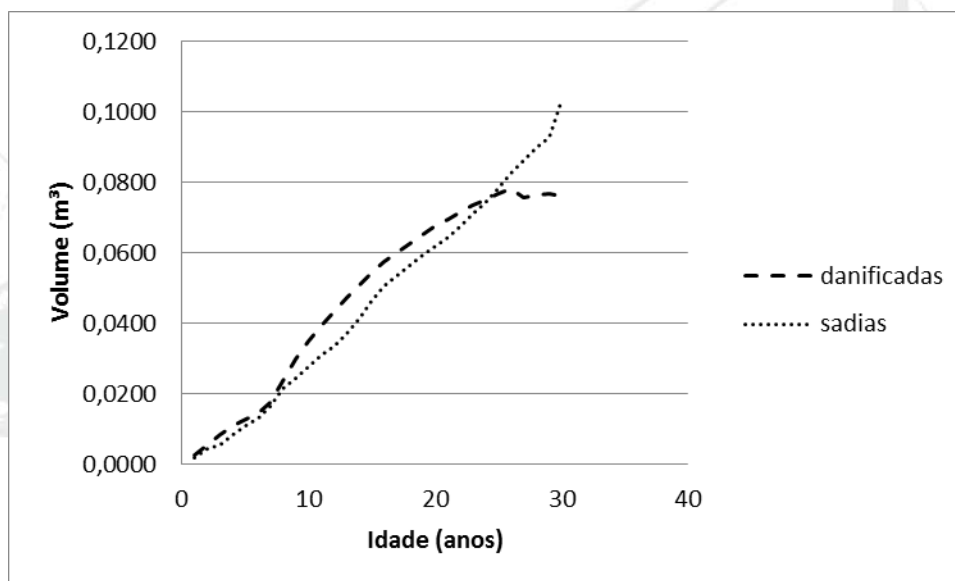


Figura 4. Curva média de produção para árvores atacadas e sadias.

É possível verificar que as curvas de crescimento da área transversal e volume seguem a mesma tendência. Do ano dez ao vinte e cinco, para ambos os gráficos, a média das árvores atacadas sobrepõem o crescimento das sadias em área transversal e volume, porém, após os vinte e cinco anos de idade, as árvores danificadas possuem seu crescimento em menores proporções. Assim, pode-se sugerir o aparecimento da doença próximo a essa idade, uma vez que se observou que as árvores sadias mantiveram sua taxa de crescimento, enquanto que as atacadas passaram a crescer significativamente menos.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O teste t Student ao nível de significância 0,05 foi realizado para o DAP e volume. Para o crescimento do DAP ao longo dos anos o t calculado foi de $2,755 < t$ tabelado 2,001. Para valores de teste t negativo, o t tabelado $< t$ calculado significa que há diferença significativa no DAP entre as árvores sadias e doentes. Entretanto, não houve diferença significativa no crescimento em volume para as árvores sadias e atacadas, sendo o resultado t calc $0,196 < 2,001$ t tab. Isso pode ser explicado pelo fato de que o ataque ocorreu provavelmente próximo aos vinte e cinco anos, sendo assim, o crescimento das árvores foi similar até essa idade, diferindo apenas ao final da rotação.

3. CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que o agente patógeno interferiu no crescimento da área transversal, volume e DAP. No entanto, apenas para a variável DAP encontrou-se maior diferença no crescimento ao longo dos anos.

Recomenda-se a continuidade do estudo, principalmente no que tange ao detalhamento e conhecimento do patógeno, assim como a elaboração de um plano de combate.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu agradecimento a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV), aos professores envolvidos na confecção do trabalho e à empresa pelo fornecimento do material.

5. REFERÊNCIAS

EMBRAPA. Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina. Curitiba: EMBRAPA CNPF, 1988. 113 p.

AGUIAR, V.A; SOUZA, A.V; SHIMIZU, Y. J. EMBRAPA FLORESTAS: Sistemas de Produção, 5. Disponível em:

https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column-1&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3715&p_r_p_-996514994_topicold=3229&p_p_mode=view acesso em 03 de junho 2014.

GLUFKE, F.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R., Crescimento de *Pinus elliottii* Engelm sob diferentes intensidades de desbaste. CIÊNCIA FLORESTAL, Santa Maria, v. 7, n,1, p.11-25, 1997.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. Forest mensuration. New York: Ronald Press Co., 1982. 410 p.

KOTTEK, M.; et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SELLE, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G., Classificação de sítio para *pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil. CIÊNCIA FLORESTAL, Santa Maria, v.4, n.1, p.77-95, 1994.

VASQUES, A. G.; NOGUEIRA, A. S.; KIRCHNER, F. F.; BERGER, R., Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. FLORESTA, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 445-450, 2007.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE BAGAÇO DECANA REVESTIDOS COM BIOPOLÍMERO DO BAGAÇO DE CANA

Tony Carvalho¹
Tamires Galvão Tavares Pereira¹
Danillo Wisky Silva²
Alan Pereira Vilela¹
Rafael Mendes³
Lourival Marin Mendes³

¹ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais

³ Universidade Federal de Lavras



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE BAGAÇO DECANA REVESTIDOS COM BIOPOLÍMERO DO BAGAÇO DE CANA

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo do potencial de utilização do biopolímeropoli-hidroxibutirato-hidroxivalerato (obtido a partir da cana de açúcar) no revestimento de painéis aglomerados de bagaço de cana de açúcar sendo utilizados corpos de prova confeccionados com dimensões e quantidades de acordo com os ensaios aplicados. As características mecânicas dos painéis aglomerados de bagaço de cana de açúcar revestidos com o biopolímero foram avaliadas com base nas prescrições do documento normativo NBR 14810 (ABNT, 2006b) e EN 312 (CEN, 2003), com a determinação do Módulo de elasticidade (MOE) e Módulo de ruptura (MOR) na flexão estática. Somente o painel com revestimento lateral com o biopolímero atingiu o mínimo exigido pela norma EN 312 (CEN, 2003) para as propriedades MOE (1600 MPa). Já para o módulo de ruptura, todas as amostras revestidas com biopolímero PHB-HV atenderam a NBR 14810 (ABNT, 2006a) que determina que o valor de MOR seja superior a 18 MPa. A análise estatística mostrou que houve efeito significativo do revestimento sobre a densidade dos painéis aglomerados produzidos com bagaço-de-cana. Todos os painéis atenderam os requisitos normativos quanto à densidade aparente.

Palavras-chave: MDP, cana de açúcar, biopolímero.

MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SUGARCANE AGGLOMERATE PANELS COATED WITH CANE BAGASSE BIOPOLYMER.

Abstract: This work presents a study of the potential use of the biopolymer poli-hidroxibutirato-hidroxivalerato (obtained from sugarcane) in the coating of agglomerated panels of sugar cane bagasse using test pieces made with dimensions and quantities according to the tests Applied. The mechanical characteristics of the agglomerated panels of sugarcane bagasse coated with the biopolymer were evaluated based on the requirements of the normative document NBR 14810 (ABNT, 2006b) and EN 312 (CEN, 2003), with the determination of the Modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) in static bending. Only the side cover panel with the biopolymer reached the minimum required by EN 312 (CEN, 2003) for MOE properties (1600 MPa). For the rupture modulus, all samples coated with PHB-HV biopolymer reached the minimum required by NBR 14810 (ABNT, 2006a), which determined that the MOR value was higher than 18 MPa. Statistical analysis showed that there was a significant effect of the coating on the density of agglomerated panels produced with sugarcane bagasse. All panels met the regulatory requirements for apparent density.

Keywords: MDP, sugar cane, biopolymer.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de produção de painéis de partículas aglomeradas teve início no Brasil em 1966 (MENDES et al., 2003). Esses painéis são geralmente fabricados a partir de partículas de madeira aglutinadas por adesivo sintético ou outro aglomerante, sendo o conjunto prensado a quente, por tempo suficiente para que a cura do adesivo se efetue (IWAKIRI et al., 2004).

A princípio, esses painéis também podem ser fabricados a partir de qualquer outro material lignocelulósico que lhes confira alta resistência mecânica e peso específico pré-estabelecido, já que a composição química dos materiais lignocelulósicos é semelhante à da madeira (ROWELL et al., 2000). Diversos países têm buscado a sua substituição, ainda que parcial, por resíduos agrícolas e desta forma, recentemente, pesquisadores vêm mostrando a viabilidade do emprego de resíduos de diversas origens para a produção de aglomerados que, além de contribuir para o atendimento da demanda de painéis de baixo custo e de qualidade, gera materiais que preservam os recursos naturais e oferece um destino adequado aos resíduos (MENDES et al., 2010).

Segundo Carashi et al. (2008), os materiais lignocelulósicos provenientes de subprodutos agroindustriais vêm sendo utilizados com sucesso na fabricação de painéis, sendo possível destacar a casca de arroz, folhas de bambu e também o bagaço de cana de açúcar.

A cana de açúcar é tida uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido, principalmente, ao grande potencial na produção de etanol, assim como, também, a produção dos seus respectivos subprodutos. O aumento da demanda mundial por etanol, aliado às grandes áreas cultiváveis e condições favoráveis à cana de açúcar, fazem do Brasil um país propício para a exportação dessa commodity.

O Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar, onde a produção, em números absolutos, se estima em 657,2 milhões de toneladas de cana de açúcar apresentando um decréscimo de 1,3% em relação à safra passada (2015/2016) que foi de 665,6 mil toneladas (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2017)

Diversos são os fatores que exercem influência direta nas propriedades e qualidade dos painéis. Dentre eles estão a densidade do material lignocelulósico, a densidade dos painéis, a umidade das partículas, a razão de compactação, o ciclo de prensagem, a quantidade e tipo de adesivo, dentre outros (KELLY, 1977 e MALONEY, 1993)

A relação entre a densidade do material e a densidade dos painéis, denominada de razão de compactação é outra variável importante nas propriedades finais dos painéis. De acordo com Kelly (1977) e Maloney (1993), a razão de compactação deve estar na faixa de 1,3 a 1,6 para que ocorra adequada consolidação do painel à espessura final desejada. Painéis quando produzidos com material de baixa densidade, apresentam, normalmente, maior resistência à flexão e à ligação interna, quando comparados a painéis confeccionados com material de alta densidade.

De acordo com Sanchez et al. (2010), a adição de fibras de bagaço de cana de açúcar torna o material compósito final menos denso, o que promove uma razão de compactação mais alta e conseqüentemente, uma maior área superficial de contato entre as partículas. Como haverá um número maior de partículas

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

compactadas para um mesmo volume, a absorção de água também será maior em comparação com um compósito mais denso. Os painéis mais densos absorvem mais água em função dessa maior quantidade de partículas para o mesmo volume e aumentam também número de sítios higroscópicos, para retenção de água de adesão.

Buscando a melhoria dessas propriedades, foi utilizado o revestimento dos painéis aglomerados de bagaço de cana de açúcar com biopolímeropoli-hidroxitirato-hidroxitirato.

Em questão da produção de painéis aglomerados, o bagaço da cana de açúcar pode levar a uma agregação de valor do produto final, atender à crescente demanda da indústria de painéis de madeira, além de possibilitar sua expansão, diminuir a utilização de madeira e conseqüentemente a pressão sobre as florestas e reduzir os custos de produção dos painéis (MENDES, 2008; MENDES et al., 2010).

Pesquisas indicam que os painéis com bagaço de cana apresentam, entre outras características, beleza estética, facilidade de usinagem e rapidez na montagem de peças para móveis. Os painéis com bagaço de cana apresentam comportamento físico-mecânico que permitem sua comparação com painéis OSB comerciais, e possibilitam indicação para usos análogos a tais produtos (OKINO et al., 1997; CONTRERAS et al., 2006, SILVA et al., 2008, BATTISTELLE et al., 2009). Resultados indicam que o bagaço da cana de açúcar apresenta bom potencial para a produção de painéis de partículas, com propriedades físico-mecânicas que atendem aos requisitos dos documentos normativos internacionais, com restrição de aplicação estrutural.

Além do aproveitamento de resíduos, existe também uma tendência mundial para o uso de produtos que não agridam o meio ambiente, não sejam poluentes e que sejam originados de insumos renováveis. Nesse sentido, tem-se dado uma atenção especial para a substituição de materiais de origem petroquímica por outros biodegradáveis. Tem destaque entre os polímeros bacterianos os PHA's (poli-hidroxicanoatos). Esses polímeros são biodegradáveis, termoplásticos e biocompatíveis e são sintetizados a partir de fontes totalmente renováveis (REIS et al., 2008 e GUNNING et al. 2013).

As características predominantes para a viabilização da substituição de derivados do petróleo por biopolímeros são: o custo da matéria prima e energia, também o investimento de capital para a implantação de unidade industrial de produção. Nessas condições, o Brasil tem vantagens que podem se destacar no que diz respeito à viabilização da utilização dos biopolímeros, pois possui as condições climáticas favoráveis e grande extensão territorial capaz de produzir biomassa. Diante disso, grupos de pesquisas se esforçam para viabilizar a produção de PHA no Brasil (SILVA, 2007). Os PHA's são poliésteres acumulados por bactérias. Na maioria das situações, a síntese de PHA por bactérias em um meio nutritivo ocorre quando há excesso de fonte de carbono e a limitação de no mínimo um nutriente essencial para a multiplicação das células, por exemplo: N, P, Mg, Fe dentre outros (REIS et al., 2008; SILVA, et al., 2007). Os dois mais importantes são o PHB (poli-hidroxitirato) e o PHV (poli-hidroxitirato). A diferença entre esses dois tipos é que o PHB é um material frágil, enquanto o PHB-HV tem características elásticas (REIS et al., 2008; GUNNING M. A. et al., 2013).

Dentre os estudos de interesse para a qualificação de painéis aglomerados, o conhecimento das propriedades mecânicas é fundamental para a escolha do melhor

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

material para uma determinada aplicação. Neste trabalho foi efetuado o ensaio de flexão estática para obtenção do módulo de ruptura e módulo de elasticidade à flexão estática, de acordo com a norma DIN 52362 (1982).

Objetivou-se nesse trabalho, na avaliação da influência do revestimento de painéis aglomerados de bagaço de cana de açúcar com biopolímero, poli-hidroxitirato-hidroxitirato (PHB-HV), obtido a partir do bagaço da cana de açúcar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foram utilizados painéis MDP de bagaço de cana e adesivo uréia-formaldeído, produzidos em escala industrial e importados da China, produzidos com utilização de 1% de parafina e 8% de uréia-formaldeído. Esses painéis foram encaminhados a Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira — UEPAM — localizada na Universidade Federal de Lavras, em Lavras/MG, onde foram retirados corpos de prova com dimensões e quantidades de acordo com os ensaios aplicados, com auxílio de uma serra circular esquadrejadeira. Em seguida, os corpos de prova foram acondicionados em sala de climatização com condições de umidade e temperatura controladas ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de UR) até atingir massa constante.

O produto utilizado para o recobrimento foi o biopolímero poli-hidroxitirato-hidroxitirato (PHB-HV) (Biocycle®), cedido pela PHB Industrial S/A, Brasil. Este biopolímero foi produzido a partir do bagaço de cana de açúcar por microrganismos da espécie *Alcaligenes sp.*, obtida por biosíntese do polímero por fermentação aeróbica e extração e purificação do polímero através de solvente natural e apresenta densidade de 1,2 g/mL, alto grau de pureza (99,5%), umidade abaixo de 0,3%, e peso molecular ponderado médio de aproximadamente 600.000g/mol. Esse material é completamente biodegradável e renovável, com decomposição final em água e dióxido de carbono pela ação de microrganismos em ambientes naturais. Quando colocado em unidades de compostagem o polímero se decompõe rapidamente e não afeta a qualidade do composto produzido.

2.2. Delineamento experimental

Os corpos de prova confeccionados apresentaram dimensões e quantidades de acordo com os ensaios aplicados. Os painéis foram seccionados com auxílio de uma serra circular, obtendo os corpos de prova com dimensões de 25 cm x 5 cm x 1,5 cm (comprimento, largura e espessura, respectivamente) para o ensaio de flexão estática e 50x50mm para o ensaio de densidade aparente. Para a avaliação das propriedades mecânicas Módulo de ruptura (MOR) e Módulo de elasticidade à flexão estática (MOE) foi empregada a norma DIN 52362 (1982) e para a obtenção de densidade aparente e espessura foi utilizada a norma NBR 14810-3 (ABNT, 2006b).

Os corpos de prova foram colocados em câmara de climatização e mantidos à temperatura de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $(65 \pm 5)\%$, até atingirem a umidade de equilíbrio. Após a climatização dos corpos de prova os mesmos foram recobertos pelo biopolímero (PHB-HV). O revestimento foi aplicado nas faces, na lateral e na superfície e lateral, ou seja, no corpo de prova inteiro. Alguns corpos de prova foram

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

mantidos sem o revestimento totalizando quatro tratamentos conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Tipos de recobrimento dos corpos de prova utilizados nos ensaios mecânicos

Código do tratamento	Tratamentos
SR	Sem revestimento
RT	Revestimento total com biopolímero PHB-HV
RL	Revestimento nas laterais por biopolímero PHB-HV
RF	Revestimento nas faces por biopolímero PHB-HV

2.2 Preparação e aplicação do revestimento

Para a preparação da solução utilizada no revestimento das amostras, utilizou-se 10 g de PHB-HV, que foram dissolvidas em 100 ml de clorofórmio e a mistura foi mantida sob agitação constante até 65°C (Figura 1A). Após o aquecimento a mistura foi então mantida sob agitação magnética constante por 10 minutos e então aplicada nos corpos de prova com o auxílio de um pincel (Figura 1B).

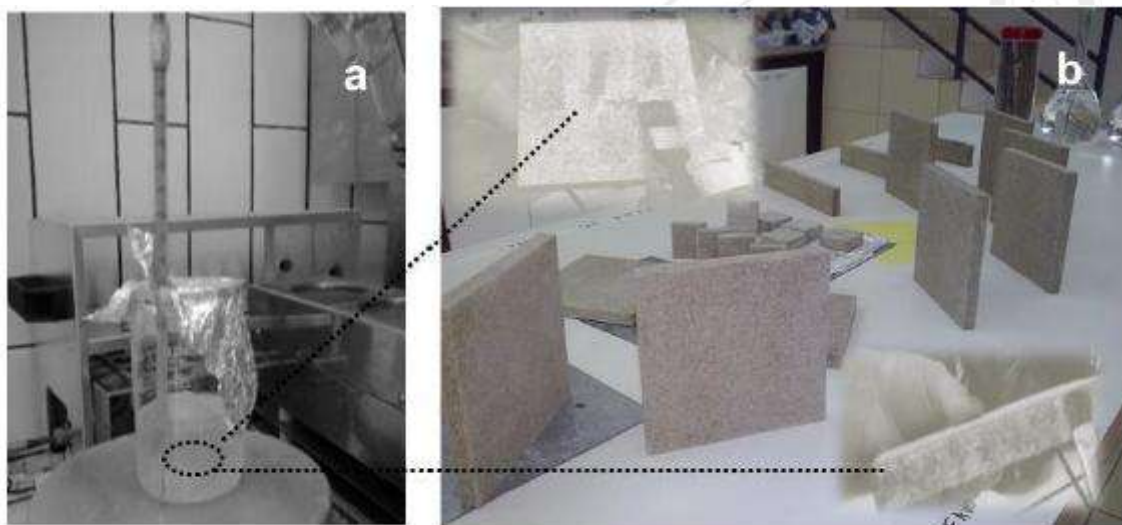


Figura 1. (a) Solução/Revestimento a base de PHBHV (Poli 3-hidroxitbutirato-co-3 hidroxitvalerato) obtido do bagaço da cana de açúcar e polietileno glicol (PEG); (b) Aplicação do revestimento com pincel na face, lateral e em todo corpo de prova (CP) e secagem dos mesmos à temperatura ambiente.

Fonte: Do autor

2.3 Avaliação dos painéis revestidos

O desempenho dos painéis revestidos com o biopolímero PHB-HV foi avaliado por meio de ensaios mecânicos, segundo as prescrições do documento normativo NBR 14810 (ABNT, 2006b) utilizando uma máquina universal de ensaio da marca TIME GROUP, instalada na Unidade Experimental de Painéis de Madeira na

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Universidade Federal de Lavras. O experimento consistiu em um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições e 4 tratamentos. Para a diferenciação dos tratamentos foi utilizado o teste de médias Scott-Knott, com 1% e 5% de significância.

3. RESULTADOS EDISCUSSÃO

De acordo com a análise estatística, houve efeito significativo dos tratamentos (aplicação do revestimento a base de biopolímero - PHBHV) sobre a densidade dos painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana conforme disposto na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de densidade e umidade dos painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana e revestidos com biopolímero obtido a partir do bagaço de cana (PHBHV)

Tratamentos	Densidade (g/cm ³)
SR	0,723 (0,020) b
RT	0,646 (0,014) a
RF	0,76 (0,02) c
RL	0,738 (0,034) b

(*) Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 1% de significância. Dentro dos parênteses encontra-se o erro-padrão.

Os valores de densidade diferenciaram-se para o tratamento com recobrimento total, recobrimento na face e recobrimento lateral. Os painéis com recobrimento lateral não apresentaram diferença para densidade quando comparados com os painéis sem revestimento.

Os valores médios da densidade dos painéis com e sem recobrimento com o biopolímero variaram de 0,646 a 0,760 g.cm⁻³, sendo, portanto, todos classificados como painéis de média densidade (de 0,59 a 0,80 g/cm³, de acordo com Iwakiri(2005)).

Todos os painéis atenderam as especificações para densidade aparente da NBR 14810-2 (ABNT, 2006a), que especifica uma variação da densidade para painéis de madeira aglomerada de 0,55 a 0,75 g/m³.

Na Figura 2 e Figura 3 encontram-se os valores médios de módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) para os painéis aglomerados de bagaço de cana com e sem revestimento do biopolímero PHBHV. Foi possível observar diferenças estatísticas significativas entre os painéis que receberam o revestimento com o biopolímero e os painéis que não receberam nenhum revestimento.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



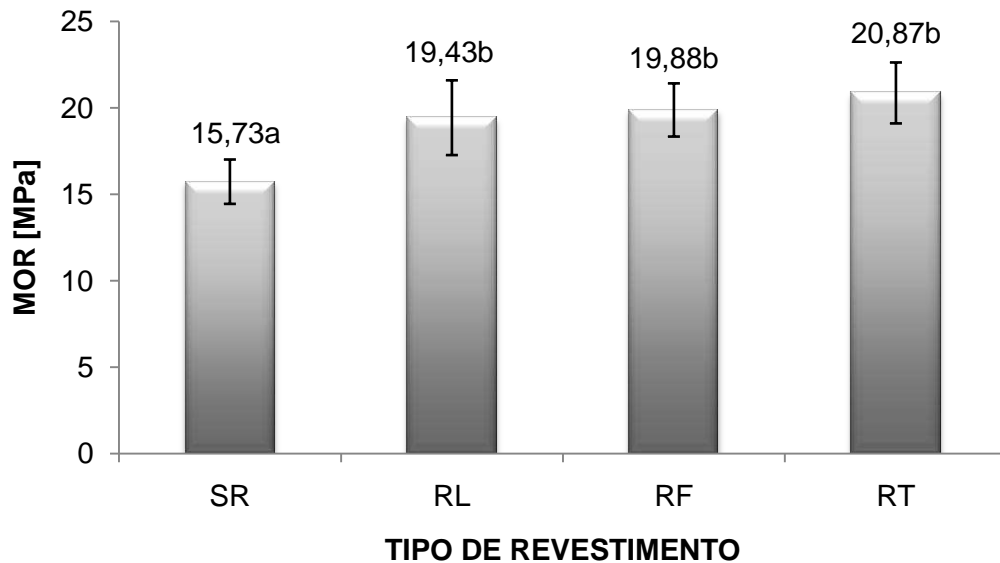


Figura 2. Valores médios do módulo de ruptura (MOR) à flexão estática.

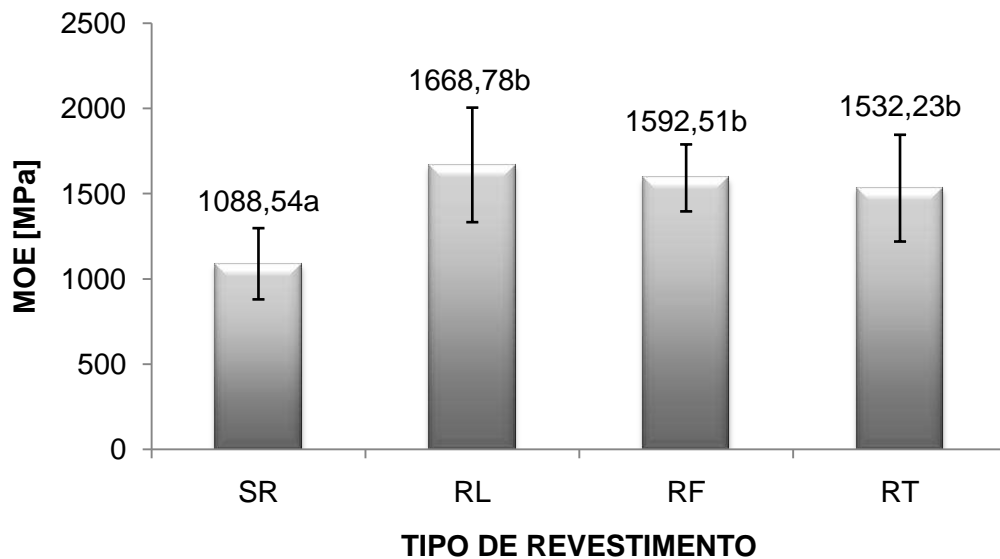


Figura 3. Valores médios do módulo de elasticidade (MOE) à flexão estática.

O tratamento SR (sem revestimento) foi o que teve o menor valor para módulo de ruptura (15,73MPa) mostrando-se estatisticamente inferior aos painéis em que houve a aplicação do revestimento. Dentre os tratamentos em que foram aplicados o biopolímero PHB-HV, todos se mostraram iguais estatisticamente, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância, com valores que variaram de 19,43MPa para o tratamento com recobrimento lateral até 20,87MPa para o tratamento com recobrimento total da amostra. Essa diferenciação pode ter ocorrido devido a um aumento da força de ligação entre as partículas externas da amostra pelo uso do biopolímero, havendo uma maior uniformidade nas forças que levam à ruptura, melhorando as propriedades mecânicas do material. Desta forma os painéis revestidos



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

apresentaram maior módulo de ruptura (em média, 28% maior) em comparação ao tratamento sem revestimento.

Apenas as amostras revestidas com biopolímero PHB-HV atenderam a NBR 14810 (ABNT, 2006a) que determina que o valor de MOR seja superior a 18,00 MPa. As amostras sem o biopolímero mostravam valores abaixo dos exigidos pela norma.

Os valores de MOR para as amostras sem revestimento estão de acordo com as obtidas por Oliveira et al., 2013 que obteve valores de módulo de ruptura para painéis de bagaço de cana de 15,3MPa e também estão concernentes com os valores encontrados por Okino et al. (1997), que, estudando o efeito da acetilação das partículas desmeduladas de bagaço de cana, obtiveram valores médios variando de 9,51 MPa a 22,75MPa para o módulo de ruptura. Por outro lado estes valores foram superiores aos obtidos por Battistelle et al. (2009), que confeccionaram painéis aglomerados de bagaço de cana e fibras da folha caulinar do bambu utilizando 12% de adesivo ureia-formaldeído. Para o tratamento utilizando 100% de bagaço de cana foi encontrado um valor de 9,83 MPa para o MOR.

Já para o módulo de elasticidade, o tratamento sem revestimento também mostrou-se inferior aos demais, apresentando um valor de 1088,54MPa. Os valores encontrados para os tratamentos revestidos na lateral, na face e na totalidade da amostra, não mostraram diferenças significativas, porém mostraram valores maiores que o tratamento SR, com um aumento médio de aproximadamente 47% o que pode ter ocorrido também em razão de uma melhoria na aderência entre as partículas externas tanto da face quanto da lateral do painel causada pelo revestimento com o biopolímero.

Somente o painel com revestimento lateral com o biopolímero atingiu o mínimo exigido pela norma EN 312 (CEN, 2003) para as propriedades MOE (1600 MPa), porém, o tratamento com recobrimento da face e com recobrimento total não diferenciaram estatisticamente deste pelo teste de média Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Os resultados obtidos para MOE estão também abaixo dos encontrados por Fiorelli et al. (2011) (2432 MPa) que produziu painéis de partículas aglomeradas utilizando resina poliuretana à base de óleo de mamona e, concernentes com aqueles apresentados por Okino et al. (1997) que identificaram valores de MOE abaixo de 2300 MPa para painéis aglomerados à base de bagaço de cana de açúcar e resina uréia.

Tabarsa et al. (2011) avaliando propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados de bagaço de cana encontraram valores médios de 2120 MPa e 20,5 MPa para MOE e MOR, respectivamente. Já Pedreschi (2009), avaliando as propriedades físicas, mecânicas, químicas, microestruturais, de durabilidade e caracterização de superfície de painéis comerciais produzidos com bagaço de cana a fim de verificar a possibilidade de inserção desses painéis no processo produtivo de mobiliários fazendo o aproveitamento do bagaço de cana na indústria sucroalcooleira para a produção de painéis aglomerados obteve valores de MOR de 16,83 MPa e de MOE de 2838,62 MPa. Mendes et al. (2010) avaliaram diferentes tipos de materiais lignocelulósicos produzidos no Brasil para a produção de painéis de aglomerado com adesivo de ureia-formaldeído. Para a flexão estática, obtiveram valores médios de MOE e MOR de 1643,2 e 20,9 MPa para painéis produzidos com bagaço de cana de açúcar.

4. CONCLUSÕES

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Foi estudada a influência do revestimento de painéis aglomerados comerciais de bagaço de cana de açúcar com biopolímero, obtido a partir do bagaço da canadeaçúcar, nas propriedades mecânicas. Todos os painéis com revestimento atenderam os requisitos normativos da NBR 14810 (ABNT, 2006a) quanto ao módulo de ruptura (MOR), mostrando valores superiores a 18MPa. As amostras sem o biopolímero mostraram valores abaixo dos exigidos nessa norma. Já para a norma EN 312 (CEN, 2003), todos os tratamentos se encontram dentro dos limites exigidos nessa norma.

Quanto ao módulo de elasticidade (MOE), somente o painel com recobrimento lateral (RL) atingiu o mínimo exigido pela norma EN 312 (CEN, 2003) para essa propriedade, porém, com o uso do biopolímero, em todos os tipos de revestimento avaliados, houve uma diferença significativa, melhorando as propriedades mecânicas do painel, o que evidencia o potencial desse biopolímero como material de recobrimento de painéis aglomerados.

Todos os painéis atenderam os requisitos normativos quanto à densidade aparente.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14810: chapas de madeira aglomerada - parte 2: requisitos. Rio de Janeiro, 2006a.

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14810: chapas de madeira aglomerada - parte 3: métodos de ensaio, terminologia. Rio de Janeiro, 2006b.

BATTISTELLE RAG, MARCILIO C, LAHR FAR. Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas. REVISTA MINERVA 2009; 5(3):297-305.

CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L.; COIADO CHAMMA, P. V. Produção de painéis a partir de resíduos lignocelulósicos para uso na arquitetura. In. ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. Anais... Londrina: UEL, IBRAMEM, 2008. (1 CD-ROM).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. – v. 1 – Brasília : Conab, 2013

CONTRERAS W, OWEN M, BALLESTER VC, CONTRERAS Y, GARAY D. Diseño de Tableros de Partículas de Caña Brava y Adhesivo Fenol – formaldehído. REVISTA FORESTAL LATINOAMERICANA 2006; 39:39-55.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DIN - NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. Testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength: DIN 52362. Berlin, 1982. p. 39-40.

EN 312. 2003. Particleboards – specifications. ECS - European Committee for Standardization. Bruxelas.

FIORELLI, J. et al. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona: produção e propriedades. ACTA SCIENTIARUM TECHNOLOGY, Maringá, v.33, n. 4, p. 401-406, 2011.

FREIRE, C. de S. et al. Propriedades Físicas de Painéis Aglomerados Comerciais Confeccionados com Bagaço de Cana e Madeira. FLORESTA E AMBIENTE 2011 abr./jun.; 18(2):178-185.

GUNNING, M. A. et al. Mechanical and biodegradation performance of short natural fibre polyhydroxybutyrate. COMPOSITES. POLYMER TESTING, Essex, v. 32, n. 6, p. 1603-1611, Dec. 2013.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005, 274 p.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PUEHRINGHER, C. A.; VENSON, I.; LARROCA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. REVISTA ÁRVORE, Viçosa, v. 28, n.6, p. 883-887, 2004

KELLY, M.W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. USDA. Forest Service. FPL General Technical Report, Madison, n.10, p.1- 66, 1977.

MALONEY, T.M. Modern particleboard and dryprocess fiberboard manufacturing. 2.ed. São Francisco: M. Freeman, 1993. 689p.

MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S. A indústria brasileira de painéis de madeira. REVISTA DA MADEIRA, v. 1, n. 71, p. 12-12, 2003.

MENDES, R. F. Qualidade de painéis aglomerados produzidos na China utilizando bagaço de cana. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. Anais... Londrina, p.11, 2008.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. F. Associação de eucalipto e pinus na produção de painéis aglomerados de bagaço de cana. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. Anais... Lavras, p.12, 2010.

OKINO, E. Y. A.; ANDAHUR, J. P. V.; SANTANA, M.A. E.; SOUZA, M. R. Physico-mechanical properties of chemically modified sugar cane bagasse particleboards.

OLIVEIRA, STEFÂNIA LIMA. Painéis aglomerados de bagaço de cana de açúcar: caracterização visando ao uso na indústria moveleira. 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PEDRESCHI, Ricardo. Aproveitamento do bagaço de cana da indústria sucroalcooleira na produção de painéis aglomerados. 2009.

REIS, K. C. et al. Characterization of polyhydroxybutyrate-hydroxyvalerate (PHB-HV)/maize starch blend films. JOURNAL OF FOOD ENGINEERING, Essex, v. 89, n. 4, p. 361-369, Dec. 2008.

ROWELL R. M.; HAN J. S.; ROWELL J. S. Characterization and Factors Affecting Fiber Properties. In: NATURAL POLYMERS AND AGROFIBERS BASED COMPOSITES, 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2000.

SANCHEZ, Elisabete MS et al. Compósito de resina de poliéster insaturado com bagaço de cana-de-açúcar: influência do tratamento das fibras nas propriedades. POLÍMEROS, v. 20, n. 3, p. 194-200, 2010.

SILVA, A. J. P.; FRANÇA SANTOS, W. L.; ROCCOLAHR, F. A. Partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painel similar ao OSB. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. Anais... Londrina: UEL, IBRAMEM, 2008. (1 CD-ROM).

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C. O.; ALSINA, L. S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. REVISTA ELETRÔNICA DE MATERIAIS E PROCESSOS, v. 2, n. 1, p. 27-32, 2007.

TABARSA, T.; ASHORI, A.; GHOLAMZADEH, M. Evaluation of surface roughness and mechanical properties of particleboard panels made from bagasse. COMPOSITES: PART B, Amsterdam, v. 42, p. 1330-1335, 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DA FAMÍLIA Lecythidaceae

Caroline Rodrigues Soares¹

Paula Zanatta²

Aline Krolow Soares²

Patricia Soares Bilhalva dos Santos³

Alisson Reis³

Darci Alberto Gatto¹

¹ Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas

² Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas

³ Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pará



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DA FAMÍLIA *Lecythidaceae*

Caroline Rodrigues **SOARES**¹; Paula **ZANATTA**²; Aline Krolow **SOARES**²; Patricia Soares Bilhalva dos **SANTOS**³; Alisson Rodrigo Souza **REIS**³; Darci Alberto **GATTO**¹

¹Centro das Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Brasil.

²Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Brasil.

³Faculdade de Engenharia Florestal, Campus Universitário de Altamira, Universidade Federal do Pará, Brasil.

Resumo: A anatomia é uma importante ferramenta de identificação e classificação da madeira, pois os elementos celulares variam de acordo com vários fatores, como por exemplo, a família que a espécie arbórea pertence e o local onde a árvore cresceu. O presente estudo teve como objetivo realizar a caracterização anatômica das madeiras de tauari e castanheira, pertencentes à família *Lecythidaceae* e provenientes da mesma região. Para tal, foram confeccionadas lâminas histológicas seguindo o procedimento descrito por Johansen (1940). As lâminas foram analisadas em microscópio óptico nos aumentos de 4X e 10X. Foi possível observar que as duas espécies apresentam diferença no tamanho e agrupamento dos vasos e na parede celular das fibras, que são maiores no tauari.

Palavras-chave: Anatomia, Castanheira, Tauari.

ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF WOOD FROM TWO FOREST SPECIES OF THE *Lecythidaceae* FAMILY

Abstract: Anatomy is an important tool for the identification and classification of wood, since the cellular elements vary according to several factors, for example, the family that the tree species belongs to and the place where the tree grew. The present study aims to characterize the tauari and castanheira wood belonging to the family *Lecythidaceae* from the same region. For this, histological slides were made following the procedure described by Johansen (1940). The slides were analyzed under an optical microscope at 4X and 10X magnification. It was possible to observe that the two species present a difference in the size and grouping of the vessels and in the cellular wall of the fibers, which are larger in the tauari.

Keywords: Anatomy, Castanheira, Tauari.

1. Introdução

A análise anatômica da madeira é de grande utilidade para identificação de espécies arbóreas, pois quando a madeira é desdobrada, ocorre perda das características morfológicas do vegetal. A anatomia é eficaz no reconhecimento científico dos tipos de madeira, além de auxiliar na determinação apropriada para o uso do material de acordo com as características do lenho (ALVES et. al., 2012; ZENID e CECCANTINI, 2007). A distinção de madeiras é mais eficaz por meio da comparação dos elementos celulares, tais como parênquima, vasos, raios e elementos especiais anatômicos, disposição e frequência de tais elementos.

As *Lecythidaceae* compõem um importante reino de árvores nativas das planícies de terra firme, concentrada na região neotropical, compreendendo 24 gêneros e aproximadamente 300 espécies (MORI et. al. 2007). No Brasil, são geralmente árvores de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

sub-bosque a emergentes, raramente arbustos e ocorrem cerca de 10 gêneros, com 14 sinônimos, 119 espécies, sendo 34 endêmicos do Brasil e 347 sinônimos, 8 subespécies destes 2 endêmicos e 2 sinônimos e 30 variedades (FLORA DO BRASIL, 2017).

A região neotropical apresenta 11 gêneros, dos quais dez ocorrem no Brasil: *Asteranthos* Desf., monotípico, pertencente a subfamília *Scytopetaloideae*, e os demais gêneros pertencentes à subfamília neotropical *Lecythidoideae*. Seus membros são encontrados predominantemente em florestas não inundáveis de baixa altitude (≤ 300 m a.n.m.), a Amazônia é o domínio fitogeográfico de maior expressão em diversidade no país, seguido da Floresta Atlântica. São encontradas relativamente poucas espécies no Cerrado, Caatinga, florestas periodicamente inundadas ou de altitude (FLORA DO BRASIL, 2017). Dentre as espécies nativas com ocorrência no Brasil estão a *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (monoespecífica) e o *Couratari* spp.

A espécie *Bertholletia excelsa* Humb & Bonpl, nativa da região amazônica, é conhecida popularmente como castanheira ou castanha-do-Pará, ocorre em diversos estados, tais como Amapá, Mato Grosso e Roraima (LORENZI, 2002). É uma espécie importante para a Amazônia e que engloba diversos usos, pois produz madeira e fruto. Esta espécie é de grande valor no setor madeireiro, usada na construção civil interna leve, painéis decorativos, forros, compensado, entre outros produtos. Além disso, é uma ótima opção para reflorestamento em áreas de degradação, mas sua exploração em ambiente natural é proibida (SOUZA et. al., 2008), conforme Decreto Nº 1.282, de 19 de outubro de 1994 (BRASIL, 1994). Apesar da proibição, ainda circula no mercado com outros nomes vernaculares, onde são utilizadas madeiras com características anatômicas semelhantes como tauari.

A espécie *Couratari* spp. é conhecida popularmente como tauari e tem ocorrência na Amazônia, Guiana, Guiana Francesa e no Suriname. Sua madeira pode ser empregada na construção civil leve, desde esquadrias, janelas e portas até estruturação interna, como móveis e compensados (ZENID, 2009). As espécies do gênero já foram bastante estudadas devido às semelhanças morfológicas e anatômicas, conforme relatado por Procópio et al (2010) e Bernal et al (2011). Nesse sentido, é importante o estudo anatômico de espécies com características semelhantes macroscopicamente. Portanto, o presente estudo teve como objetivo realizar a caracterização anatômica das madeiras de tauari e castanheira, pertencentes à família *Lecythidaceae* e provenientes da mesma região.

2. Material e Métodos

2.1 Preparo e confecção dos corpos de prova

As peças de madeira utilizadas nesse estudo foram provenientes de árvores de *Bertholletia excelsa* Humb & Bonpl e *Couratari* spp abatidas no estado de Mato Grosso do Sul (20°26'34"S, 54°38'47"W). Para confecção dos corpos de prova de dimensão 20x20x15mm² (transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial), foi escolhida uma peça livre de defeitos tais como nós, manchas, empenos e rachaduras.

2.2 Confecção das lâminas anatômicas

Para confecção das lâminas histológicas, foi utilizado procedimento descrito por Johansen (1940), em que os corpos de prova foram imersos em um béquer com água e aquecidos a uma temperatura de 120°C. Após aproximadamente 2h30min de fervura, as madeiras foram seccionadas em um micrótomo, regulado para cortar lâminas com 20µm de espessura. Foram retiradas dez lâminas de cada plano anatômico para cada espécie estudada, os quais foram imersas em água destilada e posteriormente em solução contendo Safranina (corante) por 30min.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Após a exposição ao corante, as lâminas foram desidratadas em uma sequência de álcool etílico com diferentes concentrações, diluídos em água destilada (30%, 50%, 70%, 95%) e duas vezes em álcool absoluto, permanecendo em cada concentração por 10min. Por fim, as seções da madeira foram colocadas em um recipiente contendo xilol por 10min. Essa última etapa, chamada de diafanização, foi realizada para tornar a secção da madeira semitransparente e manter os cortes desidratados e estendidos.

Para a montagem das lâminas histológicas, foram dispostas sobre as lâminas de vidro as três seções anatômicas da madeira: transversal (X), longitudinal tangencial (T) e longitudinal radial (R), respectivamente. Uma gota de bálsamo do Canadá foi adicionada sobre cada seção e espalhada para colagem das lamínulas de vidro. A secagem foi realizada em temperatura ambiente durante sete dias. Para realização do estudo, foram confeccionadas três lâminas de cada espécie.

2.3 Análise microscópica

As micrografias das seções do lenho foram realizadas em um Microscópio Óptico Olympus com câmera acoplada para descrever os elementos celulares visíveis de cada espécie, foram utilizados os aumentos de 4X e 10X. Os elementos visíveis formam os vasos (diâmetro de lúmen, porosidade, agrupamento, formato das células, distribuição, espessura da parede celular e frequência), o tipo de parênquima, as fibras (diâmetro do lúmen e espessura da parede celular) e raios (tipo, classificação e largura).

O programa MI PRO standard v1.1 foi utilizado para processar e manipular as imagens geradas, com o qual também obteve-se as medidas dos elementos celulares analisados em diversos pontos e de diferentes células, 5 repetições, usando estatística descritiva para representação do resultado final. A terminologia adotada seguiu as recomendações do IAWA (1989).

3. Resultados e Discussão

3.1 Castanheira (*Bertholletia excelsa* Humb & Bonpl)

A madeira de castanheira apresentou vasos de 235,79 μ m de diâmetro (DP= 30,67 μ m), em porosidade uniforme, agrupados em múltiplo radial e predominantemente solitários, apresentando um formato mais esférico, distribuídos em arranjo tangencial. A espessura da parede celular apresentou em média 30,77 μ m (DP= 7,60 μ m). A frequência destes foi classificada como pequena variando de 2 a 4 vasos por mm². O parênquima axial foi classificado como em faixas reticuladas. As fibras apresentaram um lúmen médio de 9,95 μ m (DP= 4,34 μ m) e parede celular espessa, medindo 7,59 μ m (DP= 1,65 μ m). As células de raio são multisseriadas e homogêneas em formato procumbente, com largura de 37,06 μ m (DP= 11,61 μ m) (Figura 1).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



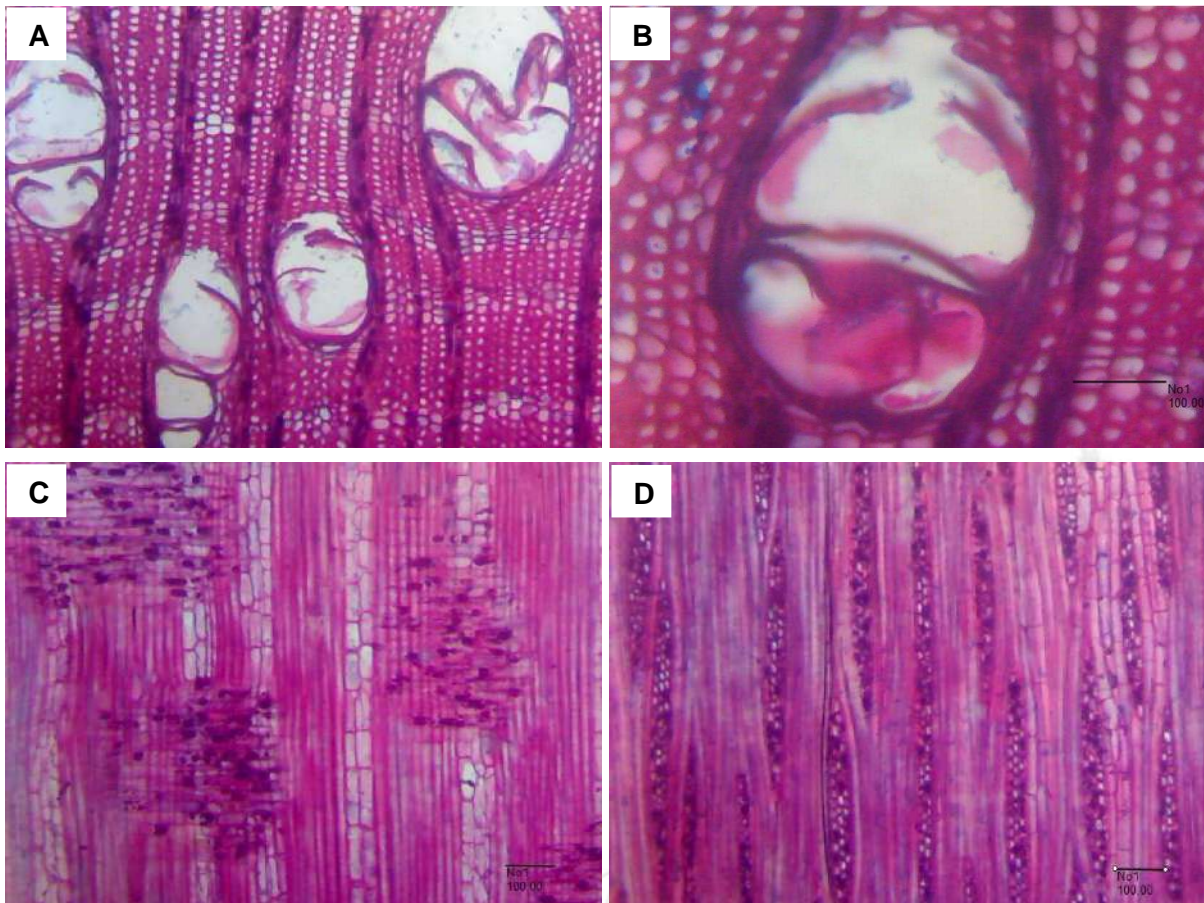


Figura 1. Detalhes anatômicos da madeira de *Bertholletia excelsa* Humb & Bonpl (Castanheira). Plano transversal com aumento de 4X (A) e 10X (B), plano longitudinal radial com aumento de 4X (C) e plano longitudinal tangencial com aumento de 4X (D).

3.2 Tauari (*Couratari* spp.)

Observou-se que vasos da espécie tauari são obstruídos por tilos, com diâmetro pequeno a médio, o lume tem diâmetro médio de $99,62\mu\text{m}$ (DP= $9,18\mu\text{m}$) e a parede celular tem espessura média de $13,35\mu\text{m}$ (DP= $5,18\mu\text{m}$), os poros são pouco frequentes, de 2 a 3 por mm^2 e a porosidade é difusa uniforme, em arranjo tangencial, agrupamento predominante de múltiplos radiais e formato oval. O parênquima axial é disposto em faixas reticuladas. As fibras apresentam lúmen de $2,15\mu\text{m}$ (DP= $1,44\mu\text{m}$) e parede celular muito espessa, com largura de $7,95\mu\text{m}$ (DP= $3,26\mu\text{m}$). Os raios são multisseriados e homogêneos, formados por células procumbentes, com largura de $27,04\mu\text{m}$ (DP= $9,44\mu\text{m}$) (Figura 2).

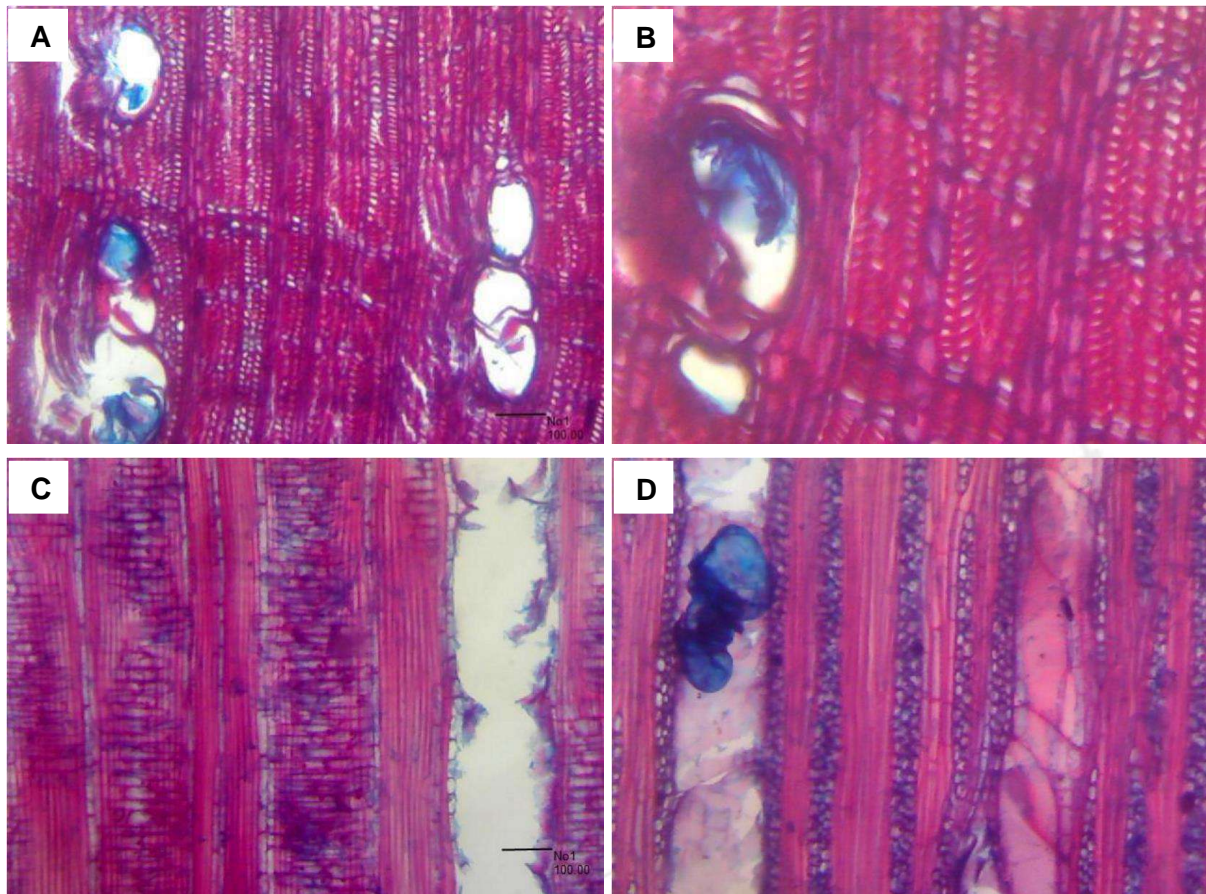


Figura 2. Detalhes anatômicos da madeira de *Couratari* spp (Tauari). Plano transversal com aumento de 4X (A) e 10X (B), plano longitudinal radial com aumento de 4X (C) e plano longitudinal tangencial com aumento de 4X (D).

As espécies estudadas possuem muitas características comuns em sua estrutura anatômica, os vasos apresentaram características semelhantes, diferenciando-se apenas pelo diâmetro e agrupamento, na castanheira o lume das células é mais visível. Para a espécie tauari, o lúmen é menor, o que dificulta a sua visualização. Essas semelhanças ajudam a explicar o uso das duas madeiras para as mesmas finalidades, pois, de acordo com Vidaurre et al. (2013), as características anatômicas influenciam em outras propriedades, tais como as físicas, químicas e mecânicas da madeira. Abaixo, a Tabela 1 sintetiza a descrição microscópica das duas espécies.



Tabela 1. Descrição anatômica das espécies *Bertholletia excelsa* Humb & Bonpl e *Couratari* spp.

	Castanheira	Tauari
Vasos	<ul style="list-style-type: none">* Diâmetro do lúmen: 235,79µm (DP= 30,67µm);* Porosidade: uniforme;* Agrupamento: múltiplo radial e solitários;* Formato: esférico;* Distribuição: arranjo tangencial;* Espessura da parede celular: 30,77µm (DP= 7,60µm);* Frequência: de 2 a 4 vasos por mm².	<ul style="list-style-type: none">* Obstrução: por tilos;* Diâmetro do lúmen: 99,62µm (DP= 9,18µm);* Porosidade: difuso uniforme;* Agrupamento: múltiplo radial;* Formato: oval;* Distribuição: arranjo tangencial;* Espessura da parede celular: 13,35µm (DP= 5,18µm);* Frequência: 2 a 3 por mm².
Parênquimas	<ul style="list-style-type: none">* Em faixas reticuladas.	<ul style="list-style-type: none">* Em faixas reticuladas.
Fibras	<ul style="list-style-type: none">* Diâmetro de lúmen: 9,95µm (DP= 4,34µm);* Parede celular: 7,59µm (DP= 1,65µm).	<ul style="list-style-type: none">* Diâmetro de lúmen: 2,15µm (DP= 1,44µm);* Parede celular: 7,95µm (DP= 3,26µm).
Raios	<ul style="list-style-type: none">* Multisseriados e homogêneos;* Formato: procumbente;* Largura: 37,06µm (DP= 11,61µm).	<ul style="list-style-type: none">* Multisseriados e homogêneos;* Formato: procumbentes;* Largura: 27,04µm (DP= 9,44µm).

4. Conclusões

A descrição das madeiras de castanheira e da tauari possibilitou concluir que por pertencerem à mesma família e procedência, possuem grande semelhança em relação aos seus elementos celulares visíveis microscopicamente. Sendo que a primeira apresentou elementos maiores, tanto no diâmetro do lúmen, quanto nas paredes celulares dos vasos, exceto a espessura da parede celular das fibras, que demonstrou ser similar. Como as características analisadas foram em aumentos de 4 e 10X, percebeu-se a necessidade de utilizar ampliações superiores para observação de peculiaridades que as distinguem, como por exemplo, tipos de pontuações entre vasos, fibras e raios.

5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processo 00.889.834/0001.08, pelo suporte financeiro para realização desta pesquisa.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

6. Referências Bibliográficas

ALVES, R. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; MOTTA, J. P.; PAES, J. B. Caracterização anatômica macroscópica de madeiras folhosas comercializadas no estado do Espírito Santo. FLORESTA E AMBIENTE, v.19, n.3, p.352-361, 2012.

BERNAL, R. A.; CORADIN, V.; CAMARGOS, J.; COSTA, C.; PISSARRA, J. Wood anatomy of *Lecythidaceae* espécies called "Tauari". IAWA JOURNAL, v.32, n.1, p.97112, 2011.

BURGER, LM. RICHTER, HG. Anatomia da madeira. 1.ed. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

IAWA COMMITTEE. List of microscope features for hardwood identification. IAWA Bull. New Ser., v.10, n.3, p.234-332, 1989.

FLORA DO BRASIL. *Lecythidaceae*. In: FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:
<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB145>>. Acesso em: 13 Mai. 2017.

JOHANSEN, D. A. Plant microtechnique. New York: McGraw-Hill, 1940, 523p.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1, 2002, 384p.

MORI, S. A.; TSOU, C. H.; WU, C. C.; CRONHOLM, B.; ANDERBERG, A. A. Evolution of *Lecythidaceae* with na Emphasis on the Circumscription of Neotropical Genera: Information from Combined ndhF and trnL-F sequence data. AMERICAN JOURNAL OF BOTANY, v.94, n.3, p.289-301, 2007.

PROCÓPIO, L. C.; GAYOT, M.; SIST, P.; FERRAZ, I. D. As espécies de tauari (*Lecythidaceae*) em florestas de terra firme da Amazônia: padrões de distribuição geográfica, abundâncias e implicações para a conservação. ACTA BOTÂNICA BRASÍLICA, v.24, n.4, p.883-897, 2010.

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B.; LIMA, R. M. B. Comunicado Técnico: Castanha-do Brasil (*Bertholletia excelsa Humb&Bonpl*). 1.ed. Manaus: Embrapa, 2008. 63p.

VIDAURRE, G. B.; LOMBARDI, L. C.; NUTTO, L.; FRANÇA, F. J. N.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, D. C. Propriedades da madeira de reação. Floresta Ambient. v.20, n.1, 2013

ZENID, J. G.; CECCANTINI, G. C. T. Identificação macroscópica de madeiras. 1.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007. 24p.

ZENID, J. G. Madeira: uso sustentável na construção civil. 2.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2009. 77p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO LENHO ANORMAL DE COMPRESSÃO DE *Pinus taeda* E POTENCIAL PARA POLPAÇÃO

Leonardo Seibert Kuhn¹
Reny Aldo Henne¹
Guilherme Giesel¹
RICARDO BARNASKY¹
Nayara Bergamo Casagrande¹
Martha Andreia Martha Brand¹
Alexsandro Bayestorff da Cunha¹
Camila Ramos Avila¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina



CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO LENHO ANORMAL DE COMPRESSÃO DE *Pinus taeda* E POTENCIAL PARA POLPAÇÃO

Resumo

Este estudo objetivou analisar a estrutura anatômica da madeira do lenho anormal de compressão em árvores de *Pinus taeda*, e determinar o impacto das alterações ocorridas na madeira para a produção de celulose e papel. Foram analisadas três árvores consideradas com madeira de qualidade normal e três com indícios de presença de lenho anormal de compressão. Foram mensurados o comprimento, diâmetro interno de externo dos traqueídeos e espessura da parede das células, e calculados o Índice de Runkel, Fração Parede, Coeficiente de Flexibilidade e Índice de Enfeltramento em corpos de prova retirados no DAP das árvores analisadas. A morfologia dos traqueídeos sofreu alteração na madeira com a presença de lenho anormal de compressão. Para todas as variáveis analisadas houve diferença estatística entre a madeira normal e anormal. A madeira normal teve menor comprimento e espessura da parede dos traqueídeos e maiores diâmetros interno e externo das células. Com base nos índices de qualidade para uso da madeira na produção de celulose e papel, pode-se concluir que o papel produzido com madeira de lenho normal teria maior resistência a tração devido ao maior coeficiente de flexibilidade, e menores valores de fração de parede e Índice de Runkel. Já em relação à resistência ao rasgo, o papel produzido com lenho anormal de compressão teria melhor desempenho. A resistência ao arrebentamento não se diferenciaria entre os diferentes lenhos. O lenho anormal de compressão altera a qualidade da madeira para a produção de celulose e papel.

Palavras – chave: Lenho de reação, anatomia, celulose.

ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF THE ABNORMAL BUILDING STRENGTH OF *Pinus taeda* AND POTENTIAL FOR PULP

Abstract

The objective of this study was to analyse the anatomical structure of the wood of the abnormal compressive wood in *Pinus taeda* trees and to determine the impact of changes in wood for the production of pulp and paper. Three trees considered with wood of normal quality and three with signs of presence of abnormal wood of compression were analysed. The length, internal tracheid external diameter and wall thickness of the cells were measured and the Runkel Index, Wall Fraction, Flexibility Coefficient and Envelope Index were calculated on specimens taken from the DAP of the analysed trees. The morphology of the tracheids was altered in the wood with the presence of abnormal wood of compression. For all analysed variables there was statistical difference between normal and abnormal wood. Normal wood had smaller tracheid wall length and wall thickness and larger internal and external diameters of the cells. Based on the quality indexes for wood use in pulp and paper production, it can be concluded that the paper produced with normal wood would have higher tensile strength due to the higher coefficient of flexibility, and lower values of wall fraction and Runkel Index. Regarding the tear strength, the paper produced with abnormal compression wood would perform better. The resistance to the bursting would not differentiate between the different wood. Absorbent wood improves wood quality for pulp and paper production.



Key words: Reaction wood, anatomy, pulp.

1. INTRODUÇÃO

Na década de 60 o governo brasileiro incentivou o plantio de árvores para exploração madeireira em larga escala. Dentre as espécies mais comuns estiveram as do gênero *Pinus*, devido a sua rusticidade, rápido crescimento e fácil manejo, crescendo em quase qualquer condição de solo e clima, onde a madeira era basicamente destinada para papel e celulose, madeira serrada e laminada (KRONKA et al, 2005; SCHWEITZER, 2016).

Recentemente, os plantios de pinus têm área em torno de 1,56 milhões de hectares (ABRAF, 2013). Atualmente a madeira deste gênero é destinada para vários setores da indústria de base florestal, como serraria, fabricação de laminados, compensados, celulose e até energia. O *Pinus taeda* L., que é a espécie com maior área plantada, pode chegar, em um ciclo normal de produção, até 25 a 30 metros de altura e DAP de 30 a 40 cm. Essa madeira possui traqueídeos, mais conhecidos por fibras longas, madeira clara e de baixa densidade, sua produção pode chegar a 30 m³/ha/ano tendo em média uma rotação de 21 anos e dois desbastes durante o ciclo (BASSA, 2006).

O melhoramento genético foi uma das ferramentas mais importantes do setor de base florestal para a melhoria da produtividade do *Pinus taeda*. A África do Sul, onde o melhoramento genético foi muito desenvolvido é atualmente um dos países com maior importância em termos de fornecimento de sementes para o Brasil. Naquele país, na década de 80 foi observado que havia um lenho anormal nas árvores devido a ocorrência de emperramento das serras durante os cortes. Isso atingiu grande porção dos plantios naquele país (DROOMER 1982; VAN DER SJIDE et al., 1985).

Nos últimos anos, no Brasil, as empresas vêm observando alterações na qualidade da madeira em plantios oriundos de sementes vindas da África do Sul. Além da procedência das sementes, o sistema de manejo adotado nas florestas parece estar contribuindo com a redução da qualidade da madeira (Schweitzer, 2016). Este autor, estudando a madeira proveniente destes plantios relatou que os problemas observados no Brasil estão relacionados ao lenho anormal de compressão. No entanto, diferentemente do esperado, os fatores que normalmente propiciam o aparecimento do lenho anormal de compressão, não estão presentes nestes plantios brasileiros. Nos casos relatados pelas empresas, a porção da madeira com características diferenciadas está distribuída de forma homogênea na direção radial do disco das árvores e não somente em um lado como o lenho de compressão produzido por forças externas.

O lenho de reação (compressão para Gimnospermas e tensão para Angiospermas) relatado em literatura é resultado de forças externas sobre a planta, ou pela sua genética. Essas forças podem vir de ventos contínuos ou terreno inclinado, fazendo com que os traqueídeos apresentem deformações em sua estrutura, resultando em problemas no processamento da madeira (BURGER; RICHTER, 1991).

Portanto, devido a importância da espécie para o Brasil e da amplitude dos prejuízos econômicos que podem advir desta alteração na qualidade da madeira, é fundamental a realização de estudos que avaliem o impacto da formação do lenho anormal de compressão na qualidade da madeira. Dessa maneira, este estudo objetivou analisar a estrutura anatômica da madeira de lenho anormal de compressão em árvores de *Pinus taeda*, e



determinar o impacto das alterações ocorridas na madeira para a produção de celulose e papel.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram colhidas 6 árvores de *Pinus taeda* da região de Lages, Santa Catarina, com 18 anos de idade. Três delas foram classificadas com tendo lenho anormal de compressão (árvores 1, 2 e 5), e as outras 3 sem lenho anormal de compressão, denominadas desta forma como “normais” (árvore 3, 4 e 6). De cada árvore foi obtido um disco na altura do DAP (Figura 1), sendo que para cada disco foram obtidos quatro corpos de prova, nas direções norte, sul, leste e oeste, entre os 14^o e 18^o anel de crescimento conforme a Figura 2, estes foram divididos ao meio para realização dos macerados.



Figura 1 – Imagem do disco na altura do DAP com presença do lenho anormal de compressão.

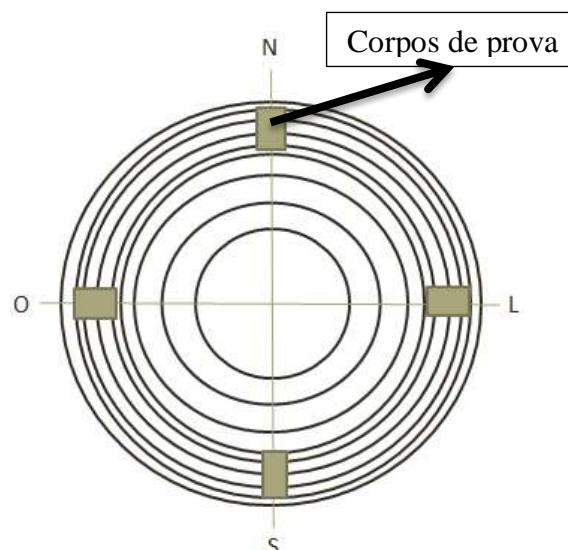




Figura 2 - Obtenção dos corpos de prova nos discos das árvores para mensuração dos traqueídeos.

Para a análise dos traqueídeos, a madeira foi macerada por meio da dissociação dos elementos celulares em solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (1:1) a 60°C (KRAUS e ARDUIN, 1997) e com o auxílio do microscópio Leica DM 500 e programa software LAS V4.8, foram medidos o comprimento, largura do lume e espessura da parede de 30 traqueídeos por corpo de prova, conforme as normas IAWA (1989).

Com as variáveis dos traqueídeos foram calculados o Índice de Runkel, Fração Parede, Coeficiente de Flexibilidade e Índice de Enfeltramento conforme as Equações 1, 2, 3 e 4. Avaliando-se desta forma o potencial do uso da madeira com e sem lenho anormal de compressão para a produção de celulose e papel.

$$FR = \frac{2 \times e}{d} \quad (1)$$

$$FP = \frac{2 \times e}{D} \times 100 \quad (2)$$

$$CF = \frac{d}{e} \times 100 \quad (3)$$

$$IE = \frac{L}{D} \quad (4)$$

Em que:

FR = Índice de Runkel

e = Espessura da parede

d = Diâmetro do lume

FP = Fração parede

D = Largura da fibra

CF = Coeficiente de flexibilidade

IE = Índice de enfeltramento

Nos resultados foi verificada a homogeneidade e normalidade dos dados e aplicada a ANOVA. Havendo variação entre as variáveis foi aplicado o Teste de médias Scott-knott ao nível de probabilidade de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rigatto et al (2004) estudaram o *Pinus taeda* de diferentes regiões e encontraram comprimento dos traqueídeos entorno de 3,38 a 3,47 mm. Para Vivian et al. (2015) e Zegarra (2015) a média encontrada foi de 3,5 mm, maior que o *Pinus sylvestris* com média de 3,1mm. Esses são similares ao valor médio observado para a espécie neste estudo. Considerando o comprimento dos traqueídeos registrados para o lenho de reação (lenho anormal de compressão) e para o lenho normal (Tabela 1), os traqueídeos foram maiores na madeira com alteração de qualidade, sendo estatisticamente diferente do lenho normal.

Os resultados encontrados para diâmetro externo do traqueídeo no lenho anormal estão um pouco menores que os obtidos por Rigatto et al (2004), em torno de 42,5 µm. O diâmetro do lume foi maior, ao contrário da espessura da parede que foi menor aos resultados obtidos por Zegarra (2015).



Tabela 1 – Médias das variações anatômicas entre os lenhos normal e anormal de reação.

Lenho	L (mm)	D (μ m)	d (μ m)	e (μ m)	FR	FP	CF	IE
Normal	3,446 b	42,03 a	26,72 a	7,27 b	0,64 b	35,11 b	63,08 a	83,27 b
Reação	3,606 a	40,52 b	24,52 b	7,86 a	0,71 a	39,31 a	59,91 b	87,69 a
Média	3,526	41,28	25,62	7,56	0,68	37,21	61,50	85,48
CV (%)	20,15	18,12	36,79	29,51	56,75	34,17	22,24	24,56

Para as variáveis “L” - comprimento do traqueídeo, “D” - largura do traqueídeo, “d” - diâmetro do lume, “e” espessura da parede, “FR” – Índice de Runkel, “FP” – Fração de parede, “CF” – Coeficiente de flexibilidade, “IE” – Índice de enfeltramento e CV(%) – Coeficiente de variação.

Médias seguidas da mesma letra na coluna indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos em um nível de probabilidade de 95%.

A comparação das médias das propriedades entre as árvores com e sem lenho anormal de compressão permite constatar que a qualidade foi diferente para a madeira com a presença e ausência de lenho anormal. Para todas as variáveis analisadas houve diferença estatística entre a madeira normal e anormal. A madeira normal teve menor comprimento e espessura da parede dos traqueídeos e maiores diâmetro interno e externo das células.

Considerando os índices morfométricos calculados com base nas dimensões dos traqueídeos e a correlação destes índices com o comportamento da madeira para a produção de celulose e papel foi possível constatar que o desempenho da madeira normal seria diferente da madeira com lenho de compressão.

Assim, com base nos índices de qualidade para uso na produção de celulose e papel, o papel produzido com madeira de lenho normal teria maior resistência a tração devido ao maior coeficiente de flexibilidade, e menores valores de fração de parede e Índice de Runkel. Já em relação à resistência ao rasgo, o papel produzido com lenho anormal de compressão teria melhor desempenho. A resistência ao arrebentamento não se diferenciaria entre os diferentes lenhos.

A verificação da distribuição do lenho na direção radial da árvore foi avaliada por meio da análise de corpos de prova coletados nas direções opostas e paralelas entre si (norte, sul, leste e oeste), cujos resultados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias das variações anatômicas entre as direções norte (N), sul (S), leste (L), oeste (O).

Posição	L (mm)	D (μ m)	d (μ m)	e (μ m)	FR	FP	CF	IE
N	3,506 a	40,59 b	25,44 b	7,30 b	0,65 a	36,00 a	62,11 a	86,06 a



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

S	3,553 a	42,88 a	27,83 a	7,47 b	0,63 a	35,78 a	63,70 a	82,75 a
L	3,642 a	41,98 a	25,60 b	8,05 a	0,70 a	39,11 a	59,86 a	87,71 a
O	3,404 a	39,65 b	23,61 b	7,44 b	0,72 a	37,94 a	60,32 a	85,41 a
Média	3,526	41,28	25,62	7,56	0,68	37,21	61,50	85,48
CV (%)	20,17	18,00	36,65	29,59	56,91	34,51	22,30	24,65

Para as variáveis “L” - comprimento do traqueídeo, “D” - largura do traqueídeo, “d” - diâmetro do lume, “e” espessura da parede, “FR” – Índice de Runkel, “FP” – Fração de parede, “CF” – Coeficiente de flexibilidade, “IE” – Índice de enfeltramento e CV(%) – Coeficiente de variação.

Médias seguidas da mesma letra na coluna indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos em um nível de probabilidade de 95%.

As variáveis que foram alteradas em função da posição da madeira no tronco foram os diâmetros externo e interno da célula, porém sem alteração do comprimento dos traqueídeos e da espessura da parede celular. Portanto, não fica clara uma posição definida do lenho anormal na posição radial do tronco, como pode ser observado na Figura 1, onde as manchas mais escuras representam a presença do lenho anormal de compressão.

Segundo Bamber (2001), a distribuição do lenho anormal ocorre unilateralmente no tronco quando formado por forças externas sobre a árvore e ou crescimento inclinado, enquanto na madeira avaliada neste trabalho a distribuição foi de forma distribuída por todo o raio do disco.

4. CONCLUSÃO

- A morfologia dos traqueídeos sofreu alteração na madeira com a presença de lenho anormal de compressão.
- A qualidade da madeira foi diferente nas árvores com a presença e ausência do lenho anormal de compressão. Para todas as variáveis analisadas houve diferença estatística entre a madeira normal e anormal. A madeira normal teve menor comprimento e espessura da parede dos traqueídeos e maiores diâmetro interno e externo das células.
- Com base nos índices de qualidade para uso da madeira na produção de celulose e papel, o papel produzido com madeira de lenho normal teria maior resistência a tração devido ao maior coeficiente de flexibilidade, e menores valores de fração de parede e Índice de Runkel. Já em relação à resistência ao rasgo, o papel produzido com lenho anormal de compressão teria melhor desempenho. A resistência ao arrematamento não se diferenciaria entre os diferentes lenhos.
- O lenho anormal de compressão altera a qualidade da madeira para a produção de celulose e papel.

5. BIBLIOGRAFIA

ABRAF. Anuário Estatístico ABRAF 2013. Brasília. 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BAMBER, R.K. A general theory for the origin of growth stresses in reaction wood: how trees stay upright. *International Association of Wood Anatomists Journal* 2001; 22(3): 205-212.

BASSA, A. G. M. C. Misturas de madeira de *Eucalyptus globulus* e *Pinus taeda* para a produção de celulose Kraft através do processo Lo-Solids. 2006. 168p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BURGER, ML.; RICHTER, HG. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel. 1991. 154p.

DROOMER, E.A.P. Compression wood in *P. taeda* at Entabeni. Some findings of its extent and probable causes. Unpublished results, Department of Forestry, South Africa., 1982.

IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* n.s. 10: 219--332. 1989

Kraus JE, Arduin M.. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica: Edur. 1997.

KRONKA, F. J. N; BERTOLINI, F.; PONCE, R. H. A Cultura do Pinus do Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 160 p. 2005.

RIGATTO, Patrícia Aparecida; DEDECEK, Renato Antônio; MATOS, Jorge Luis Monteiro de. Influence of soil attributes on quality of *Pinus taeda* wood for cellulose Kraft production. *Revista Arvore*, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.

SCHWEITZER, Vinicius Rosa. Origem do "lenho anormal de compressão" e efeitos sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* da Região Serrana de Santa Catarina. 2016.

VAN DER SJIDE, H. A.; SHAW, M. J. P.; VAN WYK, G. Reaction wood in *P. taeda* – A preliminary report. *South African Forestry Journal* 133: 27-34. 1985.

VIVIAN, Magnos Alan et al. Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft. 2015.

ZEGARRA, Boris Eduardo Villa. Caracterização da estrutura anatômica e da densidade do lenho de árvores de *Pinus taeda* e efeito nas propriedades tecnológicas dos painéis OSB. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO XILEMA SECUNDÁRIO DE NOVE ESPÉCIES DA FAMÍLIA LEGUMINOSAE

Jhonata Silva¹

Alisson Reis²

Joielan Xipaia dos Santos³

Patricia Soares Bilhalva dos Santos¹

Cláudia Urbinati⁴

¹ Universidade Federal do Pará

² Faculdade de Engenharia Florestal / Campus Universitário de Altamira / Universidade Federal do Pará

³ Universidade Federal do Paraná

⁴ Centro de Ciências Naturais e Tecnologia / Universidade do Estado do Pará



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO XILEMA SECUNDÁRIO DE NOVE ESPÉCIES DA FAMÍLIA LEGUMINOSAE

Resumo: A Leguminosae é uma das maiores famílias de angiospermas do mundo e muitas de suas espécies são utilizadas na região amazônica pela qualidade de sua madeira, contudo por possuir bastantes espécies semelhantes é comum a troca dolosa ou involuntária das espécies. Com isso, o presente trabalho teve por objetivo descrever o xilema secundário de nove espécies de Leguminosae disponíveis na coleção de madeiras da Faculdade de Engenharia Florestal, contribuindo para o conhecimento técnico científico das espécies. Para alcançar tal objetivo seguiram as metodologias tradicionais em anatomia de madeira. As espécies possuem parênquima axial paratraqueal, vasos solitários e múltiplos com arranjo difusos à diagonal, raios estratificados ou não, podendo ser unisseriado ou multisseriado, camadas de crescimento indistintas à distintas. Mesmo pertencentes à mesma família, observa-se que as espécies em estudo, possuem características que as diferenciam, apontando que a anatomia da madeira é uma ferramenta de grande importância para identificação de espécies e no auxiliar na fiscalização e na regulamentação da comercialização do mercado madeireiro.

Palavras-chave: Madeiras amazônicas, Lenho, Leguminosae

ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF THE SECONDARY XILEM OF NINE SPECIES OF THE LEGUMINOSAE FAMILY

Abstract: Leguminosae is one of the largest families of angiosperms in the world and many of its species are used in the Amazon region for the quality of its wood. However, because it has many specimens, it is common for the species to be willingly or involuntarily exchanged. The present work aimed to describe the secondary xylem of nine species of Leguminosae available in the wood collection of the Faculty of Forestry Engineering, contributing to the technical scientific knowledge of the species. To achieve this goal they followed the traditional methodologies in wood anatomy. The species have paratracheal axial parenchyma, solitary and multiple vessels with diffuse diagonal arrangement, stratified or non - stratified rays, being uniseriate or multiseriate, layers of growth indistinct to distinct. Even though they belong to the same family, it is observed that the species under study have characteristics that differentiate them, pointing out that the anatomy of wood is a tool of great importance for the identification of species and to assist in the supervision and regulation of the commercialization of the timber market.

Keywords: Amazon wood, Lenho, Leguminosae

1. INTRODUÇÃO

A família Leguminosae tem sido passados por intensos e de constantes trabalhos de sistematização, devido ao grande número de exemplares e da difícil definição nos diferentes sistemas de classificação como o de Cronquist (1968), Engler (1892), Takhtajan (1969), APG (2016) e ampla revisão de Lewis et al (2005), entre outros. Atualmente com o avanço da tecnologia, no que diz respeito a análise genética, vem fomentando um novo sistema de classificação o qual ainda não está definido claramente e nem há aceitação unânime dos especialistas na área, onde este sistema tenta agrupar grupos monofiléticos e parafiléticos, entretanto este agrupamento faz um novo ordenamento sem considerar as características morfológicas até então muito utilizadas. Outra questão é que não há consenso quanto à divisão sistemática da família.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para Lewis et al (2005), a família possui cerca de 727 gêneros e 19325 espécies sendo a terceira família mais numerosa das angiospermas, compreendendo três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae.

No Brasil ocorrem 222 gêneros aceitos, 16 endêmicos e 35 sinônimos e 2826 espécies aceitas, 1524 sinônimos e 1795 sinônimos, 60 subespécies aceitas, 19 endêmicos e 10 sinonimos. (FLORA DO BRASIL, 2017).

Depois da Poaceae, Leguminosae é a segunda maior família em importância econômica (Judd et al, 2009) e a terceira maior família botânica existente com cerca de 19.325 espécies. (GAMA, et al, 2013). Conhecer sua estrutura anatômica é importante para identificação, dando auxílio para identificações posteriores. Com isso, essa ferramenta pode ser utilizada para definição e classificação dos grupos são fundamentais.

O estudo da madeira é de grande interesse para a ciência, por se tratar do único tecido vegetal que pode se preservar inalterado ao longo de toda a vida da planta e nele serem identificados registros de fenômenos ocorridos durante o seu desenvolvimento (BARROS; CORADIN, 2015).

Metcalf e Chalk (1950) utilizaram as características anatômicas para a sistematização da família, e este trabalho ainda é o mais importante da área. Os autores supra citados classificaram a família com três subfamílias: Mimosoideae, Caesalpinioideae e Papilionoideae. Onde as espécies de mimosoideae possuem como características gerais. Madeira com vasos tipicamente solitários, com arranjo tangencial ou oblíquo, porosos, difusos ou semiporosos; parênquima paratraquel, com cristais, podendo ser confluyente; Raios com largura de 1 à 9 células ou exclusivamente unisseriado.

As espécies de Caesalpinioideae possuem madeira com vasos solitários com arranjo tangencial ou oblíquo, porosos, difusos ou semiporosos; parênquima paratraqueal abundante; Raios com largura de 1 à 7 e floema incluso presente em alguns gêneros (Metcalf e Chalk, 1950).

Já as espécies de Papilionoideae possuem vasos múltiplo de 2 ou 3 com arranjo radial, parênquima abundante e confluyente derivado do parênquima aliforme ou vasicêntrico, e raios com largura de 1 à 12 células, com canais intercelulares e floema inclusos presentes em alguns gêneros. (Metcalf e Chalk, 1950)

Na região amazônica diversos pesquisadores vêm tentando realizar tais trabalhos, contudo o enfoque maior desses pesquisadores e responder perguntas do comércio, devido o grande número de espécies florestais madeireiras com estruturas semelhantes entre e dentre os grupos.

Foi o que fez Ferreira e Hopkins estudando espécies conhecidas como angelim (Ferreira e Hopkins, 2004), Marchiori e Santos (2011) com o gênero *Acacia*, Silva et al (2009) com espécies de *Caesalpinia pyramidalis* e Silva et al (2011) com espécies do gênero *Mimosa*.

Diante disso o objetivo do presente trabalho foi descrever o xilema secundário das espécies de Leguminosae disponíveis na coleção de madeiras da Faculdade de Engenharia Florestal, contribuindo para o conhecimento técnico científico das espécies.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Seleção das espécies

As amostras de madeiras das espécies descritas neste estudo foram obtidas na xiloteca da Coleção de Madeiras (Xiloteca) da Faculdade de Engenharia Florestal (**Quadro 1**).

Família	Espécie	Nome Vernacular	Nº Xiloteca
Leguminosae	<i>Bauhinia forficata</i> Linn	Mororó	Alt104
Leguminosae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng) Taub.	Amedoim-bravo	Alt172

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Leguminosae	<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Cambará libra	Alt070
Leguminosae	<i>Acacia decurrens</i> Willd.	Acácia-negra	Alt186
Leguminosae	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	Timbó	Alt165
Leguminosae	<i>Lonchocarpus nitidus</i> (Vogel) Benth.	Rabo de bugiu	Alt188
Leguminosae	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Fava de Bolota	Alt099
Leguminosae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Timbaúva	Alt164
Leguminosae	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Tipa	Alt184

Quadro 1. Espécies da Leguminosae selecionadas para o estudo.

2.2. Preparo dos corpos de prova para caracterização macroscópica

Inicialmente, foram obtidos corpos de prova das amostras de madeira, que seguiu as recomendações de Coradin e muñiz (1992), com dimensão aproximada de 2x2x2cm, nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial (**Figura 1**). O corpo de prova. Em seguida os corpos de prova tiveram suas superfícies aplainadas com o auxílio de um micrótomo de deslize modelo RTM-45, para melhor visualização de suas estruturas anatômicas.

2.3. Preparo das lâminas permanentes (cortes histológicos)

Para a obtenção dos cortes histológicos, os corpos de prova foram fervidos em água e glicerina (1:4) (cujo tempo varia de acordo com o grau de dureza da madeira) na Chapa de Aquecimento Retangular em Aço Inox 10x40, para amolecimento e aparos. Com o auxílio de um micrótomo de deslize modelo RTM-45, foram obtidos cortes histológicos com espessura entre 15 a 20 mm, nos planos transversal, tangencial e radial.

Estes cortes foram divididos em dois grupos, sendo que um deles foi submetido a clarificação e coloração e o outro permaneceu ao natural para observação de inclusões celulares. Para a coloração do tecido foi usada a técnica de Johansen (1940), no qual se usa Safranina hidro-alcoólica. Primeiramente os cortes foram clarificados em solução de hipoclorito de sódio comercial (2,5%); em seguida foram lavados várias vezes até que o hipoclorito fosse totalmente removido. Feito isso, os cortes passaram pela seguinte série etílica progressiva: álcool 50% (15 min.), coloração com safranina hidro-alcoólica (2min.), álcool 50% (15 min.), álcool 60% (15 min.), álcool 70% (15 min.), álcool 80% (15 min.), álcool 90% (15 min.), álcool absoluto (15 min.), acetato (15min.). Após a coloração e desidratação, os cortes foram montados entre lâmina e lamínula em bálsamo do Canadá (diluído em acetato na proporção de 1:3).

Os cortes conservados ao natural foram submetidos a desidratação e montagem. Foram montadas três lâminas permanentes para cada amostra.

2.4. Descrição macroscópica da madeira

A caracterização macroscópica das essências estudadas seguiu as recomendações do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (Coradin e Muñiz, 1992), onde descreveram-se as macroscópicas da madeira, a saber: **Parênquima axial**: visibilidade, disposição; **Raios**: visibilidade, largura, altura, frequência, distribuição, linear, canais secretores radiais, espelhado; **Poros**: visibilidade, Porosidade, arranjo, agrupamento, conteúdo, linhas vasculares, placa de perfuração simples; **Camadas de crescimento**; canais secretores axiais; máculas medulares; floema incluso.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A imagem digital macroscópica foi realizada na superfície transversal do corpo de prova, com uma lupa Opticam Microscopia OPTHD acoplado ao microcomputador, com auxílio do *Software OPT HD 3.7*

2.5. Descrição microscópica (qualitativa e quantitativa) dos elementos celulares da madeira

As descrições e as terminologias adotadas seguiram as normas estabelecidas pela International Association of Wood Anatomists – IAWA (Iawa Committee, 1989). Foram realizadas 50 contagens e mensurações para cada estrutura anatômica na porção central do corte histológico. As contagens e mensurações dos vasos (no/mm²) e de tipo de agrupamento (%), de **Raios** (largura e altura em número de células, altura em micrômetro, frequência por mm linear e percentual de **Raios** simples e fusionados) foram realizadas em cortes histológicos nas seções transversal e longitudinal tangencial, com o auxílio de projetor Olympus Tokyo com uma objetiva de 100x. Com o auxílio de uma ocular micrométrica foram realizadas também as medidas de espessura da parede, da largura do lume e do comprimento das fibras, bem como do comprimento dos elementos de vaso; essas medidas foram realizadas em material macerado. O diâmetro dos elementos de vaso foi avaliado em corte histológico na seção transversal, com o auxílio do mesmo projetor.

A imagem digital microscópica foi realizada na superfície transversal, tangencial e radial do corpo de prova, com um microscópio biológico trinocular MOTIC, modelo B410FL acoplado ao microcomputador, com auxílio do *Software OPT HD 3.7*

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vatairea macrocarpa (Benth.) Ducke

Características Macroscópicas: **Camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visível a olho nu, porosidade difusa, arranjo tangencial, solitários, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial (Figura 1A). **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal aliforme de extensão linear. **Raios** visível a olho nu na seção transversal e radial, listrado de estratificação regular, espelhado contrastado em seção radial.

Características Microscópicas: **Camada de crescimento** presente individualizado por anéis de crescimento semiporoso, difuso, predominante múltiplo de 3. Com contorno circular (Figura 1B) placa de perfuração simples, com pontuações alternas e oposta, pontuações radiovasculares semelhantes as intervacular fibras na septadas por espessada. **Parênquima axial** paratraqueal aliforme confluyente. Uma a duas células margeando o raio, raio exclusivamente unisseriado, estratificado (Figura 1C), regulamente, homogêneo composto por células procumbentes (Figura 1D), cristais prismáticas em série presentes nas fibras.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

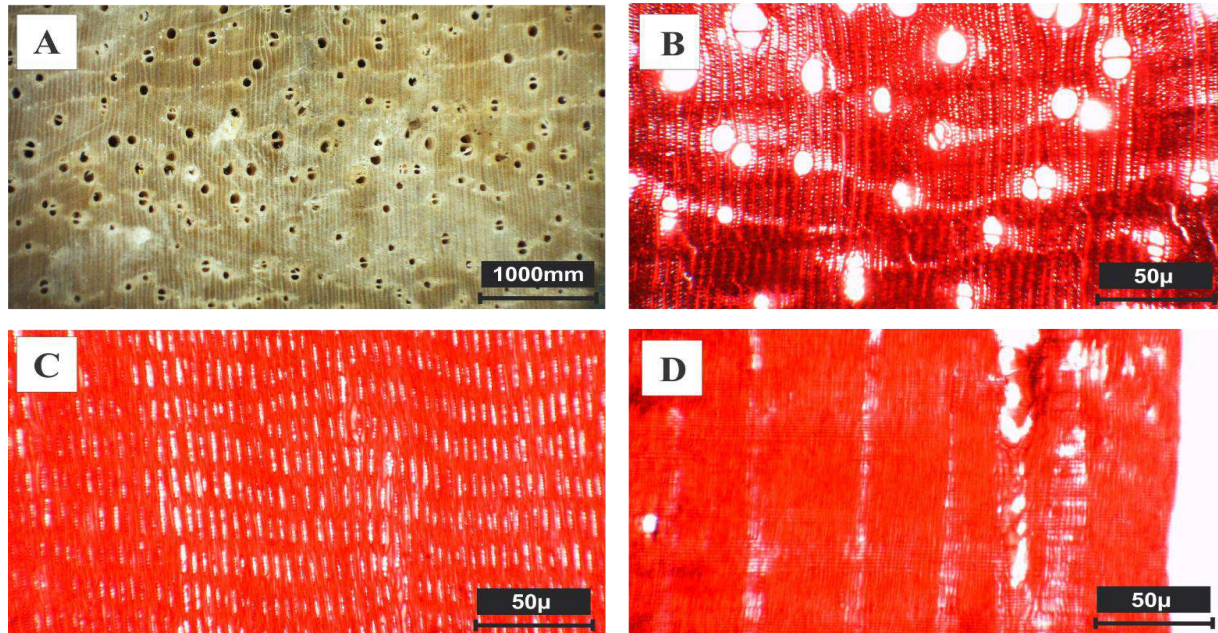


Figura 1 - *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke: A-imagem macroscópica transversal; B- plano transversal; C- plano tangencial; D- plano radial.

***Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl.**

Características Macroscópicas: **Camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visível a olho nu, porosidade difusa, arranjo tangencial, solitários, linhas vasculares retílineas em seção tangencial. **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal em faixas largas (Figura 2A e 2B). **Raios** visível a olho nu na seção transversal e radial, listrado de estratificação irregular, espelhado pouco contrastado em seção radial.

Características Microscópicas: **Camadas de crescimento** indistintas. **Vasos** difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente solitários, com contorno circular, placas de perfuração simples, pontuações intervasculares opostas diminutas, pontuações guarnecidas ausentes, pontuações rádio-vasculares semelhantes às intervasculares em tamanho e forma, no raio da célula, espessamento espiralado ausente, conteúdo ausente, vasos diminutos ausentes. **Fibras** com pontuações simples ou areoladas diminutas, não septadas. **Parênquima axial** paratraqueal em faixa, com 5 a 6 células por série. **Raios** com 2 tamanhos distintos (Figura 2C), heterogêneo, com corpo do raio constituído por células procumbentes e quadradas (Figura 2D), não estratificados. **Elementos secretores** e **variação cambial** células oleíferas e mucilaginosas, canais intercelulares, tubos, floema e outras variações cambiais, drusas, sílica e outros caracteres ausentes.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

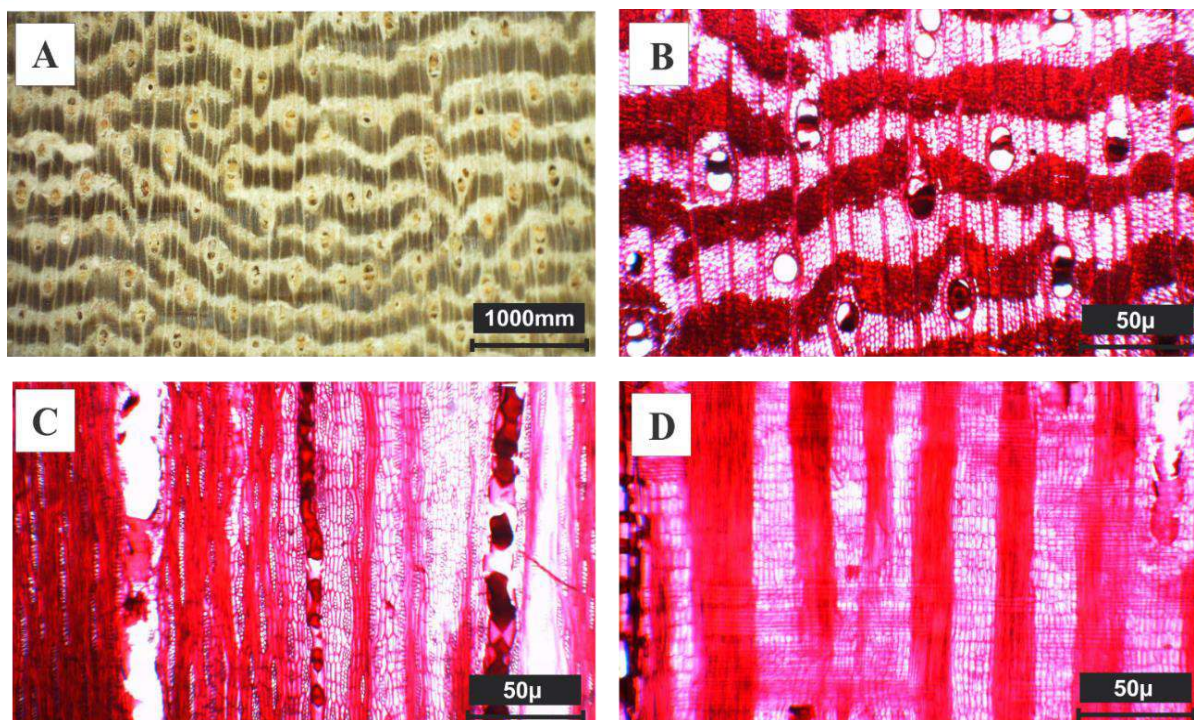


Figura 2 - *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl.: A- imagem macroscópica transversal; B- plano transversal; C- plano tangencial; D- plano radial.

***Bauhinia forficata* Linn**

Características Macroscópicas: **Camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visível a olho nu, porosidade difusa, arranjo dendrítico, múltiplos, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial. **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal aliforme confluyente (Figura 3A e 3B). **Raios** visível a olho nu na seção transversal e radial, não listrado de estratificação, espelhado contrastado em seção radial.

Características Microscópicas: **Camadas de crescimento** indistintas. **Vasos** difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente solitários, com contorno circular, placas de perfuração simples, pontuações intervasculares alternas e opostas, pontuações guarnecidas ausentes, pontuações rádio-vasculares semelhantes às intervasculares em tamanho e forma, no raio da célula, espessamento espiralado ausente, conteúdo ausente, vasos diminutos ausentes. **Fibras** com pontuações simples ou areoladas diminutas, não septadas. **Parênquima axial** paratraqueal aliforme, às vezes confluyente, com 3 a 4 células por série. **Raios** com 1 a 3 células de largura (Figura 3C), de 2 tamanhos distintos, corpo do raio constituído por células quadradas e procumbentes (Figura 3D), não estratificados. **Elementos secretores** e **variação cambial** células oleíferas e mucilaginosas, canais intercelulares, tubos, floema e outras variações cambiais, drusas, outros tipos de cristais, sílica e outros caracteres ausentes.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

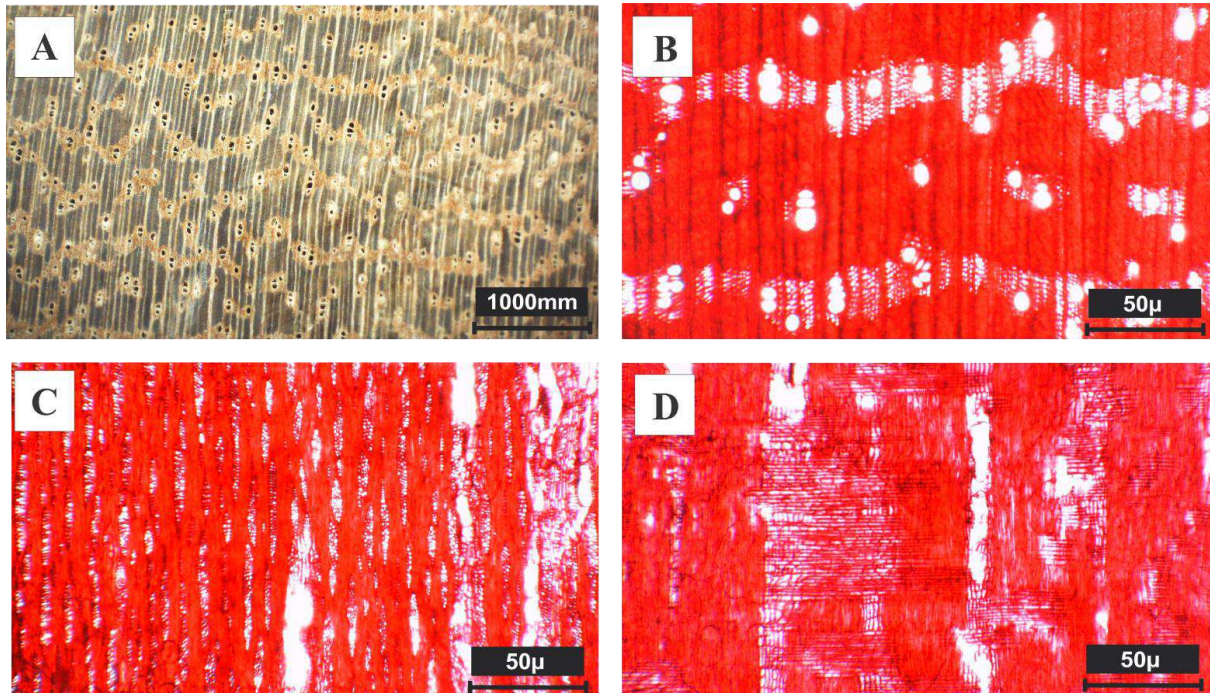


Figura 3 - *Bauhinia forficata* Linn: A - imagem macroscópica transversal; B- plano transversal; C- plano tangencial; D- plano radial.

***Lonchocarpus nitidus* (Vogel) Benth.**

Características Macroscópicas: **Camadas de crescimento** distintas por distribuição dos poros em anéis semi-porosos. **Poros** visível a olho nu, em anéis semi-porosos, arranjo tangencial, múltiplos, linhas vasculares irregulares em seção tangencial. **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal em faixas largas (Figura 4A e 4B). **Raios** visível a olho nu, listrado de estratificação regular, espelhado contrastado em seção radial.

Características Microscópicas: **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas por zonas fibrosas mais escuras. **Vasos** difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente solitários, com contorno circular, placas de perfuração simples, pontuações intervasculares alternas, pontuações guarnecidas ausentes, pontuações rádio-vasculares semelhantes às intervasculares em tamanho e forma, no raio da célula, espessamento espiralado ausente, conteúdo ausente, vasos diminutos ausentes. **Fibras** com pontuações simples ou areoladas diminutas, não septadas. **Parênquima axial** paratraqueal em faixa, com 3 a 4 células por série. **Raios** com 2 células de largura, homogêneo, com corpo do raio constituído por células procumbentes (Figura 4D), estratificados regularmente (Figura 4 C). **Elementos secretores** e **variação cambial** células oleíferas e mucilaginosas, canais intercelulares, tubos, floema e outras variações cambiais, drusas, sílica e outros caracteres ausentes e cristais prismáticos presentes nas fibras.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

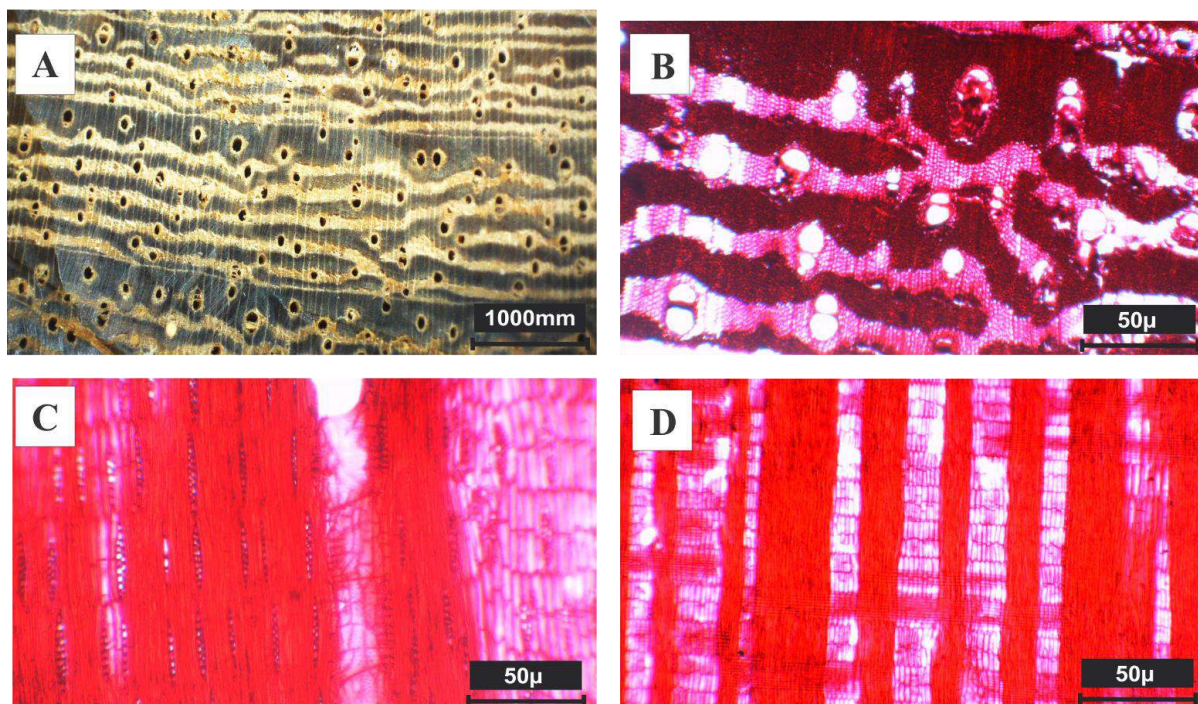


Figura 4 - *Lonchocarpus nitidus* (Vogel) Benth: A- imagem macroscópica transversal; B- plano transversal; C- plano tangencial; D- plano radial.

***Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp.**

Características Macroscópicas: Camadas de crescimento distintas individualizadas por zonas fibrosas transversais mais escuras. Poros visível a olho nu, difusos, arranjo diagonal, múltiplos, linhas vasculares irregulares em seção tangencial. Parênquima axial visível a olho nu, paratraqueal aliforme de losangular (Figura 5A e 5B). Raios visível a olho nu, não estratificados, espelhado contrastado em seção radial.

Características Microscópicas: Camadas de crescimento indistintas. Vasos difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente solitários, com contorno circular, placas de perfuração simples, pontuações intervasculares alternadas, pontuações guarnecidas ausentes, pontuações rádio-vasculares semelhantes às intervasculares em tamanho e forma, no raio da célula, espessamento espiralado ausente, conteúdo ausente, vasos diminutos ausentes. Fibras com pontuações simples ou areoladas diminutas, não septadas. Parênquima axial paratraqueal vasicentrico e vasicentrico confluyente, com 1 a 4 células por série. Raios com 2 tamanhos distintos (Figura 5C), homogêneo, com corpo do raio constituído por células procumbentes (Figura 5D), não estratificados. Elementos secretores e variação cambial células oleíferas e mucilaginosas, canais intercelulares, tubos, floema e outras variações cambiais, drusas, sílica e outros caracteres ausentes. Cristais prismáticos em série nas fibras.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

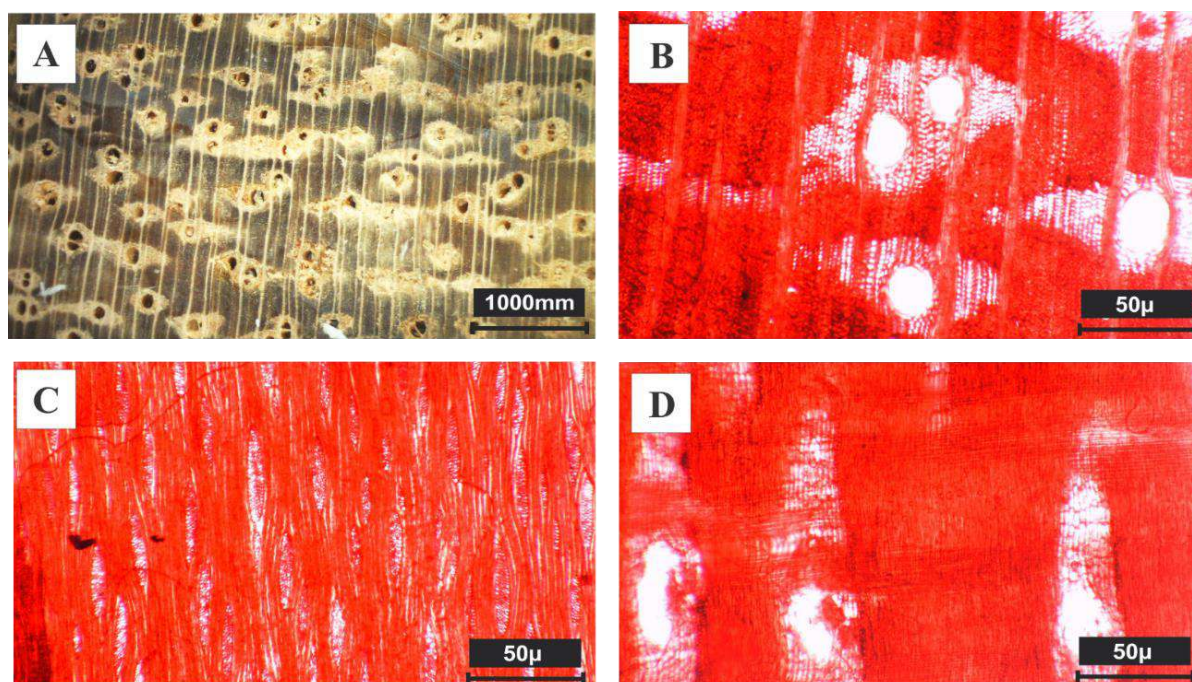


Figura 5 - *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Wal; A- imagem macroscópica transversal; B- plano transversal; C- plano tangencial; D- plano radial.

***Acacia decurrens* Willd.**

Características Macroscópicas: Camadas de crescimento indistintas. Poros visível a olho nu, difusos, arranjo radial, predominantemente múltiplos, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial. Parênquima axial invisível mesmo sob a lente de 10X, escasso (Figura 6A e 6B). Raios visível a olho nu, não estratificados, espelhado contrastado em seção radial.

Características Microscópicas: Camadas de crescimento indistintas. Vasos difusos, arranjo radial, múltiplos de 3 a 4, com contorno circular, placas de perfuração simples, pontuações intervasculares alternas poligonal, pontuações rádio-vasculares com borda distinta semelhantes às intervasculares. Fibras septada, com parede espessada. Parênquima axial ausente ou extremamente raro. Raios com 3 células de largura (Figura 6C), homogêneo, com corpo do raio constituído por células procumbentes (Figura 6D), não estratificados. Elementos secretores e variação cambial células oleíferas e mucilaginosas, canais intercelulares, tubos, floema e outras variações cambiais, drusas, sílica e outros caracteres ausentes e cristais prismáticos presentes nas fibras.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

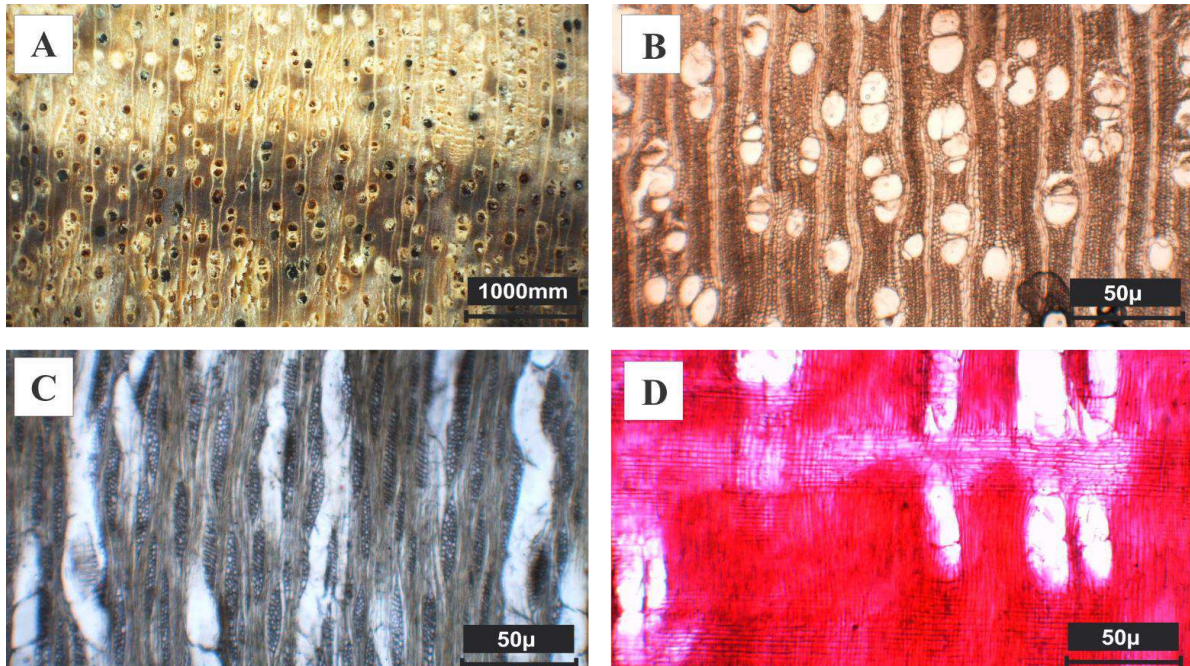


Figura 6 - *Acacia decurrens* Willd.; A- imagem macroscópica transversal; B- plano transversal; C- plano tangencial; D- plano radial.

***Diptotropis purpurea* (Rich.) Amshoff**

Características Macroscópicas: **Camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visível a olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal, solitários, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial. **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal aliforme confluyente (Figura 7 A e 7B). **Raios** visível a olho nu na seção transversal listrado de estratificação irregular, espelhado contrastado em seção radial.

Características Microscópicas: **Camadas de crescimento** indistintas. **Vasos** difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente solitários e múltiplos de 2 e 3, com contorno circular, placas de perfuração simples, pontuações intervasculares alternadas, pontuações rádio-vasculares semelhantes às intervasculares com dois tamanhos distintos. **Fibras** com pontuações simples ou areoladas diminutas, não septadas. **Parênquima axial** paratraqueal aliforme confluyente, com 1 a 3 células por parênquima por margens. **Raios** com 2 células por largura (Figura 7C), com raios agregados, homogêneos com corpo do raio constituído por células procumbentes (Figura 7D), não estratificados. **Elementos secretores** e **variação cambial** células oleíferas e mucilaginosas, canais intercelulares, tubos, floema e outras variações cambiais, drusas, sílica e outros caracteres ausentes.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

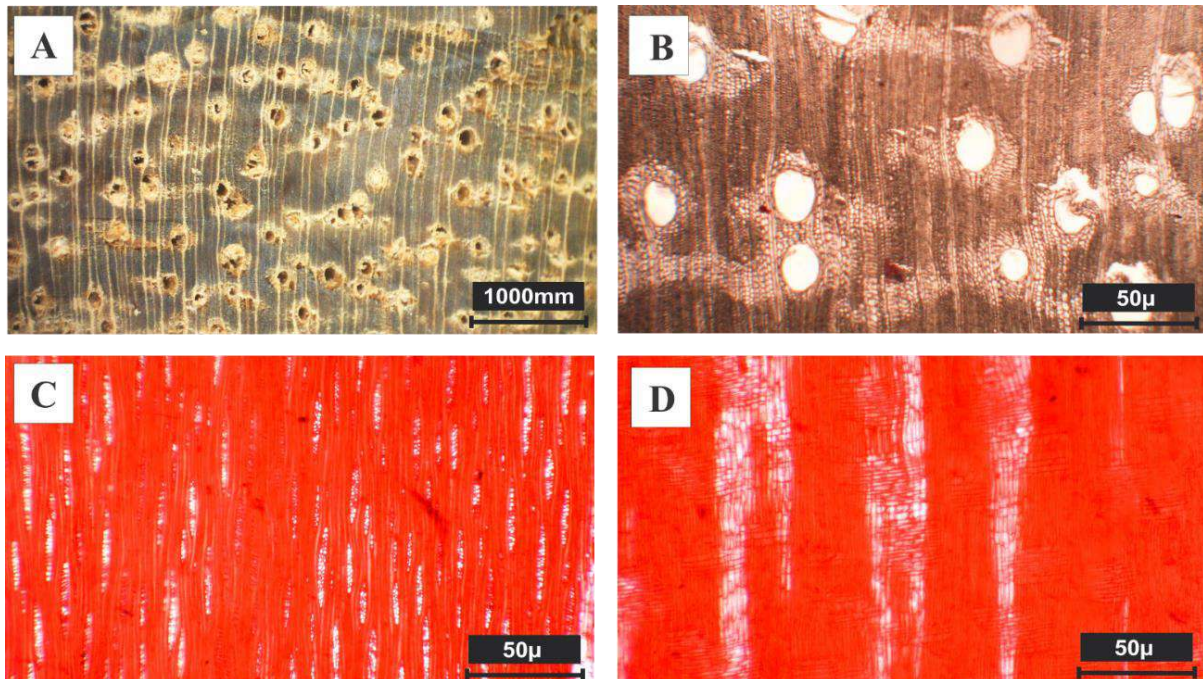


Figura 7: *Diplotropis purpurea* (Rich.) Amshoff. A- imagem macroscópica transversal. B- plano transversal; C- plano tangencial; D- plano radial.

***Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.**

Características Macroscópicas: **Camadas de crescimento** indistintas. **Poros** visível a olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal, múltiplos, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial. **Parênquima axial** visível a olho nu, paratraqueal vasicêntrico (Figura 8A e 8B). **Raios** visível a olho nu na seção transversal listrado de estratificação irregular, espelhado contrastado em seção radial.

Características Microscópicas: **Camadas de crescimento** indistintas. **Vasos** difusos, arranjo diagonal, solitários e múltiplos de 2, com contorno circular, placas de perfuração simples, pontuações intervasculares alternadas, pontuações rádio-vasculares semelhantes às intervasculares. **Fibras** com pontuações simples, espessado. **Parênquima axial** paratraqueal aliforme confluyente. **Raios** com 2 células de largura (Figura 8C), homogêneo, com corpo do raio constituído por células procumbentes (Figura 8D), estratificados irregular. **Elementos secretores** e **variação cambial** células oleíferas e mucilaginosas, canais intercelulares, tubos, floema e outras variações cambiais, drusas, sílica e outros caracteres ausentes.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

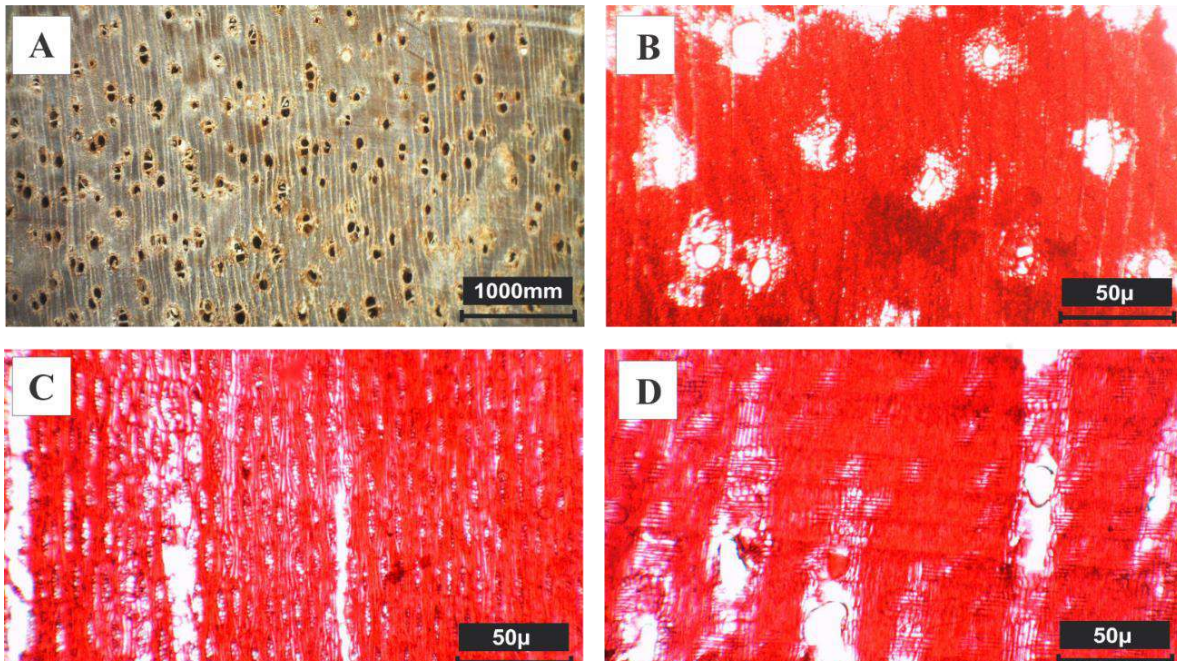


Figura 8 - *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. A- imagem macroscópica transversal. B- plano transversal; C- plano tangencial; D- plano radial.

***Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**

Características Macroscópicas: Camadas de crescimento distintas individualizadas por zonas fibrosas transversais mais escuras. Poros visível a olho nu, difusos, arranjo diagonal, predominantemente solitários, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial. Parênquima axial visível a olho nu, paratraqueal vasicêntrico (Figura 9A e 9B). Raios visível a olho nu, não estratificados, espelhado contrastado em seção radial.

Características Microscópicas: Camadas de crescimento distintas individualizadas por zonas fibrosas mais escuras. Vasos difusos, arranjo diagonal, solitários e múltiplos de 2, com contorno circular, placas de perfuração, pontuações intervasculares alternadas, pontuações rádio-vasculares semelhantes às intervasculares. Fibras com pontuações simples, não septadas. Parênquima axial paratraqueal vasicêntrico. Raios com 2 células de largura (Figura 9C), homogêneo, com corpo do raio constituído por células procumbentes (Figura 9D), homogêneos, não estratificados. Elementos secretores e variação cambial células oleíferas e mucilaginosas, canais intercelulares, tubos, floema e outras variações cambiais, drusas, sílica e outros caracteres ausentes.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

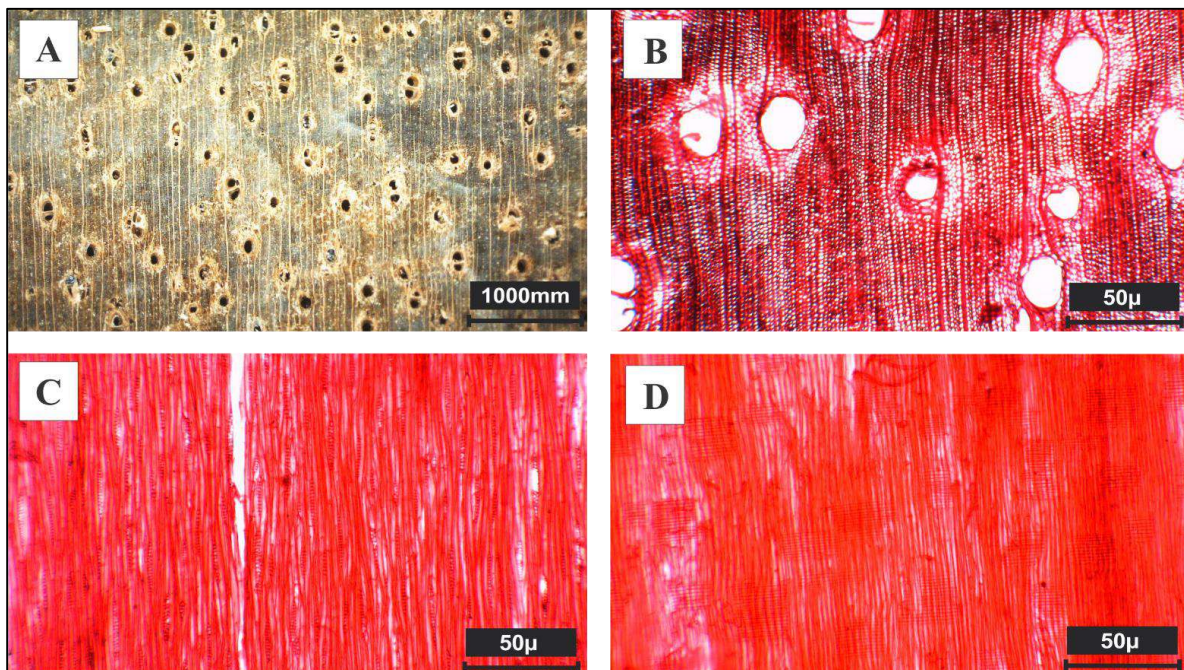


Figura 9 - *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. A- imagem macroscópica transversal; B- plano transversal; C- plano tangencial; D- plano radial.

Junior (2013), trabalhando com a descrição macroscópica e microscópica de espécies madeiras. Encontrou em seu trabalho para a espécie *E. contortisiliquum*, Camadas de crescimento demarcadas por zona fibrosa mais escura, o que corrobora com a característica observada neste estudo. Parênquima axial paratraqueal vasicêntrico. Raios com estratificação ausente. Vasos visíveis a olho nu; solitários e múltiplos; arranjo difuso; grandes; muito pouco abundantes. O que corrobora com as características encontradas na mesma espécie em estudo.

As cinco espécies estudadas possuem o parênquima paratraqueal, como característica comum, o mesmo encontrado no trabalho de Silva et.al. (2014) com 26 espécies de Leguminosae estudadas.

4. CONCLUSÃO

O parênquima axial pode ser utilizado com sucesso para distinção das espécies estudadas;

Mesmo pertencentes a mesma família, observa-se que as espécies em estudo, possuem características que as diferenciam, apontando que a anatomia da madeira é uma ferramenta de grande importância para identificação de espécies e no auxiliar na fiscalização e na regulamentação da comercialização do mercado madeireiro.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Pará, por meio da PROPESP (PIBIC) pelo financiamento prestado ao desenvolvimento deste trabalho

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1-20.

CORADIN, V.T.R. & MUNIZ, G.B. 1992. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae. IBAMA/DIRPED, Brasília, Série Técnica LPF 15:1-19.

CRONQUIST A. The evolution and classification of the flowers plants. New York: Willian C. Steere, 1968.

ENGLER, A.; PRANTL, K. In die Naturlichen Pflanzenfamilien. Leipzig: Wilhelm Engelmann, volume 3, p. 138-178. 1892.

FERREIRA, G. C.; GOMES, J. I.; HOPKINS, M. J. G.. Estudo anatômico das espécies de Leguminosae comercializadas no estado do Pará como "angelim". *Acta Amazônica*. [online]. 2004, vol.34, n.3, pp.387-398. ISSN 0044-5967. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000300005>.

FLORA DO BRASIL. *Leguminosae in Flora do Brasil 2020 em construção*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115>>. Acesso em: 14 Mai. 2017

IAWA COMMITTEE. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* 10:219-332.

JOHANSEN, D. A. Plant microtechnique. New York: McGraw- Hill, 1940. 523p.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. *Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético*. 3ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2009 632p.

JUNIOR, L.S. Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no Estado de São Paulo - Programas "São Paulo Amigo da Amazônia" e "Cadmadeira". 2013. 272 f.. Dissertação em Ciências. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Piracicaba, 2013.

LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B. & LOCK, M. *Legumes of the world*. Royal Botanic Gardens, Kew, 2005.

MARCHIORI, J. N. C.; SANTOS, S.R. dos. A segregação do gênero *Acaci* (Tourn.) Mill., sob o ponto de vista da anatomia da madeira de espécies nativas e cultivadas no Rio Grande do Sul. *Balduinia*, nº 30, p. 25-36, 2011.

METCALFE, C. & CHALK, L. 1950. *Anatomy of the dicotyledons*. Oxford, Clarendon Press, Vol. 01, p. 476 – 535

SILVA, E. F. R. da; REIS, A. R. S.; CARVALHO, J. C. de; LISBOA, P. L. B.; URBINATI, C. V. *Anatomia sistemática do lenho de espécies de Leguminosae*. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 2014.

SILVA, L. B. da; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P.; CUTLER D. *Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Leguminosae), espécie endêmica da caatinga do nordeste do Brasil*. *Acta Botânica Brasilica*, V. 23, nº 2, p. 436-445, 2009.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SILVA, L. B. da; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P.; CUTLER D. Estudos comparativo da madeira de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. Ex Benth e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Leguminosae-Mimosoideae) na caatinga nordestina. *Acta Botânica Brasílica*, V. 25, nº 2, p.301-314, 2011.

TAKHTAJAN, A. Flowering plants, origin and dispersal. Washington, Smithsonian Institute Press., x, 1969.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E FÍSICA DO LENHO DE TRAÇÃO E OPOSTO DE Eucalyptus grandis

Camila Balby Ribeiro da Silva¹
Jose Alves dos Santos Junior¹
Matheus dos Anjos Amoury¹
Marcos Vinicius Lima Amorim¹
Vinicius Carneiro Miranda¹
Luiz Eduardo de Lima Melo¹

¹ Universidade do Estado do Pará



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E FÍSICA DO LENHO DE TRAÇÃO E OPOSTO DE *Eucalyptus grandis*

Resumo: A madeira é um material biológico e heterogêneo que apresenta certa variabilidade, a qual influencia suas propriedades de forma geral. Lenho de reação trata-se de um lenho diferencial no fuste das árvores que é formado quando ocorrem mudanças na posição de equilíbrio da árvore. A presença do lenho de reação pode alterar o comportamento da madeira frente a diversos processos industriais, diminuindo seu aproveitamento e sua funcionalidade. O objetivo desse trabalho foi caracterizar a influência do lenho de tração e diferenciar do lenho oposto identificado na espécie *Eucalyptus grandis*. Foram selecionadas duas árvores que apresentavam inclinação visível, das quais foram obtidos discos a 1,30 m do solo, que apresentavam 5 cm de espessura. Buscou-se dividir o disco baseado na medula excêntrica, os discos foram processados mecanicamente sendo retirados corpos de prova a cada 1 cm de distância da medula até o câmbio para o estudo anatômico e a cada 1,5 cm para as propriedades físicas de ambos os lenhos, tração e oposto, realizou-se análise anatômica e análise estatística. Para os parâmetros analisados de propriedades físicas, apenas variaram significativamente (p -valor $< 0,05$) os valores de contração tangencial e coeficiente de anisotropia e os parâmetros anatômicos que variaram significativamente foram: comprimento dos elementos de vasos e das fibras, diâmetro do lúmen das fibras, espessura da parede da fibra e fração parede. Essa relação pode indicar diferentes utilizações dessas árvores, de forma a gerar mais benefícios financeiros para quem as produz e sustentabilidade no setor.

Palavras-chave: características anatômicas, lenho de reação, *Eucalyptus*, variação radial, propriedades físicas.

ANATOMICAL AND PHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE REACTION WOOD AND OPPOSITE OF *Eucalyptus grandis*

Abstract: Wood is a biological and heterogeneous material that presents certain variability, which influences its properties in general. Reaction wood is a differential wood in the tree trunk that is formed when changes occur in the equilibrium position of the tree. The presence of the reaction wood can alter the behavior of the wood in front of several industrial processes, reducing its utilization and its functionality. The objective of this work was to characterize the influence of the reaction wood and to differentiate of the opposite wood identified in the species *Eucalyptus grandis*. Two trees with visible slope were selected, from which were obtained discs at 1.30 m from the soil, which were 5 cm thick. We attempted to divide the disc based on the eccentric marrow, the discs were processed mechanically and the specimens were removed every 1 cm from the marrow until the exchange for the anatomical study and every 1.5 cm for the physical properties of both Woody, traction and opposite, we performed anatomical analysis and statistical analysis. For the analyzed parameters of physical properties, only the values of tangential contraction and coefficient of anisotropy varied significantly (p -value < 0.05) and the anatomical parameters that varied significantly were: vessel and fiber element length, lumen diameter of the fibers, wall thickness of the fiber and wall fraction. This relationship can indicate

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

different uses of these trees, in order to generate more financial benefits for those who produce them and sustainability in the sector.

Keywords: Anatomical characteristics, reaction wood, *Eucalyptus*, radial variation, physical properties.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material biológico e heterogêneo que apresenta certa variabilidade, a qual influencia suas propriedades mecânicas, físicas e anatômicas (ZOBEL & BUIJTENEN, 1989) Estas mudanças são principalmente decorrentes da associação entre o fator genético com o ambiental. A presença de um lenho diferencial no fuste das árvores, denominado lenho de reação que é formado quando ocorrem mudanças na posição de equilíbrio da árvore, é um exemplo dessa variabilidade.

O lenho de reação nas folhosas, denominado lenho de tração, caracteriza-se por ser depositado ao longo do lado superior da inclinação de caules e ramos, simultaneamente ocasiona reorientação gradual e contração longitudinal, além disso possui maior teor de celulose e baixo de lignina em comparação ao lenho normal (SOUSA, 2004).

Esse fenômeno ocorre na madeira principalmente como mecanismo de reposta a um estímulo externo em situações adversas, para corrigir curvaturas, inclinações no tronco, declividade do solo, influência do clima e provavelmente, também, em função da manutenção do ângulo do ramo, e as circunstâncias que levam a este fenômeno não estão totalmente esclarecidas (TIMMEL, 1986).

A presença do lenho de reação pode alterar o comportamento da madeira frente a diversos processos industriais, diminuindo seu aproveitamento e sua funcionalidade (FERREIRA, 2012). O lenho de reação quando presente na árvore pode apresentar características anatômicas, químicas, físicas e mecânicas distintas quando comparado ao lenho formado em oposição a este crescimento não usual (lado oposto na mesma secção transversal), assim, ambos os lenhos, podem ser considerados diferentes do lenho formado em condições normais de crescimento (PLOMION et al., 2003).

A madeira de tração geralmente apresenta coloração mais clara, sendo mais característica quando recém-cortada, entretanto, as análises microscópicas são as mais confiáveis (GROSSER, 1980). As diferenças anatômicas entre a madeira normal e de tração são consideráveis, ressaltando que podem variar de acordo com a espécie.

Nesse âmbito, plantações florestais do gênero *Eucalyptus*, têm apresentado de modo frequente madeira de tração, formado principalmente em árvores jovens, por sofrerem inclinação devido à ação dos ventos, ou mesmo inclinação do terreno. Fator esse, que pode reduzir o valor agregado do produto final, por alterar as propriedades tecnológicas da madeira de forma significativa (SOUSA, 2004).

Diante do exposto o objetivo desse trabalho foi caracterizar a influência do lenho de tração sobre as propriedades anatômicas e físicas da madeira, diferenciando do lenho oposto, em um clone de *Eucalyptus grandis* plantado no Sudeste do Pará, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2.1 Obtenção e processamento do material

O material utilizado nesse estudo foi retirado de um clone de *Eucalyptus grandis*, proveniente de plantio homogêneo da empresa Aurora Agropecuária e Reflorestadora – EIRELI – ME, estabelecido no Município de Itupiranga – PA (05° 09' 33" S e 49° 23'44" W).

As árvores utilizadas neste experimento apresentavam 10 anos de idade. Foram selecionadas duas árvores que apresentavam inclinação visível, das quais foram obtidos discos a 1,30 m do solo, que apresentavam 5 cm de espessura. Buscou-se dividir o disco baseado na medula excêntrica conforme apresentada na Figura 1, sendo comparado ponto a ponto da posição radial, com o objetivo de diferenciar a madeira de tração do lado oposto no sentido medula-casca para ambas as propriedades.

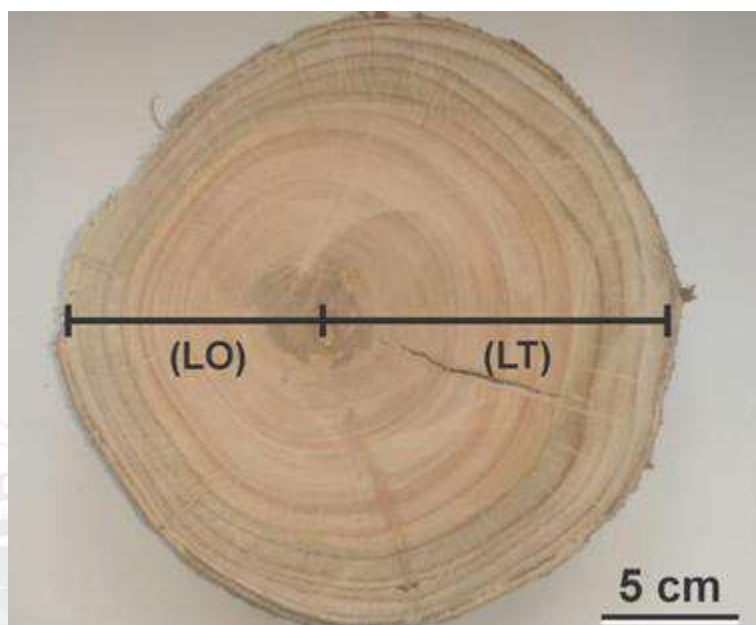


Figura 1 Diferenciação do Lenho de tração ao Lenho oposto.

Os discos foram então processados mecanicamente sendo retirados corpos de prova a cada 1 cm de distância da medula até o câmbio para o estudo anatômico e a cada 1,5 cm para as propriedades físicas de ambos os lenhos, tração e oposto. Os corpos de prova da anatomia apresentavam dimensões de 1,0 x 1,0 x 1,0 cm na direção radial, tangencial e longitudinal respectivamente e o para as propriedades físicas de dimensões 1,5 x 1,5 x 3,0 cm nos direção radial, tangencial e longitudinal respectivamente.

2.2 Análise anatômica e propriedades físicas

Foi realizado o estudo da dimensão das fibras (comprimento, diâmetro, diâmetro do lúmen, espessura da parede e fração parede) e do comprimento dos elementos de vaso.

Os corpos de provas para análise anatômica foram macerados pelo método

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

de Franklin, que consiste na utilização de ácido acético glacial 99,8% P.A e peróxido de hidrogênio 35% P.A na proporção de 1:1, levado para estufa a 60°C por 24 horas. Após o procedimento de maceração, foram confeccionadas lâminas histológicas provisórias, para cada posição radial e parâmetro anatômico foi fixado o número de 25 medições.

Com os valores de diâmetro da fibra e diâmetro do lume da fibra foi calculada a espessura da parede: Equação (1).

$$EP = \frac{DF - DLF}{2} \quad (1)$$

Em que:

EP= espessura da parede

DF = diâmetro da fibra

DLF = diâmetro do lume da fibra

O cálculo da fração parede foi obtido segundo a equação: Equação (2).

$$FP = \frac{EP \times 2}{DF} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

FP= fração parede

EP= espessura da parede

DF=diâmetro da fibra

Para propriedades físicas as contrações lineares e volumétricas foram determinadas de acordo com a NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1997). A densidade básica foi determinada seguindo procedimento de ensaio especificado pela NBR 11941 (ABNT, 2003).

2.3 Análise estatística

Para a interpretação das análises estatísticas, utilizaram-se modelos lineares generalizados (GLMs) para verificar o efeito do lenho de tração sobre os parâmetros anatômicos e propriedades físicas avaliadas. Todos os GLMs foram submetidos à análise residual, de forma a avaliar a adequação da distribuição de erros (Crawley, 2002). Todas as análises foram realizadas utilizando Rv2.12.0 (R Development Core Team, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características anatômicas

As fibras da madeira de tração típicas diferem das fibras da madeira normal, devido à camada gelatinosa que se forma na parede celular, este é um dos principais indícios da presença de madeira de tração no caule de folhosas (VIDAURRE et al., 2013).

Com exceção do diâmetro das fibras todos os demais parâmetros anatômicos

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

avaliados foram afetados significativamente pelo lenho de tração (Figura 2). Observou-se que o comprimento dos elementos de vaso e das fibras, a espessura da parede e fração parede das fibras foi maior do no lenho de tração, enquanto o diâmetro lúmen foi menor neste lenho (Figura 2).

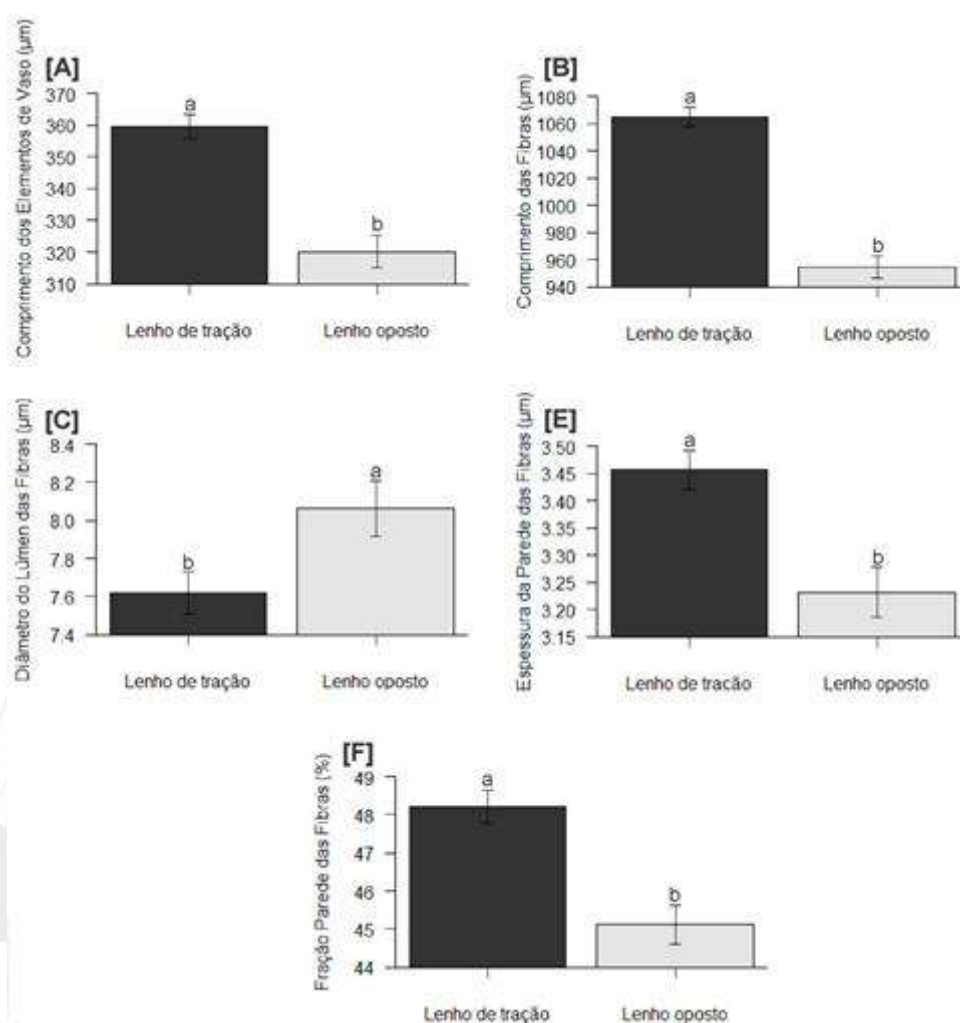


Figura 2. Gráfico de comparação de médias dos parâmetros anatômicos que foram estatisticamente significativos. Em que: A = comprimento dos vasos, F-valor = 38,61, p-valor = $7,90 \times 10^{-10}$; B = comprimento das fibras, F = 103,75, p-valor = $2,2 \times 10^{-16}$; C = Diâmetro do lúmen das fibras, F-valor = 6,01, p-valor = 0,01; E= espessura da parede da fibra, F-valor = 14,65, p-valor = 0,0001; F = fração parede da fibra, F-valor = 21,41, p-valor = $4,18 \times 10^{-6}$.

Ferreira (2012) estudando clones de *Eucalyptus* spp. não encontrou diferenças significativas para fibras entre o lenho de tração e o oposto em diferentes topografias, porém encontrou maiores valores para o lenho oposto em encosta leve (cerca de 5,8% de diferença) e considerou que o comprimento das fibras não indicou a presença de lenho de tração nos fustes das árvores avaliadas e em nenhuma das topografias. Os resultados apresentados diferem do que foi encontrado nesta

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

pesquisa, em que tanto as fibras como os elementos de vaso foram acentuadamente maiores no lenho de tração, Ridoutt e Sands (1993; 1994) explicaram que a variação no comprimento das fibras que ocorre na madeira de *Eucalyptus globulus* é devido a variações correspondentes no comprimento das iniciais fusiformes e também devido a diferenças na fase de alongamento celular que ocorrem após a divisão celular. Assim, é possível que as condições de crescimento das árvores avaliadas tenham afetado a dimensão das iniciais fusiformes do câmbio e/ou a magnitude da diferenciação celular que ocorre após a divisão.

Souza (2004) indica que a espessura da parede das fibras é um parâmetro muito importante para a caracterização da madeira de tração, uma vez que a presença da camada gelatinosa leva ao aumento significativo da espessura da parede das fibras. O autor encontrou maior espessura da parede das fibras no lenho de tração, sendo a diferença estatisticamente significativa, em comparação com a madeira oposta de *E. grandis* com 4 anos e 11 meses de idade, em contrapartida o diâmetro do lúmen das fibras do lenho de tração diminui de forma significativa, resultado semelhante ao observado neste trabalho.

Kollman & Coté (1968); Panshin & De Zeeuw (1980); Vidaurre et al (2013) tiveram como resultado que a resistência das madeiras de tração, ao esforço de tração, é maior do que ocorre nas madeiras normais, e relaciona-se ao aumento do teor de celulose em relação a madeira oposta e normal. Entretanto, sua resistência diminui de forma expressiva para o esforço de compressão paralela, onde a madeira de tração deforma sob menores cargas do que ocorre com a madeira oposta e normal. De acordo com Mokfienski et al (2008) de forma geral fibras com menores espessuras de parede e maiores diâmetros de lúmen tem maior potencial de colapso, facilidade de refino, maior área de contato entre fibras na formação da folha de papel e, logo em seguida, maior resistência mecânica, constituindo um atributo de qualidade dos papéis formados, junto com a opacidade.

Os resultados encontrados para propriedades físicas podem ser observados na Figura 2, em que são apresentadas propriedades variaram estatisticamente entre as analisadas.

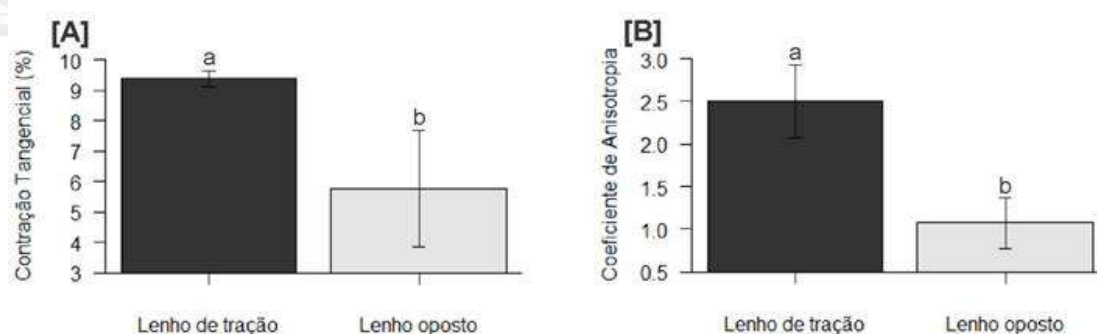


Figura 2. Tabela com valores de comparação de médias de Contração Tangencial e Coeficiente de Anisotropia. ([A] contração tangencial; F-valor = 5.06; p-valor = 0,04); ([B] coeficiente de anisotropia; F-valor = 6.16; p-valor = 0,03).

Para os parâmetros analisados de propriedades físicas, apenas variaram significativamente (p -valor $< 0,05$) os valores de contração tangencial e coeficiente de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





anisotropia. O lenho de tração apresentou valores maiores para as duas propriedades. A madeira de reação pode apresentar contrações excessivas, de acordo com Panshin e De Zeeuw (1980) as contrações podem ser resultado de fissuras desenvolvidas nos espaços intercelulares e que podem ser atribuídas à presença da camada gelatinosa, que devido sua natureza higroscópica tende a sofrer maiores mudanças dimensionais ao secar.

A alta contração tangencial e altos valores de coeficiente de anisotropia tornam a madeira comercialmente indesejável, uma vez que são condições desagradáveis para todos os setores florestais. Monteiro et al (2010) avaliando a variação da densidade básica e da retratibilidade dos lenhos de tração e oposto ao longo do raio, não encontrou diferenças significativas para nenhuma das propriedades físicas analisadas, resultado semelhante ao encontrado nesse estudo.

Sousa (2004) avaliando as características da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* não encontrou diferenças significativas para a densidade básica da madeira, no sentido medula-casca na altura do DAP, porém em discos da região superior do tronco encontrou diferenças significativas, indicando que a parte superior é mais afetada pela presença de lenho de tração. O autor, assim como os resultados apresentados neste trabalho não encontrou diferenças significativas para os valores de contração volumétrica.

Em geral a madeira de reação apresenta características físicas e anatômicas diferentes da madeira oposta. Essa relação pode indicar diferentes utilizações dessas árvores, de forma a gerar mais benefícios financeiros para quem as produz. As alterações causadas pela presença do lenho de reação podem ser positivas considerando a destinação final.

4. CONCLUSÕES

Mediantes os resultados obtidos, conclui-se que a madeira de reação apresenta características físicas e anatômicas diferentes da madeira produzida ao lado oposto a inclinação, principalmente comprimento dos elementos de vasos e comprimento das fibras, fatores que contribuem para maiores modificações dimensionais na madeira e conseqüentemente menores valores comerciais. Entretanto, ainda há necessidade de estudos das propriedades químicas e mecânicas para que de fato, essa madeira gerada em condições ambientais adversas seja mais bem aproveitada, gerando sustentabilidade no setor.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira da Universidade do Estado do Pará-UEPA, à Programa de Assistência de Auxílio Estudantil e à Liga de Ciência e Tecnologia da Madeira-LCTM, Movelaria Maragoanha, à empresa Aurora Agropecuária e Reflorestadora pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Madeira - Determinação da

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Densidade Básica. NBR 11941/2002. São Paulo - ABNT - 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projetos de estrutura de madeiras. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

FERREIRA, Sérgio. **Lenho de tração em *Eucalyptus spp* cultivado em diferentes topografias**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras.

GROSSER, D. **Defeitos de Madeira**. Curitiba: Fupef (Série técnica, 2), 1980. 62p.

KOLLMAN F. F .P., CÔTÉ W. A. Principles of wood science and technology. New York: Springer-Verlag; 1968. v. 1, 592 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-87928-9>

MOKFIENSKI, A., COLODETTE, J. L., GOMIDE, J. L., & CARVALHO, A. M. M. L.. A importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento de polpa e na qualidade do produto. 2009.

MONTEIRO, T. C., DA SILVA, R. V., LIMA, J. T., BARAÚNA, E. E. P., DE CARVALHO, D. M., & LIMA, M. T.. Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus sp*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 1, n. 1, 2010.

PANSHIN, A. J. AND DE ZEEUW, C. (1980), Text book of wood technology. 4.ed. New York: Mc-Graw-Hill, 722p.

PLOMION, C.; PIONNEAU, C.; BAILLÈRES, H. Analysis of protein expression along the normal to tension wood gradient in *Eucalyptus dunnii*. *Holzforschung*, Berlin, v 57, n. 4, p, 353-358, 2003.

RIDOUTT, B. G.; SANDS, R. Quantification of the processes of secondary xylem fiber development in *Eucalyptus globulus* at 2 height levels. **IAWA Journal**, Leiden, v. 15, n. 4, p. 417-424, 1994.

RIDOUTT, B. G.; SANDS, R. Within-tree variation in cambial anatomy and xylem cell differentiation in *Eucalyptus globulus*. **Trees-Structure and Function**, Heidelberg, v. 8, n. 1, p. 18-22, 1993.

SOUSA LC. Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2004. 2004. 77 p.

SOUSA, L. C. **Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica**. Viçosa – Minas Gerais, 2004.

TIMELL, T.E. **Compression wood in gymnosperms**. New York: Springer-Verlag, v.1, , 1986. 706p.

VIDAURRE, G. B., LOMBARDI, L. R., NUTTO, L., FRANÇA, F. J. N., OLIVEIRA, J.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

T.

D. S., & ARANTES, M. D. C.. Propriedades da madeira de reação. 2013.

ZOBEL, B.J.; BUIJTENEN, J.P. **Wood variation**: its causes and control. Berlin:
Springer-Verlag, 1989. 361p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA MACROSCÓPICA DE SEIS ESPÉCIES MADEIREIRAS COMERCIALIZADAS EM PARAGOMINAS, ESTADO DO PARÁ

PAULO RENATO SOUZA DE OLIVEIRA¹

Ana Catarina Siqueira Furtado¹

Luan F. F. Silva¹

Darleny Cristina Serrão Penisch¹

camila cristina soares lobato¹

Thais Yuri Rodrigues Nagaishi¹

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA MACROSCÓPICA DE SEIS ESPÉCIES MADEIREIRAS COMERCIALIZADAS EM PARAGOMINAS, ESTADO DO PARÁ

Resumo: Na Amazônia, a gigantesca diversidade de espécies arbóreas aumenta a dificuldade no processo de identificação correto. É comum que a identificação da madeira das espécies florestais seja realizada apenas utilizando-se o nome popular, através da comparação de suas propriedades organolépticas. Desse modo, madeiras chegam às empresas com denominações comuns do local de origem, muitas vezes havendo várias com a mesma nomenclatura, e complicando a comercialização adequada da madeira. Nesse contexto, o presente estudo objetivou caracterizar os aspectos anatômicos macroscópicos de seis espécies madeireiras comercializadas no Estado do Pará, buscando dar subsídio para correta identificação das madeiras. As amostras de madeira foram coletadas em uma serraria localizada no município de Paragominas – PA. A identificação inicial se deu pelo nome vernacular atribuído as espécies ainda na serraria, sendo elas: anjelim, estopeira, guajará, pau-amarelo, roxinho e sucupira. Posteriormente, a Xiloteca do Laboratório de Botânica da Embrapa Amazônia Oriental, sede Belém – Pará, emitiu um laudo de identificação de madeira. As descrições gerais e macroscópicas das madeiras estudadas foram obtidas de acordo com as normas do IAWA (1989) e com as Normas e Procedimentos em Estudo de Anatomia de Madeira do IBAMA. Os resultados encontrados reforçam a hipótese de que a descrição empírica das características da madeira não é suficiente para lhe atribuir a denominação científica. As informações levantadas no presente estudo poderão contribuir para garantir uma melhor comercialização das espécies, evitando fraudes e oferecendo uma maior garantia na qualidade e utilização adequada das madeiras.

Palavras-chave: propriedades organolépticas, aspectos anatômicos, fotomacrografia, identificação.

MACROSCOPIC ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF SIX WOOD SPECIES MARKETED IN PARAGOMINAS, STATE OF PARÁ

Abstract: In Amazonia, the enormous diversity of tree species contributes to the difficulty of the process of correctly identifying species. It is common that the identification of forest essences is performed only by the popular name, evaluating the external similarity of the organoleptic properties. In this way, species arrive at companies with denominations common to the place of origin, often having several with the same nomenclature, and complicating the adequate commercialization of the wood. In this context, the present study aimed to characterize the anatomical aspects of six wood species commercialized in the State of Pará, seeking to provide subsidy for correct identification of the parts. The wood samples were collected in a lumber-mill located in the county of Paragominas - PA. The early identification was given by the vernacular name assigned to the species still in the lumber-mill, being: anjelim, estopeira, guajará, pau-amarelo, roxinho and sucupira. Subsequently, the Xiloteca of the Laboratory of Botany of Embrapa Amazônia Oriental, located in Belém - Pará, issued a report of identification of wood. The general and macroscopic descriptions of the wood studied were obtained according to the standards of IAWA (1989) and the Standards and Procedures in the Study of Wood Anatomy of IBAMA. The results support the hypothesis that the empirical description of the characteristics of the wood is not sufficient to attribute the correct denomination to it. The information gathered in this study may contribute to guarantee the proper commercialization of species, avoiding fraud and greater guarantee of the quality and proper use of wood.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Keywords: organoleptic properties, anatomical aspects, photomacrography, identification.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil abriga 463 milhões de hectares de floresta, uma área correspondente a 54,4% do seu território, o que representa a segunda maior área de florestas do mundo (ABRAF, 2013). Na Amazônia, segundo Hubbell et al. (2008), estima-se a existência de 11.120 mil espécies arbóreas, fato que dificulta o processo de identificação, uma vez que o tempo para se reconhecer e apreender as características desse grande número de espécies é considerável. Dessa forma, a identificação de essências florestais tende a ser realizada apenas pelo nome popular, avaliando a similaridade externa de algumas propriedades organolépticas (REIS, 2015).

No ano de 2015, somente o estado do Pará comercializou cerca de 1 947 710 m³ de madeira tropical, cujo valor econômico correspondeu a 369 773 983 de reais (SEMAS, 2015), o que o exhibe como forte estado brasileiro na comercialização desse produto. No entanto, inúmeras espécies chegam às empresas com denominações comuns ao local de origem, muitas vezes havendo várias com a mesma nomenclatura. Cada madeira apresenta características individuais, logo as suas propriedades podem ser totalmente diferentes, originando problemas no momento do uso, além disso, uma correta identificação auxilia no combate a comercialização ilegal de espécies ameaçadas de extinção e proibidas ao corte ou a venda de essências de baixo valor comercial em substituição a outras com valor elevado (BATISTA, 2016).

Poucos são os profissionais capazes de identificar corretamente espécimes vegetais na Amazônia, pois o número de taxonomistas que atua nessa Região é bastante reduzido, como também, de parataxônomos (MARTINS-DA-SILVA et al., 2003). Outra barreira acerca da utilização de material fértil ou características vegetativas para a identificação de espécies é a própria impossibilidade de fazê-lo, tendo em vista que a madeira em tora é o produto que se encontra nas empresas.

Para identificação segura de madeiras, outra metodologia muito utilizada baseia-se na descrição de sua estrutura anatômica e propriedades organolépticas, sendo possível obter informações seguras à nível de gênero para muitos grupos de espécies.

Nesse sentido abordaram-se, no presente estudo, os aspectos anatômicos da madeira de seis espécies comercializadas no Estado do Pará, com o objetivo de dar subsídio para correta identificação do material quanto a características estruturais anatômicas, sendo possível orientar o uso mais adequado de cada espécie, evitar o desperdício e ainda a comercialização incorreta das madeiras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de madeira foram coletadas em uma serraria localizada no município de Paragominas – PA. Em seguida, foram preparados 22 corpos de prova seguindo a NBR 7190 (ABNT, 1997). A identificação inicial se deu pelo nome vernacular atribuído as espécies ainda na serraria, sendo elas: anjelim, estopeira, guajará, pau-amarelo, roxinho e sucupira. Posteriormente, a identificação foi realizada na Xiloteca do Laboratório de Botânica da Embrapa Amazônia Oriental, sede Belém – Pará, que emitiu um laudo de identificação de madeira (Nº do NIDX: 01/2017).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para cada espécie estudada, escolheu-se ao acaso dois corpos de prova, em seguida, efetuou-se o processo de lixamento das peças com lixas de granulometria 100, 120, 220, 320, 360, 400 e 1200, para conseguir uma superfície adequada a ser utilizada para obtenção de fotomicrografias.

As descrições gerais e anatômicas macroscópicas das madeiras estudadas foram obtidas de acordo com as normas do IAWA (1989) e com as Normas e Procedimentos em Estudo de Anatomia de Madeira do IBAMA, descrito por CORADIN e MUNIZ (1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, encontram-se as descrições das características gerais e macroscópicas, bem como é apresentada a fotomicrografia da seção transversal de seis espécies de madeiras comercializadas no Estado do Pará.

Nome vulgar inicial: angelim

Nome vulgar e científico após a identificação: angelim pedra, *Hymenolobium petraeum* Ducke

Família: Fabaceae Lindl.

Descrição geral

Cerne e alburno são distintos pela cor, cerne castanho-avermelhado claro, com manchas castanhas mais escuras, alburno castanho-pálido; brilho moderado; cheiro e gosto imperceptíveis; densidade média; dura ao corte; grã direita a revessa; textura grossa, aspecto fibroso. Segundo Alves et al., (2012) possui desenho destacado por parênquima axial em faixas longitudinais e camadas de crescimento distintas.

Descrição macroscópica

No plano transversal (Figura 1), o parênquima axial é visível a olho nu, tem disposição paratraqueal aliforme de formato losangular, com trechos tendendo a formar faixas largas. Os raios são distintos sem auxílio de lupa de 10x. Os poros são visíveis a olho nu, solitários, apresentam porosidade difusa, sem arranjo específico dos vasos, e são desobstruídos. As camadas de crescimento são indistintas.

No plano longitudinal tangencial, os raios são visíveis a olho nu e estratificados, com listrado de estratificação regular; as linhas vasculares são retilíneas. No plano longitudinal radial o espelhado dos raios é pouco contrastado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

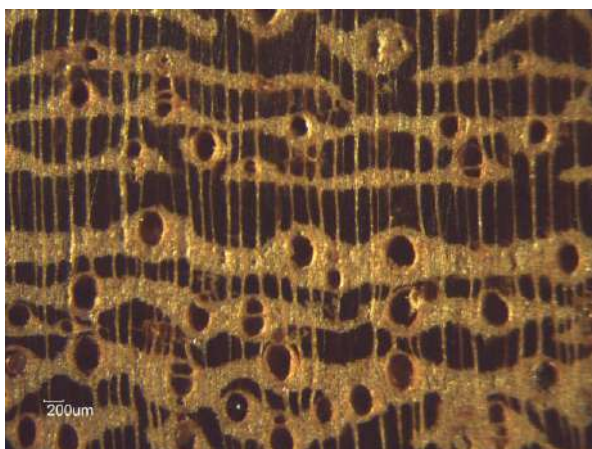


Figura 1. Fotomicrografia da madeira de *Hymenolobium petraeum* Ducke – plano transversal.

Nome vulgar inicial: estopeira

Nome vulgar e científico após a identificação: jatobá, *Hymenaea* spp. Dwyer

Família: Fabaceae Lindl.

Descrição geral

O cerne e alburno são distintos pela cor, com o cerne variando do castanho-amarelado ao castanho-avermelhado e o alburno sendo branco-amarelado; cheiro e gosto imperceptíveis; densidade alta; dura ao corte; grã regular a irregular; textura média; superfície pouco brilhosa.

Descrição macroscópica

No plano transversal (Figura 2), o parênquima axial é visível a olho nu, disposto de maneira paratraqueal aliforme de extensão linear e também em faixas marginais. Os raios são visíveis mesmo sem lente de 10x de aumento. Os poros são difusos, solitários, sem arranjo específico dos vasos, e sem obstrução interna. As camadas de crescimento são individualizadas por parênquima marginal.

No plano longitudinal tangencial, os raios são distintos apenas sob lente de 10x, sendo não estratificado; as linhas vasculares são retilíneas. No plano longitudinal radial, o espelhado dos raios é contrastado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

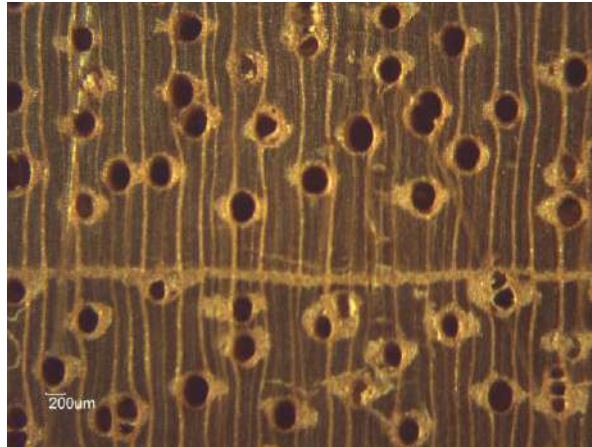


Figura 2. Fotomicrografia da madeira de *Hymenaea spp.* Dwyer – plano transversal.

Nome vulgar inicial: guajará

Nome vulgar e científico após a identificação: guajará-vermelho, *Pouteria oppositifolia* (Ducke) Baehni

Família: Sapotaceae Juss.

Descrição geral

Não há diferença de cor nítida entre cerne e alburno, que possuem ambos um tom vermelho-acastanhado; tem brilho moderado, cheiro e gosto não característicos; densidade média; grã irregular, textura fina e desenho pouco destacado.

Descrição macroscópica

No plano transversal (Figura 3), o parênquima axial é visível a olho nu, disposto de forma paratraqueal aliforme de extensão linear e também em linhas marginais. Os raios são visíveis a olho desprotegido, assim como os poros. A porosidade é difusa, com vasos solitários, sem arranjo específico, e que não apresentam obstrução. As camadas de crescimento são distintas, individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras e por linhas de parênquima marginal.

No plano longitudinal tangencial, os raios são distintos apenas sob lente de 10x, sendo não estratificado; as linhas vasculares são retilíneas. O espelhado dos raios é pouco contrastado no plano longitudinal radial.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

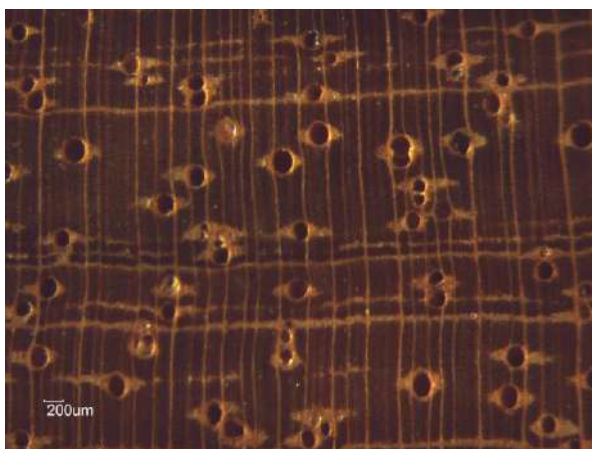


Figura 3. Fotomicrografia da madeira de *Pouteria oppositifolia* (Ducke) Baehni – plano transversal.

Nome vulgar inicial: pau-amarelo

Nome vulgar e científico após a identificação: pau-amarelo, *Euxylophora paraensis* Huber

Família: Rutaceae Juss.

Descrição geral

O cerne e alborno indistintos pela cor, ambos amarelados; brilho moderado; cheiro e gosto imperceptíveis; densidade média; moderadamente dura ao corte; grã direita; textura média a fina.

Descrição macroscópica

No plano transversal (Figura 4), o parênquima axial é invisível mesmo sob lente de 10x de aumento. Os raios são visíveis a olho nu. Os poros também são visíveis a olho nu, difusos, apresentam-se solitários ou múltiplos de dois e três, têm arranjo dos vasos tendendo ao padrão radial e algumas obstruções por substância branca. As camadas de crescimento são distintas, individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras.

No plano longitudinal tangencial, os raios são distintos apenas sob lente de 10x, sendo não estratificado; as linhas vasculares são retilíneas. No plano longitudinal radial, o espelhado dos raios é contrastado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 4. Fotomicrografia da madeira de *Euxylophora paraensis* Huber – plano transversal.

Nome vulgar inicial: roxinho

Nome vulgar e científico após a identificação: roxinho, *Peltogyne venosa* (Vahl) Benth.

Família: Fabaceae Lindl.

Descrição geral

Cerne e alburno indistintos pela cor, ambos de aspecto arroxeadado intenso; sem brilho; gosto e cheiro indistintos; densidade alta; de difícil trabalhabilidade; grã direita; textura média.

Descrição macroscópica

No plano transversal (Figura 5), o parênquima axial é visível a olho nu, com disposição paratraqueal confluyente e também em linhas marginais. Os raios são visíveis a olho desprotegido, assim como os poros. Estes últimos são difusos, solitários e não possuem nenhum tipo de obstrução. Também não há arranjo específico dos vasos. As camadas de crescimento são distintas, individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras e por linhas de parênquima marginal.

No plano longitudinal tangencial, os raios são distintos apenas sob lente de 10x, não estratificados; as linhas vasculares são retilíneas. O espelhado dos raios é contrastado no plano longitudinal radial.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

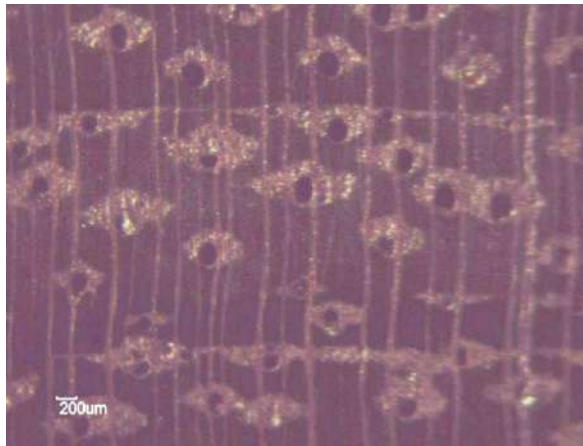


Figura 5. Fotomicrografia da madeira de *Peltogyne venosa* (Vahl) Benth – plano transversal.

Nome vulgar inicial: sucupira

Nome vulgar e científico após a identificação: sucupira, *Bowdichia nítida* Spruce ex Benth

Família: Fabaceae Lindl.

Descrição geral

O cerne e alborno são distinguidos pela cor, com cerne pardo; aspecto fibroso; brilho ausente; cheiro e gosto imperceptíveis; densidade alta; dura ao corte; grã irregular; textura grossa.

Descrição macroscópica

No plano transversal (Figura 6), o parênquima axial é visível apenas sob lente de 10x, com disposição paratraqueal que varia de unilateral, vasicêntrica a aliforme losangular. Os raios são visíveis a olho nu. Os poros são visíveis a olho desprotegido, solitários, sem arranjo específico e sem conteúdo. As camadas de crescimento são individualizadas por distribuição dos poros em disposição tangencial.

No plano longitudinal tangencial, os raios são distintos apenas sob lente de 10x, sendo não estratificado; as linhas vasculares são retilíneas. No plano longitudinal radial, o espelhado dos raios é pouco contrastado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



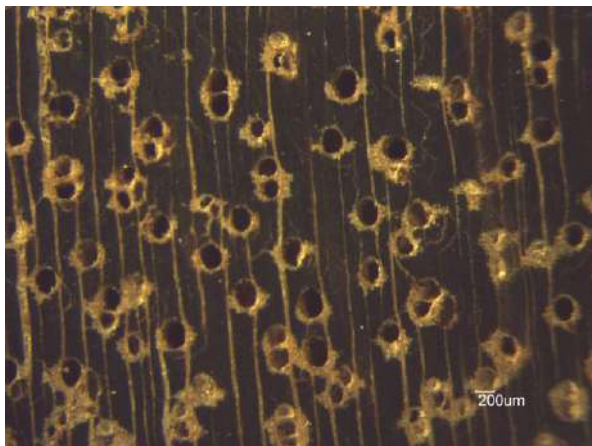


Figura 6. Fotomicrografia da madeira de *Bowdichia nitida* Spruce ex Benth – plano transversal.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados reforçam a hipótese de que a descrição empírica das características da madeira não é suficiente para lhe atribuir a correta denominação, de forma que a espécie tida como estopeira (*Canniana estrellensis* (Raddi) O. Ktze) se tratava, na verdade, de um jatobá (*Hymenaea spp.* Dwyer).

Observa-se que o nome popular também pode ser vago. A espécie tratada apenas como angelim poderia ser confundida com outras, tendo em vista que se atribui este mesmo nome a quatro gêneros diferentes (*Hymenolobium*, *Andira*, *Dinizia* e *Vatairea*).

As informações relativas às características gerais e anatômicas no nível macroscópico das madeiras do presente estudo poderão contribuir para garantir a devida comercialização de espécies, evitando fraudes, dando maior garantia na qualidade e auxiliando na utilização adequada das madeiras comercializadas no Estado do Pará.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF) da Universidade Federal Rural da Amazônia pelo apoio prestado ao desenvolvimento desse trabalho, tão como a Xiloteca do Laboratório de Botânica da Embrapa Amazônia Oriental.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. C.; OLIVEIRA, J., MOTTA, J. P.; PAES, J. B. Caracterização Anatômica Macroscópica de Madeiras Folhosas Comercializadas no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 352-361, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília, DF, 2013. 146 p.

BATISTA, F.R. R. Uso potencial do infravermelho próximo na discriminação de madeira e carvão de espécies da caatinga. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, PR. 2016.

CORADIN, V. T. R.; MUNIZ, G. I. B. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia 1 de madeira: I Angiospermae, II Gimnospermae**. Brasília: IBAMA, 19 p. Série Técnica LPF. Ed. 180, v. 15, 1992.

HUBBELL, S. P.; HE, F.; CONDIT, R.; BORDA-DE-ÁGUA, L.; KELLNER, J.; TER STEEGE, H. How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct?. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. Supplement 1, p. 11498-11504, 2008.

IAWA COMMITTEE. **List of microscopic features for hardwood identification**. IAWA Bulletin 10:219-332, 1989.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; HOPKINS, M. J.; THOMPSON, I. S. **Identificação botânica na Amazônia: situação atual e perspectivas**. Embrapa Amazônia Oriental, 2003.

REIS, A. R. S. Anatomia da madeira de quatro espécies de Aspidosperma Mart. & Zucc. Comercializadas no estado do Pará, Brasil. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 6, n. 1, p. 47-62, 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE/PARÁ – SEMAS/PA. **Extração e Movimento de Toras de Madeira Nativa**. Período de 1/1/2015 até 31/12/2015. Dados., Belém, PA, 2015.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA DE UMA EMPRESA FLORESTAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

Ana Hansted¹

Tamiris Cristina Oliveira de Andrade²

Elias Ricardo Durango Padilla³

Gabriela Bertoni Belini⁴

Vladimir Costa¹

Fabio M Yamaji⁵

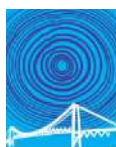
¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

² Faculdade de Ciências Agrônomicas / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

³ Departamento de Ciência dos Materiais / Universidade Federal de São Carlos

⁴ Universidade Federal de São Carlos

⁵ Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos



CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA DE UMA EMPRESA FLORESTAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

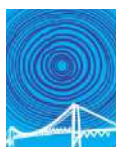
Resumo: Os recursos renováveis surgiram como alternativa à crescente demanda na produção, com suprimentos escassos que estão se tornando insuficientes. Os obstáculos passaram a ser incentivos às práticas sustentáveis. A biomassa é um recurso em ascensão, reconhecido como uma fonte sustentável de energia. O objetivo desta pesquisa foi realizar a caracterização físico-química da casca do eucalipto utilizada para a geração de energia em uma indústria de painéis, e identificar a existência e os componentes dos contaminantes na casca. Foram realizados três tratamentos para a granulometria da casca: T1 (20 e 40 mesh), T2 (60 mesh) e T3 (100 mesh e fundo). O material foi avaliado quanto ao teor de umidade, os três tratamentos foram submetido à análise química imediata, e foi avaliado o poder calorífico. As cinzas foram analisadas no MEV e EDS com a finalidade de identificar os contaminantes. Os dados obtidos nas análises foram submetidos à análise estatística, utilizando o software R. O material apresentou teor de umidade de 70% em base seca, considerado elevado para o uso em bioenergia. O teor de cinzas, voláteis apresentou diferença significativa entre os tratamentos, e T1 apresentou menor valor para cinzas (2,63%) e maior valor para voláteis (80,23%), o que o torna o melhor tratamento para o uso em energia. Todos os tratamentos apresentaram contaminantes em suas cinzas, com presença de Ca, Fe e Si.

Palavras Chave: Caracterização físico-química, biomassa, teor de umidade, contaminantes.

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE BIOMASS USED IN A FORESTRY INDUSTRY FOR BIOENERGY

Abstract: Renewable resources have emerged as an alternative to growing demand in production, with scarce supplies becoming insufficient. Obstacles became incentives for sustainable practices. Biomass is a rising resource, recognized as a sustainable source of energy. The aim of this study was the physico-chemical characterization of eucalyptus bark used for power generation in a panel industry, and identifies the existence and the components of the contaminants in the bark. Three treatments were performed, regarding the grain size of the shell: T1 (20 and 40 mesh), T2 (60 mesh) and T3 (100 mesh and bottom). The material was evaluated for moisture content, the three treatments were subjected to chemical analysis, and the calorific value was evaluated. The ashes were analyzed with SEM and EDS in order to identify the contaminants. The data obtained in this study were statistically analyzed using the software R. The material presented moisture content of 70% on a dry basis, considered high for use in bioenergy. The ash content, and volatile matter presented significantly difference between treatments, and T1 showed a lower value for ash (2.63%) and greater value for volatile (80.23%), making it the best treatment for use in energy. All granulometric extracts showed contaminants in their ashes, with the presence of Ca, Fe and Si.

Keywords: Physicochemical characterization, biomass, moisture content, contaminants.



1. INTRODUÇÃO

Os recursos renováveis surgiram como alternativa à crescente demanda na produção, com suprimentos escassos que estão se tornando insuficientes. Os obstáculos passaram a ser incentivos às práticas sustentáveis. A biomassa é um recurso em ascensão, reconhecido como uma fonte sustentável de energia. Suas vantagens como um produto renovável aumentam a estabilidade de seu mercado; a disponibilidade e fácil trabalhabilidade se tornaram fatores atrativos (LIU *et al.*, 2016).

A disponibilidade da biomassa vegetal é alta em função da variedade em que pode ser encontrada. Sua origem pode ser de plantios próprios para energia, de resíduos florestais ou da agricultura. O material que poderia representar as sobras, com custos para o descarte, passou a ser fonte de economia, sendo muitas vezes utilizado no local em que é produzido, ou vendido (MOTHGARE *et al.*, 2016).

No Brasil, o potencial de produção de biomassa é alto e crescente. O país conta com plantios florestais que superam os 7 milhões de hectares, com geração de mais de 41 milhões de toneladas de resíduos (ABRAF, 2013). Conforme a ABNT 10004 (2004), resíduos são todos aqueles que:

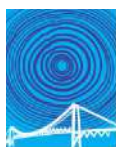
%..) nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam da atividade da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.+

A biomassa proveniente de resíduos florestais apresenta vantagens que a caracterizam como um bom combustível, como facilidade de secagem, o elevado poder calorífico, a baixa temperatura de ignição, e a presença de voláteis em quantidades significativas (WERTHER, *et al.*, 2000). Porém em função da heterogeneidade de materiais vegetais, suas características podem variar muito, sendo necessário o estudo prévio do material que se deseja utilizar, em função das características que se deseja obter.

A biomassa vegetal apresenta em sua composição materiais que não participam do processo da queima. Na análise química imediata são avaliados o teor de cinzas, voláteis e carbono fixo. O teor de cinzas é formado por minerais e se comporta de forma inversamente proporcional ao poder calorífico. Para resíduos na área da agricultura ou florestal, foi constatado que este teor pode ser muito variável e, em função disso, deve ser estudado previamente ao uso (GARBA *et al.*, 2013).

Outro ponto que se deve avaliar é o teor de umidade. Esta propriedade atua inversamente proporcional ao potencial energético. Assim, quando o material tem o teor de umidade elevado, menor será sua capacidade de combustão (SOUZA *et al.*, 2012; FARINHAQUE, 1981). A diferença no poder calorífico entre um material úmido, e seco a 0% de umidade, pode chegar a mais de 50% (FARINHAQUE, 1981).

O poder calorífico é o fator mais importante quando o objetivo principal é a geração de calor. Este fator pode ser influenciado por todas as características da biomassa. Existem espécies já conhecidas pelo potencial energético, como é o caso do eucalipto. O eucalipto já é a espécie florestal mais plantada no Brasil, com aproximadamente 5 milhões de hectares. Em função de seu rápido crescimento e adaptação, é amplamente utilizada, inclusive no setor energético (ABRAF, 2013). A geração de resíduos desta espécie é alta, e a casca é um item que passou a ser fonte de energia para empresas do ramo florestal.



O objetivo deste trabalho foi a caracterização físico-química da casca de eucalipto que é utilizada para queima em uma empresa florestal, verificar a presença de contaminantes na biomassa e identificá-los.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A biomassa foi coletada na cidade de Itapetininga/SP. A origem da casca é de plantios de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com sete anos de idade. O descascamento das toras é feito no pátio da empresa em um descascador de tambor. Após o descascamento o material é encaminhado por esteiras até o silo de armazenamento. A coleta da casca para os ensaios foi feita no silo de armazenamento.

O teor de umidade foi calculado no momento da coleta. Foi feita uma pesagem inicial, e em seguida o material foi colocado em uma estufa a $80 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Foram feitas sucessivas pesagens, até que o material atingisse pesagem constante. Logo, o teor de umidade foi calculado conforme segundo a equação (1):

$$TU = [(Pu \cdot Ps)/Ps]*100 \quad (1)$$

onde TU = teor de umidade (%); Pu = Peso úmido (g); e Ps = Peso seco (g).

A casca foi triturada no moinho de facas tipo Willey. E em seguida com a finalidade de se obter a análise granulométrica, foi inserida em um separador de partículas por 3 minutos nas peneiras de 10, 20, 40, 60, 100 mesh, e fundo, conforme norma NBR NM 248/2003.

O material foi submetido a uma separação granulométrica, formando tratamentos T1 (20 e 40 mesh), T2 (60 mesh) e T3 (100 mesh e fundo).

Os tratamentos foram submetidos à análise química imediata. Foram utilizadas as normas: ASTM D1102-84, para o teor de cinzas; ABNT NBR 8112/86 para o teor de voláteis. Ambos em triplicatas. O teor de carbono fixo foi calculado segundo a equação (2):

$$TCF = 100 \cdot (TC + TV) \quad (2)$$

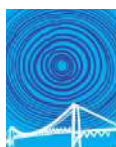
onde TCF = teor de carbono fixo (%); TC = teor de cinzas (%); e TV = teor de voláteis (%).

O poder calorífico superior (PCS) foi obtido na bomba calorimétrica IKA C200 com base nos padrões da norma ASTM D5865/98 para todos os tratamentos. Foram realizadas três repetições para cada tratamento.

A composição da cinza foi definida utilizando a microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectroscopia de energia dispersiva (EDS), utilizando um microscópio Hitachi, modelo TM 3000.

A análise estatística dos resultados foi feita com o auxílio do software estatístico R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO



O teor de umidade da casca foi de 70%, em base seca. Este teor é considerado muito elevado e pode interferir negativamente no poder calorífico. O ideal é que o material esteja com no máximo 20% (FARINHAQUE, 1981). A biomassa é utilizada pela empresa nas condições em que é coletada, ou seja, logo após o descascamento sem nenhum processo de secagem. A secagem do material ao ar livre antes do armazenamento poderia ser uma alternativa para reduzir o teor de umidade e melhorar as características do combustível.

Foi feita a distribuição granulométrica do material antes e após a passagem pelo moinho (Figura 1). O tamanho das partículas antes do procedimento apresentava 55% de sua massa na granulometria de 2φ (50mm). O processo de moagem deixou o material mais homogêneo distribuídos nas peneiras de 40 mesh (41%), 60 mesh (31%) e o restante distribuídos nas peneiras de 100mesh, 200 mesh e fundo.

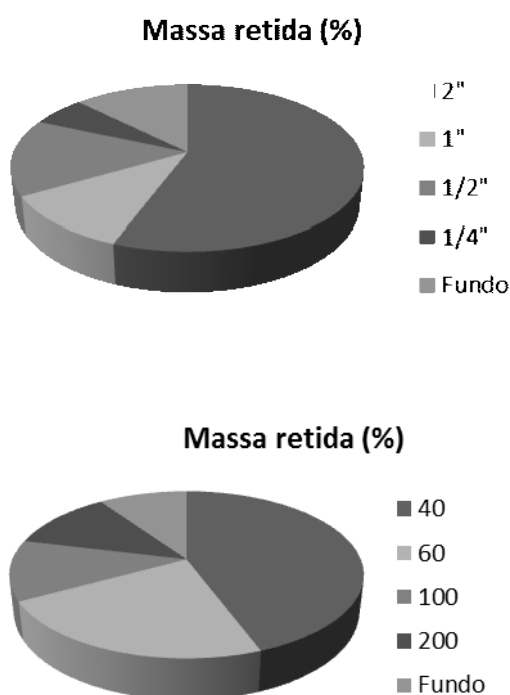
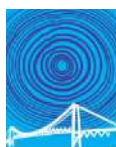


Figura 1: Distribuição granulométrica das partículas antes (a) e depois da passagem pelo moinho (b);

Os valores da análise química imediata estão na tabela 1:

Tabela 1. Análise química imediata dos três tratamentos.

Análise química imediata	Teor de cinzas (%)	Teor de voláteis (%)	Teor de Carbono fixo (%)
Tratamento 1	2,63 ± 0,28 (c)	80,23 ± 0,26 (a)	17,12 ± 0,34
Tratamento 2	5,23 ± 0,36 (b)	76,89 ± 0,62 (b)	17,86 ± 0,40



Tratamento 3	13,86 ± 0,26 (a)	68,15 ± 0,2 (c)	17,98 ± 0,38
--------------	---------------------	--------------------	--------------

O teor de cinzas indica a porção do material que não deve fazer parte da queima, ou seja, os minerais (BRAND, 2010). Dessa forma, se torna inversamente proporcional ao potencial energético do material. A casca de eucalipto aqui estudada apresentou valores aproximados de 2 a 14% de cinzas. Foi calculada a ANOVA e aplicado o teste TUKEY, todas as médias diferiram significativamente à 5% de confiança.

Para o uso em energia, o ideal é que o teor de cinzas seja baixo (até 1%), potencializando o poder calorífico (PROTÁSIO, et al., 2011). Porém este teor é variável, para espécies vegetais, são encontrados valores de 0,5 a 20% (GARBA et al., 2013). A casca pode levar a aumentos significativos no teor de cinzas (VITAL et al., 1989).

As cinzas não só representam perda no poder calorífico, como também participam de um processo corrosivo nos equipamentos em que entra em contato. Quando a biomassa é aquecida nas caldeiras a cinza inicia o processo de abrasão, limitando a vida útil dos equipamentos e aumentando os custos de manutenção (NUNES et al., 2016). Outro fator negativo é que o acúmulo das cinzas nas paredes do interior da caldeira resulta em um espessamento dessas paredes e consequentemente, a diminuição na eficiência na troca de calor.

O teor de voláteis para a produção de energia, é um componente que provoca uma rápida ignição do material, porém com curto tempo de queima (TAVARES & SANTOS, 2013). Os valores encontrados para T1 e T2 são considerados satisfatórios de acordo com Arola (1976), esse teor deve estar dentro do intervalo de 75 a 85%.

O carbono fixo representa a porção do material que queima de forma mais lenta, e quando em quantidades altas, de 15 a 25%, a biomassa pode ser avaliada com potencial para bioenergia (VAN LOO & KOPPEJAN, 2002).

Os elementos avaliados na análise química imediata se correlacionam de maneira que a alteração em qualquer um deles, pode implicar em mudanças nos outros. O teor de cinzas elevado pode diminuir o teor de carbono fixo, e assim a redução do poder calorífico (PAULA et al., 2011). Porém o carbono fixo apresentou valores similares em todos os tratamentos, mesmo com a mudança no teor de cinzas. Apenas o teor de voláteis diferiu significativamente.

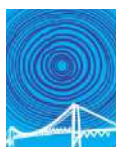
As médias do poder calorífico para cada tratamento estão na tabela 2:

Tabela 2. Média do poder calorífico dos três tratamentos.

	Poder calorífico (J/g)
Tratamento 1	18842
Tratamento 2	18101
Tratamento 3	16200

Houve uma diferença de aproximadamente 16% no poder calorífico entre T1 e T3. Esta diferença pode ter ocorrido em função do teor de cinzas, T1 apresentou aproximadamente 5 vezes menos cinzas que T3.

Apesar de T3 ter apresentado o menor poder calorífico de todos os tratamentos, o valor não é considerado baixo. Espera-se que a casca apresente



menor poder calorífico em função da presença de impurezas. Porém, o valor encontrado para os três tratamentos aqui estudados, assemelha-se a valores para a madeira de eucalipto, média de 17354 J/g (DINIZ et al, 2004).

As imagens avaliadas no MEV apresentaram sólidos de geometrias angulares (figura 2).

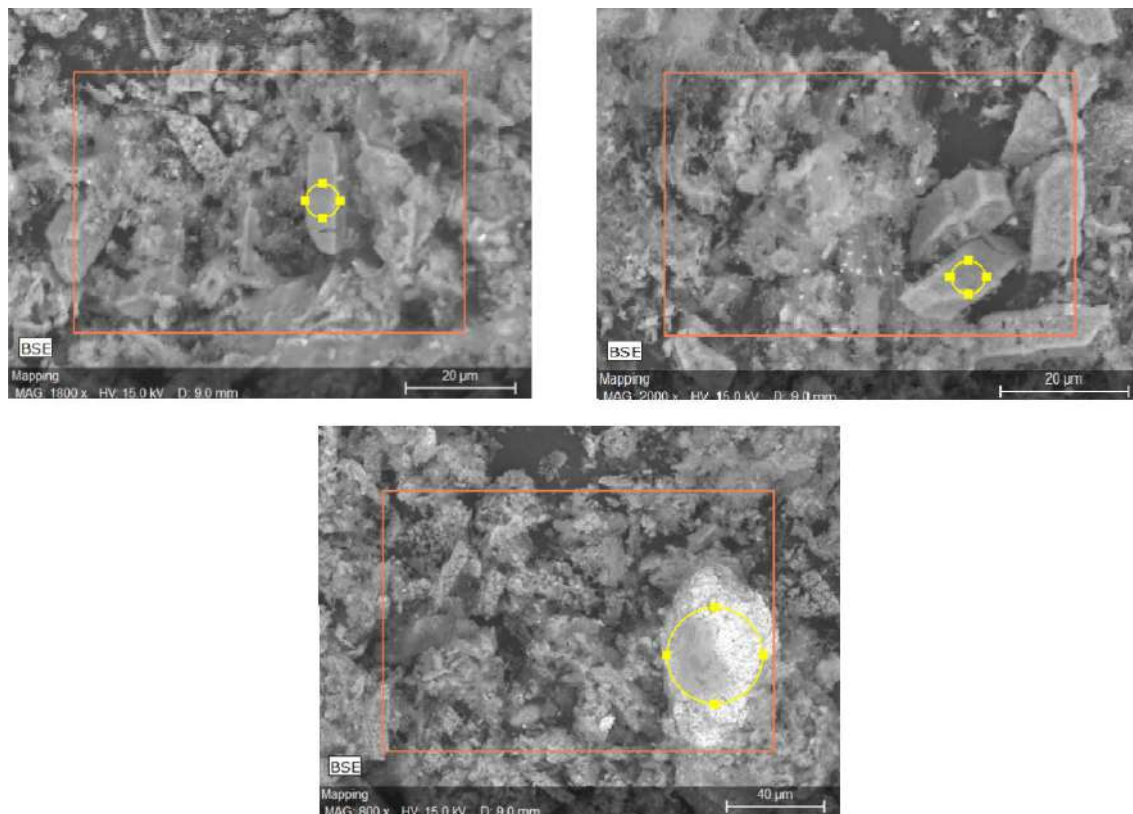


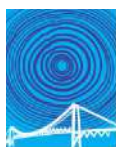
Figura 2: Micrografias das cinzas dos três tratamentos, obtidas por microscopia eletrônica de varredura.

As estruturas visualizadas por meio do MEV e identificadas no EDS apresentaram Cálcio e Silício na composição. Estes minerais são freqüentemente encontrados nas cinzas das diversas espécies de eucalipto, porém, quando em quantidades elevadas podem indicar contaminação externa, e prejudicar a geração de calor (FREDO et al., 1999).

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- A casca do eucalipto é um resíduo com potencial para o uso em bioenergia.
- O poder calorífico encontrado para os três tratamentos foi dentro do desejado para o uso em bioenergia.
- O material com menor tamanho de partículas apresentou maior porcentagem de cinzas, porém os três materiais apresentaram contaminantes nas suas cinzas.
- A indicação é que o material seja utilizado com menor teor de umidade do que o encontrado (70%).



5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6922 - carvão vegetal - ensaios físicos - determinação da massa específica (densidade a granel). Rio de Janeiro, 1981. 2 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112 - carvão vegetal - análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 5 p. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 - Resíduos Sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

AROLA, R. A. Wood Fuels, how do they stack up. Forest Products Research Society, Atlanta, Georgia, 1976. 12p.

ASTM D5865-13, Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.

BRAND, M. A. Energia de Biomassa Florestal. Rio de Janeiro: Interciências. 2010. 131 p.

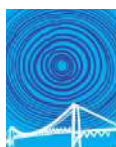
CHEN, M.; YU, D.; WEI, Y. Evaluation on ash fusion behavior of eucalyptus bark/lignite blends. Powder Technology p. 39. 47. 2015.

DINIZ, J.; CARDOSO, A. L.; STAHL, J. A.; VILLETTI, M. A.; MARTINS, A. Poder calorífico da casca de arroz, caroço de pêssigo, serragem de eucalipto e de seus produtos de pirólise. Ciência e Natura, UFSM, 26 (2): 25 - 32, 2004.

FARINHAQUE, R. Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*Mimosa scabrella*, Benth) e aspectos gerais de combustão. Curitiba: FUPEF, 1981. 14p. Série Técnica.

FREDO, A.; FOELKER, C. E. B.; FRIZZO, S. M. B.; SILVA, M. C. Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. Ciência Florestal, Santa Maria, v.9, n.1, p.193-209. 1999.

GARBA, M.U. et al. Modelling of deposit formation and sintering for the cocombustion of coal with biomass. Fuel p. 863. 872. 2013.



LIU, Z. MI, B.; FEI, B.; CAI, Z.; LIU, X. Improved bulk density of bamboo pellets as biomass for energy production. *Renewable Energy* 86 p.1-7. 2016.

MOTGHARE, K. A.; RATHOD, A. P.; WASEWAR, K. L.; LABHSETWAR, N. K. Comparative study of different waste biomass for energy application. *Waste Management* 47 p. 40. 45. 2016.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Biomass combustion systems: A review on the physical and chemical properties of the ashes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* p. 235. 242. 2016.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for 237 use in energy generation. *Cerne, Lavras*, v. 17, n. 2, p. 237-246. 2011.

PROTÁSIO, T.P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G.H.D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P.F.; GUIMARÃES JUNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. *Pesq. Flor. Bras.* v.31 n.66 p. 113-122. 2011.

SOUZA, M. M.; SILVA, D. A.; ROCHADELLI, R.; SANTOS, R. C. Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus taeda*. *FLORESTA, Curitiba, PR*, v. 42, n. 2, p. 325 - 334, abr./jun. 2012.

TAVARES, S. R. L.; SANTOS T. E. Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. *HOLOS* p. 19-27. 2013.

VANLOO, S., KOPPEJAN, J. *Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing*. Twente University Press, Enschede, Netherlands. ISBN: 9036517737. 2002.

VITAL, B. R.; ANDRADE, A. M.; VALENTE, O. F. Influência da casca no rendimento e na qualidade do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis*.

IPEF, n.41/42, p.44-49, jan./dez.

WERTHER, J., SAENGER, M., HARTGE, E., OGADA, T., SIAGI, Z. Combustion of agricultural residues. *Progress in Energy and Combustion Science* 26: 1 . 27. 2000.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA E QUALIDADE DE BRIQUETES PRODUZIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE SEMENTES AGRÍCOLAS E MADEIRA DE EUCALIPTO

William Wilk¹

Joyce Fernanda Vieira Gondim¹

Thammi Queuri Gomes da Cunha¹

Pedro Augusto Fonseca¹

Rogério Dias Marques¹

Macksuel Fernandes da Silva¹

Ademilson Coneglian²

Carlos Sette Jr¹

¹ Universidade Federal de Goiás

² Universidade Estadual de Goiás

CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA E QUALIDADE DE BRIQUETES PRODUZIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE SEMENTES AGRÍCOLAS E MADEIRA DE EUCALIPTO

Resumo: O objetivo do trabalho foi caracterizar a biomassa e a qualidade de briquetes produzidos a partir de resíduos de sementes agrícolas e do desdobro da madeira de eucalipto. Foram utilizados resíduos do processo de (i) beneficiamento de sementes agrícolas obtidos da fase de limpeza e que constituem, principalmente, em cascas e (ii) resíduos do desdobro de toras de eucalipto, constituídos de serragem. Os resíduos foram triturados, moídos e preparados três tratamentos: 100% resíduos sementes (T1), 50% resíduos sementes + 50% resíduos eucalipto (T2) e 100% resíduos eucalipto (T3). De cada tratamento foram avaliadas as características da biomassa (teores de carbono fixo, voláteis, cinzas e densidade a granel), para posterior compactação em briquetadeira de laboratório, sendo produzidos dez briquetes por tratamento e determinado a resistência a tração por compressão diametral, durabilidade, expansão volumétrica e densidade aparente. A biomassa de eucalipto e a sua mistura com as sementes agrícolas apresentaram características que indicam a sua utilização para a produção de briquetes, sendo uma forma para viabilizar o aproveitamento dos resíduos gerados nas usinas de beneficiamento de sementes e desdobro da madeira.

Palavras-chaves: Bioenergia, compactação da biomassa, serragem

CHARACTERIZATION OF BIOMASS AND BRIQUETES PRODUCED FROM AGRICULTURAL SEEDS AND EUCALYPTUS WOOD RESIDUES

Abstract: The objective of this study was to characterize the biomass and the quality of briquettes produced from agricultural seed and eucalyptus wood residues. Residues from the process of (i) processing of agricultural seeds obtained from the cleaning phase, mainly consisting of bark and (ii) residues from eucalyptus logs, consisting of sawdust. The residues were ground and prepared three treatments: 100% seed residues (T1), 50% seed residues + 50% eucalyptus residues (T2) and 100% eucalyptus residues (T3). From each treatment, the biomass characteristics (fixed carbon, volatile, ash and bulk density) were evaluated for subsequent compaction in laboratory briquette. Ten briquettes were produced per treatment and the tensile strength by diametrical compression, durability, volumetric expansion and density was determined. The eucalyptus biomass and its mixture with the agricultural seeds presented characteristics that indicate its use for the production of briquettes, being a way to make feasible the use and use of the residues generated in the plants of processing of seeds and the sawmills.

Keywords: Bioenergy, compaction of biomass, sawdust

1. Introdução

A energia obtida através da queima dos combustíveis fósseis, principalmente derivados do petróleo é base fundamental para o desenvolvimento humano. Porém, com novos estudos e a demanda energética mundial crescente, a necessidade por diferentes alternativas energéticas se faz presente no contexto do desenvolvimento sustentável (ANEEL, 2016). Diante deste cenário, o termo “Energia Limpa” está se difundindo e sendo consolidado como substituto total ou parcial às tradicionais fontes de energia, sendo importante que vários países busquem inserir políticas energéticas que exerçam um papel mais rentável, visando a sustentabilidade do sistema energético através da diversificação de sua matriz (COSTA e PRATES, 2005).

Considerada uma das principais fontes alternativas para diversificação da matriz energética, a biomassa contribui para redução do uso de combustíveis fósseis. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional (BEN), em 2016, o Brasil obteve 8,0% de participação na matriz energética a partir da biomassa, sendo a terceira principal fonte de energia. A biomassa pode ser utilizada nos estados líquido, sólido e gasoso, porém o que

dificulta seu uso são as condições em que a biomassa geralmente é encontrada, com baixa densidade, alta umidade e formas inviáveis para transporte e armazenagem, sendo a sua compactação, através da produção de briquetes e pellets, uma das formas para reduzir os problemas associados ao uso da biomassa in natura (DIAS et al., 2012). Por meio deste processo os resíduos de diversos materiais e subprodutos do beneficiamento na agroindústria, podem ser convertidos em produtos de maior qualidade.

Dentre as inúmeras biomassas geradas nos processos agroindustriais, as gramíneas forrageiras podem ser de grande utilidade uma vez que são encontradas em todas regiões do país: a área de produção de sementes de forrageiras no Brasil está estimada em 140 mil hectares/ano, com uma produtividade de cerca de 20 toneladas de massa seca/ha, com disponibilidade anual média de 2,8 milhões de toneladas de biomassa (DIAS et al., 2012). Com isso, os resíduos gerados a partir desse processo são de grande importância para o setor energético e podem ser utilizados para atender a crescente demanda por energia renovável.

Da mesma forma, a indústria de processamento da madeira brasileira apresenta, em média, aproveitamento baixo, em torno de 40%, sendo o restante caracterizado como resíduos com ou sem aproveitamento (BRAND, 2010). Estima-se que no Brasil a produção de resíduos madeireiros esteja na ordem de 17 milhões de metros cúbicos por ano (FAO, 2015) e a tendência é o acúmulo desses resíduos, que na maioria das vezes é depositado inadequadamente no ambiente, ocasionando impactos ambientais, perda de matéria-prima e energia (PAULA et al., 2014). Com os crescentes aumentos nos custos dos insumos energéticos, as indústrias têm procurado o aproveitamento dos resíduos industriais e florestais como fonte alternativa de energia (CHEN et al., 2009).

Diante deste contexto, o objetivo do trabalho foi caracterizar a biomassa e a qualidade de briquetes produzidos a partir de resíduos de sementes agrícolas e do desdobro da madeira de eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção e preparo das amostras

Foram utilizados resíduos do processo de (i) beneficiamento de sementes de diversas culturas agrícolas obtidos da fase de limpeza e que constituem, principalmente, em cascas e (ii) desdobro de toras de eucalipto, constituídos de serragem, provenientes de uma serraria, ambos localizados na cidade de Goiânia/GO.

Os resíduos de sementes e de madeira de eucalipto foram triturados e moídos em moinho do tipo Willey e preparados três tratamentos: (i) T1 – 100% resíduos de sementes, (ii) T2 – 50% resíduos de sementes + 50% resíduos de eucalipto e (iii) T3 – 100% resíduos eucalipto.

2.2 Avaliação das características da biomassa

Os resíduos da biomassa dos três tratamentos foram submetidos a uma separação mecânica no agitador orbital de peneiras com batidas intermitentes para a seleção da fração retida na peneira número 24 internacionais, com malha de 60 mesh. Os procedimentos para a avaliação das características da biomassa dos tratamentos foram realizados em triplicata e obtida a média aritmética (ARRANZ et al., 2015). A análise imediata baseia-se na norma ABNT NBR 8112 (ABNT, 1986), tendo sido determinados os teores de cinza, materiais voláteis e carbono fixo.

Para a determinação de teor de voláteis os resíduos moídos foram secos em estufa a 103°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), sendo adicionada em um cadinho de porcelana com tampa e posicionada na porta do forno tipo Mufla previamente aquecida a 900°C ($\pm 10^\circ\text{C}$), permanecendo nessa posição durante 3 minutos. Em seguida, o cadinho foi colocado na Mufla durante 7 minutos com a porta fechada. Depois do aquecimento o cadinho foi esfriando em dissecador com sílica gel, até massa constante.

O teor de material volátil foi determinado pela equação 1.

$$MV = \frac{M_1 - M_2}{M} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

MV=teor de material volátil (%)

M_1 = massa inicial do cadinho mais a amostra (g)

M_2 = massa final do cadinho mais a amostra (g)

M = massa da amostra seca (g)

Para a determinação de teor de cinzas a amostra moída foi adicionada em um cadinho de porcelana, previamente seco, e levado a Mufla 600°C ($\pm 10^\circ\text{C}$) por um período de 6 horas. Após a queima, o cadinho foi esfriado em dissecador com sílica gel, até massa constante.

O teor de cinzas foi calculado com base na massa seca do resíduo, de acordo com a equação 2.

$$CZ = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

CZ = teor de cinza (%)

m_0 = massa do cadinho (g)

m_1 = massa do cadinho mais o resíduo após combustão (g)

m = massa da amostra seca a 0% de umidade (g)

O teor de carbono fixo foi calculado subtraindo-se de 100% a soma dos teores de materiais voláteis e de cinzas conforme a equação 3.

$$CF = 100 - (CZ + MV) \quad (3)$$

Em que:

CF = teor de carbono fixo (%)

CZ = teor de cinzas (%)

MV = teor de voláteis (%)

A densidade à granel foi determinada de acordo com a metodologia estabelecida na norma NBR 6922 (ABNT, 1981): relação da massa do material analisado e o volume conhecido de um recipiente

2.3 Produção dos briquetes

A compactação da biomassa dos tratamentos (T1, T2 e T3) foi realizada em briquetadeira de laboratório com temperatura de 120°C ($\pm 5^\circ\text{C}$), pressão de 140 kgf.cm⁻², tempo de compactação de 5 minutos e resfriamento de 15 minutos com ventilação forçada. A temperatura utilizada teve como objetivo a plastificação da lignina uma vez que conforme recomendado por Chen et al. (2009), o aumento da temperatura faz com que a lignina se torne plástica e atue como ligante natural das partículas durante a compactação e a pressão exercida está dentro da faixa utilizada por diversos trabalhos (PAULA et al., 2011; PROTÁSSIO et al., 2011; QUIRINO et al., 2012).

As condições de briquetagem foram definidas experimentalmente a partir de testes preliminares de tempo de prensagem e de resfriamento, sendo escolhidos aqueles em que os briquetes apresentaram as melhores formações, conforme proposto por Vilas Boas (2011).

Para cada briquete utilizou-se 40 gramas de biomassa moída, obtendo-se ao final um briquete de aproximadamente 4 centímetros de comprimento e 3 centímetros de diâmetro, tendo sido produzidos 10 briquetes por tratamento, totalizando 30 briquetes.

2.4 Propriedades físico-mecânicas dos briquetes

A densidade aparente de cada briquete foi obtida através equação 4.

$$Dap = \frac{Mi}{V} \quad (4)$$

Em que:

Dap = densidade aparente (g.cm³)

Mi = massa (g)

V = volume (cm³)

A expansão volumétrica dos briquetes foi calculada pela mensuração da altura e do diâmetro dos briquetes e posterior cálculo do volume em dois momentos diferentes: (i) imediatamente após a briquetagem e (ii) 72 horas após a briquetagem – intervalo de tempo necessário para a estabilização dimensional dos briquetes. Os briquetes foram inseridos em sacos plásticos e vedados, a fim de evitar a influência de umidade externa.

A durabilidade dos briquetes foi determinada por perda de massa das amostras, conforme descrito por Toscano et al. (2013) e utilizando-se a equação 5. Os briquetes foram pesados para a obtenção da massa inicial e levados a uma peneira vibratória, permanecendo por 10 minutos, a 80 rotações por minutos. Após este procedimento, os briquetes foram novamente pesados e obtida a massa final.

$$Dur = 100 - \frac{Mid - Mif}{mid} \times 100\% \quad (5)$$

Em que:

Dur = durabilidade do briquete (%)

M_{id} = massa inicial (g)

M_{if} = massa final (g)

A resistência a tração por compressão diametral dos briquetes, previamente acondicionados em sala de climatização para atingir o teor de umidade de 12%, foi obtida empregando-se uma máquina universal de ensaios EMIC - DL30000, com célula de carga de 100kN, a uma velocidade constante de 3 mm.min⁻¹ (PROTÁSSIO et al., 2011; QUIRINO et al., 2012; SOUZA, 2014), onde uma carga em sentido transversal é aplicada sobre as amostras. O ensaio foi realizado a partir de uma adaptação da norma ABNT 7222 (1994) para determinação da resistência a tração por compressão diametral em amostras cilíndricas de concreto e argamassa.

2.5 Análise estatística dos dados

Na análise estatística dos resultados foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos, sendo aferidos os “outliers” e heterogeneidade da variância. Para os resultados aplicou-se a análise de variância (ANOVA), verificando o efeito dos tratamentos, e o teste de Tukey, ajustado a 95% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características da biomassa

Os resultados da densidade a granel e química imediata da biomassa são apresentados na Tabela 1, para os três tratamentos.

Tabela 1. Química imediata e densidade a granel por tratamento.

Tratamentos	Carbono fixo (%)	Teor de voláteis (%)	Teor de cinzas (%)	Densidade a granel (g.cm ⁻³)
T1	18,1 a (0,1)	77,2 a (0,1)	4,7 a (0,5)	0,30 a (0,05)
T2	15,6 b (0,4)	83,9 b (0,3)	0,5 b (0,2)	0,24 b (0,06)
T3	16,4 b (0,8)	83,2 b (0,5)	0,2 b (0,2)	0,23 b (0,08)

Médias seguidas de desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Os teores médios de carbono dos tratamentos apresentam uma variação de 15,6 a 18,1%. Combustíveis com alto índice de carbono fixo apresentam queima mais lenta, proporcionando mais tempo de permanência nos aparelhos de queima quando comparado a materiais com menor teor de carbono fixo OLIVEIRA et al. (2010).

Os teores médios de materiais voláteis foram de 77,2% para T1, 83,9% para T2 e 83,2% para T3. O Tratamento com a mistura das biomassas obteve maior porcentagem em relação aos demais, estatisticamente em relação ao T1. O teor de materiais voláteis está relacionado à queima no processo da carbonização, sendo esta mais rápida quanto maior o teor de voláteis. Segundo Obernberger e Thek (2004), a quantidade de matérias voláteis influencia fortemente na combustão e o comportamento da decomposição térmica de combustíveis sólidos.

O teor de cinza, que representa o material que não foi queimado, foi estatisticamente superior no tratamento T1 – resíduo de sementes – 4,7% se comparado aos outros dois tratamentos (T2 - 0,5 e T3 - 0,2%). Os elevados teores de cinzas do Tratamento 100% sementes estão relacionadas a origem do material, uma vez que pelo processo existente na indústria o grau de impurezas é bastante elevado, pois juntamente com a palhada - material com alto teor mineral (sílica), existem impurezas (areia, silte e argila), o que representa uma desvantagem para esta biomassa em relação as outras, dos demais tratamentos, diminuindo a qualidade do material combustível.

Maiores teores de cinzas não são interessantes do ponto de vista energético, uma vez que contribuem para a redução do poder calorífico superior, pois não participam do processo de combustão. Além disso, Vamvuka et al. (2014) afirmam que esses elementos podem formar nas superfícies de troca térmica dos geradores de vapor severas deposições gerando escórias que podem levar ao mau funcionamento e reduzir a eficiência da transferência de calor. As deposições podem também, à longo prazo, em função da sua abrasividade, causar corrosão nos elementos metálicos dos queimadores (Carneiro et al., 2013; Liu et al., 2014).

Nos tratamentos avaliados, a densidade a granel variou entre 0,23 a 0,30 g.cm⁻³. Pincelli (2011) avaliando a densidade a granel de resíduos da colheita florestal e de indústrias madeireiras, encontraram para cavacos de eucalipto valores variando de 0,19 a 0,26 g.cm⁻³. Resíduos lignocelulósicos com maior densidade a granel são desejáveis, pois fatores como os custos com o transporte e a densidade energética são essenciais na viabilidade econômica das energias renováveis. A baixa densidade a granel inviabiliza o transporte a maiores distâncias por ocupar grandes volumes, além do baixo conteúdo energético contido por unidade volumétrica, características presentes na maioria das biomassas de origem vegetal (Nhuchhen et al., 2014).

3.2 Características dos briquetes

Os resultados médios das características energéticas e físico-mecânicas dos briquetes em função dos tratamentos são apresentados na Tabela 2. A densidade aparente dos briquetes sofreu influência dos tratamentos, com valores médios de 1,15 a 1,24 g.cm⁻³, sendo menor estatisticamente nos briquetes produzidos com a serragem de eucalipto (T3) e estão de acordo com a faixa de densidade para briquetes de eucalipto observado por diversos autores como Quirino e Brito (1991), Protásio et al. (2011). Brand et al. (2005).

Tabela 2. Características dos briquetes por tratamento.

Tratamento	DAP (g.cm ⁻³)	Dur(%)	Exp (%)	RTCD (MPa)
T1	1,23 a (0,02)	99,24 a (0,31)	1,57 a (0,79)	4,34 a (0,35)
T2	1,24 a (0,01)	99,65 a (0,29)	1,08 a (0,27)	4,48 a (0,24)
T3	1,15 b (0,16)	98,62 b (0,16)	0,16 b (0,23)	3,63 b (0,20)

DAP=Densidade aparente; Dur=Durabilidade; Exp= Expansão volumétrica; RTCD= Resistência a tração por compressão diametral. Médias seguidas de desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tukey

A densificação da biomassa através da produção dos briquetes, promove um aumento da densidade da biomassa in natura. Este incremento em % de densidade após a densificação, evidencia a importância dos processos de compactação da biomassa para o melhor aproveitamento de materiais lignocelulósicos para a produção de bioenergia, pois o aumento na densidade dos briquetes representa uma diminuição do volume das biomassas, proporcionando uma maior concentração de massa em um mesmo espaço (SILVA et al., 2015).

A durabilidade dos briquetes foi maior no T2 (99,65%) e T1 (99,24%) em relação ao T3 (98,62%), estatisticamente diferentes. Oliveira et al. (1992) propõe que os resultados da durabilidade dos briquetes podem fornecer resultados qualitativos do produto. Assim, em todos os tratamentos os briquetes foram classificados como pouco friáveis e boa qualidade.

A expansão do briquete apresentou diferença significativa para o T3, com valores menores e na ordem de 0,16% em relação aos demais tratamentos. Apesar das diferenças significativas apontadas entre os tratamentos, os resultados de expansão longitudinal podem ser considerados baixos, indicando uma boa estabilidade dimensional dos briquetes (Silva et al., 2015).

Os briquetes tendem a ter uma expansão longitudinal após o processo de briquetagem; essa expansão é influenciada pelas condições de armazenamento (Silva et al., 2015), pelas características do processo de briquetagem, como a temperatura e pressão aplicadas e pelas características da biomassa, como o tamanho das partículas, dimensões das fibras e constituição química (Fernandez et al., 2017).

Desta forma, para explicar melhor o comportamento dos briquetes produzidos neste estudo com as diferentes biomassas e tratamentos, recomenda-se a realização de avaliações das características das fibras e determinação dos teores de lignina e holocelulose, uma vez que o tamanho das partículas, teor de umidade e as condições de briquetagem foram as mesmas para os três tratamentos.

A resistência mecânica do briquete apresentou diferença significativa no Tratamento 3, com menores valores, estando relacionado a menor densidade aparente observada para os briquetes produzidos com o material deste tratamento (100% resíduos de eucalipto), conforme mencionado anteriormente. Essa variável é um indicativo importante referente a durabilidade e aplicabilidade do briquete em sistemas de produção de energia (PROTÁSIO et al., 2011). Esse dado é fundamental na avaliação da qualidade de briquetes pois indica a capacidade de empilhamento, o impacto causado pelo transporte; à abrasão, uma vez que os

briquetes sofrem atritos podendo esfarelar; e à absorção de água, esse fator possui direta relação com o lugar onde é manuseado e estocado (SAMPAIO et al., 2007).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biomassa de eucalipto e a sua mistura com as sementes agrícolas apresentaram características que indicam a sua utilização para a produção de briquetes, sendo uma forma para viabilizar o aproveitamento dos resíduos gerados nas usinas de beneficiamento de sementes e desdobro da madeira.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio a esta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- ANEEL. Biomassa. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf. Acesso em: 06 junho 2016.
- ARRANZ, J.I.; MIRANDA, M.T.; MONTERO, I.; SEPÚLVEDA, F.J.; ROJAS, C.V. Characterization and combustion behaviour of commercial and experimental wood pellets in South West Europe. *Fuel* n. 142, p. 199–207, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7222. Argamassa e concreto: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7222. Argamassa e concreto: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8112. Carvão vegetal - Análise Imediata. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14929. Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa. 2003.
- BERGSTROM, D; ISRAELSON S.; ÖHMAN M.; DAHLQVIST S.; GREFF R.; BOMAN C.; WÄSTERLUND I. Scots pine sawdust fuel pellets. *Fuel Processing Technology*, v 89, n. 12, p.1324-1329, 2008.
- CHEN, L. J.; XING, L.; HANA, L. Renewable energy from agro-residues in China: solid biofuel and biomass briquetting technology. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Oxford, U.K., v. 13, n. 9, p. 2689-2695, Dec. 2009.
- COSTA, R. C. & PRATES, C. P. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. *BNDES Setorial*. Rio de Janeiro. Nº 21, p. 5-30, 2005.
- DIAS, J. M. C. S.; SOUZA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. Embrapa Agroenergia, Brasília, 1. ed., 2012.
- FERNANDEZ, B.O.; GONÇALVES, B.F.; PEREIRA, A.C.C.; HANSTED, A.L.S.; DE PÁDUA, F. A.; DA RÓZ, A.L.; YAMAJI, F.M. Características Mecânicas e Energéticas de Briquetes Produzidos a partir de Diferentes Tipos de Biomassa. *Rev. Virtual Quim.* V. 9, N.1 P. 29-38. 2017
- NHUCHHEN, D. R.; BASU, P.; ACHARYA, B. A. Comprehensive Review on Biomass Torrefaction. *International Journal of Renewable Energy & Biofuels*, v.14, p. 56, 2014.
- OBERNBERGER I, THEK G. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. *Biomass and Bioenergy*; v.27, p.653–669, 2004.

OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. D. Estudos Preliminares de Normalização de Testes de Controle de Qualidade do Carvão Vegetal. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1992.

PAULA, L.E.R.; TRUGUILHO, P.F.; REZENDE, R.N., ASSIS, C.O.; BALIZA, A.E.R Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v.31, n.66, p.103-112, 2011.

PINCELLI, A.L.P.S.M. Características dos resíduos da colheita de madeira de eucalipto e pinus, submetidos ao Tratamento térmico, com foco na aplicação energética.127p. 2011. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP.2011

PROTÁSIO, T. P. ; ALVES, I. C. N. ; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V.O.; BALIZA, A.E.R. Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos, Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, n. 68, p. 273-283, 2011.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, Brasília, 1991.

QUIRINO, W.F.; PINHA, I. V. O.; MOREIRA, A. C. O.; SOUZA, F. de; TOMAZELLO FILHO, M. Densitometria de raios x na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira. Revista Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 525-536, dez. 2012.

SAMPAIO, João Alves; COSTA, Lauro Santos Norbert; ANDRADE, Marcelo Corrêa. Ensaios contínuos de briquetagem em bancada piloto. Comunicação Técnica. CETEM/MCT. Rio de Janeiro, 2007.

SAS INSTITUTE. JMP Development Group. JMP Statistics and Graphics Guide, Version 3.1. SAS Institute, Cary, NC. 1997.

SILVA, D.A.; YAMAJI, F.M.; BARRO, J.L; ROZ, A.L.; NAKASHIMA, G.T. Caracterização de biomassas para a briquetagem. Revista Floresta, Curitiba, PR, v. 45, n. 4, p. 713 - 722, 2015.

SOUZA, F. (2014) Avaliação da qualidade de briquetes produzidos com seis biomassas agroflorestais por métodos não destrutivos. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 142p. 2014.

TOSCANO, G.; RIVA, G.; PEDRETTI, E. F.; CORINALDESI, F.; MENGARELLI, C.; DUCAD. Investigation on wood pellet quality and relationship between ash content and the most important chemical elements. Journal Biomass and Bioenergy, v. 56, p. 317-322, 2013.

VAMVUKA, D.; TRIKOUVERTIS, M.; PENTARI, D.; ALEVIZOS, G. Evaluation of ashes produced from fluidized bed combustion of residues from oranges plantations and processing. Renewable Energy, v. 72, p. 336-343. 2014.

VILAS BOAS, M. A. (2011) Efeito do tratamento térmico da madeira para produção de briquetes. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 65p. 2011.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS DE *Guadua weberbaueri*, *Guadua superba*, E *Bambus spp.* PARA PRODUÇÃO DE POLPA CELULÓSICA

Kelly Iapuque Rodrigues de Sousa¹
Isabel Cristina Nogueira Alves de Melo¹
Maíra REIS DE ASSIS¹
Thomaz Aurelio Bastos¹
Selma Lopes Goulart²
Karina Rodrigues Santos¹
Paulo Fernando Trugilho¹

¹ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

² Universidade Federal Rural da Amazônia



CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS DE *Guadua weberbaueri*, *Guadua superba*, E *Bambus spp.* PARA PRODUÇÃO DE POLPA CELULÓSICA

Resumo:

A matéria-prima básica da indústria de celulose e papel no Brasil é a madeira de *Eucalyptus*. O bambu apresenta potencial no setor pelas características de suas fibras, que são estreitas como as do *Eucalyptus* e longas como as de *Pinus*, por ser uma biomassa abundante, de baixo impacto ambiental quando descartadas e por apresentar propriedades físico-mecânicas adequadas às aplicações na indústria. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características anatômicas quantitativas das fibras das espécies *Guadua weberbaueri*, *Guadua superba* e *Bambus spp.* para o uso na composição de polpa celulósica. Para a realização desta pesquisa foi utilizada biomassa de bambu aos 5 anos de idade. Os elementos celulares foram individualizados em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio (1:1), e foram medidos o comprimento, a largura, a espessura da parede e o diâmetro do lume das fibras. Os resultados mostram que as fibras de *Guadua weberbaueri* apresentam, entre os materiais genéticos estudados, maiores dimensões médias, como 3,24 mm de comprimento, 35,31 µm de largura e 8,23 µm de diâmetro do lume; já a parede celular mais espessa encontra-se no *Bambus spp.*, 24,28 µm. Os resultados encontrados reforçam a hipótese de que as espécies de bambu analisadas podem ser utilizadas para a produção de polpa celulósica. Todas as espécies obtiveram valores aceitáveis encontrados em literatura.

Palavras-chave: anatomia do bambu, dimensões, fibras vegetais.

CHARACTERIZATION OF *Guadua weberbaueri*, *Guadua superba*, and *Bambusa spp.* FIBERS FOR PULP PRODUCTION

Abstract:

The basic raw material of the pulp and paper industry in Brazil is Eucalyptus wood. Bamboo has potential in the sector due to the characteristics of its fibers, which are narrow as those of Eucalyptus and long as those of Pinus, because it is an abundant biomass, low environmental impact when discarded and because of its physico-mechanical properties suitable for industrial applications. In this context, the objective of this work was to evaluate the quantitative anatomical characteristics of the fibers of *Guadua weberbaueri*, *Guadua superba* and *Bambus spp.* For use in the cellulosic pulp composition. For the accomplishment of this research was used bamboo biomass at 5 years of age. The cell elements were individualized in acetic acid and hydrogen peroxide solution (1: 1), and the length, width, wall thickness and fiber diameter of the fibers were measured. The results show that the fibers of *Guadua weberbaueri* presented the highest average size, among the genetic materials studied, as 3.24 mm in length, 35.31 µm in width and 8.23 µm in lumen diameter; The thickest cell wall is found in *Bambus spp.*, 24.28 µm. The results support the hypothesis that the bamboo species analyzed can be used for the production of cellulosic pulp. All species obtained acceptable values found in the literature.

Keywords: a bamboo anatomy, dimensions, fibrous material.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor florestal se destaca cada vez mais. A crescente demanda por madeira, a utilização de florestas nativas junto com o alto valor desse produto, vem despertando a importância do uso de outros materiais vegetativos. Neste contexto o bambu se destaca como uma possibilidade viável de utilização por suas características morfofisiológicas e o

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

baixo custo (RIPPER, 1994).

Os bambus se encaixam na família *Poaceae* e subfamília *Bambusoideae* e posteriormente são divididos em duas grandes tribos, cujas características são o porte herbáceo e lenhoso. O Brasil possui aproximadamente 34 gêneros e 232 espécies que equivale a 89% dos gêneros e 65% das espécies conhecidas na América do Sul. Um dos principais gêneros que ocorre naturalmente e está presente em todo território é o *Guadua*, com espécies amplamente distribuídas (FILGUEIRAS e GONÇALVES, 2004).

De acordo com Azzini et al. (1987), os bambus lenhosos possuem várias características potencialmente favoráveis para a produção de celulose, como elevada taxa de crescimento e produção acelerada de biomassa, comprimento de suas fibras, que podem variar de 1,65 mm a 3,5 mm, ocupando assim uma posição intermediária entre as fibras de *Eucalyptus spp.* (1,0 mm) e as do *Pinus spp.* (3,5 mm). O diferencial do bambu é que com suas fibras estreitas como as do eucalipto e longa como as do pinheiro, o resultado é a obtenção de excelentes características não alcançadas com essas matérias-primas usuais como o entrelaçamento que confere uma grande resistência dos produtos (MATOS JÚNIOR, 2004).

Segundo Fernández (2010), apesar de o bambu ser a matéria-prima mais utilizada para produção de celulose em alguns países asiáticos como China e Índia que dominam a produção mundial, sua contribuição para a produção de polpa celulósica ainda é pouco significativa no Brasil. Uma das razões é o fato de ainda existirem poucas informações técnico-científicas sobre sua composição anatômica, química, manejo adequado, pouco conhecimento tecnológico sobre processamento industrial adequado ao bambu.

A celulose de bambu possui aspectos bem diferentes de outras celuloses, apresentando características iguais ou superiores à celulose de Kraft de coníferas. Possui alta resistência ao rasgo, resistência à tração e ao estouro, resultado de sua alta relação comprimento/diâmetro de fibra. Apresentam também relativa maciez e alta flexibilidade (GOMIDE et al., 1982). A celulose de bambu se destaca pela produção de materiais de alta resistência, é muito utilizada nas indústrias de cal, cimento, gesso e argamassa. No mercado, a celulose de bambu virgem é a mais qualificada para uso em embalagens de alimentos, frigoríficos, medicamentos, e detergentes, pois evita contaminação desses produtos com o ambiente. Ademais, pode ser usada na produção de papéis para impressão, escritas e papéis absorventes (CASTRO E SILVA, 2005).

Do ponto de vista anatômico, são importantes para os estudos de produção de celulose e papel o conhecimento do comprimento da fibra, largura da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede da fibra. Da mesma maneira são importantes as relações das dimensões das fibras entre si, a saber, índice de enfiamento, coeficiente de flexibilidade, fração parede e índice de Runkel.

Sabendo do grande potencial do uso desse material vegetativo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características anatômicas quantitativas das fibras das espécies *Guadua weberbaueri*, *Guadua superba* e *Bambus spp.*, para o uso como matéria prima na produção de polpa celulósica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

As amostras dos colmos das espécies *Guadua weberbaueri*, *Guadua superba* e *Bambus spp.* aos cinco anos de idade foi fornecida pelo Viveiro Taboca Dos Cultivos, localizada na cidade de Tatuí, São Paulo. As pesquisas foram realizadas no Laboratório Multiusuário de Biomateriais (LBM) na Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais.

2.2 Preparo do material para analisar a dimensão das fibras

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Para a realização das dimensões das fibras foram retirados corpos de prova do colmo de cada uma das espécies analisadas. As dimensões das fibras foram realizadas, através da dissociação dos elementos celulares. A dissociação dos elementos celulares foi realizada segundo método de Franklin, modificado por Berlyn e Miksche (1976), retirando-se pequenos palitos finos do colmo das espécies de bambu de cada corpo de prova com a adição de solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio, 1:1 em tubos de ensaio em estufa a 60°C, por um período de 24 horas.

A solução macerante foi removida com a lavagem em água e posteriormente fez-se a coloração com safranina a 1% em álcool 50% (BERLYN e MIKSCHKE, 1976). As lâminas semi-permanentes contendo o material dissociado foram montadas em solução aquosa de glicerina (1:1) o que possibilitou a mensuração de 20 fibras em cada amostra, em microscópio Olympus BX 51, associado a um sistema de análise de imagem *Image Pro Plus*.

Na mensuração das fibras foram obtidas informações relativas ao comprimento e largura da fibra, diâmetro de lume e espessura da parede celular. A partir dos valores médios das dimensões das fibras foram calculadas as principais relações que estão relacionadas com a qualidade da polpa celulósica: Coeficiente de Flexibilidade (CF), Índice de Runkel (IR), Índice de Enfeltramento (IE) e Fração Parede (FP) (Tabela 1), de acordo com Barrichelo e Brito (1976).

Tabela 1. Relações entre dimensões de fibras

Parâmetros	Equações
Índice de enfeltramento	$IF = (C/L) \times 1000$
Coeficiente de flexibilidade (CF)	$CF = (DL/L) \times 100$
Índice de Runkel (IR)	$IR = 2E/DL$
Fração parede (FP)	$FP = (2E/L) \times 100$

Onde:

C = Comprimento da fibra (mm)

L = Largura da fibra (μm)

E = Espessura da parede da fibra (μm)

DL = Diâmetro do lume da fibra (μm)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características anatômicas das fibras

Os valores médios, mínimos, máximos, desvios padrão e os respectivos coeficientes de variação obtidos para os parâmetros relacionados às fibras de bambu das espécies avaliadas na idade de cinco anos, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios das dimensões das fibras de bambu das espécies *Guadua weberbaueri*, *Guadua superba*, *Bambus spp.*

Espécies	Dimensões avaliadas	Min.	Máx.	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
<i>Guadua weberbaueri</i>	Comprimento (mm)	2,14	4,51	3,24	0,70	21,65
	Largura (μm)	19,40	47,70	35,31	9,73	21,47
	Diâmetro do lume (μm)	4,70	8,60	8,23	3,27	39,87
	Espessura (μm)	8,40	20,30	18,54	5,35	28,88
<i>Guadua</i>	Comprimento (mm)	1,62	3,75	2,47	0,50	20,23



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

superba	Largura (μm)	23,50	53,40	30,49	10,21	20,22
	Diâmetro do lume (μm)	3,30	9,20	5,48	2,06	37,53
	Espessura (μm)	10,05	23,75	22,51	4,44	19,72
Bambus spp.	Comprimento (mm)	1,91	3,30	2,62	0,41	15,66
	Largura (μm)	29,90	52,50	33,41	11,23	21,03
	Diâmetro do lume (μm)	3,30	10,20	5,47	1,94	35,44
	Espessura (μm)	17,50	30,40	24,28	5,35	22,02

O comprimento é a principal característica morfológica das fibras celulósicas. Através dele, caracterizam-se os materiais fibrosos em fornecedores de fibras curtas e longas. Observa-se na tabela 2 que a espécie *Guadua weberbaueri* obteve o maior comprimento de fibra. No entanto, todas as espécies analisadas no presente estudo podem ser classificadas como fibras muito longas conforme a *Comisión Panamericana de Normas Técnicas* (COPANT), ocupando um tamanho intermediário entre as fibras de eucalipto e Pinus.

Nos estudos de Azzini et al. (1977) com fibras de bambu do gênero *Guadua* encontrou-se valores médios de 1,65 mm para a espécie *Guadua espinosa*, 1,93 mm para a espécie *Guadua angustifolia* e 1,94 mm para espécie *Guadua superba*, que chegou a alcançar um comprimento máximo de 4,14 mm, valor coerente com o encontrado neste trabalho.

O maior diâmetro médio do lumen foi de 8,50 μm encontrado na espécie *Guadua weberbaueri*, com valor máximo de 10,20 μm e mínimo de 3,30 μm em *Bambus spp.* A maior espessura média da parede foi 24,28 μm no *Bambus spp.*, sendo o valor mínimo de espessura de 8,4 μm em *Guadua weberbaueri*. e o máximo de 30,4 μm em *Bambus spp.*

A classificação usual quanto à largura visa correlacionar tal dimensão com a resistência ao arrebentamento. A espécie *Guadua superba* obteve um maior valor médio de 35,31 μm .

Pelos resultados obtidos na tabela 2, nota-se que as fibras das espécies de bambu estudadas, de modo geral, são finas, com pouco lume e paredes espessas. Não ocorreram variações significativas, estando as mesmas dentro dos parâmetros encontrados na literatura, exceto o diâmetro do lume da fibra, que apresentou relativa variabilidade.

Tabela 3. Parâmetros obtidos a partir de correlações entre as dimensões das fibras

Parâmetros	<i>Guadua weberbaueri</i>	<i>Guadua superba</i>	<i>Bambus spp.</i>
Índice de enfiamento	91,76	81,01	78,42
Coefficiente de flexibilidade (%)	23,31	17,97	16,37
Índice de Runkel	4,51	8,22	8,88
Fração parede (%)	105,01	147,65	145,35

O Índice de Runkel (IR) é uma das formas de avaliar a qualidade das fibras vegetais. Os Bambus se encaixam na classificação do grupo II, 0,025 – 0,50 sendo muito boa para papel, e 0,25 que é excelente para a produção de papel (DHAMODARAN et al., 2003). Os valores para índice de Runkel apresentados pelas fibras de bambu estudadas não permitem uma boa classificação destas para produção de papel. Quanto maior o seu valor, mais rígida pode-se tornar a fibra, o que dificulta a formação do papel, afetando as suas propriedades de resistência.

A fração parede associa-se à flexibilidade. Os bambus estudados possuem valor de fração parede acima de 105%, sendo este valor considerado alto (FOELKEL, 1977). Este resultado indica que as polpas celulósicas obtidas a partir destes materiais devem apresentar alta rigidez, o que pode ser confirmado pelo valor de coeficiente de flexibilidade

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





médio das três espécies de 19,22%. Os coeficientes de flexibilidade encontrados estão coerentes com a maioria das espécies de bambu, tais como, o *Bambusa tuldoídes*, *Bambusa textilis* e *Bambusa ventricosa*, que apresentaram flexibilidade médias de 21,0%, 18,0% e 23,0%, respectivamente (AZZINI e CIARAMELLO, 1971).

4 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados reforçam a proposta de que as espécies de bambu estudadas pelas características anatômicas das fibras podem ser utilizadas para a produção de polpa celulósica. Pelas suas características dimensionais, isto é, fibras longas, finas, com paredes celulares espessas e lume reduzido conferem às fibras alta rigidez, influenciando assim nas resistências físico-mecânicas do papel produzido.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapemig, ao CNPq e à Capes pelo apoio financeiro ao desenvolvimento deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D. Bambu como matéria-prima para papel. IV – Estudos sobre o emprego de cinco espécies de *bambusa*, na produção de celulose sulfato. *Bragantia*, Campinas, v. 30, n. 23, p. 305-319, 1971. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v30n2/15.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

AZZINI, A. *et al.* Produção conjunta de fibras celulósicas e etanol a partir do bambu. *Bragantia*, Campinas, v. 46, n. 1, p. 17-25, 1987. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v46n1/03.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

AZZINI, A. *et al.* Densidade básica e dimensões das fibras em bambus do gênero *Guadua*. *Bragantia*, v. 36, n. 1, p. 1-6, 1977. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v36n1/30.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel. *Série Divulgação PRODEPEF*, Brasília, n. 13, p. 1-145, 1976.

BERLYN, G. P.; MIKSCH, J. P. *Botanical microtechnique and cytochemistry*. Iowa State University Press, 1976.

CASTRO E SILVA, R. M. O bambu no Brasil e no mundo. [S.l.]: Instituto EU, 2005. Disponível em: <http://www.institutoeu.com.br/arquivos/downloads/Bambu_no_Brasil_e_no_Mundo_56403.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2017.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. *Descripción de características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera Angiospermae Dicotiledóneas*. COPANT, 1974, p. 1-19.

DHAMODARAN, T. K. *et al.* *Bamboo for pulp and paper. a state of the art review with annotated bibliography*. Kerala: Inbar, 2003.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

FERNANDÉZ, M. A. V. Avaliação dos processos de polpação soda- Antraquinona e bissulfito-base magnésio para bambu. 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. A *Checklist of the Basal Grasses and Bamboos in Brazil (Poaceae)*. The Journal of the American Bamboo Society, v. 18, n. 1, p. 7-18, 2004.

FOELKEL, C. E. B. Madeira de eucalipto: da floresta ao digestor. Piracicaba: ESALQ. 1977, 25 p.

GOMIDE, J. L. *et al.* Estudos das potencialidades do *Bambusa vulgaris* para produção de papéis tipo Kraft. São Paulo, O papel, v. 28, n. 7, p. 38-42, 1982.

MATOS JUNIOR, S. M. S. Bambus como recurso florestal: suas aplicações, manejo silvicultura, propagação, entomologia e a situação no DF. 2004. 50 f. Monografia (Graduação no Curso de Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

RIPPER, J. L. O Bambu e a Sociedade, núcleo de designer da PUC-RJ. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 1994.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS E DA DENSIDADE DA MADEIRA DE *Tachigali guianensis* E *Tachigali glauca*

Alessandra de Oliveira Ribeiro¹
TIAGO DE LIMA PEREIRA¹
SELMA LOPES GOULART²
Fábio Akira Mori¹
Gracialda Costa Ferreira²
Marcela Silva³
Evaristo Mauro de Castro¹

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal Rural da Amazônia

³ Universidade Federal do Pará



CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS E DA DENSIDADE DA MADEIRA DE *Tachigali guianensis* E *Tachigali glauca*

Resumo: *Tachigali guianensis* e *Tachigali glauca*, pertencem à família Leguminosae, as espécies tem se destacado nos ensaios de competição, como espécie florestal promissora para produção de energia, com boa adaptação aos solos pobres e ácidos que ocorrem na Amazônia. Objetivou-se caracterizar as fibras e a densidade básica da madeira de duas espécies do gênero *Tachigali*, visando sua utilização para produção de energia. O estudo foi realizado no município de Vila de Beja localizado no estado do Pará. Para o estudo anatômico das fibras e de densidade básica da madeira foram retiradas amostras provenientes de discos a 1,30 m a partir do nível do solo em três posições radiais: (medula); (intermediária) e (casca). Os elementos celulares foram individualizados em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio (1:1) e foram medidos o comprimento, a largura, a espessura da parede e o diâmetro do lume das fibras. Para a determinação da densidade básica utilizou-se a norma NBR 11941-02. As fibras de ambas as espécies são do tipo libriformes, simples e diminutamente areoladas, não septadas, com paredes finas em faixas onduladas. Os valores obtidos na caracterização das fibras e da densidade básica indicam que houve efeito significativo entre as espécies analisadas. Comparando as duas espécies quanto às diferentes posições radiais estudadas, foram observadas diferenças significativas entre os caracteres anatômicos quantitativos das fibras e da densidade básica.

Palavras-chave: características anatômicas, variação radial, *Tachigali*.

CHARACTERIZATION OF FIBERS AND DENSITY OF WOOD OF *Tachigali guianensis* E *Tachigali glauca*

Abstract: *Tachigali guianensis* and *Tachigali glauca*, belong to the Leguminosae family, the species has excelled in competition trials as a promising species of forest for energy production, with good adaptation to the poor and acidic soils that occur in the Amazon. The objective was to characterize the fibers and the basic density of the wood of two species of the genus *Tachigali*, aiming its use for energy production. The study was carried out in the municipality of Vila de Beja, located in the state of Pará. For the anatomical study of the fibers and the basic density of the wood samples were taken from the discs at 1.30 m from the ground level in three radial positions: (marrow); (Intermediate) and (shell). The cell elements were individualized in acetic acid and hydrogen peroxide solution (1: 1) and the length, width, wall thickness and fiber diameter of the fibers were measured. The NBR 11941-02 was used to determine the basic density. The fibers of both species are of the libriform type, simple and narrowly areolated, not septate, with thin walls in wavy bands. The values obtained in the characterization of the fibers and of the basic density indicate that there was a significant effect among the analyzed species. Comparing the two species with respect to the different radial positions studied, significant differences were observed between the quantitative anatomical characters of the fibers and the basic density.

Keywords: anatomical characteristics, radial variation, *Tachigali*.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, o avanço tecnológico e a crise dos combustíveis fósseis ocorridos nos últimos anos, aumentaram a pressão sobre a flora nativa de muitas



regiões do Brasil, com destaque para a produção de lenha e de carvão vegetal (Oliveira et al., 2006).

Com isso, o reflorestamento de espécie nativas de crescimento rápido para a produção de energia tornou-se uma opção viável, como é o caso de espécies do gênero *Tachigali* Aubl, pertence à família Fabaceae, subfamília Caesalpinioideae, a qual possui cerca de 60 a 70 espécies que se distribuem da Costa Rica a região sul do Brasil e Paraguai (VAN DER WERFF 2008). O maior número de espécies ocorre na América do Sul (Lewis et al., 2005) dentre estas, 70% estão distribuídas no território brasileiro com predomínio nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e da Floresta Amazônica (SILVA, 2007).

Entre as espécies do gênero que ocorrem na Amazônia estão *Tachigali guianensis* (Benth.) Zarucchi & Herend e *Tachigali glauca* Tul., as quais apresentam rápido crescimento, podendo ser usado para recuperação de áreas degradadas, reflorestamentos e principalmente para produção de energia (FELFILI et al., 1999).

As fibras fazem parte da constituição anatômica da madeira, tendo como função principal sua sustentação mecânica, sendo assim, o estudo das dimensões das fibras é importante, pois se correlaciona com as propriedades físicas e mecânicas da madeira, determinando seu uso final. Madeiras que possuem fibras mais espessas possuem uma maior densidade. A morfologia das fibras varia entre espécies, entre árvores e dentro de uma mesma árvore, através das taxas de crescimento e idade das árvores, e são controladas tanto geneticamente quanto fenotipicamente, pelas influências ambientais: geográficas ou topográficas (METCALFE e CHALK, 1989).

Segundo (BARRICHELO; BRITO, 1984; PANSHIN; ZEEUW, 1980), as fibras produzidas pela região cambial são largas, com acentuados diâmetros de lume. Como as árvores apresentam um alto ritmo de crescimento nos primeiros 10 - 12 anos de vida, posteriormente, tende a estagnar. As fibras mais largas e com maiores diâmetros de lume estão mais restritas à região interna do tronco, ou seja, na madeira juvenil.

Além do estudo das características anatômicas das fibras, a determinação de sua densidade é um dos mais importantes parâmetros de qualidade quando se visa sua utilização como matéria-prima energética. Segundo Barrichelo (1992), a densidade da madeira varia entre espécies, entre indivíduos e procedências da mesma espécie e dentro da árvore, como no sentido radial da medula para a casca, sendo do ponto de vista da utilização tecnológica da madeira, extremamente importante o estudo da sua variação nesse sentido.

Panshin e De Zeew (1980) relatam que a variação da densidade da madeira no sentido radial é crescente da medula para a casca. A densidade da madeira tem uma relação direta com o rendimento do carvão quando expresso em volume, pois quanto maior a densidade maior a quantidade de matéria seca por unidade de volume (BRITO; BARRICHELLO, 1977).

Diante da importância do gênero, estudos dos caracteres anatômicos das espécies tornam-se necessário para melhor conhecimento de suas propriedades tecnológicas. Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivo caracterizar as fibras e a densidade básica da madeira de duas espécies do gênero *Tachigali*, visando sua utilização para produção de energia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material



O estudo foi realizado no município de Vila de Beja localizado no estado do Pará nas coordenadas 1° 43' 46" S 48° 52' 27" W e altitude de 16 m. De acordo com a classificação Köppen o clima da região é do tipo "Am", caracterizado como tropical úmido, com estação seca bem definida, com temperatura média anual de 27,0°C, precipitação pluviométrica anual de 2.580 mm e umidade relativa média anual de 81%.

Foram selecionadas de maneira aleatória 3 árvores de *T. guianensis* e 3 árvores de *T. glauca*, os dados referentes à altura e DAP (diâmetro a altura do peito) encontra-se na Tabela 1. De cada árvore retirou-se discos à 1,30 m do solo, os discos foram divididos em quatro cunhas, sendo que para cada tipo de ensaio (anatômico e físico) foi destinado um par de cunhas diametralmente opostas para o estudo anatômico e de densidade da madeira.

Tabela 1. Diâmetro e altura das árvores de *T. guianensis* e *T. glauca*

Espécie	Árvore	DAP (cm)	Altura (m)
<i>T. guianensis</i>	1	13,4	10
	2	14,6	14
	3	19,8	16
	Média	15,93	13,33
<i>T. glauca</i>	1	14,07	18
	2	12,48	18,5
	3	7,32	12
	Média	11,29	16,17

2.2 Caracterização das fibras

Para o estudo anatômico das fibras retirou-se corpos de prova de aproximadamente 1,5 cm³, provenientes de três regiões radiais distintas do lenho (medula); (intermediária) e (casca).

A dissociação dos elementos anatômicos foi realizada conforme metodologia proposta por Franklin (1945). O material macerado permaneceu a 60°C até completa individualização dos elementos anatômicos. Lâminas histológicas semi-permanentes foram preparadas com material macerado para mensuração do comprimento da fibra (CF), largura da fibra (LF) e diâmetro do lume (DL).

As fibras foram anatomicamente classificadas de acordo com Coradin e Muniz (1992) e a Associação Internacional de Anatomistas da Madeira (IAWA Committee, 1989). Para mensuração das fibras utilizou-se microscópio de luz Ken-AVision modelo TT 1010 com software analisador de imagens (WinCeLL Pro, Regent Instruments Inc.). As dimensões das fibras foram mensuradas a partir da amostragem de 50 fibras.

2.3 Densidade da madeira

Retirou-se amostras provenientes de três regiões radiais distintas do lenho (medula); (intermediária) e (casca). A densidade básica da madeira de foi determinada de acordo com a norma NBR 11941-02 (ABNT, 2003). Para tanto, as amostras foram colocadas em dessecador com água e realizado a aplicação de vácuo, a fim de facilitar o processo de



saturação das fibras. Em seguida, foi calculado o volume imerso em água de cada corpo-de-prova e então levados para uma estufa de circulação forçada de ar na temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, até que atingissem massa constante, obtendo assim a sua massa seca.

2.4 Análise dos dados

Para ambos os estudos anatômico das fibras e da densidade da madeira, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), arranjado em fatorial. Uma vez que não houve interação significativa entre os fatores estudados, analisou-se separadamente cada fator. Os dados provenientes do experimento foram analisados por meio da análise de variância e do teste de Tukey, ambos a 5% de significância. As análises foram feitas através do software SISVAR 4.2 (FERREIRA, 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características anatômicas das fibras e da densidade básica entre as espécies

As fibras de ambas as espécies são do tipo libriformes, simples e diminutamente areoladas, não septadas, com paredes finas em faixas onduladas. Os valores obtidos na caracterização das fibras e da densidade básica indicam que houve efeito significativo entre as espécies analisadas (Tabela 2). *T. guianensis* apresentou maiores valores de comprimento e largura das fibras, bem como parede das fibras mais espessa, entretanto não houve diferença significativa no diâmetro do lume das fibras.

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros anatômicos das fibras e da densidade básica de *T. guianensis* e *T. glauca*.

Parâmetros	<i>T. guianensis</i>	<i>T. glauca</i>
Comprimento das fibras (μm)	868,61 b	1144,34 a
Largura das fibras (μm)	21,52 b	23,02 a
Diâmetro do lume das fibras (μm)	13,12 a	12,60 a
Espessura da parede das fibras (μm)	4,20 b	5,49 a
Densidade básica (g/cm^3)	0,45 b	0,58 a

Médias seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Segundo Malan, (1995), a espessura da parede das fibras está intimamente relacionada com a densidade da madeira, pois fibras das madeiras de alta densidade, com paredes espessas têm baixa flexibilidade e são mais resistentes, desempenhando um papel crucial na qualidade da madeira. A resistência das fibras vegetais pode estar diretamente relacionada ao teor de celulose presente na parede celular destas matérias-primas. Portanto, fibras com maior espessura de parede tendem a apresentar maior resistência mecânica. A fração parede é o parâmetro anatômico que melhor prediz a quantidade de compostos químicos fundamentais da parede celular, o que auxilia no prognóstico da potencialidade do uso da biomassa vegetal para fins energéticos. Sendo assim, quanto maior a espessura da parede, maior será o espaço ocupado por celulose, hemiceluloses e lignina na parede da fibra (PAULA; SILVA JÚNIOR, 1994).

Para a variável densidade básica da madeira, houve diferença estatística significativa entre as médias das espécies avaliadas, sendo que a espécie *T. guianensis* apresentou densidade básica inferior 22,41% à da espécie *T. glauca* (Tabela 2). Conforme a



classificação proposta pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica -IPT (1985) a madeira de *T. guianensis* apresenta baixa densidade, enquanto a espécie *T. glauca* apresenta madeira de média densidade.

3.2 Características anatômicas das fibras e da densidade básica entre as espécies

Comparando as duas espécies quanto às diferentes posições radiais estudadas, foram observadas diferenças significativas entre os caracteres anatômicos quantitativos das fibras e da densidade básica estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros anatômicos das fibras e da densidade básica de *T. guianensis* e *T. glauca* em diferentes posições radiais.

Parâmetros	<i>T. guianensis</i>			<i>T. glauca</i>		
	Medula	Intermediária	Casca	Medula	Intermediária	Casca
CF (µm)	729,55 c	878,02 b	998,27a	890,00c	1003,027b	1450,00a
LF (µm)	18,68 c	21,74 b	24,15 a	21,66 b	22,97 b	26,09 a
EPF (µm)	3,09 c	4,38 b	5,13 a	4,80 c	5,37 b	6,29 a
DLF (µm)	13,89 a	12,98 a	12,50 a	13,51 a	12,23 a	12,06 a
DB (g/cm ³)	0,39 c	0,45 b	0,52 a	0,50 c	0,56 b	0,69 a

CF = comprimento das fibras; LF = largura das fibras; EPF = espessura da parede das fibras; DLF = diâmetro do lume das fibras; DB = densidade básica. Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5%.

As espécies *T. guianensis* e *T. glauca* apresentaram comportamento semelhante para as variáveis dimensões das fibras. O comprimento e a largura das fibras, assim como a espessura da parede das fibras aumentaram em direção da casca. Já o diâmetro do lume das fibras não apresentou variação significativa entre as 1 posições radiais, entretanto houve uma diminuição no diâmetro do lume da medula para a casca. A densidade básica da madeira aumentou significativamente da medula para a casca em ambas as espécies.

O aumento no comprimento das fibras da medula para a casca, também foi relatado por Longui et al. (2010), Andrade et al. (2009) para *Gallesia integrifolia*, Garcia et al. (2009) para *Cariniana legalis*, além de aumento no comprimento, também descreveram aumento da espessura da parede das fibras e diminuição no diâmetro e lume da medula para a casca.

Os resultados obtidos nesse estudo estão de acordo com os encontrados por Macedo et al., (2014) que estudou sete espécies de *Tachigali* sp, incluindo *T. glauca*. De acordo com Metcalf & Chalk, (1989) a morfologia das fibras pode variar entre espécies, entre árvores e dentro de uma mesma árvore, através das taxas de crescimento e idade das árvores, e são controladas tanto genética quanto fenotipicamente, pelas influências ambientais, geográficas ou topográficas.

As fibras são responsáveis pela resistência, rigidez ou flexibilidade da madeira e constituem geralmente a maior parte do lenho das folhosas. Sua porção no volume total e a espessura de suas paredes influem diretamente na densidade e no grau de alteração volumétrica, durante a secagem, e indiretamente nas propriedades mecânicas da madeira. (WIEDENHOEFT, 2010; SILVA, 2008).

4. CONCLUSÕES



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

T. glauca apresentou maiores dimensões das fibras. A madeira de *T. guianensis* apresenta baixa densidade, enquanto a espécie *T. glauca* a densidade é média.

Na análise da variação radial, as espécies *T. guianensis* e *T. glauca* obtiveram um aumento das dimensões celulares em direção da casca. Para o diâmetro do lume das fibras houve uma diminuição da medula para a casca. A densidade básica da madeira aumentou significativamente da medula para a casca em ambas as espécies.

Para uma indicação tecnológica de maior precisão, recomenda-se a realização de estudos complementares sobre as propriedades químicas e mecânicas da madeira de ambas as espécies, gerando conhecimento para a utilização correta e racional desta importante espécie da flora brasileira.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941-02 - Determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

ANDRADE, I.M., LONGUI, E.L., LIMA, I.L. & FLORSHEIM, S.M.B. Efeito da procedência na variação radial do comprimento de fibras e densidade básica da madeira de *Galesia integrifolia*. IF Série Registros 40: 39-43, 2009.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Variabilidade longitudinal e radial da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17, São Paulo, 17º Congresso... São Paulo, Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel, p. 403-9, 1984.

BARRICHELO, L. E. G. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. In: Congresso Florestal Brasileiro, 4, Belo Horizonte-MG, p.726-731, 1992.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal I: densidade e teor lignina da madeira de eucalipto. Circular Técnica IPEF, v. 14, p. 9-20, 1977.

CORADIN, V.T.R., MUÑIZ, G.I.D.E. Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: Angiospermae II-Gymnospermae. Brasília: IBAMA, série técnica, 15. 1992.

FELFILI, J. M.; HILGBERT, L. F.; FRANCO, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C.; RESENDE, A. R.; NOGUEIRA, M. V. P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth., sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 297- 301, 1999.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

FERREIRA, D. F. Sisvar versão 4.2. Lavras: DEX/ UFLA, 2003.

FRANKLIN, G.L. Preparation of the sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature*, 155, p. 51, 1945.

GARCIA, M.F., FLORSHEIM, S.M.B., LIMA, I.L. & LONGUI, E.L. Variação radial da densidade básica e comprimento de fibras de diferentes procedências de *Carianiana legalis*. IF Florestal Série Registros 40: 75-80, 2009.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin*, Leiden, v. 10, n. 3, p. 210-232, 1989.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada. São Paulo:189 p, 1985.

LEWIS, G., SCHIRE, B., MACKINDER, B. & LOCK, M. Legumes of the World. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew, p.150, 1984.

LONGUI, E. L.; ROMEIRO, D.; DA SILVA, M. T.; RIBEIRO, A.; GOUVEIA, T. C.; , LIMA, I. L.; FLORSHEIM, S. M. B. Caracterização do lenho e variação radial de *Pittosporum undulatum* Vent. (pau-incenso). *Hoehnea* 38(1): 37-50, 2010.

MALAN, F. A. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: Seminário Internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: IPEF/IPT, p. 1-19, 1995.

METCALF, C. R. & CHALK, L. Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction. Oxford University Press, Oxford, 297 p, 1989.

OLIVEIRA, E., B. R. VITAL, A. S. PIMENTA, R. M. D. LUCIA, A. M. M. LADEIRA & A. C. O. CARNEIRO. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. *Revista Árvore* 30(2): 311-318, 2006.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. E. Textbook of wood technology. 4 th. ed. New York McGraw Hill, 722 p, 1980.

PAULA, J. E.; SILVA JÚNIOR, F. G. Anatomia de madeiras indígenas com vistas à produção de energia e papel. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 12, p. 1807-1821, dez. 1994.

SILVA, L. F. G. & H. C. LIMA. Mudanças nomenclaturais no gênero *Tachigali* aubl. (Leguminosae – Caesalpinioideae) no Brasil. *Rodriguésia* 58(2): 397-401, 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

VAN DER WERFF, H. A Sinopsis of the genus *Tachigali* (Leguminosae: Caesalpinioideae) in northern South America. Ann. Missouri Bot. Gard. v. 95, n° 4, p. 618-660, 2008.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DAS NANOFIBRILAS CELULÓSICAS OBTIDAS POR DESFIBRILAÇÃO MECÂNICA DE POLPA DE Pinus sp.

Lisiane Nunes Hugen¹
Tatiane Antunes da Silva¹
Lidiane Costa Lima¹
MARIA ALICE MARTINS²
Gustavo Henrique Denzin Tonoli¹
Maria Lúcia Bianchi³

¹ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

² Laboratório de Nanotecnologia para o Agronegócio / Embrapa Instrumentação - São Carlos

³ Departamento de Química / Universidade Federal de Lavras



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DAS NANOFIBRILAS CELULÓSICAS OBTIDAS POR DEFIBRILAÇÃO MECÂNICA DE POLPA DE *Pinus* sp.

Resumo: Este trabalho teve como objetivo investigar a modificação estrutural sofrida pela polpa celulósica branqueada de *Pinus* sp. após o processo mecânico de defibrilação, com o intuito de fornecer uma compreensão básica sobre as principais propriedades das nanofibrilas, para o desenvolvimento de novos materiais com características superiores. A defibrilação foi realizada mecanicamente por meio de um moinho defibrilador. A avaliação das dimensões das nanofibrilas foi realizada por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), e as características microestruturais como cristalinidade e análise térmica também foram realizadas antes e após o processo de defibrilação. Os resultados mostraram que, após o processamento mecânico da polpa celulósica de pinus, ocorre a obtenção efetiva das nanofibrilas celulósicas apresentando um diâmetro médio 99% menor do que a polpa branqueada. As nanofibrilas apresentam portanto maior área superficial, aumentando as interações entre elas. Observa-se também uma redução na cristalinidade e na temperatura de degradação inicial do material após a defibrilação mecânica.

Palavras-chave: nanofibrilas, moinho defibrilador, cristalinidade, análise térmica.

CHARACTERIZATION OF CELLULOSE NANOFIBRILS OBTAINED BY MECHANICAL DEFIBRILLATION OF *Pinus* sp. PULP

Abstract: This work had as objective to investigate the structural modification suffered by the pulp cellulosic of *Pinus* sp. after the mechanical defibrillation process, in order to provide a basic understanding of the main properties of nanofibrils for the development of new materials with superior characteristics. Defibrillation was performed using a defibrillator mill. The evaluation of the dimensions of nanofibrils was performed by scanning electron microscopy (SEM), and microstructural characteristics such as crystallinity and thermal analysis were also performed before and after the defibrillation process. The results showed that, after the mechanical processing of the cellulosic pulp, cellulose nanofibrils were effectively obtained, presenting a mean diameter 99% lower than the bleached pulp. Nanofibrils therefore have a greater surface area, increasing the interactions between them. A decrease in crystallinity and degradation temperature of the material after defibrillation is also observed.

Keywords: nanofibrils, mill defibrillation, crystallinity, thermal analysis.

1. INTRODUÇÃO

O interesse por alternativas que substituam produtos oriundos de combustíveis fósseis cresce constantemente, conduzindo as pesquisas para o uso de fontes renováveis, como a celulose, que é o biopolímero mais abundante na parede celular das plantas. A fim de explorar as propriedades de materiais celulósicos, durante a última década, houve o aumento no desenvolvimento de processos comercialmente viáveis e adequados para desintegração das fibras vegetais de celulose em seus componentes estruturais individualizados, denominados de nanofibrilas de celulose.

O termo nanofibrilas de celulose refere-se as estruturas compostas por cadeias alternadas de celulose cristalina e amorfa (SIQUEIRA et al. 2009; TONOLI et al., 2016) que são obtidas por processos de defibrilação mecânica (SYVERUD et al., 2011; BUFALINO et al., 2014; FONSECA et al., 2016; AFRA et al., 2016). Nesses processos,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

as fibras lignocelulósicas são forçadas através de uma abertura entre um disco estático e um rotativo, dotados de sulcos que em contato com as fibras causam cisalhamento e sua desintegração em componentes subestruturais. Sendo considerado um dos métodos mais limpos para esse fim (DUFRESNE, 2013; SYVERUD et al., 2011; SPENCE et al., 2011; SIRO e PLACKETT, 2010).

As nanofibrilas de celulose são matérias-primas mais atrativas graças à sua grande área superficial e grande capacidade mecânica para atuar como reforço mecânico ou como propriedade de barreira em embalagens. Suas dimensões em nanoescala e sua capacidade de formar uma rede/trama nano porosa fortemente entrelaçada, têm incentivado o surgimento de novas aplicações de alto valor agregado.

Neste contexto o trabalho teve como objetivo investigar a modificação estrutural (cristalinidade e estabilidade térmica) sofrida pela polpa celulósica de *Pinus* sp. após o processo mecânico de desfibrilação, com o intuito de fornecer uma compreensão sobre as principais propriedades das nanofibrilas obtidas e para o desenvolvimento de novos materiais com características superiores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

As nanofibrilas celulósicas foram obtidas a partir de polpa branqueada de *Pinus* sp. fornecida pela Buckeye Technologies Inc., Perry, Florida, Estados Unidos.

2.2 Produção das nanofibrilas celulósicas

A polpa comercial foi inicialmente imersa em água destilada durante 48 h para garantir a hidratação e inchaço da parede celular das fibras. Após este processo a suspensão com concentração de 1% em massa foi agitada a 2000 rpm durante 1 h. Para a obtenção das nanofibrilas foi utilizado o processo mecânico de desfibrilação, utilizando o moinho SuperMasscolloide Masuko Sangyo (MKCA6-3; Masuko Sangyo Co. Ltd.), como apresentado na Figura 1, sendo composto por duas pedras de carboneto de silício, com ajuste de 0,01 mm de distância entre elas.

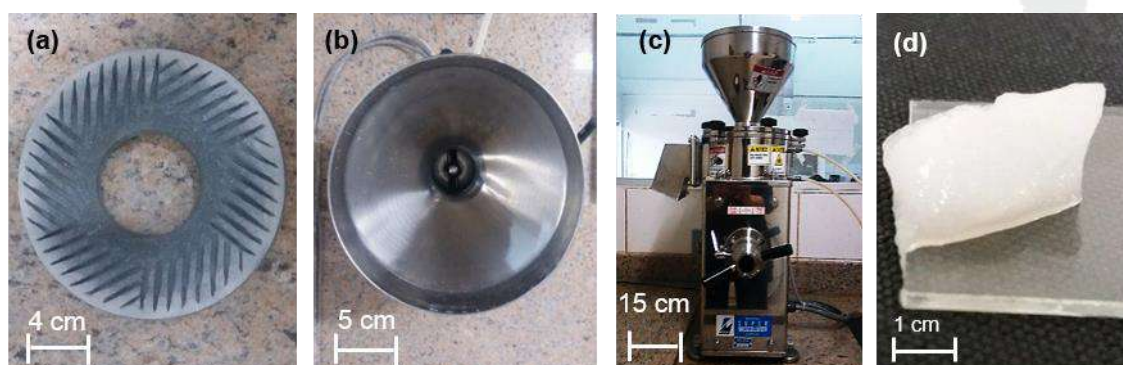


Figura 1. (a) Pedra de carboneto de silício, (b) Vista superior do Moinho, (c) Moinho SuperMasscolloide Masuko Sangyo, (d) Aparência visual do gel formado após 30 passagens da solução de polpa branqueada de *Pinus* sp.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A desfibrilação mecânica foi realizada com rotação de 1500 rpm, onde número de passagens adotadas para este estudo foi 30 vezes seguindo metodologia de (GUIMARÃES et al., 2015a). A corrente elétrica foi mantida em torno de 6 A (BUFALINO et al., 2014; GUIMARÃES et al., 2015b).

2.3 Caracterização da polpa e das nanofibrilas

As análises foram realizadas com amostras antes e após o processo mecânico de desfibrilação, portanto sendo analisadas a polpa branqueada e as nanofibrilas de *Pinus* sp.

2.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A morfologia superficial da polpa branqueada e das nanofibrilas foram observadas em microscópio eletrônico de varredura modelo JMS 6510 (JEOL®) com uma voltagem de aceleração de 10 kV. Todas as amostras foram previamente recobertas com ouro, para posterior obtenção das micrografias. Para cada amostra da polpa e das nanofibrilas foram medidos o diâmetro de 30 fibras/nanofibrilas (BUFALINO et al., 2015). A análise das imagens e as medições foram realizadas com o auxílio do Software ImageJ (ImageJ 1.48v, National Institutes of Health, EUA).

2.5 Difração de raios-X (DRX)

O índice de cristalinidade foi estimado por meio de difração de raios-X, usando difratômetro Shimadzu modelo XRD 6000 (Rigaku®) operando com 30 kV, 30 mA e radiação CuK α ($\lambda = 1540 \text{ \AA}$). O escaneamento foi realizado a uma taxa de $2\theta/\text{min}$ de 5 a 30° (TONOLI et al., 2012), o índice de cristalinidade (IC) foi calculado utilizando a Equação (1) de acordo com o metodologia proposta por Segal et al. (1959).

$$IC = (1 - (I_{am}/I_c)) \times 100 \quad (1)$$

Onde: IC é o índice de cristalinidade (%); I_c é a intensidade máxima do pico cristalino de 200 ($2\theta = 22,6^\circ$); e I_{am} é intensidade mínima obtida entre os picos 110 e 200 (2θ entre $14,8$ e $16,7^\circ$).

2.6 Análise termogravimétrica (TG)

A estabilidade térmica e perfil de degradação térmica foram determinados em um analisador térmico DTA-TG Shimadzu 60H. A termogravimetria foi realizada em amostra de 4 - 6 mg aquecidas de 25°C a 600°C , sob atmosfera de nitrogênio, utilizando fluxo de $60 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, com uma razão de aquecimento de $10^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ (BUFALINO et al., 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode ser observado na Figura 2, que o processo de desfibrilação mecânica desconstrói a parede celular da fibra, apresentando uma aparência de rede desordenada com estruturas individuais e agregadas, em virtude de uma grande interação entre elas (DUFRESNE, 2010; SYVERUD et al., 2011). Esta interação é causada pela grande quantidade de grupos hidroxilas livres na superfície das nanofibrilas, fazendo com que

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

interajam fortemente uma com a outra (KAUSHIK et al., 2010; KURMA et al., 2014; BUFALINO et al., 2015).

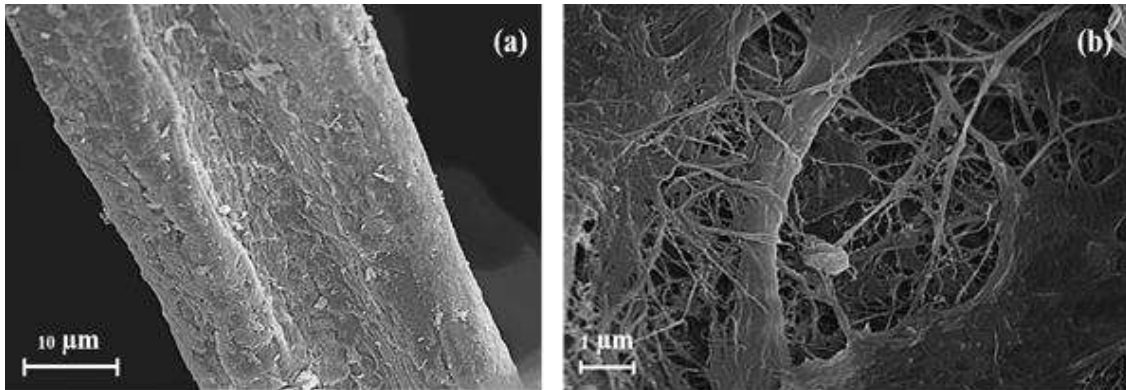


Figura 2. Micrografias de MEV: (a) polpa celulósica de *Pinus* sp. - aumento de 500X; (b) Nanofibrilas de *Pinus* sp. - aumento de 10000X

Com o uso da análise de microscopia de varredura, observou-se a variação no diâmetro entre a polpa branqueada e as nanofibrilas celulósicas após a desfibrilação mecânica. A polpa branqueada de *Pinus* sp. apresentou diâmetro médio de 39 µm, similar ao encontrado no trabalho de Chinga-Carrasco et al. (2011) em que, obtiveram valores de 35 µm de diâmetro médio para polpa de pinus. O diâmetro médio encontrado para as nanofibrilas obtidas neste trabalho foi de 49 nm. Os valores médios de diâmetro, obtidos no trabalho são, portanto, coerentes com resultados obtidos em outros trabalhos (ABE e YANO, 2010; SOUZA et al., 2010; BUFALINO et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2015b; FONSECA et al., 2016; TONOLI et al., 2016).

Para verificar possíveis danos ocasionados à cristalinidade da polpa branqueada, antes e após o processo de desfibrilação mecânica, foi utilizada a difração de raios-X (DRX), como apresentado na Figura 3.

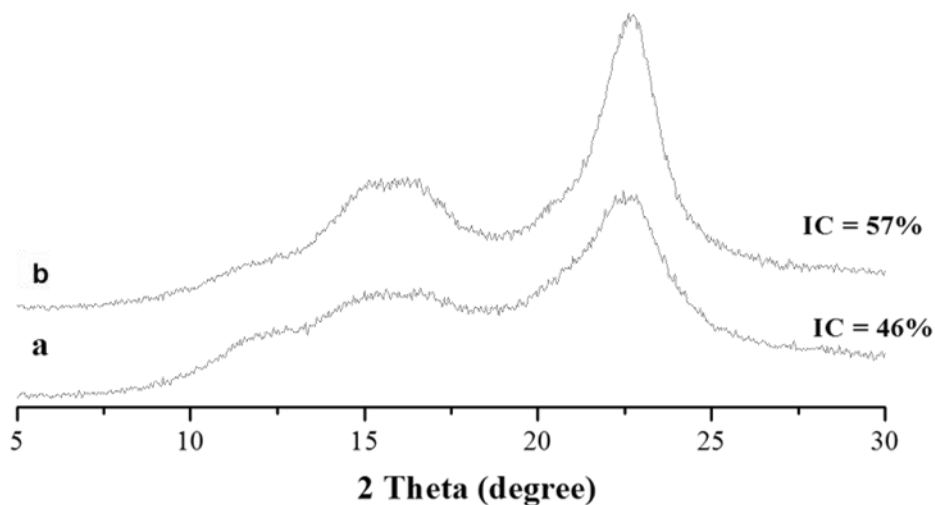


Figura 3. Difratomogramas de raios-X das nanofibrilas de celulose de *Pinus* sp. (a); e polpa *Pinus* sp. (b)

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Dois principais picos de difração, foram observados para ambos os materiais. O primeiro ocorre entre 2θ de $14,8^\circ$ e $16,7^\circ$, que é atribuído ao plano cristalográfico (110) e (101), respectivamente e o segundo ocorre em 2θ igual a $22,6^\circ$, correspondendo ao plano cristalográfico (002), ambos do polimorfo tipo I da celulose (BESBES et al., 2011; KLEMM et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2010). Estes padrões são típicos dos materiais semicristalinos com um pico largo amorfo e outro pico mais agudo e intenso.

Em comparação com a polpa branqueada, as nanofibrilas celulósicas não apresentaram qualquer mudança na sua polimorfia. Considerando estes dados, o índice de cristalinidade (IC na Figura 3) foi determinado pela Equação (1). A variação encontrada para a espécie de *Pinus* sp. foi de IC = 57% para polpa branqueada e IC = 46 % para as nanofibrilas celulósicas. Iwamoto et al. (2007) avaliaram o índice de cristalinidade de materiais obtidos com base em diferentes números de ciclos no desfibrador, e obtiveram valores de IC de 60% para polpa celulósica de pinus e IC de 40% após 30 ciclos. Concluiu-se que o processo de desfibrilação promoveu a degradação mecânica dos cristais das nanofibrilas devido ao alto cisalhamento provocado pelo desfibrilador (IWAMOTO et al., 2008).

A estabilidade térmica, antes e após o processamento mecânico da polpa branqueada, foi investigada por meio da termogravimetria (TG) e análise da derivada da termogravimetria (DTG) conforme apresentado na Figura 4.

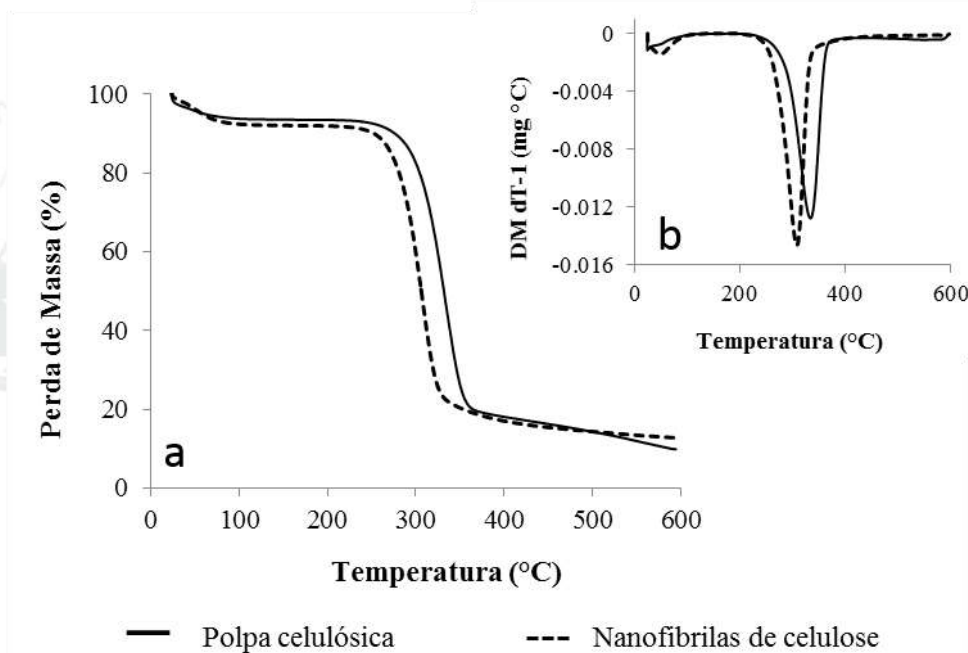


Figura 4. Termogramas típicos da polpa celulósica e das nanofibrilas de *Pinus* sp. (a) TG e (b) DTG

As curvas termogravimétricas para *Pinus* sp. apresentaram o mesmo perfil, ou seja, um primeiro estágio de perda de massa entre 40°C e 150°C , atribuído a perda de água, uma vez que as amostras não foram previamente secas. Em seguida, acima de 200°C

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

inicia-se um segundo estágio de degradação atribuído a decomposição dos constituintes das amostras.

Conforme apresentado na Figura 4, a temperatura do início da degradação das nanofibrilas ocorre em 253°C, enquanto que, para a polpa celulósica, a degradação inicia-se em 266°C. A temperatura em que a velocidade de degradação é máxima foi de 309°C e 314°C para as nanofibrilas e para a polpa celulósica, respectivamente.

Observa-se, portanto, que as nanofibrilas de celulose possuem estabilidade térmica um pouco menor que a polpa celulósica. Esse comportamento pode ser atribuído à diferença entre os índices de cristalinidade (Figura 3), que, segundo Iwamoto et al. (2007), estão diretamente relacionados à estabilidade térmica.

4. CONCLUSÕES

A desfibrilação mecânica mostrou-se efetiva para a obtenção de nanofibrilas da polpa branqueada de *Pinus* sp.. As análises realizadas na polpa branqueada e nas nanofibrilas celulósicas de *Pinus* sp. mostram que houve uma redução do índice de cristalinidade com a desfibrilação mecânica, bem como a diminuição da estabilidade térmica das nanofibrilas, proveniente da degradação dos cristalitos com as forças de cisalhamento aplicadas durante a desfibrilação. O presente trabalho contribui com informações importantes sobre a desconstrução das fibras de celulose de pinus para obtenção nanofibrilas que podem ser testadas em diferentes aplicação.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Governo Brasileiro através da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Instrumentação).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, K.; YANO, H. Comparison of the characteristics of cellulose microfibrila aggregates isolated from fiber and parenchyma cells of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*). **Cellulose**, v. 17, n. 2, p. 271–277, 2010.

AFRA, E.; MOHAMMADNEJAD, S.; SARAEEYAN, A. Cellulose nanofibils as coating material and its effects on paper properties. **Progress in Organic Coatings**, v. 101, p. 455–460, 2016.

BESBES; I.; VILAR; M. R.; BOUFI; S. . Nanofibrillated cellulose from TEMPO- oxidized eucalyptus fibres: Effect of the carboxyl content. **Carbohydrate Polymers**, v. 84, n. 3, p. 975–983, 2011.

BUFALINO, L., MENDES, L.M., TONOLI, G.H.D., RODRIGUES, A., FONSECA, A.S., CUNHA, P.I., MARCONCINI, J.M. New products made with lignocellulosic nanofibers from Brazilian amazon forest. **Materials Science and Engineering**, v. 64, p. 1-5, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BUFALINO, L.; SENA NETO, A. R.; TONOLI, G. H. D.; FONSECA, A. S.; GOMES, T. G.; MORCONCINI, J. M.; COLODETTE, J. L.; LABORY, C. R. G.; MENDES, L. M. How the chemical nature of Brazilian hardwoods affects nanofibrillation of cellulose fibers and film optical quality. **Cellulose**, v. 22, p. 3657-3672, 2015.

CHINGA-CARRASCO, G.; YU, Y.; DISERUD, O. Quantitative electron microscopy of cellulose nanofibril structures from Eucalyptus and Pinus radiata kraft pulp fibres. **Microscopy and microanalysis**, v.17, n. 4, p. 563-71, 2011.

DUFRESNE, A. Processing of polymer nanocomposites reinforced with polysaccharide nanocrystals. **Molecules**, v. 15, n. 6, p. 4111-4128, June 2010.

DUFRESNE, A. Nanocellulose, a new ageless bionanomaterial. **MaterialsToday**, v. 16, n. 6, p. 220–227, 2013.

FONSECA, C. S.; SILVA, T. F.; SILVA, M. F.; OLIVEIRA, I. R. C.; MENDES, R. F.; HEIN, P. R. G.; MENDES, L. M.; TONOLI, G. H. D. Eucalyptus cellulose micro/nanofibers in extruded fiber-cement composites. **Cerne**, v. 22, n. 1, p. 1-9, 2016.

GUIMARÃES JUNIOR, M., BOTARO, V.R., NOVACK, K.M., FLAUZINO NETO, W.P., MENDES, L.M., TONOLI, G.H.D. Preparation of cellulose nanofibrils from bamboo pulp by mechanical defibrillation for their applications in biodegradable composites. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 15, n. 1-18, p. 1-18, 2015a.

GUIMARÃES JR, M.; BOTARO, V. R.; NOVACK, K. M.; TEIXEIRA, F. G.; TONOLI, G. H. D. Starch/PVA-based nanocomposites reinforced with bamboo nanofibrils. **Industrial Crops and Products**, v. 70, p. 72-83, Aug. 2015b.

IWAMOTO, S.; ABE, K.; YANO, H. The effect of hemicelluloses on woodpulp nanofibrillation and nanofiber network characteristics. **Biomacromolecules**, v. 9, n. 3, p. 1022-1026, 2008.

IWAMOTO, S.; NAKAGAITO, A. N.; YANO, H. Nano-fibrillation of pulp fibers for the processing of transparent nanocomposites. **Applied Physics A**, v. 89, n. 2, p. 461–466, 2007.

KAUSHIK, A., SINGH, M., VERMA, G. Green nanocomposites based on thermoplastic starch and steam exploded cellulose nanofibrils from wheat straw. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, p. 337-345, 2010.

KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H. P.; BOHN, A. Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 44, n. 22, p.3358–3393, 2005.

KUMAR, V.; BOLLSTROM, R.; YANG, A.; CHEN, Q.; CHEN, G.; SALMINEN, P.; BOUSFIELD, D.; TOIVAKKA, M. Comparison of nano- and microfibrillated cellulose films. **Cellulose**, v. 21, p. 3443-3456, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SEGAL, L.; CREELY, J.J.; MARTIN, A.E.; CONRAD, C.M. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. **Textile Research Journal**, v. 29, n. 10, p. 786-794, 1959.

SIQUEIRA, G.; BRAS, J.; DUFRESNE, A. Cellulose whiskers versus microfibrils: Influence of the nature of the nanoparticle and its surface functionalization on the thermal and mechanical properties of nanocomposites. **Biomacromolecules**, v. 10, n. 2, p. 425-432, 2009.

SIRÓ, I.; PLACKETT, D. Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review. **Cellulose**, v. 17, n. 3, p. 459-494, 2010.

SOUZA, S. F.; LEÃO, A. L.; CAI, J. H.; WU, C.; SAIN, M.; CHERIAN, B. M. Nanocellulose from curaua fibers and their nanocomposites. **Molecular Crystals and Liquid Crystals**, v. 522, p. 342-352, 2010.

SPENCE, K. L.; VENDITTI, R. A.; ROJAS, O. J.; HABIBI, Y.; PAWLAK, J. J. A comparative study of energy consumption and physical properties of microfibrillated cellulose produced by different processing methods. **Cellulose**, v. 18, n. 4, p. 1097-1111, 2011.

SYVERUD, K.; CARRASCO, G.C.; TOLEDO, J.; TOLEDO, P.G. A comparative study of Eucalyptus and Pinus radiata pulp fibres as raw materials for production of cellulose nanofibrils. **Carbohydrate Polymers**, v. 84, n. 3, p. 1033-1038, 2011.

TEIXEIRA, E. M.; CORRÊA, A. C.; MANZOLI, A.; LEITE, F. L.; OLIVEIRA, C. R.; MATTOSO, L. H. C. Cellulose nanofibers from white and naturally colored cotton fibers, **Cellulose**, v. 17, n. 3, p. 595-606, 2010.

TONOLI, G. H. D.; TEIXEIRA, E. M.; CORREA, A. C.; MARCONCINI, J. M.; CAIXETA, L. A.; SILVA, M. A. P.; MATTOSO, L. H. C. Cellulose micro/nanofibres from Eucalyptus kraft pulp: preparation and properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 89, n. 1, p. 8- 88, 2012.

TONOLI, G. H. D.; HOLTMAN, K. M.; GLENN, G.; FONSECA, A. S.; WOOD, D.; WILLIAMS, T.; SA, V. A.; TORRES, L.; KLAMCZYNSKI, A.; ORTS, W. J. Properties of cellulose micro/nanofibers obtained from eucalyptus pulp fiber treated with anaerobic digestate and high shear mixing. **Cellulose**, v. 23, p. 1239-1256, 2016.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DE BIOCARVÕES DE CASCA DE CAFÉ UTILIZANDO TÉCNICAS DE FTIR E TGA

Tais Regina Lima Abreu Veiga¹
José Tarcísio Lima¹
Paulo Fernando Trugilho¹
Luciano Junqueira Costa²
Anelise Lima de Abreu Dessimone¹
Matheus Felipe Freire Pego¹
Taiana Guimarães Arriel¹
Breno Assis Loureiro¹

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Viçosa



CARACTERIZAÇÃO DE BIOCARVÕES DE CASCA DE CAFÉ UTILIZANDO TÉCNICAS DE FTIR E TGA.

Resumo: Os biocarvões são materiais carbonáceos altamente resistentes à decomposição, gerados a partir da pirólise da biomassa, com o intuito de aplicação nos solos. Pesquisas recentes mostram que os biocarvões apresentam potencial de imobilização de carbono e de promover melhorias da qualidade dos solos. No entanto, suas propriedades físicas e químicas, bem como sua resposta no solo são muito dependentes do tipo de matéria - prima e dos parâmetros de produção, sendo essencial uma análise criteriosa de suas propriedades, principalmente de sua estrutura e composição química. Desta forma, este trabalho objetivou estudar o comportamento térmico e a estrutura química dos biocarvões de casca de café, produzidos em diferentes temperaturas de carbonização (350, 450, 550 e 900°C), por meio de análise termogravimétrica (TGA) e espectroscópica vibracional na região do infravermelho (FTIR). De modo geral, as propriedades e estruturas dos biocarvões foram influenciadas pela temperatura de carbonização. Os termogramas revelaram que o aumento da temperatura de carbonização promoveu estabilização térmica dos materiais, além disso, os espectros de FTIR mostraram picos referentes aos grupos carboxílicos e fenólicos, responsáveis pela recalcitrância do material no solo.

Palavras-chave: Biochar. Biomassa vegetal. Imobilização de carbono. Pirólise. Condicionador de solos.

CHARACTERIZATION OF BIOCHARS OF COFFEE PEEL USING FTIR AND TGA TECHNIQUES.

Abstract: Biochars are carbonaceous materials, highly resistant to decomposition, generated by the pyrolysis of biomass, with the sole purpose of application in soils. Recent research showed that biochar have potential for immobilizing carbon and promote improving soil quality. However, its physical and chemical properties, as well as its response in the soil, are very dependent of the type of raw matter and production parameters used. A careful analysis of its properties, mainly its structure and chemical composition, is essential. Thus, this work aimed to study the thermal behavior and chemical structure of the coffee peel biochars produced in different carbonization temperatures (350, 450, 550 and 900°C), by thermogravimetric analysis (TGA) and Fournier Transport Infrared Spectroscopy (FTIR). In general, the properties and structures of the biochars were influenced by the carbonization temperature. The thermograms revealed that the increase in carbonization temperature promoted thermal stabilization of the materials. In addition, the FTIR spectrums showed spikes related to carboxylic and phenolic groups, responsible for the increase in porosity of the biochars.

Keywords: Biochar. Plant biomass. Carbon immobilization. Pyrolysis. Soil conditioner.

1. INTRODUÇÃO

O biocarvão é um resíduo sólido carbonáceo obtido do aquecimento da biomassa, em temperaturas acima de 350°C, na ausência ou presença controlada de oxigênio. Há anos tem sido objeto de estudo da comunidade científica devido ao seu potencial de reter carbono orgânico, além de promover melhorias nas propriedades



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

químicas e físicas dos solos. Acredita-se que o interesse pelo biocarvão teve início quando naturalistas e geólogos que viajavam pela região Amazônica se depararam com manchas profundas de solo rico em carbono e extremamente férteis, totalmente diferentes dos solos comuns da região, que se caracterizam por serem intemperizados, ácidos e de baixa fertilidade (SMITH, 1980).

Pesquisas indicam que a cor e o potencial agrícola dessas manchas de solo, que receberam o nome de Terra Preta de Índio (TPI's), estão relacionados à presença de carvão e substâncias altamente aromáticas provenientes da combustão incompleta de resíduos (black carbon) (GLASER et al., 2000). O black carbon apresenta estrutura aromática que lhe confere estabilidade química e microbiológica, fazendo com que persista no ambiente por muitos anos e oxide de forma lenta, promovendo a formação de grupos carboxílicos nas suas bordas que aumentam a retenção de nutrientes (GLASER et al., 2000).

Em teoria, qualquer tipo de biomassa pode ser utilizada para produção dos biocarvões, no entanto, estudos recentes tem mostrado que não apenas a matéria prima, mas os parâmetros de produção, como por exemplo: temperatura final de carbonização, taxa de aquecimento e pressão, têm influenciado diretamente nas características do material, indicando a necessidade de muitas pesquisas, principalmente relacionadas a estrutura e composição química dos biocarvões (CHEN et al., 2015; ZENG et al., 2015; ZHAO et al., 2013).

Diante da necessidade da avaliação da estrutura e composição química dos biocarvões, as análises de espectroscopia vibracional na região do infravermelho (FTIR) e termogravimétrica (TGA) tem se mostrado como boas ferramentas para observação dos grupos químicos presentes, bem como do comportamento do material mediante diferentes temperaturas. Espera-se que os resultados obtidos por meio dessas análises, auxiliem na produção de biocarvões com excelentes características agrônômicas, como por exemplo: alto teor de nutrientes e carbono fixo, grupos químicos recalcitrantes e elevada estabilidade térmica, porosidade, capacidade de troca catiônica e condutividade elétrica (MADARI et al., 2010).

Neste contexto, este trabalho objetivou estudar o comportamento térmico e a estrutura química dos biocarvões de casca de café, produzidos em diferentes temperaturas, por meio de análise termogravimétrica (TGA) e espectroscópica vibracional na região do infravermelho (FTIR).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima e preparo dos biocarvões

Para a realização deste trabalho foram utilizadas cascas de café (casca + polpa + pergaminho) da espécie *Coffea arabica* obtidas por meio do processo de despulpamento via seca dos grãos de café, provenientes da Fazenda Limeira, localizada no município de Nepomuceno, MG.

A produção dos biocarvões foi realizada em forno elétrico adaptado com sistema de recuperação de gases. A casca de café foi previamente seca em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por, aproximadamente, 24 horas e pesada para obtenção da massa seca. Posteriormente, cerca de dois quilos do material foram submetidos à temperatura inicial de 100°C e temperaturas finais de carbonização de 350, 450, 550, 900°C ,

REALIZAÇÃO



APÓIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

permanecendo 30 minutos na temperatura final. A taxa de aquecimento adotada foi de 1°C/min.

2.2 Caracterização dos biocarvões

Após a produção, os biocarvões foram pesados em balança semi-analítica, para obtenção da massa seca. O rendimento gravimétrico (RGC) foi obtido pela relação entre a massa seca do biocarvão e a massa seca de casca de café, expresso em porcentagem.

Foram realizadas análises químicas na biomassa *in natura* e nos biocarvões, pois tais resultados poderiam auxiliar nos estudos do comportamento e estabilidade térmica dos mesmos. A análise química imediata foi realizada conforme a Norma 8112 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 1986), sendo determinados os teores de materiais voláteis e de cinzas e, por diferença, o teor de carbono fixo do material.

O comportamento e a estabilidade térmica da biomassa *in natura* e dos biocarvões foram investigados por análise termogravimétrica (TGA), em um analisador Shimadzu-DTG 60H. As varreduras foram realizadas entre as temperaturas de 25 e 900°C com taxa de 10°C min⁻¹ sob atmosfera inerte de N₂ e fluxo de 50 mL.min⁻¹.

Por fim, realizou-se a análise espectroscópica vibracional, na região do infravermelho, a fim de identificar a presença de grupos funcionais. Os espectros, na região do infravermelho da biomassa *in natura* e dos biocarvões, foram obtidos em um espectrofotômetro Digilab série Excalibur, utilizando pastilhas de KBr (resolução de 4 cm⁻¹ com 8 acumulações). Foram utilizados, aproximadamente, 3,0 mg de amostra para 97 mg de KBr.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Química imediata

De acordo com a Tabela 1, observa-se tendência de diminuição do rendimento gravimétrico em biocarvão com a elevação da temperatura final de carbonização, a qual ocorre, principalmente, em decorrência do aumento da degradação gerada nas condições mais elevadas de temperatura (MASEK et al., 2013). No entanto, observa-se redução mais acentuada entre a temperatura de 450 a 550°C, onde houve decréscimo de aproximadamente 30% do rendimento gravimétrico.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Tabela 1. Características avaliadas nos biocarvões produzidos nas temperaturas de 350°, 450°, 550° e 900°C.

Temperatura	RG	TMV	TCZ	TCF
<i>In natura</i>	-	70,02	7,86	22,12
350°C	46,2	36,02	9,91	54,06
450°C	38,8	23,89	11,80	64,30
550°C	27,4	21,36	19,98	58,65
900°C	29,0	18,06	17,48	64,46

RG: rendimento gravimétrico (%); TMV: teor de materiais voláteis (%); TCZ: teor de cinzas (%); TCF: teor de carbono fixo (%)

Segundo Shafizadeh (1985), a estabilidade térmica do material, ou seja, a menor perda de massa está relacionada à quantidade de lignina e carbono fixo presente no mesmo. Dessa forma, acredita-se que a queda de rendimento, nas temperaturas acima de 500°C, para a casca de café, seja decorrente da maior volatilização de nutrientes como nitrogênio, potássio e enxofre, promovendo aumento excessivo no teor de cinzas e, conseqüentemente, redução na quantidade de carbono fixo (ENDERS et al., 2012).

De acordo com a Tabela 1, nota-se ainda efeito significativo da temperatura de carbonização sobre os teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo. Observa-se uma tendência de redução do teor de materiais voláteis e, conseqüentemente, o aumento do teor de carbono fixo com a elevação da temperatura. Observa-se que da condição *in natura* para a temperatura de 350°C ocorreu redução de, aproximadamente, 48% do teor de materiais voláteis. A partir de 350°C, ocorre diminuição da perda de materiais voláteis (33%), com tendência de estabilização a partir da temperatura de 450°C.

Com relação ao teor de cinzas (TABELA 1), observa-se que o aumento da temperatura de carbonização, também, promoveu elevação do teor cinzas. No entanto, nota-se aumento acentuado do teor cinzas na temperatura de 550°C. Tal fato pode ser decorrente da volatilização de alguns elementos (K, P e S), em temperaturas acima de 500°C, que causa subestimação do teor de cinzas, principalmente, em materiais com elevado teor desses componentes como também é o caso de rejeitos animais e de outros resíduos agrícolas (ENDERS et al., 2012).

Ainda de acordo com a Tabela 1, observa-se queda do teor de carbono fixo, na temperatura de 550°C, justamente onde foi relatado elevado teor de cinzas e estabilização dos componentes voláteis para o mesmo, indicando que o comportamento do teor de cinzas e materiais voláteis refletiu no comportamento do teor de carbono fixo.

3.2 Perfis termogravimétricos dos biocarvões

A Figura 1 relata a perda de massa em função da temperatura (curva TG) da biomassa *in natura* e dos biocarvões de casca de café. Observa-se que os biocarvões apresentaram maior resistência à degradação térmica quando comparados à biomassa *in natura*. Tal fato está relacionado ao tratamento térmico,



ao qual a casca de café foi submetida, resultando na degradação de componentes moleculares e, conseqüentemente, na fixação de carbono. Segundo Brand (2010), materiais com alto conteúdo de carbono fixo tendem a queimar lentamente, justificando os resultados encontrados na Figura 1.

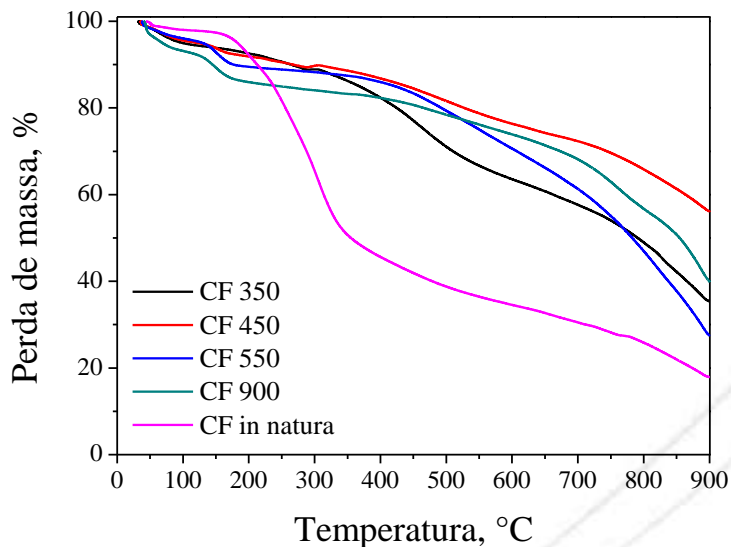


Figura 1 - Perda de massa em função da temperatura da casca de café (CF) *in natura* e de seus respectivos biocarvões, produzidos nas temperaturas de 350 a 900°C.

Normalmente espera-se tendência de estabilização térmica dos biocarvões à medida que a temperatura de carbonização aumenta, uma vez que a elevação da temperatura promove a liberação de materiais voláteis e o aumento do teor de carbono fixo, no entanto, diferentemente do esperado, não houve aumento da resistência à degradação térmica dos biocarvões com a elevação da temperatura final de carbonização (Figura 1). Tal fato está associado aos acontecimentos discutidos na Tabela 1, na qual se observou que a casca de café apresenta tendência de estabilização do teor de materiais voláteis e aumento acentuado do teor de cinzas, nas temperaturas acima de 450°C, ocasionando queda no teor de carbono fixo e, conseqüentemente, menor estabilidade térmica.

Segundo Shafizadeh (1985), dentre os conteúdos moleculares, a lignina é que apresenta maior peso molecular e estabilidade térmica pelas ligações carbono-carbono entre as unidades monoméricas de fenil-propano, ou seja, a degradação desta macromolécula pelo incremento da temperatura é mais lenta e difícil, comparada aos demais compostos orgânicos, que compõem a biomassa (SARKANEN; LUDWIG, 1971).

3.3 Espectroscopia vibracional na região do infravermelho (FTIR)

Os espectros resultantes da análise de espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier (ou *Fourier Transformed InfraRed Spectroscopy*– FTIR) demonstraram a diversidade de grupos funcionais presente na biomassa e em seus respectivos biocarvões (FIGURA 2).

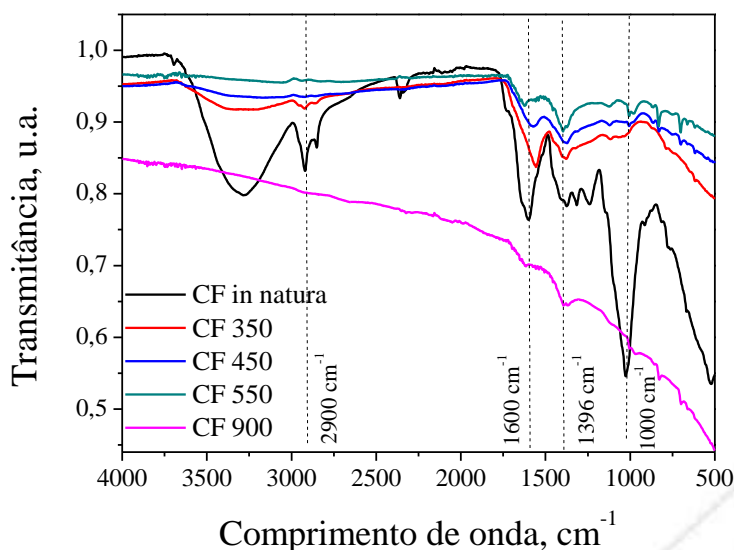


Figura 2 - Espectros de FTIR da casca de café (CF) *in natura* e de seus respectivos biocarvões.

Observa-se que tanto a casca de café *in natura*, como seus biocarvões apresentaram bandas mais expressivas, principalmente, nas regiões que indicam a presença de lignina. Nota-se, ainda, que, na casca de café *in natura* é possível observar a presença de grupos hidroxilas na região de 3400 a 3250 cm^{-1} , indicando que a elevação da temperatura causou a perda de umidade e de grupos hidroxilas nos biocarvões (FU et al., 2011).

Outra banda que pode ser observada está na região 2.900 cm^{-1} atribuída ao estiramento vibracional simétrico e assimétrico de grupos CH_2 e CH_3 (CASTRO, 2003). Observa-se que, da mesma forma como ocorreu para os grupos hidroxilas, há um enfraquecimento dessa banda à medida que a temperatura de carbonização aumenta.

De forma geral, os grupos funcionais com ligação dupla com oxigênio, como as carboxilas (ácido carboxílico) e as carbonilas (cetonas e ésteres), responsáveis pela recalcitrância dos biocarvões, encontram-se na banda de 1600 cm^{-1} (NANDA et al., 2012) e aparecem de forma expressiva na casca de café e em seus respectivos biocarvões, com exceção dos biocarvões produzidos a 900°C, que não apresentam, praticamente, nenhum grupo funcional.

Por fim, observa-se uma banda em 1000 cm^{-1} correspondente aos estiramentos do grupo C-O da celulose, hemiceluloses e lignina ou C-O-C da celulose e hemicelulose e, como esperado, apresenta tendência de desaparecimento à medida que a temperatura de carbonização se eleva.

4. CONCLUSÕES



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Com o aumento da temperatura de carbonização houve redução no rendimento gravimétrico em biocarvão e teor de materiais voláteis, e por outro lado, aumento no teor de cinzas e carbono fixo. Os termogramas mostram que houve tendência de estabilização dos biocarvões à medida que a temperatura de carbonização se elevou, no entanto os biocarvões produzidos a 450°C foram os que apresentaram maior estabilidade térmica.

Quanto às análises de espectroscopia vibracional, observou-se a diminuição da maioria dos grupos funcionais com o aumento da temperatura, principalmente, aqueles referentes à presença de água, celulose, hemicelulose e lignina. Em todas as temperaturas, os biocarvões mostraram picos referentes aos grupos químicos recalcitrantes, como carboxílicos e fenólicos, responsáveis pela recalcitrância do material no solo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112**: carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 5 p.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.

CASTRO, G. R. **Síntese, caracterização e aplicação de celulose funcionalizada com ligante p-Aminobenzoico em pré-concentração de íons metálicos**. 2003. 57 p. Dissertação (Mestrado em Química Analítica)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CHEN, D.; ZHANG, H.; CHEN, Y.; LI, Q. Bamboo pyrolysis using TG-FTIR and a lab-scale reactor: analysis of pyrolysis behavior, product properties, and carbon and energy yields. **Fuel**, London, v. 148, p. 79-86, May 2015.

ENDERS, A.; HANLEY, K.; WHITMAN, T.; JOSEPH, S.; LEHMANN, J. Characterization of *biochar* to evaluate recalcitrance and agronomic performance. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 114, p. 644-653, June 2012.

FU, P.; YI, W.; BAI, X.; LI, Z.; HU, S.; XIANG, J. Effect of temperature on gas composition and char structural features of pyrolyzed agricultural residues. **Bioresource Technology**, Essex, v. 102, p. 8211-8219, 2011.

GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. **Organic Geochemistry**, Oxford, v. 31, p. 669-678, 2000.

MADARI, B. E.; PETTER, F. A.; CARVALHO, M. T. de M.; MACHADO, D. M.; SILVA,

REALIZAÇÃO



APÓIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O. M. da; FREITAS, F. C.; OTONI, R. de F. **Biomassa carbonizada como condicionante de solo para a cultura do arroz de terras altas, em solo arenoso, no Cerrado:** efeito imediato para a fertilidade do solo e produtividade das plantas. Goiânia: EMBRAP, 2010. 8 p. (Comunicado Técnico, 197).

MAŠEK, O.; BROWNSORT, P.; CROSS, A.; SOHI, S. Influence of production conditions on the yield and environmental stability of *biochar*. **Fuel**, Oxford, v. 103, p. 151-155, Jan. 2013.

NANDA, S.; MOHANTY, P.; PANT, K.K.; NAIK, S.; KOZINSKI, J.; DALAI, A.K. Characterization of North American lingo cellulosic biomass and *biochars* in terms of their candidacy for alternate renewable fuels. **BioEnergy Research**, New York, v. 6, n. 2, p. 663-677, 2012.

SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. **Lignins:** occurrence, formation, structure and reation. New York: J. Wiley, 1971. 916 p.

SHAFIZADEH, F. Pyrolytic reactions and products of biomass. In: _____. **Fundamentals of biomass thermochemical conversion**. London: Elsevier, 1985. p. 183-217.

SMITH, N. J. H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazônia. **Annals of the Association of American Geographer**, Washington, v. 70, p. 553-566, 1980.

ZENG, K.; MINH, D. P.; GAUTHIER, D.; WEISS-HORTALA, E.; NZIHOU, A.; FLAMANT, G. The effect of temperature and heating rate on char properties obtained from solar pyrolysis of beech wood. **Bioresource Technology**, Essex, v. 182, p. 114-119, Feb. 2015.

ZHAO, L.; CAO, X.; MAEK, O.; ZIRMMERMAN, A. Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 256/257, p. 1-9, July 2013.

REALIZAÇÃO



APÓIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRAS COMERCIALIZADAS EM CAPÃO BONITO-SP

PRISCILA ROEL DE DEUS¹
Maria Renata Rocha Pereira²
Luciano Rossi Bilesky³

¹ Silvicultura / (Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito) / FATEC Capão Bonito (Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito)

² FATEC Capão Bonito / Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito

³ Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito / Fatec Capão Bonito



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRAS COMERCIALIZADAS EM CAPÃO BONITO-SP

Resumo: A indústria madeireira e a indústria de base florestal apresentam uma expansão tecnológica e evoluem nitidamente em processos e produtos para diversas finalidades, tais como: construção civil, indústria moveleira, pisos entre outros. Com o crescimento da demanda de produtos madeireiros industrializados aumenta a necessidade das inovações tecnológicas afim de competitividade no mercado. A caracterização tecnológica é a base para estudos sobre as espécies, deste modo os dados das propriedades físicas de uma madeira de floresta plantada pode ser equivalente ou superior em relação às propriedades de madeiras nativas. Com essa investigação científica esclarece os motivos da substituição de madeiras nativas o que diminui a procura por madeiras denominadas de lei e conseqüentemente diminui o desmatamento das nossas florestas. Nesse trabalho foi determinada as propriedades físicas das madeiras plantadas e comercializadas na região de Capão Bonito – SP. Os resultados de densidade básica do *Pinus elliotti*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus saligna* respectivamente 0,512; 0,623 e 0,720 g/cm³ estão coerentes com a literatura, bem como os resultados de resistência mecânica respectivamente 33,2; 40,8 e 46,3 MPa. Já os resultados médios de elasticidade foram superiores aos encontrados na literatura. Conclui-se que o conhecimento científico as madeiras estudadas podem ser comercializadas com de modo mais seguro e com maior qualidade em produtos industriais de base florestal.

Palavras-chave: Propriedades físicas, *Eucalyptus* sp *Pinus* sp, densidade, elasticidade.

CHARACTERIZATION OF COMMERCIALIZED TIMBERS IN DE CAPÃO BONITO-SP

Abstract: The timber industry and forest-based industry has a technological expansion and evolve significantly in processes and products for various purposes, such as construction, furniture industry, flooring and more. With the growth in demand for industrial wood products increases the need for technological innovations in order to market competitiveness. The characterization technology is the basis for studies on the species, hence the data of the physical properties of a planted forest timber may be equivalent to or greater compared to the native wood properties. With this scientific research explains the reasons for replacement of native wood which decreases the demand for termed hardwoods and consequently decreases the clearing of our forests. In this study it was determined the physical properties of planted woods and marketed in the Capão Bonito region - SP. The basic density results *Pinus elliotti*, *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus saligna* respectively 0.512; 0.623 and 0.720 g / cm³ are consistent with literature as well as the results of mechanical strength 33.2 respectively; 40.8 and 46.3 MPa. The mean elasticity results were higher than those found in the literature. It is concluded that the scientific knowledge of the studied woods can be commercialized with a more secure and higher quality in forest-based industrial products.

keywords: Physical properties, *Eucalyptus* sp, *Pinus* sp, density, elasticity.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material renovável no qual há um grande interesse em se trabalhar, não somente pelo ponto de vista econômico, mas também pela manutenção do equilíbrio ecológico que esse material pode proporcionar, além da influência no desenvolvimento social do país.

Segundo ABRAF, em 2010 a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* sp e *Pinus* sp no Brasil totalizou 6.510.693 hectares, sendo 73,0% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* sp e 27,0% a plantios de *Pinus* sp. Um estudo das madeiras provenientes de serrarias e madeireiras em Capão Bonito-SP é de grande importância para qualificar quanto à sua utilização. O conhecimento científico poderá garantir o avanço tecnológico dos produtos madeireiros, além de ampliar o investimento dessas empresas em produtos com mais qualidade.

Um agravante para essa classificação para madeiras provenientes de florestas plantadas é o conhecimento, pois ocorrem variáveis com o manejo, intervenções silviculturais, diferenças do clima que acarretam em diferentes propriedades por isso é indispensável a necessidade de pesquisas, cita Martins (2013).

Tranoski (2010) diz que o conhecimento das características das espécies possibilita anteceder seu comportamento o que é determinante para adequar a espécie ao produto. Com a utilização de florestas plantadas para produção de painéis, a caracterização da madeira torna-se o desafio tecnológico fundamental.

Com o crescente consumo de matéria prima pelas indústrias de base florestal é necessária a utilização de florestas plantadas que apresentam alta produtividade em período reduzido e com isso aumenta a procura pelo *Eucalyptus* sp e *Pinus* sp cita Lopes et al (2011).

A indústria moveleira tem considerado como uma boa opção a utilização do *Eucalyptus* sp, Teixeira et al (2009) cita que 52,6% consideram o *Eucalyptus* sp uma ótima opção e 47,4% consideram como uma boa opção, pois se trata de madeira de floresta plantada e apresentam uniformidade, apresentam conhecimento básico de suas características físicas e suprem a necessidade com a falta de madeiras nativas legais no mercado. A utilização em indústria moveleira ainda é restrita devido ao pouco conhecimento tecnológico da espécie para essa finalidade, preços, fornecimento entre outros.

Nesse trabalho foi determinado as propriedades físicas das madeiras plantadas e comercializadas em de Capão Bonito – SP para aumentar o conhecimento técnico e utilização mais segura e com maior qualidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As madeiras para realização desses ensaios foram comercializadas no município de Capão Bonito – SP cedidas por três serrarias diferentes.

Inicialmente foram determinadas a massa específica básica para madeira serrada segundo a NBR 7190 (1997). Para determinar a densidade básica os corpos de prova foram imersos em água até que atinja massa constante. Em seguida, os mesmos devem ser colocados em estufa com temperatura máxima de $103 \pm 2^{\circ}$ C, a massa específica (ρ_{bas}) foi determinada através da Equação 1.

$$\rho_{bas} = \frac{m_0}{V_{sat}} \quad (1)$$

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

No qual M_s é a massa seca da madeira, em kilogramas e V_{sat} é o volume da madeira saturada, em metros cúbicos.

A resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}) é dada pela máxima tensão de compressão que pode atuar em um corpo de prova, dado pela Equação 2.

$$f_{c0} = \frac{F_{c0max}}{A} \quad (2)$$

Onde: $F_{c0,máx}$ é a máxima força de compressão aplicada ao corpo-de-prova durante o ensaio, em Newton, A é a área inicial da seção transversal comprimida, em m^2 e f_{c0} é a resistência à compressão paralela às fibras, em MPa.

A rigidez da madeira na direção paralela às fibras deve ser determinada por seu módulo de elasticidade, obtido do trecho linear do diagrama tensão x deformação definida pelos pontos ($\epsilon_{10\%}$; $\epsilon_{50\%}$) e ($\sigma_{10\%}$; $\sigma_{50\%}$), correspondentes, respectivamente a 10% e 50% da resistência à compressão paralela às fibras, medida no ensaio, sendo dado pela Equação 3:

$$E_{c0} = \frac{\sigma_{50\%} - \sigma_{10\%}}{\epsilon_{50\%} - \epsilon_{10\%}} \quad (3)$$

Para a determinação das propriedades de resistência e de rigidez, as medidas dos lados do corpo de prova devem ser feitas com exatidão de 0,1 mm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram visitadas três serrarias de Capão Bonito e cada uma forneceu uma espécie de madeira para a investigação científica, nas quais cada uma forneceu uma espécie de madeira; o *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus saligna* e o *Pinus elliotii*. Estas espécies são comumente comercializadas principalmente para finalidade de construção civil.

Na Tabela 1 observa-se os resultados dos valores médios da densidade básica (ρ_{bas}), resistência a compressão paralela as fibras (f_{c0}) e a elasticidade a compressão paralela as fibras (E_{c0}), segundo a norma brasileira NBR 7190 (1997).

Tabela 1. Resultados médios das propriedades físicas da madeira.

Espécie	ρ_{bas} (g/cm ³)	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (MPa)
<i>E. urophylla</i>	0,623	40,8	18161
<i>P. elliotii</i>	0,512	33,2	11567
<i>E. saligna</i>	0,760	46,3	22626

A serraria A forneceu a espécie *Eucalyptus urophylla* que é uma madeira comercializada principalmente para celulose, mas pode ser utilizada para painéis, dormente e carvão. O valor da densidade aparente média é de 0,450 g/cm³ e 0,739 g/cm³, o valor da resistência a compressão paralela as fibras é de 89 MPa e 46 MPa e

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

do módulo de elasticidade é de 10883 MPa e 13166 MPa, segundo respectivamente Gonçalves et al (2009) e a NBR 7190 (1997).

A serraria B forneceu o *Pinus elliotti* é uma espécie de secagem fácil, boa trabalhabilidade. Geralmente vendida para construção civil leve e interna como rodapés, guarnições e forros. Utilidade geral em mobiliários, palitos, painéis cabos de vassoura entre outros usos. O valor da densidade básica é de 0,400 g/m³ e 0,560 g/m³, o valor da resistência a compressão paralela as fibras é de 31,5 MPa e 40,4 MPa e do módulo de elasticidade é de 8846 MPa e 11889 MPa, segundo respectivamente Zenid (2009) e a NBR 7190 (1997).

Por fim a serraria C forneceu o *Eucalyptus saligna* que é comercializado para construção civil como madeira para mourões, postes, caibros e vigas. Também é utilizada para mobiliário e pisos devido sua textura e aparência avermelhada que chama a atenção. O valor da densidade aparente média é de 0,690 g/cm³ e 0,731 g/cm³, o valor da resistência a compressão paralela as fibras é de 49,2 MPa e 46,8 MPa do módulo de elasticidade é de 13288 MPa e 14933 MPa, segundo respectivamente Zenid (2009) e a NBR 7190 (1997).

Para as classes de resistências da normativa de madeiras serradas o *E. urophylla* e *E. saligna* são considerados C30, classe de resistência mediana, na qual geralmente é utilizada para construção civil interna e também estrutural, como telhados por exemplo. O *P. elliotti* é considerado C30 para coníferas, também classe mediana, ideal para internos e mobiliário.

4. CONCLUSÕES

As madeiras investigadas neste trabalho estão sendo comercializadas para finalidades corretas, porém com a análise técnica será possível aumentar a segurança e qualidade do produto final.

5. REFERENCIAS

ABRAF. Anuário estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) ano base 2011 /ABRAF. – Brasília: 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190 - Projeto de Estruturas de Madeira NBR. Rio de Janeiro: ABNT. 1997.107p.

GONÇALVES, F.G. et al. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. R. Árvore, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.501-509, 2009.

LOPES et al. Estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 315-322, abr.-jun., 2011

MARTINS, M. et al. Simulação em uso dos pisos de madeira de *Eucalyptus* sp e *Corymbia maculata*. Cerne, Lavras, v. 19, n. 1, p. 151-156, jan./mar. 2013

TEIXEIRA, T.O.B. et al. A percepção sobre o uso da madeira de eucalipto pelos fabricantes do pólo moveleiro de Ubá-MG. R. Árvore, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.969-975, 2009

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

TRIANOSKI, ROSILANI. Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010. 260 f.

ZENID, G. J. Madeira: uso sustentável na construção civil. 2. ed. São Paulo: IPT, 2009. 99 p.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS

Rhagnya Sharon Ferreira MARTINS¹
Izabella Luzia Silva CHAVES¹
Amanda Mota NUNES¹
João Paulo Maia¹
Michelângelo Vargas FASSARELLA¹
Fabricio Gomes GONÇALVES¹
Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho¹
Roberto Carlos Lelis²

¹ Centro de Ciências Agrárias e Engenharias / Universidade Federal do Espírito Santo

² Departamento de Produtos Florestais / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS

Resumo: A crescente expansão agrícola brasileira tem contribuído significativamente para a economia do país e, simultaneamente, para a geração e acúmulo de resíduos agrícolas se não reutilizados de forma devida. Sob essa problemática, a caracterização dos resíduos, caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café, provenientes de cultivos de importância para o estado do Espírito Santo, para a produção de painéis aglomerados, vem como alternativa para a utilização destes como matéria-prima em outros ramos industriais. Assim, foram analisadas as características físicas e químicas, densidade a granel, pH, capacidade tampão, teores de extrativos totais, lignina e cinzas dos resíduos agrícolas supracitados. Estes foram previamente secos ao ar e reduzidos em moinho de martelo a partículas classificadas em peneiras de malha 4,0 mm para avaliação da densidade a granel e, aquelas retidas na malha de 2,0 mm para caracterização química. As médias de densidade a granel dos resíduos assumiram valores de 0,189, 0,299 e 0,346 g cm⁻³ para caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café, respectivamente. As maiores médias de teores de extrativos e de cinzas foram observadas para o resíduo de caule de mamoeiro, e de lignina para o resíduo carpelo de noz macadâmia. Os baixos valores de densidade potencializam o uso dos resíduos em possíveis combinações com partículas de madeira de maiores densidades objetivando o aumento da razão de compactação em painéis aglomerados e, sob o ponto de vista da caracterização química, o resíduo com melhores propriedades, favorecendo, principalmente a qualidade de adesão das partículas, foi o pergaminho de café.

Palavras-chave: Resíduo lignocelulósico, Aglomerado, Sustentabilidade.

CHARACTERIZATION OF AGRO-INDUSTRIAL WASTE FOR THE PRODUCTION OF AGGLOMERATED PANELS

Abstract: The growing Brazilian agricultural expansion has contributed significantly to the country's economy and simultaneously to the generation and accumulation of agricultural waste if not properly reused. Under this problem, the characterization of the residues, papaya stalk, carpel of macadamia nut and coffee husk, from crops of importance to the Espírito Santo state, for the production of particleboards, comes as an alternative to the use of these as raw materials, in other industrial sectors. Thus, the physical and chemical characteristics, bulk density, pH, buffer capacity, percentage of extractive, lignin and ash of the agricultural residues. These were previously air-dried and hammer-mill reduced to particles classified in 4.0 mm mesh sieves for bulk density evaluation and those retained in the 2.0 mm mesh for chemical characterization. The bulk density averages of the residues resulted in the values of 0.189, 0.299 and 0.346 g cm⁻³ for papaya stem, carpel of macadamia nut and coffee parchment, respectively. The highest averages of percentage of extractive and ash were observed for the residue of papaya stalk and lignin for the carpel macadamia nuts. The low density values potentiate the use of the residues in combination with wood particles of higher densities, aiming at increasing the compaction ratio of the particleboards and. The point of view of the chemical characterization, the residue with better properties, favoring mainly the adhesion quality of the particles, was the husk coffee.

Keywords: Lignocellulosic Waste, Particleboard, Sustainability

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui terras que propiciam a prática da agricultura, grande extensão territorial associada ao clima favorável e oferta abundante de sol e água. Esses fatores contribuem para que o país seja um dos maiores produtores agrícolas mundiais (Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico – OCDE / Food and Agriculture Organization of United Nations – FAO (FAO, 2015). A agricultura é um setor da economia importante para o crescimento econômico do Brasil, já que gera uma receita de valor significativo.

No período entre 1996 e 2006, as colheitas aumentaram seu valor em mais de quatro vezes, passando de R\$ 23 bilhões para R\$ 108 bilhões. Já no ano de 2011, o agronegócio respondeu por mais de 38% das exportações brasileiras e por R\$ 131,75 bilhões do superávit comercial, colocando o Brasil como quinto maior produtor agrícola do mundo, com produção somando cerca de R\$ 170 bilhões, de acordo com dados do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD (ICONE, 2013).

Simultaneamente à importante contribuição econômica, a expansão agrícola, por sua vez, contribuiu para o aumento da geração de resíduos no Brasil, os quais, ao se acumularem de forma desordenada, segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, acabam por causar problemas ambientais (IPEA, 2012). E, como forma de reutilização desses resíduos, há a alternativa de reaproveitamento desses como matéria-prima para energia e produção de painéis. Uma vantagem no aproveitamento desses materiais na produção de painéis aglomerados é que, combinados aos resíduos madeireiros, contribuem para o aproveitamento destes, que semelhantemente, quando não reutilizados, causam prejuízos ambientais como perda da biodiversidade, degradação do solo, alterações no clima e do ciclo hidrológico.

Dentre os diferentes tipos de resíduos agrícolas destacam-se, caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café; materiais provenientes de culturas de importância econômica para o estado do Espírito Santo e que, pouco tem seus resíduos reutilizados em outros setores comerciais.

A plantação mundial de mamão representa 10% de toda produção mundial de frutas tropicais, girando em torno de 8 milhões de toneladas, estando o Brasil dentre os principais produtores (FAO, 2012). No Brasil, o maior exportador da fruta é o Espírito Santo que (Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya - BRAPEX, 2015). Ainda não há estudos para o reaproveitamento do caule do mamoeiro na fabricação de painéis de partículas.

Em 2013, segundo dados da Associação Brasileira de Noz Macadâmia (ABM, 2013), o Brasil possuía 6.500 hectares plantados com macadâmia, divididos entre os estados de São Paulo (46%), Espírito Santo (15%), Minas Gerais (13%), Bahia (8%), Rio de Janeiro (8%) e algumas regiões do norte Mato Grosso (8%) e Paraná (2%). Como segundo maior produtor brasileiro da espécie, o Espírito Santo exporta quase 98% de sua produção para países como Estados Unidos e China. No município de São Mateus, são aproximadamente 500 hectares de área plantada, sendo comercializada cerca de 800 toneladas por ano (GLOBO RURAL, 2011). Para a produção de uma tonelada de noz macadâmia, são gerados aproximadamente 70% de resíduos de casca ou carpelo, que geralmente são usados em jardins e na produção de mudas, e também na geração de energia (PENONI et al., 2011).

O Espírito Santo é o principal produtor de café canéfora (*Coffea canephora*), de clima quente e úmido, com participação de 69,5% do total. No ano de 2014, o estado do Espírito Santo registrou uma safra recorde de 596,2 mil toneladas (IBGE, 2015), sendo o rendimento

Comentado [.1]: Aqui está faltando algo!!! Veja aí!!!!

REALIZAÇÃO

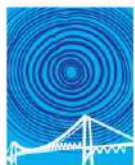


APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

do beneficiamento do café dependente da variedade. De acordo com Sfredo (2006), do beneficiamento da variedade acaia, obtém-se uma quantidade de casca de aproximadamente 60% em massa, da variedade mundo novo, 53,4% e da variedade catuaí, 48,5%, sendo estas pertencentes à espécie *Coffea arabica*.

Sobre esse contexto, o estudo da utilização de resíduos lignocelulósicos provenientes de atividades agrônômicas, na produção de painéis aglomerados, surge como uma alternativa que minimiza a extração de madeira e reduz a poluição ambiental. A caracterização desses resíduos se faz necessária visto a influência que as mesmas exercem sobre as propriedades dos painéis aglomerados.

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as características físicas e químicas (densidade, pH, capacidade tampão e teores de extrativos, lignina e cinzas) dos seguintes resíduos lignocelulósicos agroindustriais: caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café, com perspectiva futura para produção de painéis aglomerados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção e preparo do material lignocelulósico

As matérias-primas utilizadas para realização do experimento consistiram em resíduos lignocelulósicos agrícolas, caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café. Os resíduos agrícolas, caule de mamoeiro e carpelo de noz macadâmia foram obtidos em propriedades produtoras de mamão papaya (*Carica papaya*) e noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia*) localizadas no município de São Mateus, norte do estado do Espírito Santo; e o pergaminho de café, em uma propriedade produtora de café arábica (*Coffea arabica*) localizada no município de Dores do Rio Preto, sul do Estado do Espírito Santo. Todas as espécies adotadas possuem importância econômica no estado do Espírito Santo.

Os diferentes tipos de resíduos lignocelulósicos foram secos ao ar até atingirem o teor de umidade de equilíbrio; posteriormente reduzidos a partículas em moinho de martelo e classificados em peneira de malha 4,0mm, para obter as partículas adequadas à produção dos painéis aglomerados e à caracterização física destes materiais, sendo utilizadas aquelas que ficaram retidas em peneira de malha 2,0mm. Posteriormente, foram secas em estufa a $80 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem o teor de umidade pré-estabelecido de 5%.

2.2. Caracterização física dos materiais lignocelulósicos

A densidade dos resíduos lignocelulósicos caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café foi obtida por meio do método da densidade a granel. A biomassa dos resíduos foi saturada em água, posteriormente determinou-se o volume saturado de cada material e a massa foi seca em estufa a 103°C até atingir peso constante. A densidade a granel foi determinada por meio da razão entre massa seca e o volume saturado, utilizando cinco repetições por resíduo.

2.3. Caracterização química dos materiais lignocelulósicos

Os materiais lignocelulósicos (caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café) foram analisados quanto ao pH e capacidade tampão (ALMEIDA, 2009), teor extrativos totais (Association of the Pulp and Paper Industry - TAPPI, 1996), lignina (GOLDSCHIMILD, 1971; GOMIDE; DEMUNER, 1986) e cinzas (Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - ABTCP, 1977), propriedades importantes de serem conhecidas para utilização destes materiais como matéria prima na confecção de painéis aglomerados à

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

base de madeira. Para realização das análises químicas, utilizaram-se partículas moídas em moinho tipo Willey que ficaram retidas na peneira de 60 meesh.

Para determinação do pH e da capacidade tampão solubilizaram-se 5,0 gramas de partículas de cada material (caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café), base seca, em 150 mL de água destilada, sob refluxo (100 °C) por 20 minutos, e à temperatura ambiente (25°C), por 24 horas. Em seguida foram colocados em um Becker, 50 mL de extratos aquosos, mantidos sob agitação. Após calibração do pH-metro digital com soluções tampão 4, 7 e 10 obteve-se o pH inicial da solução, posteriormente, os extratos foram titulados com solução de NaOH 0,001N até pH 7 para determinação da capacidade tampão ácida em mmol/L, em seguida transformados em mmolNaOH/5g. Utilizou-se cinco repetições por resíduo para cada análise.

Para determinação do teor de extrativos totais, conforme descrito pelo método T204 om-88, utilizaram-se 2,0 gramas de amostras de cada material em extrator soxhlet com solução de tolueno: etanol (2:1) durante 5 horas e etanol por 4 horas; e posteriormente em água quente por 1 hora. O teor de extrativos foi obtido a partir da diferença entre a massa inicial e a massa final do material depois de passar pelo processo de extração, considerando-se a quantidade de partículas (base seca) empregada na extração, em porcentagem.

O teor de cinzas foi realizado conforme o método M11-77, por meio de 5,0 gramas de material, base seca, a uma temperatura de 500°C em mufla elétrica.

Para determinação do teor de lignina insolúvel utilizou-se o filtrado das amostras que foram sujeitas ao processo de determinação do teor de extrativos totais. Pesou-se o equivalente a 0,3 gramas de amostra, sendo submetida à hidrólise com ácido sulfúrico a 72% por 60 minutos (30 ± 1°C), posteriormente foi autoclavada por 60 minutos e filtrada. A lignina insolúvel corresponde ao sólido retido após filtração, determinada pela razão entre a massa da amostra filtrada e a massa absolutamente seca. O líquido usado para lavar e filtrar o conteúdo foi utilizado para determinação da lignina solúvel, por meio de análise em espectrofotômetro. O teor de lignina total foi determinado por meio da soma dos percentuais solúvel e insolúvel. Todas as análises foram realizadas utilizando-se cinco repetições por resíduo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização física e química dos materiais lignocelulósicos

3.1.1. Densidade

As médias de densidade a granel dos resíduos agrícolas, caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Densidade a granel dos resíduos agrícolas

Material lignocelulósico	Densidade (g cm ³)
Caule de mamoeiro (CM)	0,189
Carpelo de noz macadâmia (CNM)	0,299
Pergaminho de café (PC)	0,346

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Sabe-se que a densidade dos materiais utilizados na confecção de painéis aglomerados interfere diretamente nas suas propriedades físicas e mecânicas. Partículas de menor densidade permitem uma maior compactação quando comparadas àquelas de maior densidade, que necessitam de uma maior pressão de prensagem. Uma solução para produzir painéis de média densidade com boas propriedades é a associação de materiais lignocelulósicos de alta e baixa densidade (MALONEY, 1993).

Os resíduos caule de mamoeiro, carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café apresentaram baixas densidades em relação à densidade da madeira de eucalipto, por exemplo, que é de cerca de $0,55 \text{ g cm}^{-3}$. A inclusão de material lignocelulósico de menor densidade às madeiras de maior densidade resulta em aumentos na razão de compactação do painel aglomerado, e melhora das propriedades físicas e mecânicas (BUFALINO et al., 2012a).

Guimarães et al. (2010) também produziram painéis utilizando eucalipto com densidade de $0,56 \text{ g cm}^{-3}$, com acréscimo de pseudocaule de bananeira ($0,17 \text{ g cm}^{-3}$). Os resultados obtidos pelos autores indicaram que o acréscimo de pseudocaule da bananeira nos painéis aglomerados proporcionou o aumento das propriedades físicas densidade, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água.

Ao avaliarem o efeito de diferentes teores de palha de milho sobre as propriedades de painéis particulados multicamadas Silva et al. (2015), observaram densidades de $0,50$ e $0,17 \text{ g cm}^{-3}$ para madeira de *Eucalyptus grandis* e resíduo de milho, respectivamente, valor próximo ao encontrado para o resíduo caule de mamoeiro. Os autores constataram um aumento da absorção de água e do inchamento em espessura à medida que a porcentagem de palha de milho foi adicionada aos painéis, enquanto que as propriedades mecânicas diminuíram.

O potencial de utilização de feixes de sisal, em associação com partículas de eucalipto, para produção de painéis MDP multicamadas foi estudado por Mesquita et al. (2015), que obtiveram densidade de $0,37 \text{ g cm}^{-3}$ para o sisal, valor semelhante ao pergaminho do café, e $0,59 \text{ g cm}^{-3}$ para madeira de eucalipto. A inclusão dos feixes de sisal acarretou redução das propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

A densidade a granel da casca de café não moída apresentou valor médio de $0,24 \text{ g cm}^{-3}$ em estudo realizado por Protásio et al. (2011), enquanto neste resíduo moído a densidade média foi de $0,46 \text{ g cm}^{-3}$. No presente estudo verificou-se que a densidade do pergaminho de café não processado foi de $0,35 \text{ g cm}^{-3}$, valor intermediário aos encontrados pelos referidos autores para casca de café. A casca de café após o processamento do fruto do cafeeiro pode conter restos de pergaminho, fator atribuído ao caráter residual dessa biomassa (PROTÁSIO et al., 2011), assim como foi observado no resíduo pergaminho de café coletado para fabricação dos painéis aglomerados, ao apresentar restos de casca.

3.1.2. Teor de extrativos, lignina e cinzas

Diferentemente do carpelo de noz macadâmia, os resíduos tronco de mamoeiro e pergaminho de café apresentaram elevados teores de extrativos (Tabela 2). O alto teor de extrativo em materiais lignocelulósicos pode dificultar a produção de painéis de madeira reconstituída, uma vez que este interfere nas reações de polimerização da resina, este efeito pode ser minimizado por meio de pré-tratamento em água (BUFALINO et al., 2012b; IWAKIRI, 2005).

REALIZAÇÃO

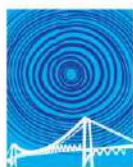


APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 2. Composição química dos materiais lignocelulósicos

Material lignocelulósico	Extrativo (%)	Lignina total (%)	Cinzas (%)
Caule de mamoeiro (CM)	20,75	23,19	10,85
Carpelo de noz macadâmia (CNM)	4,87	43,60	6,16
Pergaminho de café (PC)	12,88	35,54	5,41

Os materiais que apresentaram maiores valores de lignina total foram o carpelo de noz macadâmia e o pergaminho de café. Para a produção de painéis de madeira reconstituída, teores de lignina mais elevados nos materiais lignocelulósicos é uma característica desejável (BUFALINO et al., 2012a). Considerada um adesivo natural, a lignina pode proporcionar uma maior qualidade de adesão entre as partículas dos painéis (JOSELEAU et al., 2004; KHEDARI et al., 2004; SILVA, 2015). O caule de mamoeiro exibiu o menor valor para teor de lignina. Baixos teores deste componente constituem uma desvantagem para produção de painéis de partículas, uma vez que a lignina contribui para uma melhor colagem e maior estabilidade dimensional dos painéis (BUFALINO et al., 2012b).

Conforme estudo realizado por Foelkel (2013), a madeira de eucalipto apresenta valores médios de teores de cinzas variando de 0,3 a 1,0%. Dentre os resíduos estudados, o caule de mamoeiro apresentou maior percentual de cinzas, seguido do carpelo de noz macadâmia e do pergaminho de café. O alto teor de cinzas pode interferir no pH das partículas do aglomerado, que deve situar-se entre 3 e 6, prejudicando a qualidade de adesão (IWAKIRI, 2005).

Da mesma forma que os resíduos agrícolas estudados, a palha de arroz também é um resíduo agrícola que apresenta elevado teor de cinzas, 14-20% (REDDY; YANG, 2005). O carpelo de noz macadâmia e o pergaminho de café apresentaram teores de cinzas próximos aos verificados por Reddy e Yang (2005) em forragem de milho e palha de trigo, 3,6-7% e 6-8%, respectivamente.

3.1.3. pH e capacidade tampão

O valor médio do pH do resíduo pergaminho de café para solubilidade em água fria foi de 5,38, caracterizando-o como ácido. Já o caule de mamoeiro exibiu pH levemente alcalino, e o carpelo de noz macadâmia apresentou valor próximo ao pH neutro (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de pH e capacidade tampão ácida (CTA) dos materiais lignocelulósicos

Material lignocelulósico	Água fria 24h		Água quente 20min	
	pH	CTA*	pH	CTA*
Caule de mamoeiro (CM)	7,35	0,0000	6,47	0,0618
Carpelo de noz macadâmia (CNM)	6,25	0,0855	6,56	0,0552
Pergaminho de café (PC)	5,38	0,1340	6,16	0,1299

*CTA = Capacidade Tampão Ácida em mmol NaOH 5g⁻¹.

REALIZAÇÃO

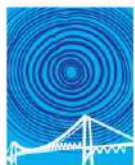


APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tinti (2015), ao caracterizar resíduos de madeira de eucalipto visando a produção de aglomerados, observou pH com valor médio de 4,20 para solubilidade em água fria (24h), e 4,69 para água quente. Comparando o método e o tempo de extração o autor encontrou pouca diferença entre água fria e quente para a madeira de eucalipto, com valores próximos ao encontrado por Boa et al. (2015). O pH do resíduo lignocelulósico carpelo de noz macadâmia apresentou o mesmo comportamento tanto para solubilidade em água quente quanto para água fria, com uma pequena variação entre os valores médios, cerca de 5%. Já o pH do caule de mamoeiro para solubilidade em água quente apresentou uma redução de 22%, e, em contrapartida, o pergaminho de café apresentou pH 14,5% superior para solubilidade em água quente.

O pergaminho de café foi o resíduo que apresentou maior valor de CTA, uma vez que foi necessário cerca de 44,6 e 43mL de solução NaOH para elevar o pH da solução de 5,38 (água fria) e 6,16 (água quente), respectivamente, a pH 7. O pH e a capacidade tampão podem comprometer a cura e a solidificação do adesivo, interferindo na qualidade dos painéis. Acidez elevada pode causar pré-cura do adesivo, e influenciar nas propriedades físico-mecânicas do painel (IWAKIRI et al., 2005; MALONEY, 1993).

Ao realizarem a caracterização química de resíduos agroindustriais (caroço de pêssego, casca de arroz e erva mate) e avaliarem seu potencial para produção de painéis aglomerados para fins decorativos, Schmitz et al. (2014), observaram que o pH para solubilidade em água fria tanto do caroço de pêssego (7,02) quanto da casca de arroz (6,83) apresentou valores próximos a neutralidade, e a erva mate apresentou pH de caráter ácido (5,02). O comportamento do caroço de pêssego avaliado por Schmitz et al. (2014), com pH 7,02 foi bem parecido ao encontrado neste estudo para o caule de mamoeiro. Assim como o caroço de pêssego, o caule de mamoeiro pode ser considerado levemente alcalino, enquanto os demais materiais lignocelulósicos avaliados neste estudo (carpelo de noz macadâmia e pergaminho de café) possuem caráter ácido.

Para a solubilidade em água quente, Schmitz et al. (2014), verificaram que apenas o caroço de pêssego apresentou a mesma tendência da água fria, com pH 6,02. Os demais resíduos avaliados pelos autores, casca de arroz e erva-mate, apresentaram valores de pH considerados ácidos, 5,74 e 5,25 respectivamente

Ao fabricarem chapas de partículas aglomeradas com madeira de paricá (*Schyzolobium amazonicum*) e fibras de coco (*Cocos nucifera*), Colli et al. (2010), observaram que o extrato em água fria da madeira de paricá apresentou pH médio de 4,88 e as fibras de coco apresentaram pH 5,70, valor semelhante ao do pergaminho de café. Tanto a madeira de paricá quanto a fibra de coco apresentaram baixa capacidade tampão, uma vez que a adição de apenas 1 mL do NaOH foi suficiente para elevar o pH para 8,20 e 8,60, respectivamente.

Quando utilizada a resina ureia-formaldeído para produção de painéis aglomerados, é necessário que o pH do meio esteja ácido durante o processo de prensagem a quente. A acidez do meio pode ser controlada por adição de catalisadores à base de sais, que evitem a pré-cura do adesivo (MARRA, 1992). Os valores de pH observados pelos autores supracitados tanto para solubilidade dos materiais em água fria quanto para água quente são adequados para o uso da resina ureia formaldeído na produção de painéis aglomerados, assim como os valores verificados na presente pesquisa.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

As menores densidades dos resíduos agrícolas potencializam seus usos em combinação com partículas de madeira de maiores densidades, proporcionando a produção de painéis com maior razão de compactação e conseqüentemente, melhores propriedades físicas de mecânicas.

Sob o ponto de vista da caracterização química dos resíduos, sugere-se o uso do pergaminho de café, em comparação aos demais, por apresentar maior teor de lignina e conseqüentemente, menor teor de extrativos, que contribui para a melhoria na qualidade de adesão das partículas.

5. AGRADECIMENTOS

Aos produtores rurais, Sr. Clóvis Eduardo Nunes Hegedus, Sr. Ítalo Santos Bonomo, Sr. Edvaldo Permanhane e Sr. Valmir Caetano Gonçalves pela doação do pergaminho de café, carpelo de macadâmia, caule do mamoeiro e da madeira de eucalipto, respectivamente. Agradecemos também à empresa Fibria pela bolsa de pesquisa concedida à primeira autora e ao CNPq pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V. C. Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia-formaldeído e dos compensados de *Pinus elliottii* e *Schizolobium amazonicum*. 2009, 88f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOZ MACADÂMIA – ABM. Disponível em: <www.abm.agr.br> 2013. Acesso em: 20 de maio de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE PAPAYA – BRAPEX. 2015. Disponível em: <<http://www.brapex.net/2013/index.asp>> Acesso em: 26 de maio de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL– ABTCP. M11-77. Cinzas em madeira. São Paulo, 1977.

ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY - TAPPI. T-204 om-88. TAPPI test methods: Solvent extractives of Wood and pulp. Atlanta: TAPPI Press, 1996.

BANCO INTERNACIONAL PARA RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO – BIRD, ÍCONE. Associação Internacional de Desenvolvimento ou Banco Mundial - DC 20433: 1818 H Street NW Washington, 2013. Disponível em: <<http://www.iconebrasil.com.br/>> Acesso em: 26 de maio de 2017.

BOA, A. C. et al. Resíduos madeireiros de eucalipto colados com resina ureia formaldeído à temperatura ambiente. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 279-288, 2014.

BUFALINO, L. et al. Particleboards made from Australian red cedar: processing variables and evaluation of mixed species. Journal of Tropical Forest Science, Kuala Lumpur, v. 24, n. 2, p. 162-172, 2012a.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BUFALINO, L. et al. Caracterização química e energética para aproveitamento da madeira de costaneira e desbaste de cedro australiano. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 32, n. 70, p. 129-137, 2012b.

COLLI, A. et al. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de paricá (*Schyzolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e fibras de coco (*Cocos nucifera* L.). *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.34, n.2, 2010.

FOELKEL, C. E. B. Aspectos práticos e conceituais sobre a fabricação de celulose de mercado do tipo kraft branqueada a partir de madeira de eucalipto. In: FOELKEL, C. E. B. *Eucalyptus onlyne book & newsletter*: Cap.31, jun.2013. Disponível em: <http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf> Acesso em: 29 de maio de 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS – FAO/FAOSTAT. 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 28 de maio de 2017.

GLOBO RURAL - G1 Economia: Agronegócios. Cultivo da noz macadâmia cresce no Espírito Santo. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2011/04/cultivo-da-nozmacadamia-cresce-no-espírito-santo.html>> Acesso em: 28 de maio de 2017.

GOLDSCHIMILD, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUSWIG, C. H. (Eds.). *Lignins*. New York: Wiley Interscience, p.241-246, 1971.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klarson modificado. *O papel*, São Paulo, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

GUIMARÃES, B. M. R et al. Avaliação das propriedades físicas de painéis aglomerados obtidos a partir de eucalipto e pseudocaule da bananeira. In: XIX Congresso de Pós-Graduação da UFLA, 2010, Lavras. *Anais...* Lavras: Sociedade Brasileira para o progresso da ciência, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cereais, leguminosas e oleaginosas. *Grandes Regiões: Participação na produção*. 2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa> Acesso em: 28 de maio de 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. *Diagnóstico dos Resíduos Orgânico do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas*. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf> Acesso em: 26 de maio de 2017.

IWAKIRI, S. *Painéis de madeira reconstituída*. Curitiba: FUPEF, 2005, 274 p.

JOSELEAU, J. P. et al. Detection in situ and characterization of lignin in the G-layer of tension wood fibres of *Populus deltoids*. *Planta*, Berlin, v. 219, n.2, p. 338-345, 2004.

KHEDARI, J. et al. New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir. *Building and Environment*, Oxford, v. 39, n. 1, p. 59-65, 2004.

MAIA, C. M. B. F. et al. Casca de macadâmia (*Macadamia integrifolia*) e seu potencial para a produção de biocarvão. Colombo: Embrapa Florestas, *Comunicado Técnico*, n. 301. 2012. 5 p. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/4516>> Acesso em: 26 de maio de 2017.

MALONEY, T. M. *Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing*. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993, 689 p.

REALIZAÇÃO

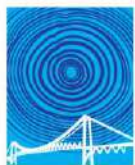


APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MARRA, A. A. Technology of wood bonding – Principles in Practice. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992, 453 p.

MESQUITA, R. G. A. et al. Inclusão de feixes de sisal na produção de painéis MDP de eucalipto. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 75-82, 2015.

ORGANIZAÇÃO DE COOPERAÇÃO E DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO/ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS - FAO. Agricultura Brasileira: Perspectivas e Desafios. 2015. Disponível em:

<<https://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>> Acesso em: 26 de maio de 2017.

PENONI, E.S. et al. Análise de frutos e nozes de cultivares de nogueira-macadâmia. Ciência Rural, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2080-2083, 2011.

PROTÁSIO, T. P. et al. Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, n. 68, p. 273-283, 2011.

REDDY, N.; YANG, Y. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. Trends in Biotechnology, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 22-27, 2005.

SCHMITZ, V. N. et al. Caracterização química preliminar de resíduos lignocelulósicos para produção de painéis aglomerados decorativos. Anais...XXII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2014.

SFREDO, M.A. Dispersão de frutos de café no escoamento em secador de múltiplas bandejas vibradas. 2006. 321f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

SILVA, D.W. et al. MDP com partículas de eucalipto e palha de milho. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 853-862, 2015.

TINTI, V. P. Efeitos da temperatura e adesivos na qualidade de painéis aglomerados produzidos com resíduos de madeira de eucalipto. 2015. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DAS MADEIRAS *Pseudopiptadenia psilostachya* E *Hymenaea courbaril* L. PARA OBTENÇÃO DE CERÂMICA POROSA

Marcela Santos¹
Renata Braga¹
Tomaz Araujo¹
Angelo Oliveira¹
Dulce Maria de Araújo Melo²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte

² Departamento de Química / Universidade Federal do Rio Grande do Norte



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DAS MADEIRAS *Pseudopiptadenia psilostachya* E *Hymenaea courbaril* L. PARA OBTENÇÃO DE CERÂMICA POROSA

Resumo: As cerâmicas porosas dispõem de um elevado potencial para serem usadas em diversas aplicações significativas. O arranjo adequado entre técnicas de processamento e matérias-primas resulta na obtenção de cerâmicas porosas eficientes. Entre os vários métodos de obtenção destes materiais, o método de incorporação de produtos orgânicos ao corpo cerâmico é bastante utilizado quando se deseja aperfeiçoar a porosidade do produto. O pó de madeira é um deles, boa parte de sua matéria-prima é desperdiçada pela indústria na exploração da madeira, pois não tem um aproveitamento. Este trabalho tem como objetivo a caracterização do pó da madeira de *Pseudopiptadenia psilostachya* e *Hymenaea courbaril* L através de análises de umidade, teor de cinzas, análise termogravimétrica e espectroscopia na região do infravermelho médio. Os resultados da caracterização do material são compatíveis com a literatura e o material mostra-se promissor para utilização na obtenção da cerâmica porosa, sendo plausível a continuação deste trabalho com os materiais.

Palavras-chave: pó de madeira, resíduo, cerâmica porosa.

CHARACTERIZATION OF WOOD WASTE *Pseudopiptadenia psilostachya* AND *Hymenaea courbaril* L. FOR THE OBTAINING OF POROSA CERAMIC

Abstract: Porous ceramics have a high potential to be used in a number of significant applications. The proper arrangement between processing techniques and raw materials results in obtaining competent porous ceramics. Among the various methods of obtaining porous ceramic, the method of incorporating organic products into the ceramic body is widely used when one wishes to work with the porosity of the product. The wood dust is one of them, much of its raw material is wasted by the industry in the exploitation of wood, because it does not have a use. This work aims to characterize the wood dust of *Pseudopiptadenia psilostachya* and *Hymenaea courbaril* L through analyzes of humidity, density, ash content, thermogravimetric analysis and spectroscopy in the medium infrared region. The results of the characterization of the material coincide with the literature and the material shows promise for use in obtaining the porous ceramic, being plausible the continuation of this work with the materials.

Keywords: Wood dust, residue, porous ceramic.

1. INTRODUÇÃO

Técnicas inovadoras de processamento cerâmico vêm sendo intensamente estudadas, com intuito de obter peças com geometria complexa, microestrutura refinada e a eliminação de etapas de acabamento, tendo como resultado menores custos e propriedades mecânicas superiores (ORTEGA, 2000). As cerâmicas porosas dispõem de um elevado potencial para

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

serem usadas em diversas aplicações significativas, como: filtros, catalisadores, isolantes térmicos, materiais para proteção contra fogo, queimadores de gás, entre outros. Combinando adequadamente as matérias-primas e as técnicas de processamento, é possível obter cerâmicas porosas com elevados valores de resistência mecânica, resistência ao ataque químico, elevada refratariedade e elevada uniformidade estrutural. São estas propriedades que as tornam apropriadas para uma variedade de aplicações, nas quais as tensões térmicas e mecânicas não permitem o uso de materiais metálicos ou poliméricos (LEMOS, 2001).

Existem vários métodos para obtenção de cerâmicas porosas. O método da esponja polimérica consiste na introdução da pasta cerâmica numa esponja. Após secagem, a esponja é removida por uma operação de queima e o material é sinterizado, resultando em um material com porosidade aberta. Outra técnica comum é o método espumante, cujo agente espumante é adicionado na suspensão cerâmica. Por agitação, é produzida uma espuma a qual, após remoção da fase líquida, constrói uma estrutura de poro e consiste essencialmente em poros fechados (CINTRA, 2000). Um dos primeiros métodos desenvolvidos, e que ainda hoje é largamente usado, consiste na incorporação de produtos orgânicos dentro dos corpos cerâmicos, os quais são removidos durante a queima, deixando poros cujo tamanho está relacionado com o tamanho das partículas dos agentes orgânicos. Cada método tem as suas vantagens e usos potenciais. Contudo, o controle do processamento e, conseqüentemente as propriedades finais dos materiais, são um problema geral (LEMOS, 2001).

Um produto orgânico utilizado nesse processo pode ser resíduo de madeira, a fim de obter utilidade a um material que não tem aproveitamento sustentável ou uso nobre.

O Jatobá, *Hymenaea courbaril* L. da família Caesalpinaceae, árvore de 15 a 20 m de altura e com tronco até 1 m de diâmetro, ocorre do Piauí até o norte do Paraná na floresta semidecídua (DUBOC, 1996). Na construção civil sua madeira tem larga utilização para móveis e construção externa e os índios as usam para produção de canoas (CHACON, 2014). Enquanto a *Pseudopiptadenia psilostachya* (Leguminosae) é uma espécie arbórea comercial de grande porte (dossel superior ou emergentes) e alta densidade de indivíduos na floresta. Sua madeira pode ser utilizada na construção civil externa e interna, entre outras aplicações (LOUREIRO *et al.*, 2000). Apesar de a madeira ser aproveitada, os resíduos dessas ficam sem destinação, sendo amontoados até que se decomponham ou são utilizados de forma inapropriada. Na técnica de preparação de cerâmicas porosas pela incorporação de produtos orgânicos ao corpo cerâmico, a formação dos poros vai depender da maneira como o material orgânico ficou situado ao corpo, ou seja, podemos ter poros abertos e poros fechados (DUTRA, 2002). Este trabalho tem como objetivo caracterização do pó de madeira para a incorporação ao corpo cerâmico afim de obter cerâmicas porosas com análise das propriedades físicas e mecânicas destes corpos com a variação do processamento para sua obtenção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 REAGENTES E MATERIAIS

Para condução deste experimento utilizou-se dois tipos de resíduos: o pó-de-serra da Timborana (*Pseudopiptadenia psilostachya*) e o do Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) adquiridos em uma madeireira na região da Grande Natal, Rio Grande do Norte. Foi feita uma separação e parte do material foi analisada em sua forma bruta, como foi adquirido na madeireira, sem

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





nenhum tipo de tratamento. E outra parte foi separada para fazer o tratamento de merceirização seguido processo de clarificação, com posterior análises desse material.

2.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CINZAS

Três cadinhos de porcelana foram lavados e colocados na estufa por uma hora, em seguida foram resfriados em dessecador por 30 minutos. Em cada um deles foi pesado uma massa de 1g do pó de cada pó (Timborana e Jatobá) e levado a mufla (EDG equipamentos modelo EDG 3P-S 7000) com taxa de aquecimento de 10 °C/min., da temperatura ambiente até atingir os 600 °C que foi mantido por 180 minutos. Foi esperado o material atingir aproximadamente 100 °C e posteriormente levados a um dessecador até atingir temperatura ambiente. Por fim os cadinhos foram cuidadosamente pesados.

2.3 TRATAMENTO QUÍMICO DO PÓ

2.3.1 Tratamento com hidróxido de sódio (Merceirização)

Em um béquer de 100 mL foi pesado uma massa de 2 g do pó, adicionou-se 40 mL de uma solução de hidróxido de sódio a 0,1 mol/dm³. A suspensão foi mantida a 40 °C ± 1, em banho maria, com agitação constante, durante 30 minutos. O pó foi separado do sobrenadante e lavado com água destilada até atingir pH neutro, em seguida foi seco em uma estufa com temperatura de 100 °C durante 12 horas.

2.5.2 Tratamento com hipoclorito de sódio (Clarificação)

Em um béquer de 500 mL foi pesado uma massa de 2 g do pó, adicionou-se 400 mL hipoclorito de sódio a 2%. A suspensão foi mantida a 40 °C ± 1 com agitação constante, durante 30 minutos. O pó foi separado do sobrenadante e lavado com água destilada até pH neutro. Em seguida foi seco em uma estufa com temperatura de 100 °C durante 12 horas.

2.4 TEOR DE UMIDADE

Béqueres (de 50 mL) foram adequadamente lavados, secos, identificados e pesados. Em cada um deles foram pesados 1 g dos diferentes pós obtidos (Pó de serra da Timborana e pó de serra do Jatobá) e em seguida foram deixados em estufa a 100 °C pesados periodicamente até atingir massa constante, feito isso as amostras foram deixadas por 24 horas em temperatura e atmosfera ambiente e posteriormente pesados.

2.5 ANÁLISE POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO (FTIR)

O espectro de absorção na região do infravermelho médio dos pós da Timborana e Jatobá (sob a forma de pó) foram obtidos em um espectrômetro Shimadzu, modelo IRPrestige21,



utilizando a técnica de transmissão em pastilhas de KBr, na região de comprimento de onda compreendido entre 4000 cm^{-1} e 400 cm^{-1} , com 32 varreduras e 4 cm^{-1} de resolução.

2.6 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

As curvas termogravimétricas foram obtidas com massa de amostra em torno de 10 mg em cadinho de alumina, sob atmosfera de nitrogênio, com vazão de gás de 50 mL/min, razão de aquecimento $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e aquecimento de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ até 600°C . O instrumento utilizado foi um Q600 da TA instruments.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias encontradas para a caracterização físico-química do pó de madeira da Timborana (*Pseudopiptadenia psilostachya*) e o do Jatobá (*Hymenaea courbaril L.*) analisados estão descritas na Tabela 1.

Tabela1. Resultados das análises de umidade e teor de cinzas do pó de madeira da Timborana (*Pseudopiptadenia psilostachya*) e o do Jatobá (*Hymenaea courbaril L.*)

Pó de madeira	Umidade (%)	Teor de Cinzas (%)
Timborana	17,06	1,44
Jatobá	24,37	0,1

O teor de umidade revela que o processo de extração beneficiamento da madeira ocorrem de forma rápida, de modo que o pó de madeira ainda apresenta elevado teor de umidade. A estrutura química dos pós foi analisada através do FTIR. A Figura 1 faz um comparativo entre o pó de Timborana bruta (Tim-B), pós merceirização (Tim-M) e pós-clarificação (TimMC). E a Figura 2 faz um comparativo entre o pó do Jatobá bruto (Jat-B), os pós merceirizado (JatM) e o pós-clarificado (Jat-MC). A análise dos espectros que revela bandas atribuídas aos grupos hidroxílicos (estiramento O-H celulósico) em 3350 cm^{-1} , deformação axial dos grupos C-H em 2910 cm^{-1} , deformação angular dos grupos C-H em 1373 cm^{-1} , deformação angular de ligações C-O de alcoóis primários em 1160 cm^{-1} , banda de absorção das ligações C-O-C, que representa a vibração do anel de piranose em 1050 cm^{-1} e ligações β -glicosídicas entre unidades de glicana em 900 cm^{-1} , características de celulose.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

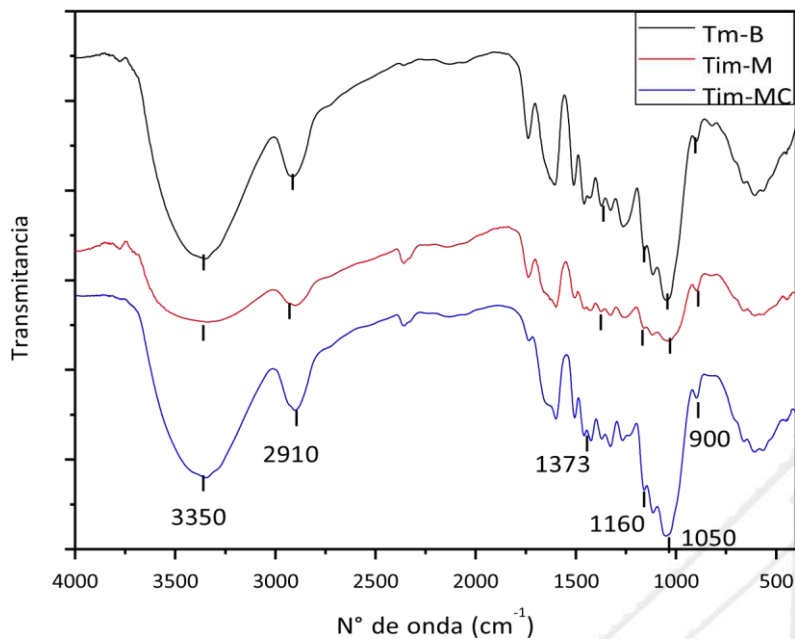


Figura 1. Análise de espectroscopia na região do infravermelho médio da Timborana. (Tm-B= Timborana bruta, Tim-M= Timborana Merceirizada, Tim-MC= Timborana Merceirizada e Clarificada).

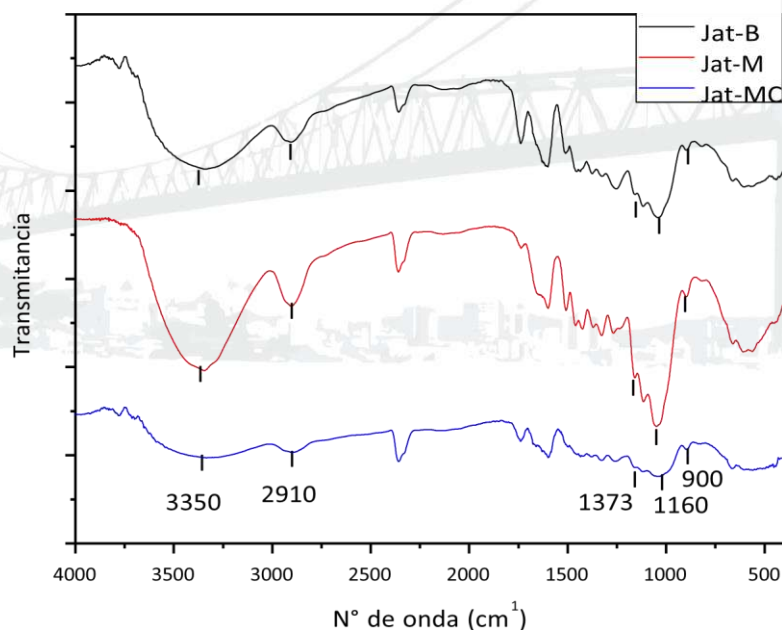


Figura 2. Análise de espectroscopia na região do infravermelho médio do Jatobá. (Jat-B= Jatobá bruto, Jat-M= Jatobá Merceirizado, Jat-MC= Jatobá Merceirizado e Clarificado).

Em geral as fibras naturais apresentam baixa estabilidade térmica, essa característica reforça a ideia da utilização destes materiais como fase dispersa para a produção de cerâmicas porosas. A figura 3 ilustra os termogramas referente ao pó da madeira de Timborana sob a forma bruta e após os tratamentos, já na figura 4 tem-se a ilustração dos termogramas referentes ao pó da madeira de Jatobá também sob a forma bruta e após os tratamentos.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Através das curvas TG's foi possível determinar o teor de umidade (considerando a perda de massa ocorrida da temperatura ambiente até 120 °C) de 14,32% para Timborana bruta; 8,72% para Timborana merceirizada; 9,25% para a Timborana pós clarificação; 23,00% para o Jatobá bruto; 7,38% para Jatobá pós merceirização e 9,58% para o Jatobá pós clarificação. Essa redução no teor de umidade para os pós tratados é reflexo do processo de secagem descritos na metodologia deste trabalho. Ambas as espécies apresentam curvas com perfil semelhante.

Na faixa de temperatura de 200 a 400 °C ocorre uma sobreposição de múltiplos eventos referente a decomposição térmica dos principais constituintes da madeira, tais como celulose, hemicelulose e lignina apresentando os seguintes percentuais: 59,41% Tim-B; 65,01% Tim-M; 64,48% Tim-MC; 56,30% Jat-B; 64,02% Jat-M e 53,52% para o Jat-MC. Os tratamentos realizados reduziram a estabilidade térmica das madeiras devido a remoção da lignina, visto que esta é mais estável termicamente que a celulose e a hemicelulose por apresentar complexos anéis aromáticos com várias ramificações estruturais conferindo-lhe uma ampla gama de perda de massa na faixa de temperatura de 160 a 900°C (HAORAN, 2015).

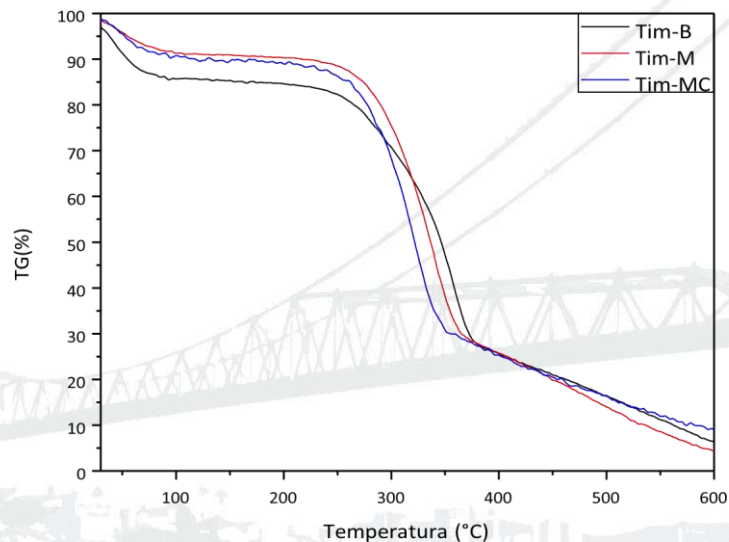


Figura 3. Análise termogravimétrica do pó da Timborana (*Pseudopiptadenia psilostachya*).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



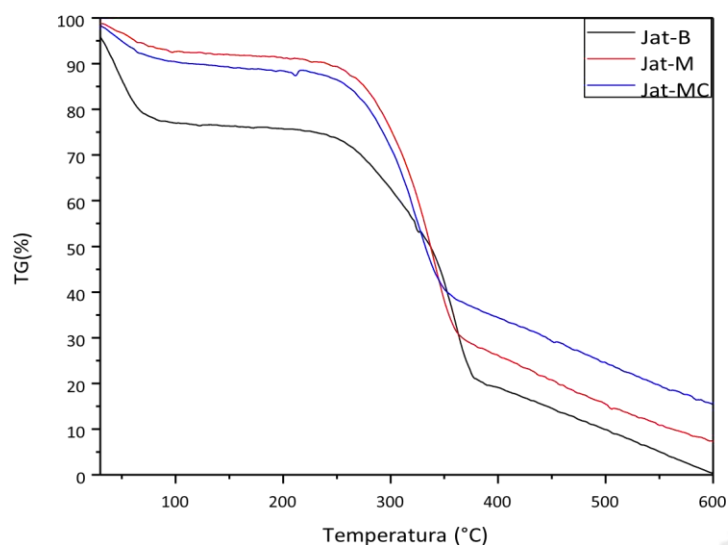


Figura 4. Análise termogravimétrica do pó do Jatobá (*Hymenaea courbaril L.*).

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que a caracterização do material é compatível com a literatura e o material mostra-se promissor para utilização na obtenção da cerâmica porosa, sendo plausível a continuação deste trabalho com os materiais, através da sua aplicação.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFRN, toda equipe do LabTam pelo apoio na execução desse trabalho e a CNPq pelo auxílio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lemos AF, Ferreira JMF. Novo Método de Preparação de Corpos Macroporosos de Cordierite. Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica; 30 de Maio a 2 de Junho de 2001; Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2001.

CHACON, Roberta Gomes. *Hymenaea courbaril L.* Heringeriana, Brasília, v. 7, n. 2, p.125-125, jun. 2013. Disponível em: <<http://portalinseer.ibict.br/index.php/heringeriana/article/view/81>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril L. var. stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). Cerne, Lavras, v.2, n.1;1996.

DUTRA, R. P. S.; PONTES, L. R. de Araújo. Obtenção e análise de cerâmicas porosas com a incorporação de produtos orgânicos ao corpo cerâmico. Cerâmica, São Paulo, v. 48, n. 308, p. 223-230, Dec. 2002. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

69132002000400010&lng=en&nrm=iso>. access on 07 Aug. 2017.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132002000400010>.

Haoran Yuan, Shiyu Xing, Huhetaoli, Tao Lu, Yong Chen, Influences of copper on the pyrolysis process of demineralized wood dust through thermogravimetric and Py-GC/MS analysis, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Volume 112, March 2015, Pages 325332, ISSN 0165-2370.

J. S. CINTRA Jr., W. N. do SANTOS, J. Obtaining and analysis of porous ceramic with the incorporation of organic products to the ceramic body. Eur. Ceram. Soc. 20 (2000) 1871.

LOUREIRO, A. A. et al. Essências madeireiras da Amazônia. Manaus: MCT/ INPA-CPPF, 2000. v.4. 191p.

ORTEGA, F. S.; INOSTROZA, P. A. S.; PANDOLFELLI, V. C. Avaliação de sistemas gelificantes para a produção de cerâmicas porosas através da técnica "gelcasting" de espumas. **Cerâmica**, São Paulo, v. 46, n. 300, p. 225-229, Dec. 2000. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132000000400010&lng=en&nrm=iso>. access on 15 May 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS EM SETE LAGOAS – MG

Nayara Felício¹
Jianne Rafaela Mazzini de Souza.¹
Lucas Barbosa Ramos¹
Laura Fonseca Duarte¹
Camila Barbosa Alves¹
Ana Flávia Neves Mendes Castro¹
Lívia Ferreira da Silva²
REGINALDO ARTHUR GLORIA MARCELINO³

¹ Universidade Federal de São João del-Rei

² Campus Sete Lagoas / UFSJ / Universidade Federal de São João del-Rei

³ INTERDISCIPLINAR EM BIOSISTEMAS / Universidade Federal de São João del Rei MG / Universidade Federal de São João del-Rei



CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS EM SETE LAGOAS – MG

Resumo: Sete Lagoas é um município de Minas Gerais inserido no bioma cerrado, sendo este o segundo maior bioma da América do Sul. O cerrado é caracterizado pelo seu alto índice de espécies endêmicas, é considerado uma área de grande necessidade de conservação porém, vem sofrendo uma forte devastação ambiental. Uma forma de preservar o bioma e fornecer renda para a população é através do incentivo de uso dos Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM). PFNM é um termo que faz referência a diferentes produtos de origem vegetal e animal proveniente de florestas com exclusão da madeira. O objetivo desse trabalho foi realizar uma análise das características e o diagnóstico do sistema de mercado de PFNM em Sete Lagoas. Foi realizado uma pesquisa em pontos onde possivelmente haveria o comércio destes produtos. Constatou-se que a maior incidência são de produtos alimentícios, seguidos pelos medicinais e artesanais. Apesar deste comércio ser a principal fonte de renda da maioria dos entrevistados, este comércio é muito desorganizado, carecendo de assistência técnica. Mais de 70% da obtenção dos produtos é por meio do extrativismo, porém quase nenhum dos entrevistados fazer o plantio para aumentar a produção. Percebe-se também que o comerciante com maior número de produtos beneficiados é o único a participar de uma cooperativa. A grande variedade de PFNM apesar de benéfica, dificulta o estudo e caracterização dos mesmos, já que para cada um há uma cadeia produtiva, incentivos e entraves distintos.

Palavras-chave: extrativismo, produtos alimentícios, produtos medicinais, artesanato.

CHARACTERIZATION OF THE NON-WOOD PRODUCTS MARKET IN SETE LAGOAS - MG

Abstract: Sete Lagoas is a municipality of Minas Gerais, located in the Cerrado biome, which is the second largest biome in South America. The cerrado is characterized by its high index of endemic species, is considered an area of great conservation need, but it has suffered a Environmental devastation. One way to preserve the biome and provide income for the population is through the incentive to use Non-timber Forest Products (NTFPs). NTFP is a term that refers to different products of plant and animal origin from forests other than wood. The objective is to make an analysis of the characteristics and the diagnosis of the NTFP market system in Sete Lagoas. A survey was carried out at points where there would possibly be trade in these products. It was found that the highest incidence are food products, followed by medicinal and artisanal products. Although this trade is the main source of income for most of the interviewees, this trade is very disorganized, lacking technical assistance. More than 70% of the products are obtained through extractivism, but almost none of the interviewees do the planting to increase production. It is also noticed that the merchant with the greatest number of products benefited is the only one to participate in a cooperative. The large variety of NTFPs, although beneficial, makes it difficult to study and characterize them, since for each one there is a productive chain, incentives and different obstacles.

Keywords: Extractivism, food products, medicinal products, handicrafts.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km², cerca de 24% do território nacional (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2013). Esse bioma é um dos mais ricos biomas savânicos do mundo, apresentando altos

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

índices de endemismo, sendo considerado como área de absoluta importância para a conservação (FONSECA et al., 2010).

As boas condições de topografia e a facilidade de desmatamento do cerrado favoreceram o desenvolvimento dessa região como produtora de grãos e gado de corte (AGUIAR & DE CAMARGO, 2004). Devido à acelerada modificação de uso do solo que ocorreu no cerrado, houve uma grande redução da cobertura vegetal gerando grande perda de diversidade e consequentemente favorecendo o processo de extinção de diversas espécies (FONSECA et al., 2010).

Dessa forma, o cerrado se tornou um bioma com um número de espécies em risco de extinção muito grande, sendo o segundo bioma brasileiro com maior quantidade de espécies ameaçadas (131 espécies), perdendo apenas para a Mata Atlântica (276 espécies), que é o bioma mais antropizado do Brasil (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2013).

Diante de tal situação, é urgente a necessidade de intervenção no processo que promovem a degradação desse ambiente, bem como estimular atividades que ajudem a minimizar os danos causados. Dessa forma, os produtos florestais não madeireiros (PFNM) surgem como uma oportunidade para desacelerar o processo de degradação do cerrado e demais biomas.

O termo produtos florestais não madeireiros é um termo genérico que se refere aos diferentes produtos de origem vegetal e animal e podem ser obtidos dos recursos naturais, bem como serviços sociais e ambientais, como reservas extrativistas, sequestro de carbono, conservação genética e outros benefícios oriundos da manutenção da floresta (EMBRAPA, 2000)

Wunder (1998) relata que, os recursos florestais não madeireiros consistem na principal fonte de renda e alimentação de milhares de famílias que vivem da extração florestal em várias partes do mundo, constituindo oportunidade real para o incremento da renda familiar dos extrativistas, seja por meio de sua exploração em manejo ou em cultivos domesticados.

Uma vez sendo a floresta uma fonte de renda para a população, a necessidade de proteção desse ambiente se torna indispensável para essas pessoas, que irão cada vez mais defender e cuidar.

A economia florestal brasileira tem uma participação significativa nos indicadores socioeconômicos do País. No Brasil, o valor produzido pelo extrativismo em 2011, alcançou R\$ 4,97 bilhões, dos quais, R\$ 935,8 milhões referentes aos produtos florestais não, madeireiros (IBGE 2013).

Conforme (ENDERS et al., 2006) existem cerca de 4 mil espécies de PFNMs utilizados com finalidades comerciais. Complementar a importância dos PFNMs para a segurança alimentar das comunidades e para a geração de renda, a utilização de recursos florestais de maneira sustentável é uma importante ferramenta para a conservação dos recursos naturais e das comunidades rurais (DUARTE, 2002; CARVALHO, 2006; EMBRAPA, 2007).

Sete Lagoas é um município de Minas Gerais, próximo à capital (76 Km) inserido no bioma cerrado, mais especificamente numa faixa de transição cerrado e mata atlântica (fonte). Esse município tem como principal atividade econômica a indústria (IBGE, 2013).

Observa-se que o comércio de PFNMs não é uma atividade muito relevante, apesar de ser possível encontrar feiras de produtos agrícolas, e alguns PFNMs vendidos.

Num cenário mais atual, as mudanças causadas por pressões ambientalistas e econômicas em todo o mundo catalisaram o interesse da ciência e de governos contemporâneos para os produtos florestais não madeireiros (PFNM). Estas mudanças têm

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





ocorrido, principalmente, devido aos estudos que mostram que, além do potencial de ampliação dos produtos obtidos, a atividade pode proporcionar maior engajamento de pessoas, que passam a ter, na atividade, um importante componente de subsistência. (FIEDLER, N. C.; SOARES, T. S.; SILVA, G. F, 2010)

Santos et al., 2003, consideram urgente um maior detalhamento da importância sócio-econômica dos PFNMs bem como sobre o seu mercado.

Entretanto, apesar da grande importância sócioeconômica dos PFNM's, constata-se que, geralmente, existe pouca informação sistematizada sobre a quantidade, valor, processos de produção (manejo e conservação), industrialização e comercialização desses produtos. Tal fato advém da temporalidade e variabilidade de sua produção e mercados, sendo que essa escassez de informações se constitui como barreira à sua conservação e ao desenvolvimento de estratégias mercadológicas necessárias ao crescimento e desenvolvimento dessa atividade. (FIEDLER, N. C.; SOARES, T. S.; SILVA, G. F, 2010)

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo fazer uma análise das características e o diagnóstico do sistema de mercado de produtos florestais não madeireiros em Sete Lagoas

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento dos dados

Neste trabalho adotou-se o “estudo de caso”, o qual, segundo Yin (2008) pode ser caracterizado como uma investigação empírica, a qual investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto na vida real.

O presente estudo foi realizado no município de Sete Lagoas, Minas Gerais. Previamente, foi feito um levantamento dos possíveis locais de comércio de produtos florestais não madeireiros. Foram selecionadas as principais feiras que ocorrem na cidade e mercados tradicionais.

Uma vez identificados os locais, foi realizada uma entrevista, com a aplicação de um questionário (anexo I).

O questionário foi elaborado pelos autores, visando entender o mercado de Produtos Florestais Não Madeireiros, dentro de um contexto comercial, confeccionado com linguagem simples e direta, de forma que os entrevistados entendessem com clareza o que foi perguntado.

As entrevistas foram realizadas na Feira do Boa Vista, Feira do Morro vermelho, Feira da Lagoa Paulino, Mercado Municipal e Praça da Estação no município de Sete Lagoas em Minas Gerais.

Para a análise dos dados foi utilizado estatística descritiva. Sendo a pesquisa de natureza exploratória e qualitativa, ela atende os pressupostos de (CABTREE & MILLER, 1992) que diz que a riqueza de informações é o que realmente importa, a sua significância independe do tamanho da representatividade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características do mercado de produtos florestais não madeireiros

Analisando os dados coletados, podemos verificar que Sete Lagoas apresenta um mercado de PFNM não é muito intenso. De todas as feiras visitadas, somente 13 (treze) pessoas responderam à entrevista.



Uma das dificuldades de se agrupar os PFM em classes de utilização reside justamente nas características inerentes aos mesmos, uma vez que um produto pode estar inserido em uma classe e concomitantemente a outras (Alves, 2010). Portanto, para facilitar o entendimento e análise dos dados, estes foram computados de acordo com a utilização do produto, que foi repassada pelo comerciante, sendo separados em três classes: Alimentício, Medicinais e Artesanato, conforme pode ser observado no Gráfico 1.

CATEGORIAS

■ ALIMENTICIO ■ ARTESANATO ■ MEDICINAL

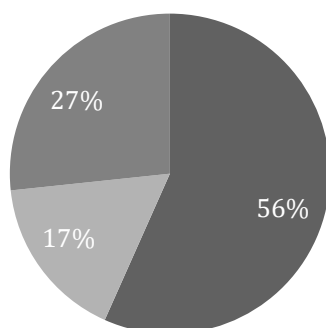


Gráfico 1 - Classificação dos produtos florestais não madeireiros comercializados em Sete Lagoas, Minas Gerais.

Observa-se no Gráfico 1 que a maioria dos PFM comercializados em Sete Lagoas são utilizados como alimentos (57%). De maneira geral os produtos encontrados foram: Corantes, jatobá, licores, mel, etc.

É possível verificar que existe uma diversificação de produtos considerável. Esta diversificação é benéfica tanto ao comerciante quanto ao consumidor. Entretanto, esta alta variabilidade, onde cada produto exibe características marcantes e muito distintas, torna-se difícil fazer generalizações e também dificulta a realização de estudos dos mesmos. Devido a esta complexidade são geradas diferentes dinâmicas comerciais, resultando em diferenças significativas quanto às cadeias produtivas e suas relações (Alves, 2010).

De maneira geral, nas feiras, a apresentação dos produtos é simples, vendidos ao consumidor em pequenas frações, ou em unidades, com pouco beneficiamento.

Os produtos medicinais aparecem em segundo lugar, com 27%. De acordo com Ferreira (1998) os produtos medicinais são aqueles que possuem atividade biológica com um ou mais princípios ativos, úteis à saúde humana. As plantas medicinais se apresentam como importantes recursos para bilhões de pessoas no mundo, sendo utilizadas há milhares de anos por diversas civilizações até os dias atuais (Alves, 2010). Os usos terapêuticos das plantas medicinais são um dos traços mais característicos da espécie humana sendo encontrado em todas as civilizações ou grupos culturais conhecidos (RODRIGUES, 2007).

Embora o Brasil seja um dos países com a maior biodiversidade do mundo, com uma gama de plantas medicinais, dados relativos a este comércio são muito reduzidos. Em todos



os níveis do mercado de plantas medicinais e seus derivados, há escassez de informações. Quando essas informações estão disponíveis, apresentam-se inexatas, confusas e contraditórias mostrando que o mercado se apresenta falho e extremamente desorganizado. (Silva et al., [s.d.])

A procura por plantas medicinais está cada vez mais intensa. Parte disso deve-se ao fato da disseminação de conhecimentos, como a agressividade ao organismo provocada pelas drogas sintéticas, o aumento de pesquisas científicas corroborando a efetividade destas plantas e a crença de que os medicamentos obtidos por plantas são mais seguros, saudáveis e ecologicamente corretos que os sintéticos (MONTANARI JUNIOR, 2002).

Quanto ao artesanato, observa-se que contribuem com 17% dos produtos, e assim como os alimentos, possuem uma grande diversidade de produtos, os quais podem ser obtidos de diversas fontes tais como folhas, cascas, fustes, galhos, raízes, sementes, frutos e flores.

Para o artesanato, a variedade de produtos não é considerado um entrave e sim um diferencial positivo, pois, quanto maior a variedade de formas, cores, maior a possibilidade de geração de novos produtos.

Embora sejam utilizadas diferentes matérias-primas para a confecção dos produtos artesanais todas as cadeias produtivas tem seu início no interior dos ecossistemas florestais, o que caracteriza as mesmas como essencialmente extrativista. Em todos os casos analisados, a ilegalidade é característica marcante no que diz respeito à extração das matérias-primas, onde boa parte das mesmas é extraída em desconformidade com a legislação ambiental vigente. Muitas coletas são realizadas em árvores nas ruas, sem qualquer conhecimento técnico, sem controle da quantidade, sem que haja um planejamento para a exploração. (Alves, 2010)

Para entender melhor a dinâmica do mercado de PFNM's é importante avaliar quanto a renda obtida a partir da venda desses produtos representa para as famílias dos produtores. As informações sobre as fontes de renda dos produtores estão apresentadas no Gráfico 2.

FONTE DE RENDA PRINCIPAL

■ FEIRA ■ OUTROS

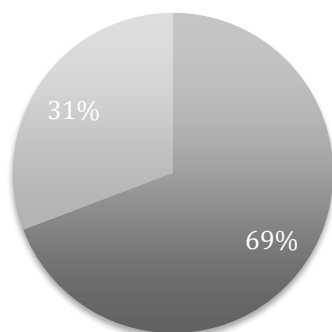


Gráfico 2 - Fonte de renda principal dos produtores entrevistados.

Conforme apresentado no Gráfico 2, observa-se que 69% dos produtores entrevistados



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

possuem como renda principal a feira, onde parte dos produtos comercializados são os produtos florestais não madeireiros. Sendo assim, destaca-se a importância desses produtos para algumas famílias. Além disso, é importante ressaltar que algumas práticas de manejo e comércio poderiam ajudar muito a aumentar a renda dessas famílias.

Outra questão importante que foi observada nesse estudo está relacionada com a obtenção dos produtos. No Gráfico 3 estão apresentadas as informações sobre a forma de obtenção dos PFM's, se por meio de extrativismo ou se existe o plantio de algumas espécies.

EXTRATIVISMO

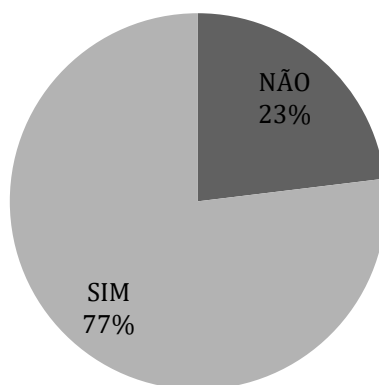


Gráfico 3 - Forma de obtenção dos produtos florestais não madeireiros.

É possível observar no Gráfico 3 que 77% dos entrevistados realizam a coleta dos produtos por meio do extrativismo, e não fazem nenhum plantio para aumentar a produção. Essa prática pode trazer sérios problemas a longo prazo, uma vez que o extrativismo é realizado sem conhecimento sobre a dinâmica das espécies. Sendo assim, pode tornar-se em uma atividade não sustentável e contribuir para a degradação do ambiente.

Um outro ponto importante que deve ser avaliado é como o lucro com a venda dos PFM's é calculado. De maneira geral, 50% dos entrevistados disseram fazer o cálculo do valor de venda contabilizando o custo para obtenção do produto, adicionado de 20%. Porém, ao fazer mais indagações, foi constatado que eles não possuem controle dos gastos para obtenção do produto.

Observou-se que nenhum dos entrevistados faziam anotações a respeito das vendas. Em conversas informais com os produtores, após a conclusão da entrevista, admitiram não possuir conhecimentos plenos de custo de aquisição, assim como das margens de lucro obtidas com a comercialização, a quantidade vendida diariamente e a quantidade de produtos levados para a feira, ou qualquer outra informação a respeito.

Pode-se observar que a comercialização de PFM's em Sete Lagoas, é uma atividade que ocorre de forma desorganizada, sem controle, por parte dos produtores da obtenção e venda desses produtos. De maneira geral, pode-se dizer que essa é uma característica comum da comercialização de PFM's, como pode ser observado no trabalho de Alves (2010) sobre a comercialização dos PFM como subsídio para restauração florestal. Nesse

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





trabalho diz que há uma incrível desorganização dos comerciantes, pois em nenhum estabelecimento comercial há controle de indicadores financeiros, como dados a respeito da produtividade dos funcionários, quantidades de entrada e saída de produtos, dados referente às variações de preços de compra e venda, de custos e receitas.

É importante ressaltar que a organização e o envolvimento dos produtores em associações e cooperativas pode representar uma melhoria no retorno econômico da atividade. As associações e cooperativas promovem uma relação mais formal dos produtores com o mercado, e pode melhorar o retorno econômico dos participantes. Sempre lembrando que essas organizações são trabalhosas e muitas vezes sofrem com os conflitos internos que podem surgir. Mas de maneira geral podem ajudar muito os seus participantes. No Gráfico 4, estão apresentadas as informações sobre a participação em cooperativas e associações, dos produtores entrevistados.

ENTREVISTADOS QUE PARTICIPAM DE COOPERATIVA

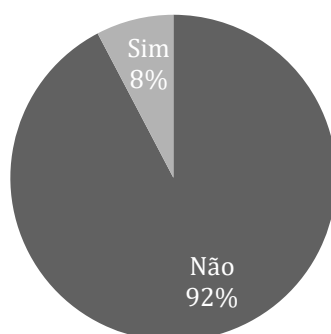


Gráfico 4 - Participação dos produtores em cooperativas e associações.

Analisando o Gráfico 4, observa-se que os produtores não estão organizados, cada um esta envolvido somente em sua atividade. Falta maior entrosamento e articulação, assim como falta capacitação técnica dessas.

O entrevistado com maior gama de produtos é o único que participa de cooperativa, onde o mesmo relata que a cooperativa fornece subsídios para alavancar o seu trabalho.

Os produtos não madeireiros representam hoje um dos grupos mais desafiadores do ponto de vista mercadológico, graças a seu número, versatilidade, variedade de usos e diferenciação de outros produtos básicos. (Santos, 2003)

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o mercado de produtos florestais não madeireiros em Sete Lagoas ainda não é muito expressivo, e é disperso.

Assim como em outros locais, essa é uma atividade sazonal, comercializando o que é possível obter na natureza em determinada época.

Os produtores não estão organizados e não possuem conhecimento sobre as espécies que vendem, nem sobre os custos envolvidos na comercialização desses produtos.



Sugere-se que, para estimular o comércio desses produtos em Sete Lagoas, que haja um envolvimento maior da Prefeitura e de Instituições de Ensino para estimular e capacitar esses produtores, para que consigam melhorar a renda e conseqüentemente, a qualidade de vida.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapemig e à UFSJ pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, S. R., & Ângelo, H. (2009). Mercado dos produtos florestais não-madeireiros do cerrado brasileiro. *Ciência Florestal*, 19(3), 315-326.

AGUIAR, L. M. S.; DE CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Embrapa Cerrados; Brasília, 249 p. 2004.

ALVES, R. V. (2010). Estudo de caso da comercialização dos produtos florestais não madeireiros (PFNM) como subsídio para a restauração florestal.

ALVES, R. V. (2010). Estudo de caso da comercialização dos produtos florestais não madeireiros (PFNM) como subsídio para a restauração florestal.

CARVALHO, I. S. H. Desenvolvimento e gestão ambiental para assentamentos rurais no Cerrado. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 3., 2006, Brasília. Anais... Brasília: ANPPAS, 2006.

CRABTREE, B. F., & Miller, W. L. (Eds.). (1999). *Doing qualitative research*. sage publications.

Dos Santos, A. J., Hildebrand, E., Pacheco, C. H., Pires, P. D. T. D. L., & Rochadelli, R. (2003). Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. *Floresta*, 33(2).

DUARTE, L. M. G. Desenvolvimento sustentável: um olhar sobre os cerrados brasileiros. In: DUARTE, L. M. G.; THEODORO, S. H. (Orgs.). Dilemas do cerrado: entre o ecologicamente (in)correto e o socialmente (in)justo. Brasília, Garamond, 2002. 239 p.

Eiten, G. 1977. Delimitação do conceito de Cerrado. *Arquivos do Jardim Botânico*, Rio de Janeiro 21: 125-134.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manejo florestal não madeireiro em unidade de conservação de uso direto. Rio Branco: EMBRAPA, 2000. 4p. (Folheto).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A Embrapa nos biomas brasileiros. Brasília: Embrapa, 2007. 16 p.

ENDERS, B. A.; GORCHOV, D.L.; BERRY, E. J. Sustainability of a non-timber forest product; effects of alternative leaf harvest practices over 6 years on yield and demography of the palm



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Chamaedorea radicalis. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 234, p. 181-191, Oct. 2006.

FIEDLER, N. C., Soares, T. S., & da Silva, G. F. (2010). Produtos Florestais Não Madeireiros: importância e manejo sustentável da floresta. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, 10(2), 263-278.

FONSECA, M. B.; FRANÇA, M. G. C.; ZONTA, E.; GIORNI, V. Crescimento inicial de *Dimorphandra wilsonii* (Fabaceae - Caesalpinioideae) em diferentes condições de fertilidade em solo de cerrado. *Acta Botanica Brasilica*, v.24, n.2, p.322-327, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse estatística de Sete Lagoas. 2013. <http://ibge.gov.br>

KLINK, C. A., & Machado, R. B. (2005). A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1(1), 147-155.

SANTOS, A. J. et al. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. *Revista Floresta*, v. 33, n. 2, p. 215-224, 2003.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em resumo - 2013: dados de 2007-2012**. Serviço Florestal Brasileiro, 2013.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO Parcerias florestais. Disponível em: . Acesso em: 26 abr 2005.

VALVERDE, S. R., Rezende, J. L. P., Silva, M. L. D., JACOVINE, L., & CARVALHO, R. (2003). Efeitos multiplicadores da economia florestal brasileira. *Revista árvore*, 27(3), 285-293.

WUNDER, S. Value determinants of plant extractivism in Brazil. Rio de Janeiro: IPEA, 1998. 59p. (Texto para discussão, 682).

YIN, Robert K. "Case Study Research: design and methods". Applied Social Research Methods Series. 4. ed.,v.5, Califórnia: SAGE, 2008. 219p

7. ANEXO I

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Universidade Federal de São João del
Rei - Campus Sete Lagoas
Departamento de Ciências Agrárias
Endereço: Rodovia MG 424 - Km 47
CEP: 35701-970 - Sete Lagoas - MG



Questionário para realização do diagnóstico da produção e comercialização de produtos
florestais não madeireiros em Sete Lagoas - MG

Nome do empreendimento: _____

Nome do proprietário ou comerciante: _____

Naturalidade: _____ Idade: _____ Estado civil: _____

Filhos: _____

Fonte de renda principal: _____

Produtos comercializados:

- Produto in natura:
- Produto beneficiado:

Matéria prima utilizada:

Quantidade comercializada:

Forma de obtenção: quantas pessoas envolvidas na coleta? _____

Qual produto com melhor venda? _____

Como é definido o preço do produto? _____

A mudança climática interferiu no processo de venda? _____

É contabilizado no preço final as horas gastas no trabalho e a depreciação dos
equipamentos utilizados? _____

Faz algum tipo de plantio para aumento da produção? _____

Participa de cooperativas ou associações: (.....) SIM () NÃO

- Em caso afirmativo apresentar as informações:

Como relaciona o produtor e a cooperativa? Quais as obrigações de cada um? _____

Beneficiamento: _____

Custo de produção: _____

Valor da venda do produto: _____

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS FLORESTAIS ORIUNDOS DE *Couratari* sp.

Juliane da Silva Sampaio¹

Anselmo Júnior Correa Araújo²

Iara Nobre Carmona³

Juliano Rocha⁴

VICTOR HUGO PEREIRA MOUTINHO⁵

FERNANDO WALLASE CARVALHO ANDRADE⁶

¹ Engenharia Florestal / Instituto de Biodiversidade e Florestas / Universidade Federal do Oeste do Pará

² UFOPA

³ Engenharia Florestal / IBEF / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁴ ibef / ENGENHARIA FLORESTAL / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁵ Universidade Federal do Oeste do Pará

⁶ Departamento de Ciências Florestais / Faculdade de Ciências Agrônômicas / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS FLORESTAIS ORIUNDOS DE *Couratari sp.*

Resumo: A exploração em floresta nativa produz cerca de 40% a 60% de resíduos para cada 1 m³ de madeira em tora. Na Amazônia, existe um elevado desperdício dos resíduos de árvores caídas durante a exploração, problema esse causado por diversos fatores. Neste sentido, a caracterização energética surge como uma alternativa de auxiliar na economia local, diversificando e valorando também o uso de florestas nativas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização energética do carvão de resíduos provenientes da base e do galho de (*Couratari sp.*). O que se observou com a realização deste trabalho é que o galho da espécie apresentou o mesmo potencial energético que a base, quando se realizou a caracterização do material. Não havendo diferenças entre todas as características avaliadas, exceto entre as densidades da base e galho.

Palavras-chave: Amazônia, floresta, energia da biomassa.

ENERGETIC CHARACTERIZATION OF FOREST WASTE ARISING FROM *Couratari sp.*

Abstract: Exploitation in native forest produces about 40% to 60% of waste for every 1 m³ of logwood. In Amazonia, there is a high waste of fallen tree waste during the exploration, a problem caused by several factors. In this sense, the energetic characterization emerges as an alternative to assist the local economy, diversifying and valuing also the use of native forests. Therefore, the objective of this work was to perform the energetic charcoal characterization of residues from the base and the branch of (*Couratari sp.*). What was observed with the accomplishment of this work is that the twig of the species presented the same energetic potential as the base, when the characterization of the material was carried out. There were no differences between all evaluated characteristics, except between the base and branch densities.

Keywords: Amazon, forest, energy of biomass.

1. INTRODUÇÃO

A exploração em floresta nativa produz cerca de 40% a 60% de resíduos para cada 1 m³ de madeira em tora, gerando, assim, uma grande quantidade de resíduos (SILVA-RIBEIRO, 2013 e MONTEIRO et al., 2010). Ainda de acordo com Silva-Ribeiro (2013), os galhos remanescentes (acima de 20 cm de diâmetro) na floresta podem representar até mais de 40% do volume total da árvore. E a não utilização deste excesso de resíduos produzido pode, por exemplo, dificultar a regeneração natural da floresta por meio do banco de sementes. Nesse sentido, a caracterização energética desse material surge como uma alternativa de auxiliar na economia local, diversificando e valorando também o uso de florestas nativas.

Na Amazônia - uma das maiores florestas tropicais do mundo com características ambientais diversas - existe um elevado desperdício dos resíduos de árvores caídas durante a extração das mesmas, originados pela falta de planejamento, implementação de novas tecnologias e técnicas adequadas que devem ser colocadas em práticas dentro da gestão de florestas sustentáveis (BRAZ et al., 2014). A espécie Tauarí (*Couratari sp.*) está entre as dez espécies mais comercializadas entre os anos de 2008 a 2014, de acordo com relatório da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Sustentabilidade (SEMAS, 2014), demonstrando a importância de se realizar estudos relacionados às características energéticas dos resíduos desta espécie.

Segundo Brito (2007), a madeira, na sua forma direta como lenha ou do seu derivado, o carvão vegetal, é combustível vital para o preparo de alimento para um enorme número de famílias e comunidades em diversas regiões do planeta. De acordo com Brito (2002), Ribeiro & Vale (2006) e Rosa et al. (2012), o carvão vegetal para ser considerado de boa qualidade para uso doméstico deve reunir características como alta densidade, alto teor de carbono fixo, alto poder calorífico, baixo teor de umidade, baixo teor de materiais voláteis e baixo teor de cinzas. Segundo Fontes (1994), encontramos a carbonização e a combustão da madeira, como uma das alternativas para redução da quantidade de resíduos gerados pela indústria madeireira.

Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização energética do carvão de resíduos provenientes da base e do galho de Tauari (*Couratari sp.*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção do material

O material que foi utilizado no estudo é proveniente da Floresta Nacional do Tapajós, localizada nas coordenadas 2°45' e 4°10' S e 54°45' e 55°30' W no Km 67 da Rodovia BR 163.

A espécie foi escolhida de acordo com sua relevância em termos de volume comercializado. Uma vez que se trata de um estudo voltado à agregação de valor à madeira de galhos, preconizou-se também que estes possuíssem volume potencial a partir da primeira bifurcação. As espécies pertencentes ao gênero *Couratari* pertencem à família Lecythidaceae e são espécies encontradas na Amazônia, Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia (IPT, 2015).

2.2 Identificação e coleta do Material

As árvores foram reconhecidas em campo por meio de uma lista contendo a numeração de cada indivíduo, baseando-se no mapa de exploração da Coomflona para aquela área. As figuras 1 e 2 mostram respectivamente a retirada de amostras provenientes de galho e base da espécie.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Figura 1.



Figura 2.



Figuras 1 e 2. Retirada de amostras provenientes de base e galho de *Couratari* sp.
Fonte: (Autor)

Após a coleta em campo, as peças foram levadas a serraria para serem desdobradas de acordo com as dimensões adequadas para a carbonização, em laboratório.

2.3 Carbonização

Para a determinação do rendimento gravimétrico em carvão as amostras de madeira foram carbonizadas em forno do tipo mufla, à uma taxa de aquecimento de $1,67^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, e temperatura final de 450°C por 60 minutos. A taxa constante iniciou-se a uma temperatura de 100°C . Após a carbonização, a massa das amostras foi determinada em balança de precisão para obtenção do rendimento gravimétrico em carvão equação 1.

$$\text{RGc} = \frac{\text{MCs}}{\text{MMs}} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

RGc = Rendimento Gravimétrico do Carvão (%);

MCs = Massa do Carvão Seco (g);

MMs = Massa da Madeira Seca (g)

De cada amostra carbonizada, foram retiradas sub amostras para a determinação da densidade aparente do carvão, Equação 2.

$$D (ap.c) = \frac{P(c.s)}{V(c.sat.)} \quad (2)$$

Em que:

$D (ap.c)$ = Densidade aparente do carvão vegetal (g/cm^3);

$P (c.s.)$ = Peso do carvão seco (g).;

$V (c.sat.)$ = Volume do carvão saturado (g/cm^3)

O líquido pirolenhoso (gases condensáveis) foi obtido por meio de condensador acoplado aos reatores na mufla, assim o líquido foi recolhido em kitasato e o seu



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

rendimento foi calculado com base na madeira seca. O rendimento em materiais voláteis foi determinado utilizando-se a Equação 3.

$$TMV = (Pc. s. - Pc. cal/Pc. s) \times 100 \quad (3)$$

Onde:

TMV = Teor de materiais voláteis (%);

P c.s. = Peso das partículas de carvão seco em estufa a $103^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ (g);

P c.cal. = Massa das partículas de carvão (g)

O teor de cinzas foi determinado conforme recomendações da norma D7582 (ASTM, 2010) com temperatura final de 750°C durante 6 horas, e calculado através da equação 4.

$$TCi = (P c. i/P c. s) \times 100 \quad (4)$$

Em que:

TCi. = Teor de cinzas (%);

P c. i. = Peso do material incinerado (cinzas) a 750°C durante 6 horas (g);

O teor de carbono fixo foi determinado por diferença por meio da Equação 5:

$$TCF = 100 - (TMV + TCi) \quad (5)$$

Em que:

TCF = Teor de carbono fixo (%)

Na determinação do Poder Calorífico Superior (PCS) do carvão adotou-se a Norma D5865-04 (ASTM, 2005).

As análises estatísticas de diferenciação de médias foram obtidas por meio do software Sisvar versão 5.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os dados referentes à caracterização energética do carvão de resíduos da base e galho da espécie *Couratari sp.* estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características energética do carvão de resíduos provenientes da base e do galho *Couratari sp.*

Variáveis	Unidade	Posição		
		Base	Galho	CV%
Densidade	(g/cm ³)	0,58 a	0,46 b	6,41
Umidade	(%)	4,28 a	4,72 a	9,67
Rendimento em gases condensáveis	(%)	48,9	45,29	-
Rendimento em gases não condensáveis	(%)	14,35	17,08	-
Rendimento em carvão	(%)	36,62 a	37,75 a	2,52
Teor de materiais voláteis	(%)	21,29 a	21,96 a	4,9
Teor de cinzas	(%)	3,14 a	2,47 a	46,97
Teor de carbono fixo	(%)	75,57 a	75,57 a	2,19
Poder calorífico superior	(Kcal/kg)	7310,67 a	7339,67 a	1,56

CV% = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Em termos de rendimento gravimétrico em carvão, percebe-se que os galhos apresentaram o mesmo potencial para a produção de carvão vegetal que a base, não havendo diferença significativas entre eles. Assis et al. (2012) encontraram rendimentos em carvão vegetal e gases não condensáveis de 31,63% e 28,89% para clones de *Eucalyptus urophylla*. Assim, comparando o rendimento encontrado nestes resíduos florestais ao desta espécie amplamente utilizada como fonte de energia, observa-se um incremento nos galhos de *Couratari sp.*, os quais podem efetivar diferença significativa em uma larga escala de produção.

Considerando-se os aspectos produtivos, geralmente, é desejável obter elevado rendimento gravimétrico em carvão vegetal, devido ao maior aproveitamento da madeira nos fornos de carbonização e, conseqüentemente, maior produção de energia e menores rendimentos em líquido e em gases não condensáveis, pois esses são coprodutos do processo de pirólise (PROTÁSIO et al., 2011). Dessa forma, os galhos de *Couratari sp.* possuem um pequeno incremento no rendimento em carvão vegetal quando comparados com amostras da base dessa espécie. A densidade do carvão apresentou diferenças significativas quando se avaliou base e fuste desta espécie, tendo a base alcançado maiores valores médios de densidade do carvão que os galhos.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

As médias de Poder calorífico superior foram semelhantes, não havendo diferença significativa, quando avaliados base e galho da mesma espécie. Neves et al. (2011) que obtiveram valor médio de 4.757 kcal/kg para clones de eucalipto em diferentes locais de cultivo e idades. A quantificação do poder calorífico é importante para a avaliação do potencial de combustíveis advindos da biomassa, estando o PCS relacionado com a composição química elementar e com os teores de carbono fixo.

O teor de umidade do carvão da base foi estatisticamente semelhante ao carvão de galho. Os valores encontrados neste estudo foram semelhantes encontrados por Rosa et al. (2012) para amostras de carvão vegetal de várias origens que variaram entre 4,17; 4,25 e 5,57%. Para carbono fixo, não houveram diferenças estatísticas significativas quando avaliados base e galhos de *Couratari* sp. Brito e Barrichelo, (1982) afirmam que combustíveis que possuem maior teor de carbono fixo tendem a queimar de forma mais lenta, o que resulta em um maior tempo de residência dentro dos aparelhos de queima quando comparados aos que possuem menor teor e carbono fixo. Sendo o carbono fixo referente à fração de carvão queimada no estado sólido, a média próxima de 75,5%, encontrada tanto para base e galho, indica que o carvão de *Couratari* sp. possui potencial energético. Silva et. al. (2007), avaliando o carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, encontraram médias de carbono fixo e materiais voláteis, semelhantes aos encontrados neste estudo.

Os teores de cinzas encontrados foram altos e se diferenciaram estatisticamente entre si. As amostras provenientes do galho apontaram maior teor de cinzas, o que indica uma maior quantidade de material residual quando o material é queimado. Isto resulta como um fator negativo para a utilização de galhos desta espécie para fins energéticos. Segundo Andrade (1993), elevados teores de minerais na madeira proporcionam altas percentagens de cinzas no carvão, o que se torna prejudicial quando este carvão se destina a fins siderúrgicos.

4. CONCLUSÕES

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- Não existe diferença significativa entre a maioria das características estudadas, exceto entre as densidades da base e do galho da espécie em questão.
- A madeira de galho desta espécie possui potencial para a geração de energia.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

5. REFERÊNCIAS

ASSIS, M. R.; PROTÁSIO, T.P.; ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; SANTANA, W. M. S. Qualidade e rendimento do carvão vegetal de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 32, n. 71, p. 291-302, 2012.

ANDRADE, A. M. Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto. 1993. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 105 f, 1993.

BRAZ, R. L.; NUTTO, L.; BRUNSMEIER, M.; BECKER, G.; SILVA, D. A. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia – uma análise da cadeia produtiva. Journal of Biotechnology and Biodiversity, Vol. 5, 168-181 P. 2014.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. IPEF, n.16, p.63-70, 1978.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2., 1982, São Paulo, p. 101-137.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. Estudos avançados, 2007.

Brito JO. A escolha certa do carvão. Revista Churrasco e Churrascarias 2002; 5(24): 16.

CERQUEIRA, P. H. A.; VIEIRA, G. C.; BARBENERA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, L. C. Análise dos resíduos madeireiros gerados pelas serrarias do município de Eunápolis-BA. FLORESTA E AMBIENTE, v.19, n.4, p.506-510, 2012.

DUTRA, R. I. J. P.; NASCIMENTO, S. M.; NUMAZAWA, S. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE ENGENHARIA FLORESTAL, n.5, 2005.

FONTES, P. J. P., 1994, “Auto-Suficiência Energética em Serraria de Pinus e Aproveitamento dos Resíduos”, dissertação de Mestrado do curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MONTEIRO, A.; CARDOSO, D.; CONRADO, D.; VERÍSSIMO, A.; SOUZA JUNIOR, C. Transparência Manejo Florestal 2008 – 2009, Estado do Pará. IMAZON, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 16 p. 2010.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P. COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PROTÁSSIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; JÚNIOR, M. G. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 31, n. 66, p. 113-122, 2011.

RIBEIRO, R. B. S. Quantificação e valoração de resíduos da colheita florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. 2013. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

RIBEIRO PG, VALE AT. Qualidade do carvão vegetal de resíduos de serraria para o uso doméstico. In: Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

ROSA, R. A.; ARANTES; M. D. C.; PAES, J. B.; ANDRADE, S. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para uso doméstico. Journal of Biotechnology and Biodiversity, 41-48 p. 2012.

SECRETARIA DE ESTADO E MEIO AMBIENTE. Extração e movimentação de toras de madeira nativa. Relatório SEMA, 2014, p. 76.

SILVA; M. G.; NUMAZAWA; S.; ARAUJO; M. M.; NAGAISHI; T. Y. R.; Gilvana Rodrigues GALVÃO; G. R. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. Acta Amazônica, Vol. 37(1) 2007: 61 – 70, 2007.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A. Influência da temperatura final de carbonização nas Características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*himenea courbaril* L.). Scientia Agraria, vol. 2, núm. 1-2, 2001.

VIDAURRE, G. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de Paricá (*Schizolobium amazonicum*). Revista Arvore, vol. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO CARVÃO DO SISTEMA TOCO-RAIZ DE *Corymbia citriodora*

Felipe Nardo¹
Juliette Silva¹
Letícia Sant' Anna Alesi¹
Diego Silva¹
Isaí Euán Chi²
João Tomeleri¹
Franciane Pádua²
Fabio M Yamaji²

¹ Universidade Federal de São Carlos

² Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos



CARACTERIZAÇÃO ENERGETICA DO CARVÃO DO SISTEMA TOCO-RAIZ DE *Corymbia citriodora*

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo a caracterização física-química do carvão de toco e raiz de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, carbonizado em fornos retangulares. O material utilizado foi cedido pelo grupo Mutum proveniente de plantio comercial, situado no estado de Mato Grosso do Sul. As análises realizadas foram densidade aparente, poder calorífico superior e análise química imediata (teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo). Os valores médios encontrados para densidade aparente (0,639 g.cm⁻³); poder calorífico (7.225,16 Kcal.g⁻¹); teor de cinzas (0,46%); teor de materiais voláteis (28,88%); carbono fixo (70,64%), qualificam o carvão para o uso energético, indicando um potencial para a utilização como uma bioenergia.

Palavras-chave: Bioenergia, Biomassa, Produção de carvão.

ENERGY CHARACTERIZATION OF THE COAL OF THE ROOT SYSTEM OF *Corymbia citriodora*

Abstract: This study was aimed to accomplish the physical-chemical characterization of coal stump and root *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, carbonized in a rectangular oven. The material used was provided by the Mutum group, it's from the commercial plantation located in the state of Mato Grosso do Sul. The tests made were: apparent density, calorific value, chemical analysis (ash content, volatile materials and fixed carbon). The average values were: apparent density (0.639g.cm⁻³); calorific value (7225.16 cal.g⁻¹); ash content (0.46%); volatile concluded that the material presents satisfactory values and that exists the potential needed to be used as a bioenergy material content (28.88%); fixed carbon (70.64%). When the obtained data is analyzed, it is concluded that the material has satisfactory values, and there is potential for use as a bioenergy.

Keywords: Bioenergy, Biomass, Coal production.

1. INTRODUÇÃO

A participação de combustíveis renováveis na matriz energética brasileira está entre as maiores do mundo. Segundo dados do Balanço Energético Nacional (2016), no ano de 2014, 41,2% da oferta interna de energia no país foi de origem renovável, com destaque para a biomassa vegetal de origem florestal e agrícola que forneceu 25,1% do total da energia consumida. Os biocombustíveis florestais na matriz energética nacional incluem basicamente a lenha e o carvão vegetal oriundos de florestas plantadas de eucalipto e florestas nativas.

O carvão vegetal é largamente utilizado no Brasil devido as suas qualidades como combustível e redutor do minério de ferro. Cerca de 90% do carvão vegetal produzido no país é destinado ao setor siderúrgico (BANCHA et al., 2004). Para cada tonelada produzida de ferro gusa, na siderurgia, são consumidos de 3 a 5m³ de carvão vegetal (FERREIRA, 1996). Neste contexto, surge a preocupação com a manutenção do suprimento futuro de madeira, que hoje em dia, já é uma realidade. Os segmentos industriais que utilizam carvão em grande quantidade, tal como o setor siderúrgico, tem intensificado esforços para garantir o suprimento dessa matéria-prima. Além do aumento da área plantada, é de grande



importância considerar o melhor aproveitamento do recurso, aliado ao uso de sistemas mais eficientes de produção.

Neste sentido, a exploração energética da biomassa promove a melhoria do aproveitamento de florestas comerciais existentes, pela possibilidade de utilização dos resíduos florestais geralmente deixados no campo após a colheita, como pontas, galhos e sistema toco-raiz. Além disso, a utilização energética dessa biomassa residual é de grande importância na viabilização econômica das atividades de manejo florestal e tratos silviculturais (CANTO, 2009).

Dessa forma, a utilização do sistema toco-raiz tem como vantagens, a otimização do potencial energético da biomassa, além de resolver o problema da manutenção nas atividades de reforma e, ou colheita após condução das sucessivas rebrotas. Segundo Foelkel (2014), os problemas causados pelo toco deixado no campo incluem dificuldades nas operações do maquinário da silvicultura para preparo do solo, plantio mecanizado, irrigação, adubação, controle da mato-competição, etc. Ainda segundo o mesmo autor, o toco residual acima de 15 cm de altura deixado no campo resulta em perdas da ordem de 1,5 a 2% do volume comercial do tronco. De acordo com Scolforo et. al, (2004) a relação percentual entre o volume do sistema toco-raiz e volume total da planta para as espécies de *Eucalyptus urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. cloeziana* com idades variando de 6,67 e 7,58 anos, plantadas em diferentes localidades do estado de Minas Gerais, variou entre 5,11% e 28,70% na primeira rotação, valores estes substancialmente aumentados na segunda rotação.

A quantificação e modelagem eficiente, de acordo com Scolforo et al. (2008), permitirão às empresas florestais determinar o volume presente de tocos e raízes nos períodos de reforma de seus povoamentos, o que poderá reverter em matéria-prima para energia. Fazendo com que o uso do sistema radicular para a produção de bioenergia torne-se uma opção para complementar a oferta de energia, desde que sua qualidade energética seja avaliada.

O carvão vegetal destinado ao consumo siderúrgico deve apresentar características específicas além do poder calorífico, teor de carbono fixo, e teor de umidade adequado. Segundo as normas exigidas pela siderurgia, é necessário materiais com elevada densidade, baixos teores de fósforo e enxofre, reatividade compatível com a redutibilidade do minério, alta resistência mecânica ao impacto, à pressão e a fricção; e porosidade adequada para facilitar a reação com o CO₂ e a circulação de gases no interior do alto-forno (TRUGILHO, 1995).

São usualmente utilizados para definir a qualidade na avaliação do material as características químicas do carvão vegetal (teor de carbono fixo, teor de umidade, teor de materiais voláteis e de cinzas) e os rendimentos gravimétricos, em líquido pirolenhoso e em carbono fixo. Essas propriedades do carvão vegetal são influenciadas pelo processo de produção, pela temperatura final de carbonização, pela taxa de aquecimento e, principalmente, pela espécie da madeira que lhe deu origem (EARL, 1975).

Diante da importância da utilização do sistema toco-raiz nas florestas de eucalipto e da dificuldade de extração desta biomassa do campo, se faz necessária a investigação da qualidade energética do material produzido e, a partir daí subsidiar novas pesquisas sobre a viabilidade técnica e econômica da sua utilização.

Neste contexto, o presente trabalho tem o objetivo caracterizar energeticamente o carvão produzido a partir dos sistemas toco-raiz de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson.



2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e coleta do material

O material carbonizado utilizado nesse trabalho foi oriundo de um plantio comercial de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, pertencente ao Grupo Mutum, com espaçamento 3 x 2 metros, sendo a idade de corte próxima aos 7 anos. O plantio se localizava próximo a cidade de Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, cujas coordenadas são 20° 26' 36" Sul, 53° 45' 36" Oeste e elevação de 374m. O clima da região segundo Koppen é caracterizado como tropical úmido (Aw), dividido em estação chuvosa no verão e seca no inverno.

A carbonização dos tocos-raízes foi realizada em fornos retangulares com dimensões de 3,2 metros de largura, 3,00 metros de altura e 7,00 metros de comprimento, operando com temperatura aproximada de 420°C (Figura 1).



Figura 1. Forno retangular para a carbonização de madeiras.
Fonte: Augusto Massaro (2016)

Amostras carbonizadas do material foram retiradas das pilhas nas posições da base, meio e topo, utilizando o método de amostragem casual simples. Ao todo, foram coletadas 12 amostras para as análises de densidade, análise química imediata e poder calorífico.

2.2 Análise do material carbonizado

A densidade do material foi determinada pelo método hidrostático conforme os procedimentos descritos na Norma 11941 (2003), com imersão em água.

Para a análise química imediata do material utilizou-se como base as diretrizes da norma ABNT NBR 8112/86. O carvão empregado para essa análise foi o mesmo utilizado para a determinação da densidade, utilizando apenas o material moído retido pela peneira de 60 mesh, realizando o processo em triplicata.

O poder calorífico foi realizado baseando-se na norma NBR 8633/84, realizado no laboratório de pesquisa de bioenergia da UFSCar- Campus Sorocaba, utilizando uma bomba calorimétrica modelo C200 IKA. Para realizar os cálculos estatísticos foi utilizado o software Excel 2010.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade

O valor médio determinado para a densidade básica do carvão do sistema toco-raiz foi de 0,589 g/cm³ como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Valor médio de densidade básica para as amostras carbonizadas do sistema toco-raiz de *Corymbia citriodora*

Material	Densidade (g.cm ⁻³)
Madeira Carbonizada	0,639 (±0,044)

Estudos de avaliação da qualidade do carvão vegetal de eucalipto apontam para valores médios de densidade entre 0,391 g/cm³ para *E. grandis* e 0,583 g/cm³ para *E. microcorys*, (BRITO et al., 1983); de 0,326 g/cm³ para *E. urophylla* (REIS et al., 2012); e de 0,424 g/cm³ para (*E. urophylla* x *E. grandis* x) (OLIVEIRA et al., 2012).

O valor obtido foi superior ao determinado por Zanuncio et al., (2014) para madeira carbonizada da mesma espécie, de 0,513 g/cm³. No entanto, foi inferior ao obtido por Brito et al., (1977) que obteve o valor de 0,710 g/cm³.

Como foi observada, a densidade do carvão de *C. citriodora* é superior a diferentes espécies de Eucalipto, o que reafirma a teoria que o material pertence ao grupo de alta densidade. Sendo que as diferenças entre os trabalhos que consideram a mesma espécie pode ser explicada por diversos fatores como: diferença entre temperatura de carbonização (VELLA et al., 1989), material carbonizado, e idade de corte (VITAL, 1984).

Carvões de alta densidade são indicados para uso energético uma vez que este fator reflete em maior quantidade de energia por unidade de volume e melhor aproveitamento do espaço interno do reator (CASTRO, 2003). Além disso, a alta densidade do combustível está relacionada diretamente a sua maior resistência mecânica (BOTREL et al., 2007) e portanto, com a menor friabilidade e melhores características de transporte.

3.2 Análise Imediata e Poder Calorífico

Os valores encontrados para a análise imediata, de teor de materiais voláteis, teor de carbono fixo e teor de cinzas, assim como o valor de poder calorífico podem ser observados na Tabela 2.



Tabela 2. A Tabela 2 Valores médios resultantes da análise química imediata e poder calorífico do carvão vegetal do sistema toco-raiz de *Corymbia citriodora*

Material	MV (%)	CF (%)	CZ (%)	PCS (kcal.kg ⁻¹)
Carvão	28,89	70,65	0,46	7225,16

MV = Teor de materiais voláteis, CF = Teor de carbono fixo, CZ = Teor de cinzas, PCS = Poder Calorífico Superior.

O valor médio do teor de materiais voláteis foi superior aos valores de 18,05% a 23,50% verificados por Trugilho et al., (2001) para carvões de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* e superior aos valores obtidos por Oliveira et al., (2012) de 24,46 e 26,43%. No que diz respeito à mesma espécie Zanuncio et al. (2014) determinou valores de 20,71 % e Brito et al., (1977) obteve 25,4 %.

O alto valor obtido para teor de materiais voláteis em comparação com outras espécies de eucalipto sugere que há diferença entre a composição química do fuste e do sistema toco-raiz, que influenciam nas características do material para aplicação energética.

O teor de materiais voláteis representa os compostos remanescentes da degradação da madeira e do alcatrão, que não se desprenderam durante o processo de carbonização, permanecendo assim como componentes químicos do carvão (CORRÊA, 1988). Uma fração de voláteis é necessária no carvão, devido ao aumento da permeabilidade da carga no alto forno e à diminuição da reatividade do carvão vegetal. Para uso doméstico, materiais voláteis ocasiona o desconforto da fumaça, além de menor eficiência energética, acarretando maior consumo de carvão vegetal (FREDERICO, 2009).

O valor médio do teor de carbono fixo foi inferior quando comparada com a literatura. Trugilho et al., (2001), encontrou o valor médio de 79,14%, já em Oliveira et al. (2012) o valor médio encontrado foi de 73,83%, e em Neves (2012), obteve-se uma média de 79,77 %. Em relação à literatura da mesma espécie Zanuncio et al., (2014) encontrou 77,49 % já Brito et al., (1977) encontraram valores de carbono fixo de 73,5 %.

Analisando comparativamente o valor do presente trabalho com os encontrados na literatura, percebe-se que a maior densidade do carvão do sistema- toco raiz não resultou em aumento do teor de carbono fixo. De modo geral, a qualidade do carvão a ser obtido depende muito das características químicas, físicas, mecânicas e anatômicas da matéria-prima. Inúmeros estudos relatam as altas correlações entre algumas propriedades do carvão e da madeira de origem, como a densidade básica (DOAT et al., 1975; BRITO et al., 1980; COUTINHO, 1984), o teor de lignina e as dimensões da fibra. (OLIVEIRA, 1988).

Segundo Oliveira et al., (2010), os teores de materiais voláteis e carbono fixo são ainda sensivelmente influenciados pelos parâmetros do processo, sendo a temperatura o principal parâmetro que regula a concentração destes teores na constituição do carvão vegetal.

Com relação ao teor de cinzas, os valores encontrados neste trabalho estão de acordo com os encontrado por Trugilho et al., (2001), Oliveira et al. (2012) e Neves (2012), sendo todos com média inferior a 0,80%. O teor de cinzas na madeira e no carvão vegetal de eucalipto é comumente baixo (0,16% a 1%) (BOTREL et al., 2007; TRUGILHO et al., 2001;



TRUGILHO et al., 2005). Para trabalhos com *Corymbia citriodora*, foram encontrados os valores de 1,0% (BRITO et al., 1977) e 1,79% (ZANUNCIO et al., 2014).

As cinzas são provenientes do conteúdo mineral do lenho e, principalmente, da casca da madeira a ser carbonizada (VITAL et al., 1986). Embora o carvão utilizado neste trabalho seja proveniente do sistema radicular, que tem contato direto com o solo e minerais, apresentou valores iguais ou até inferiores a estudos com carvão de madeira oriunda cerne de outras espécies. Sendo assim, o baixo teor de cinzas encontrado pode ser devido ao fato que o material foi previamente limpo, submetido a submersão em água para realização das análises de densidade.

O valor médio de poder calorífico verificado no presente trabalho foi de 7225,16 kcal.kg⁻¹, próximo ao valor de 7556,8 Kcal.kg⁻¹ encontrado por Oliveira et al., (2012) para o carvão de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e ao valor de 7669 Kcal.kg⁻¹ verificado por Neves (2012). No que se refere à literatura de *Corymbia citriodora*, o valor obtido por Zanuncio et al., (2014) foi 7581 Kcal.kg⁻¹, valor superior ao encontrado no presente trabalho.

Tais comparações permitem perceber que a alta densidade do carvão do *C. citriodora* do não refletiu em um proporcional aumento do poder calorífico do material, quando comparado ao poder calorífico dos carvões de densidade inferior.

Segundo Lúcio (2008), o poder calorífico do carvão vegetal varia de 6.400 a 7.500 kcal.kg⁻¹, sendo essa variação resultante das características da madeira como espécie, idade, e do processo de carbonização. Porém considerando o resultado do trabalho de Zanuncio et al., (2014), que utilizou a mesma espécie, com idade de corte semelhante, a diferença entre os resultados obtidos podem ser explicadas pelo processo de carbonização e também pela diferença da composição química do fuste em relação as raízes (GOULART et al., 2012).

A Tabela 3 apresenta resultados médios da análise imediata de outras biomassas.

Tabela 3. Análise comparativa entre diferentes carvões para produção de energia

Biomassa	D (g.cm ⁻³)	TV (%)	TC (%)	CF (%)	PCS (Kcal/kg)	Referência
Carvão Raiz-toco <i>Corymbia citriodora</i>	0,639	28,88	0,46	70,65	7225	Nardo (2016)
Carvão de cerne de <i>Pinus</i> spp.	0,186	25,03	0,33	74,63	7447	Brito et al., (1984)
Carvão de Bambu <i>B. tuldoides</i>	0,494	6,60	3,00	90,40	7922	Brito et al., (1987)
Carvão cerne Mimosa	0,510	26,72	1,32	71,97	6866	Oliveira et al., (2006)
Carvão de Pinhão Manso (<i>Jatropha curcas</i>)	0,100	29,00	25,50	45,50	3954	Vale et al. (2011)

D = densidade; TV = teor de voláteis; TC = teor de cinzas; CF = teor de carbono fixo; PCS = poder calorífico superior.



Analisando a Tabela 3, nota-se que o presente trabalho possui o maior valor médio de densidade quando comparado com as demais biomassas. Dada importância da densidade para a utilização como energia, observa-se novamente o alto potencial para tal uso. Segundo Rocha (2011), não havendo prejuízo para as outras propriedades, a densidade do carvão deve ser a maior possível para que esse biocombustível apresente alta resistência mecânica e elevada densidade energética.

Outro dado a ser observado é o poder calorífico, que embora não seja o maior valor quando comparado com os demais, quando analisado juntamente com a densidade apresenta a melhor opção como combustível, visto que para o transporte ocupa comparativamente menor volume com maior poder calorífico. Segundo Brand (2010), a seleção do material combustível para a produção de energia é fundamental para a quantificação do poder calorífico, uma vez que essa característica é um excelente parâmetro para se avaliar a potencialidade energética de combustíveis de biomassa.

Embora a biomassa analisada esteja em contato direto com o solo, os dados obtidos foram considerados baixos em comparação com as outras fontes consultadas. Gerando pouco resíduo, o carvão de *C. citriodora* apresenta outro fator favorável a sua utilização como fonte de energia, pois altos teores de cinzas indicam uma maior quantidade de material que não participa do processo de combustão, e portanto, apresentam correlação negativa com o poder calorífico superior (BRAND, 2010).

4. CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos no presente trabalho, conclui-se que o carvão oriundo de toco-raiz de *C. citriodora* apresentou resultados satisfatórios em todos os parâmetros analisados, qualificando-se para o emprego energético.

Sugere-se para próximos trabalhos a realização de análises químicas da biomassa do sistema toco-raiz e parâmetros da carbonização, visando o maior entendimento sobre as relações com o seu desempenho energético.

Além disso, deve ser estudada a análise dos custos envolvidos com a extração do sistema toco-raiz e seu transporte até as unidades de produção de carvão, com o objetivo de determinar as dificuldades do processo e verificar a viabilidade econômica do processo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941-02**: Determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112**: Carvão vegetal: análise imediata, Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: Carvão vegetal: determinação do poder calorífico, Rio de Janeiro, 1984.



BACHA, C. J. C.; BARROS, A. L. M. Reflorestamento no Brasil: evolução recente e perspectivas para o futuro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 191-203, set. 2004.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <
<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2016&anoFimColeta=2015>>
Acesso em: 17 dez 2016

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; SILVA, J. R. M.
Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de Eucalyptus. **Revista Árvore**,
2007, v. 31, n. 3, p. 391 - 398.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.

BRAWNER, J. T.; MEDER, R.; DIETERS, M.; LEE, D. J. Selection of Corymbia
citriodora for pulp productivity. **Southern Forests**, 2012, v.74, n. 2, p. 121–131.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas
da madeira e a produção de carvão vegetal: I -. Densidade e teor de lignina da madeira de
eucalipto. **Ipef**, Piracicaba, v. 6, n. 14, p.9-20, set. 1977. Disponível em: <
<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr14/cap01.pdf>> Acesso em: 14 fev 2016.

BRITO, J. O.; BRARRICHELO, L. E. G.; SEIXAS, F.; MIGLIORANI, A. J.;
MURAMOTO, M. C. Análise da Produção Energética e de Carvão Vegetal de Espécies de
Eucalipto. **Ipef**, n.23, p.53-56, abr.1983. Disponível em: <
<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr23/cap08.pdf>> Acesso em: 14 fev 2016.

BRITO, J. O.; NUCCI, O. Estudo tecnológico da madeira de Pinus spp para a produção de
carvão vegetal e briquetagem. **Ipef**, Piracicaba, v. 1, n. 26, p.25-30, abr. 1984. Disponível
em: < <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr26/cap04.pdf>> Acesso em: 14 fev 2016.

BRITO, J. O.; TOMAZELLO FILHO, M.; SALGADO, A. Produção e caracterização do carvão
vegetal de espécies e variedades de bambu. **Ipef**, Piracicaba, v. 1, n. 36, p.13-17, ago.
1987. Disponível em: < <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr36/cap02.pdf>> Acesso em:
14 fev 2016.

CANTO, J. L. **Colheita mecanizada de biomassa florestal para energia**. 2009. 121 f.
Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. MG.
2009.

CASTRO, R.; O eucalipto na indústria de carvão vegetal. **Revista da Madeira**, v.13, n.75,
2003. Disponível em:< <http://www.remade.com.br>>. Acesso em : 15 fev 2016.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





CORRÊA, A. A. Conversão química de madeiras da Amazônia: carvão e briquetes de carvão vegetal. **Acta Amazônica**, Manaus, AM, v. 18, n. 1, p. 93 - 108, 1988.

COUTINHO, A. R. **Qualidade do carvão vegetal correlacionada com as características da madeira de Eucalyptus saligna e temperatura de carbonização**. 1984. 76f. Dissertação (Mestrado) ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 1984.

DOAT, J.; PETROFF, G. La caracterization des bois tropicaux. **Revue Bois et Forêt des Tropiques**, n. 159, p.55-72, 1975.

FOELKEL, C. O Problema dos Tocos Residuais das Florestas Plantadas de Eucaliptos. *Eucalyptus Newsletter*, nº 45, 2014. Disponível em: < <http://www.eucalyptus.com.br/artigos.>> Acesso em : 15 fev 2016

FREDERICO, P. G. U. **Influência da densidade e composição química da madeira sobre a qualidade do carvão de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden e de híbridos de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla S.T. Blake**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

GOULART, S. L.; MORI, F. A.; RIBEIRO, A. O.; COUTO, A. M.; ARANTES, M. D. C.; MENDES, L. M. Análises químicas e densidade básica da madeira de raiz, fuste e galho de Barbatimão [(stryphnodendron adstringens) Coville] de bioma cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p.59-66, mar. 2012.

LÚCIO, A. Tecnologia DPC para produção de carvão vegetal. In: FÓRUM NACIONAL DE CARVÃO VEGETAL, 2008, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte, 2011. Disponível em: painelfloresta+l.com.br/exibeNews.php?id=1784>. Acesso em: 20 out. 2016.

NEVES, T. A. **Qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de Eucalyptus cultivados no sul de Minas Gerais**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

OLIVEIRA, A. C.; ROCHA, M. F. V.; PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; VITAL, B. R. Avaliação de diferentes níveis de desbaste nas propriedades da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla. **Floresta**, Curitiba, v. 1, n. 42, p.59-68, mar. 2012.

OLIVEIRA, A. C.; Carneiro, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus pellita F. Muell. **Scientia Forestalis** 2010.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

OLIVEIRA, E. **Correlação Entre Parâmetros de Qualidade da Madeira e do Carvão de Eucalyptus grandis (W. Hill ex-Maiden)**. 1988. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; DELLA LUCIA, R. M.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p.311-318, set. 2006.

REIS, A. R.; MELO, I. C. N. A.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. O. Efeito de Local e Espaçamento na Qualidade do Carvão Vegetal de um Clone de Eucalyptus urophylla S. T. Blake. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 19, p.497-505, maio 2012.

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de Eucalyptus grandis x Eucalyptus camaldulensis para energia**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa; 2011.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria Florestal: Medição, Volumetria e Gravimetria**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2004. 285 p.

SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M.; SILVA, C. P. C. **Inventário florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Semidecidual**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2008.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; ALBINO, J. C.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de Eucalyptus plantadas em Uberaba, Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba.

TRUGILHO, P. F. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira e do carvão de Eucalyptus**. 1995. 160 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A.L. Avaliação de clones de Eucalyptus para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p.1004-114, jan. 2001.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; MENDES, L. F. B. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial de amostragem em clones de Eucalyptus. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 178-186, abr./jun. 2005.

VALE, A. T.; MENDES, R.M.; AMORIM, M. R. S.; DANTAS, V. F. S. Potencial energético da biomassa e carvão vegetal do epicarpo e da torta de pinhão manso (*Jatropha curcas*). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p.267-273, jun. 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

VELLA, M. M. C. F.; VALENTE, O. F.; VITAL, B. R.; LELLES, J. G. Influência da velocidade de carbonização da madeira nos rendimentos e nas propriedades do carvão produzido. **Ipef**, Piracicaba, v. 42, n. 41, p.64-76, dez. 1989. Disponível em:
<<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr41-42/cap09.pdf>> Acesso em: 14 fev 2016.

VITAL, B. R.; JESUS, R. M.; VALENTE, O. F. Efeito da constituição química e da densidade da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* na produção de carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 2, p. 151 - 160, 1986.

VITAL, B.R. Métodos de determinação de densidade da madeira. **Boletim Técnico da Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa: n. 21, 1984.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; TRUGILHO, P. F.; MONTEIRO, T. C. Extractives and energetic properties of wood and charcoal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 2, n. 38, p.369-374, mar. 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA MADEIRA DE TACHI, PROVENIENTE DO SEGUNDO CICLO DE MANEJO EM FLORESTA AMAZÔNICA

Sávio Dill¹
Saulo Coelho²
Victor Moutinho³

¹ LTM (Laboratório de Tecnologia da Madeira) / IBEF (Instituto de Biodiversidade e Florestas) / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)

² LTM (Laboratório de Tecnologia da Madeira) / IBEF (Instituto de Biodiversidade e Florestas) / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)

³ Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)



CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA MADEIRA DE TACHI, PROVENIENTE DO SEGUNDO CICLO DE MANEJO EM FLORESTA AMAZÔNICA

Resumo: A indústria tende ao uso de poucas espécies produtoras de madeira, essa seletividade pode ser explicada pela escassez de trabalhos científicos que caracterizem e indiquem o uso de espécies florestais amazônicas e/ou pelo tradicionalismo empregado na produção industrial. No segundo ciclo de corte do projeto de manejo experimental na Flona do Tapajós, observou-se uma grande mudança na nova composição vegetal quando comparada a cobertura original da área. Este estudo visou caracterizar as propriedades físicas da madeira de *Tachigali chrysophylla* Poepp. & Endl., para posteriormente compará-las com as características de espécies utilizadas pelo mercado e indicar a possível utilização dessa espécie como alternativa a outras. Para os ensaios coletaram-se toras da base de três árvores. A madeira de *T. chrysophylla* apresentou densidade aparente de $0,718 \text{ g/cm}^3$, sugere-se a utilização como madeira de esquadrias para fabricação de portas, venezianas, caixilhos, assim como para uso temporário em andaimes ou pontaletes.

Palavras-Chave: Amazônia; Indústria; Tecnologia da madeira.

PHYSICAL CHARACTERIZATION OF TACHI WOOD, FROM THE SECOND AMAZONIAN FOREST MANAGEMENT CYCLE

Abstract: The industry tends to use few wood species, this selectivity can be explained by the scarcity of scientific studies that characterize and indicate the use of Amazonian forest species and / or the traditionalism used in industrial production. In the second cutting cycle of the experimental management project in the Tapajos, Flona, there was a great change in the new vegetation composition when compared to the original coverage of the area. This study aimed to characterize the physical properties of the wood of *Tachigali chrysophylla* Poepp. & Endl., To compare them with the characteristics of species used by the market and indicate the possible use of this species as an alternative to others. For the trials, logs were collected from the base of three trees. The wood of *T. chrysophylla* presented an apparent density of 0.718 g / cm^3 , it is suggested to use as wood of frames for the manufacture of doors, shutters, frames, as well as for temporary use in scaffolding or props.

Keywords: Amazon; Industry; Wood technology.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor de madeiras tropicais do mundo, tendo sua produção concentrada na região norte do país (OIMT, 2012), onde, na mesorregião nordeste paraense, somente entre os anos de 2008 e 2012 foram comercializadas 421 espécies madeireiras, porém, quinze espécies deste montante representaram 37% do volume total colhido, o que demonstra o quão seleta é a indústria (VIEIRA et al., 2015). Estes dados podem ser explicados pela escassez de trabalhos científicos que caracterizem e indiquem o uso de espécies florestais amazônicas e/ou pelo tradicionalismo empregado na produção industrial (CARDOSO et al., 2012; GONÇALEZ et al., 2001).

A seletividade de espécies arbóreas utilizadas na indústria resulta em um aproveitamento parcial das colheitas florestais, aumentando a pressão sobre o grupo mais demandado, o que pode implicar na extinção das mesmas e diminuir a lucratividade dos projetos de manejo florestal madeireiro (MOUTINHO et al., 2011).



Técnicas para o manejo de florestas tropicais vem sendo estudadas desde o século XIX e, pouco a pouco, foram implantadas nas diversas regiões no planeta (HIGUCHI, 1994). Atuando nesta área, A Embrapa Amazônia Oriental instalou no ano de 1975 uma unidade de pesquisa dentro da Floresta Nacional do Tapajós (Flona Tapajós). Este projeto de manejo entrou no seu segundo ciclo de corte no final do ano de 2014, tornando-o o primeiro sítio de manejo submetido à segunda colheita, dentro da legislação florestal atual, na Amazônia.

Quando comparada a composição florística do novo ciclo de colheita com a cobertura original da área observou-se mudanças significativas (REIS et al., 2010). As espécies coletadas no primeiro ciclo eram espelho da demanda da indústria madeireira da época, assim as árvores da nova cobertura vegetal representam, em sua maioria, espécies sem caracterização tecnológica e com baixa apreciação pelo mercado.

Para diminuir a pressão sobre as espécies mais demandadas pela indústria é necessário que se encontrem substitutas viáveis para as mesmas, assim as espécies que mais se destacaram na cobertura vegetal de uma área submetida, a 35 anos, a uma intensa exploração se mostram um bom começo para mudança deste paradigma.

O conhecimento das propriedades físicas das madeiras preconiza a adequada utilização das mesmas (ARAÚJO, 2007). Neste sentido, este estudo visou caracterizar as propriedades físicas da madeira de *Tachigali chrysophylla* Poepp. & Endl., conhecida vulgarmente como Tachi Vermelho, para posteriormente compará-las com as características de espécies utilizadas pelo mercado e indicar a possível utilização dessa espécie como substituta de outras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta do material foi realizada no experimento da Embrapa, no km 67 da Rodovia Santarém-Cuiabá - BR 163, em uma área situada na Floresta Nacional do Tapajós, localizada entre as coordenadas 2°45' e 4°10' S e 54°45' e 55°30' W, entre os meses de Dezembro de 2014 e Maio de 2015. As espécies foram selecionadas com base no levantamento florístico realizado pela Embrapa Amazônia Oriental para o segundo ciclo de corte da área, os critérios utilizados foram abundância, frequência e dominância, e assim a espécie escolhida para este trabalho foi a *T. chrysophylla* Poepp. & Endl. A identificação botânica foi realizada pela Embrapa Amazônia Oriental, durante o inventário realizado na área de manejo, e os dados foram disponibilizados junto com os da colheita florestal.

Os indivíduos foram selecionados aleatoriamente a partir do Banco de dados do inventário florestal realizado pela Embrapa, respeitando critérios de diâmetro, distribuição e densidade, todos localizados na mesma Unidade de Trabalho (UT), como é denominada a subdivisão da Unidade de Produção Anual (UPA) do Projeto de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), a Tabela 1 mostra dados oriundos das árvores coletadas.

Tabela 1. Dados dendrométricos dos indivíduos coletados para o experimento

Árvore	Hc (m)	DAP (cm)	Vol (m ³)
1	19,90	56,90	4,24
2	15,50	90,80	9,09
3	21,35	96,30	13,63
Média	18,92	81,33	8,99

Hc = Altura comercial; DAP = Diâmetro a altura do peito, medido a 1,3 metros do solo; Vol = Volume comercial da árvore coletada.



Para caracterizar as propriedades físicas foram seguidas as diretrizes da NBR 7190 (ABNT, 1997). Coletaram-se toras da base de três árvores, com 2,6m de comprimento cada. Ainda no pátio do manejo, as toras foram serradas com o auxílio de uma serraria portátil, modelo Lucas Mill, visando à retirada de sarrafos nas dimensões 7x7x260cm de espessura, largura e comprimento respectivamente, respeitando-se a orientação dos anéis de crescimento. Posteriormente, os sarrafos foram transportados a uma marcenaria visando o desdobro secundário em serra circular para obtenção de ripas de 3x2x260cm, direção tangencial, radial e longitudinal, respectivamente. Em laboratório, as ripas foram destopadas em corpos de prova de 3x2x5cm. Para cada árvore, obteve-se 26 amostras para as análises das propriedades físicas, totalizando 78 corpos de prova, formando uma amostra composta aleatória nas direções medula/câmbio e base/topo, da madeira coletada, aproximando do que seria encontrado no mercado disponibilizado ao consumidor. A caracterização física foi realizada no Laboratório de Tecnologia da Madeira – LTM da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA.

Os resultados foram analisados de acordo com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a 95% de significância, pois apenas um dos tratamentos apresentou normalidade e homogeneidade de variância quando submetidos a estas análises. Os dados foram processados com o auxílio do software ASSISTAT versão 7.7 pt (SILVA; AZEVEDO 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físicas e variação entre indivíduos

A madeira de *T. chrysophylla* apresentou densidade aparente de 0,718 g/cm³ (Tabela 2), sendo classificada como madeira de densidade pesada, de acordo com Melo et al. (1990).

Tabela 2. Valores médios de densidade aparente a 12%, contração tangencial, radial e volumétrica da madeira de *Tachigali chrysophylla*

Árvore	Den. Apa. (g/cm ³)	Con. Tan. (%)	Con. Rad. (%)	Con. Vol. (%)	CA
1	0,597b	4,934a	1,865c	9,382a	2,646
2	0,757a	4,704a	2,766a	9,072b	1,701
3	0,800a	4,810a	2,314b	9,350a	2,079
Média	0,718	4,820	2,315	9,268	2,142

Den. Apa.= Densidade Aparente; Con = Contração; Tan. = Tangencial; Rad.= Radial; Vol. = Volumétrica; CA = Coeficiente Anisotrópico. Os números seguidos pela mesma letra, dentro das colunas, não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste de Kruskal-Wallis a nível de 95% de significância

O coeficiente de anisotropia (CA), relação estabelecida entre a contração tangencial e a radial, da madeira de *T. chrysophylla* foi de 2,14, assim, a literatura considera que o uso dessa madeira em trabalhos mais minuciosos deve se dar com mais cautela, já que possui tendência a defeitos como empenamento e fendilhamento (OLIVEIRA; SILVA, 2003), porém observou-se que os coeficientes de contração foram bastante baixos, nos valores de 4,82 % no sentido tangencial e 2,31 % no radial, apesar do CA ter sido considerado alto, a madeira na verdade apresenta contração muito desejada pela indústria. A análise estatística demonstrou que as árvores 2 e 3 de *T. chrysophylla* não diferem estatisticamente entre suas médias de densidade aparente, no entanto, a árvore 1 apresentou densidade aparente média significativamente menor que as demais.



Moutinho et al. (2011) ao trabalharem com espécies do gênero *Eschweilera* Mart Ex. Dc, também encontraram variação de densidade aparente entre os indivíduos da mesma espécie, essa variação pode ser explicada pela diferença na idade ou genética dos indivíduos, variações climáticas entre outros fatores (TRUGILHO et al., 1996). Vale ressaltar que a área em que as árvores de *T. chrysophylla* foram coletadas foi submetida à colheita florestal, pelo projeto de manejo da Embrapa, com volume de extração duas vezes maior do que o estabelecido pela legislação atual, o que provavelmente também influenciou na variação destes indivíduos, já que alguns podem ter sido beneficiados pela perda de competidores.

3.2 Comparação com outras espécies

A densidade aparente de *T. chrysophylla* se assemelha com as encontradas para as madeiras de Angelim pedra, com densidade aparente de 0,710g/cm³ e Louro vermelho, com densidade aparente de 0,707g/cm³ (IPT, 2009)(tabela 3). Além disso é possível observar que a madeira de *T. chrysophylla* apresentou valores de contração volumétrica inferiores às demais espécies, indicando uma madeira de maior estabilidade dimensional, o que é desejável nos seus diversos usos.

Tabela 3. Valores médios de contração volumétrica e densidade aparente de *Tachigali chrysophylla* e espécies analisadas por IPT (2009)

Espécie	Densidade aparente(g/cm ³)	Contração volumétrica (%)
Tachi Vermelho	0,718	9,27
Angelim pedra	0,710	10,10
Louro vermelho	0,707	15,09

Quando comparamos os resultados de *T. chrysophylla* com outras espécies utilizadas pelo mercado, é possível sugerir que esta pode ser utilizada como madeira de esquadrias para fabricação de portas, venezianas, caixilhos, assim como para uso temporário em andaimes ou pontaltes, já que se assemelha a madeiras utilizadas para estes fins de acordo com o IPT (2009).

4. CONCLUSÕES

A madeira de Tachi Vermelho apresenta densidade aparente classificada como pesada, suas contrações foram mais baixas que as de espécies comparadas, mostrando estabilidade dimensional superior. Houve diferença significativa entre os indivíduos analisados.

Constatou-se que as propriedades físicas de Tachi Vermelho são comparáveis com espécies comerciais, como Angelim pedra e Louro Vermelho, dado o potencial da espécie, a indústria e o mercado poderia aproveitar melhor esta madeira ainda pouco apreciada, maximizando o aproveitamento das colheitas florestais e diminuindo a pressão sobre as espécies mais exploradas.

Estudos complementares das propriedades mecânicas dessa madeira podem dar grau de certeza maior para a aplicação desta madeira na construção civil ou movelaria.

5. AGRADECIMENTOS

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Os autores agradecem a Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA – pela bolsa de iniciação científica concedida durante a realização do trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. *REVISTA FLORESTA*, v. 37, n. 3, p. 399-416, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7190 – Projetos de estruturas de madeira. ABNT. Rio de Janeiro, RJ, 1997.

CARDOSO, C. C., et al. Caracterização físico-mecânicas de madeiras amazônicas com aptidão tecnológica para comercialização. *REVISTA DE CIÊNCIAS AGRARIAS*, v. 55, n. 3, p. 176-183, 2012.

GONÇALEZ, J. C.; GONÇALVEZ, D. M. Valorização de duas espécies de madeira *Cedrelinga catenaeformis* e *Enterolobium shomburgkii* para a indústria madeireira. *BRASIL FLORESTAL*, Nº 70. 2001.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Madeira: uso sustentável na construção civil. 2ª ed. São Paulo. Livros Técnicos e Científicos. 2009, 99 p.

HIGUCHI, N. Utilização e manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas. *ACTA AMAZÔNICA*, v. 24, n. 4/3, p. 275-288, 1994.

MELO, J.E., et al. Classes de densidade de madeira para a Amazônia brasileira. In: Congresso Florestal Brasileiro. 6. Anais... São Paulo. 1990. p 695-699.

MOUTINHO, V. H. P., et al. Energetic characterization of Matá-Matá Wood from the brazilian rainforest (*Eschweilera Mart Ex Dc*). *SCIENTIA FORESTALIS*, v. 39, n. 92, p. 457-461, 2011.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. *REVISTA ÁRVORE*, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LAS MADERAS TROPICALES – OIMT. Reseña anual y evaluación de lá situación mundial de lãs maderas. Yokohama, Japón. Livros Técnicos e Científicos. 2012, 49 p.

REIS, L. P., et al. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós, após 28 anos da exploração florestal. *PESQUISA FLORESTAL BRASILEIRA*, v. 30, n. 64, p 265-281, 2010.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *AFRICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH*, v. 11, n. 39, p.3733-3740, 2016.

TRUGILHO, P. F., et al. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. *REVISTA CERNE*, v. 2, n. 1, p. 1-15, 1996.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

VIEIRA, J. S., et al. Comercialização de madeira de florestas nativas na mesorregião do nordeste paraense. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. 2. Anais... Belo Horizonte. 2015.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS MADEIRAS DE *Bagassa guianensis* e *Euxylophora paraensis* Huber COMERCIALIZADAS NO SUDESTE PARAENSE

HELLEN DA SILVA LOPES¹
NAYARA DAYANE SOARES MOURA²
GLEICIANE CARDOSO COSTA³
ANA KAROLINA DIAS FARIAS³
Lucas de Jesus Barbosa³
WILZA CARLA SANTOS E SOUSA³
SELMA LOPES GOULART¹

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA - Parauapebas.

² Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Parauapebas

³ Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA - Parauapebas



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS MADEIRAS DE *Bagassa guianensis* e *Euxylophora paraensis* Huber COMERCIALIZADAS NO SUDESTE PARAENSE

Hellen Da Silva **LOPES**¹, Nayara Dayane Soares **MOURA**¹, Gleiciane Cardoso Costa **CAMELO**¹, Ana Karolina Dias **FARIAS**¹, Lucas De Jesus **BARBOSA**¹, Wilza Carla Santos E **SOUSA**¹, Selma Lopes **GOULART**¹

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas, Pará, Brasil

Resumo: O presente estudo teve como objetivo caracterizar as propriedades físicas das madeiras de tatajuba (*Bagassa guianense*) e amarelão (*Euxylophora paraensis* Huber) comercializadas no mercado moveleiro do sudeste paraense, contribuindo para conhecimento das propriedades tecnológicas das madeiras em questão. Para a caracterização física das madeiras estudadas, foram utilizados vinte corpos de prova, para cada espécie, com dimensões de 2,0 x 3,0 x 5,0 cm, provenientes do mercado madeireiro do município de Parauapebas – PA. Foram avaliadas as propriedades físicas: densidade básica e aparente, umidade de equilíbrio, contrações volumétricas totais, contrações lineares nos sentidos tangenciais e radiais, além do coeficiente anisotrópico. As propriedades foram avaliadas conforme recomendações da norma NBR 7190. As médias dos resultados das amostras analisadas apontaram que as madeiras de tatajuba e amarelão apresentaram umidade de equilíbrio 11,89% e 13,18%, bem como densidades básica e aparente de 0,813 e 0,790 g.cm⁻³ e 0,640% e 0,750 g.cm⁻³ respectivamente. Para a contração volumétrica total, a média obtida foi de 7,79% (Tatajuba) e 8,89% (Amarelão), apresentando valores da retração tangencial e radial de 4,60% e 2,76% e 4,43% e 4,3% respectivamente. Os coeficientes anisotrópicos obtidos variaram entre 1,03 e 1,67. A madeira de tatajuba foi considerada de alta densidade e do amarelão de média densidade. O amarelão apresentou ótima estabilidade dimensional, enquanto a tatajuba apresentou desempenho normal. Embora tenham apresentados coeficientes anisotrópicos diferentes, ambas as espécies dispõem de madeira de baixa propensão a defeitos ao longo do processo de secagem, sendo indicadas principalmente para produção de móveis e construção civil.

Palavras-chave: amarelão, densidade, propriedades físicas, tatajuba.

PHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE WOODS OF *Bagassa guianensis* and *Euxylophora paraensis* Huber COMMERCIALIZED IN THE SOUTHEAST PARAENSE

Abstract: This study has the objective to characterize the physical properties of tatajuba (*Bagassa guianense*) and amarelão (*Euxylophora paraensis* Huber) wood that has been sold in the furniture market of the southeastern state Pará, contributing to the knowledge of the technological properties of the wood in question. For the physical characterization of the wood that has been studied, twenty specimen were used for each species, with dimensions of 2.0 x 3.0 x 5.0 cm, stemming from the timber market of the city of Parauapebas - PA. The physical properties were evaluated: basic and apparent density, equilibrium humidity, total volumetric contractions, linear contractions in the tangential and radial directions, besides the anisotropic coefficient. The properties were evaluated according to the recommendations of the norm NBR 7190. The rate of the results of the analyzed samples indicated that the woods of tatajuba

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

and amarelão presented equilibrium humidity 11.89% and 13.18%, as well as basic and apparent densities of 0.813 and 0.790 Gcm-3 and 0.640% and 0.750 gcm-3 respectively. For the total volumetric contraction, the average that was obtained was 7.79% (Tatajuba) and 8.89% (Amarelão), presenting tangential and radial retraction values of 4.60% and 2.76% and 4.43% and 4.3% respectively. The anisotropic coefficients obtained ranged from 1.03 to 1.67. Tatajuba wood was considered in a high density and amarelão was a medium density. The Amarelão was presented great dimensional stability, while the tatajuba was presented normal performance. Although they all presented different anisotropic coefficients, both species dispose a wood of low propensity to defects throughout the drying process, being indicated in a principal way for the production of furniture and civil construction.

Keywords: Amarelão, density, physical properties, tatajuba.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande diversidade de espécies florestais e dispõe de uma ampla variedade de madeiras, apresentando propriedades tecnológicas de modo geral bastante diversas, principalmente para as madeiras amazônicas. Entretanto, para a escolha correta e melhor aplicabilidade, devem-se conhecer o comportamento das suas propriedades físicas, possibilitando a partir disso melhor aproveitamento desse material.

Dentre as espécies madeireiras comercializadas no sudeste paraense, destacam-se, as espécies conhecidas popularmente como tatajuba (*Bagassa guianensis*) e amarelão (*Euxylophora paraensis* Huber), amplamente utilizadas na região, principalmente na fabricação de móveis. Assim, para que as madeiras das espécies supracitadas sejam melhores aproveitadas pela indústria madeireira, é imprescindível conhecer, de forma mais precisa, as suas características.

De acordo com Gonçalves et al., (2014), torna-se importante o conhecimento das propriedades da madeira, suas variabilidades, o seu controle e os seus efeitos na qualidade do produto final. Segundo Oliveira e Silva (2003), dentre as propriedades mais relevantes que podem causar o uso inadequado da madeira, destacam-se as propriedades físicas que determina à estabilidade dimensional. Assim, o estudo das propriedades físicas dessas madeiras se caracteriza como uma importante ferramenta, propiciando a sua correta utilização e contribuindo para a geração de produtos de maior valor agregado.

Com relação às propriedades físicas da madeira sólida a serem avaliadas, aponta-se a densidade como um dos principais parâmetros de utilização, por se correlacionar diretamente com a maior parte das outras propriedades e também com a composição celular da madeira, expressando sua qualidade final e seu comportamento nos processos tecnológicos e industriais (OLIVEIRA et al., 2005; BATISTA et al., 2010).

De acordo Cassiano et al., (2013), o conhecimento da umidade de equilíbrio da madeira também torna-se imprescindível, pois propicia melhorias nas suas formas de utilização, principalmente em aplicações externas, diminuindo a ocorrência de alterações dimensionais e deformações, com empenamentos, arqueamentos, torções, inchamentos, contrações, entre outros, que normalmente são verificados em madeiras empregadas que não atingiram o equilíbrio higroscópico com o ambiente final de uso.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Diretamente relacionada à umidade de equilíbrio, outra importante variável referente às propriedades físicas, é a retratilidade, responsável pela variação das dimensões das peças de madeira, que ocorrem quando há redução do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF) (OLIVEIRA et al., 2010). O conhecimento da estabilidade dimensional, de acordo com Silva (2002), constitui um importante subsídio para a correta condução do processo de secagem e a utilização final do produto, com o intuito de minimizar a ocorrência de possíveis defeitos na madeira. Da mesma forma, a determinação do coeficiente anisotrópico também torna-se indispensável, pois o mesmo por estar relacionado à retratilidade tangencial e radial é classificado o principal indicador da estabilidade dimensional da madeira.

Embora as madeiras das espécies citadas sejam conhecidas e utilizadas em diversas regiões do Brasil, o comércio moveleiro do interior do estado do Pará ainda necessita de informações técnicas confiáveis a respeito das propriedades e usos diversificados dessas espécies. Por esse material ser considerado heterogêneo e anisotrópico, o conhecimento de suas propriedades físicas é necessário para subsidiar sua correta aplicação.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar as propriedades físicas das madeiras de tatajuba (*Bagassa guianense*) e amarelão (*Euxylophora paraenses*) comercializadas no mercado moveleiro do sudeste paraense, contribuindo para conhecimento das propriedades tecnológicas das madeiras em questão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a caracterização física das madeiras de tatajuba e amarelão, foram utilizados vinte corpos de prova, para cada espécie, com dimensões de 2,0 x 3,0 x 5,0 cm, nas direções tangencial, radial e longitudinal, respectivamente, provenientes do mercado madeireiro do município de Parauapebas – PA.

As análises foram realizadas no laboratório de tecnologia da madeira da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) localizada no município de Parauapebas.

Foram avaliadas as propriedades físicas: umidade de equilíbrio, densidade básica e aparente, contrações volumétricas totais, contrações lineares nos sentidos tangenciais e radiais, além do coeficiente anisotrópico. As propriedades foram avaliadas conforme recomendações da norma NBR 7190 (ABNT, 2011).

Os corpos de prova foram expostos ao ar até umidade de equilíbrio e determinados o volume (método estereométrico); dimensões radiais, tangenciais e axiais (paquímetro digital; resolução de 0,01 mm; $\pm 0,005$ mm) e massa em umidade de equilíbrio em balança eletrônica (resolução 0,01g; $\pm 0,005$ g). Em seguida os corpos de prova foram saturados com água em dessecador sob vácuo por quatro horas intermitentes, permanecendo obtenção até massa constante. Foram determinadas as dimensões radiais, tangenciais e axiais, volume úmido (método estereométrico) e massa úmida. Posteriormente, os corpos de prova foram colocados em estufa de circulação de ar ($100^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) até atingirem peso constante, sendo então, pesados e medidos para determinação das propriedades físicas conforme recomendações na norma NBR 7190 (ABNT, 2011).

Para a determinação da umidade de equilíbrio, utilizou-se a equação 1:

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

$$U\% = \frac{Me-MS}{MS} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

Me – Massa em umidade de equilíbrio(g);
Ms – Massa da madeira anidra (g).

A partir dos valores obtidos para massa seca (Ms) e volume saturado da amostra (Vv), foi possível determinar a densidade básica, utilizando a equação 2:

$$\rho_b = \frac{Ms}{V_v} \quad (2)$$

Onde:

ρ_b – Densidade básica ($g.cm^{-3}$);
Ms – Massa da madeira anidra (g);
Vv – Volume verde ou saturado (cm^3).

Para determinação da densidade aparente foi realizada a relação entre massa seca (Ms) e volume seco (Vs) através da equação 3.

$$\rho_a = \frac{Ms}{V_e} \quad (3)$$

Onde:

ρ_a – Densidade aparente ($g.cm^{-3}$);
Ms – Massa da madeira anidra (g);
Ve – Volume da madeira em equilíbrio (cm^3).

As retrações tangenciais e radiais totais foram determinadas através da equação 4:

$$\beta_L = \left[\frac{(Lu-Lo)}{Lu} \right] \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

β_L – contração tangencial e radial da madeira, %;
Lu – dimensão na condição saturada (acima do PSF), cm;
Lo – dimensão na condição anidra (seco em estufa), cm.

Para a determinação da contração volumétrica total, utilizou-se a equação 5:

$$CVT = \left[\frac{(Vu-V0)}{Vu} \right] \times 100 \quad (5)$$

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Onde:

CVT – contração volumétrica total, em %;

Vu – volume do CP em estado úmido, cm³;

V0 – volume do CP em estado completamente seco (0%).

O coeficiente de anisotropia foi definido pela relação entre a contração tangencial e a contração radial das amostras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos dos valores médios e seus respectivos coeficientes de variação para as propriedades, umidade de equilíbrio, densidade básica e aparente e estabilidade dimensional encontram-se apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Valores médios e coeficiente de variação da umidade de equilíbrio, densidade básica, aparente, contrações volumétricas totais, contrações lineares nos sentidos tangenciais e radiais e coeficiente anisotrópico das madeiras de tatajuba (*Bagassa guianense*) e amarelão (*Euxylophora paraensis* Huber).

Espécies	Propriedades Físicas						
	U (%)	Db	Da	CVT	β(Tg)	β(Rd)	C.A
Tatajuba	11,89	0,750	0,813	7,79	4,60	2,76	1,67
CV	1,59	0,887	1,610	20,99	17,95	20,98	-
Amarelão	13,18	0,64	0,79	8,78	4,43	4,3	1,03
CV	1,79	2,18	0,09	8,78	7,03	22	-

Legenda: U (%) Umidade; Da: Densidade aparente (g/cm³); Db: Densidade básica (g/cm³); CVT(%) Coeficiente de variação total; β(Ax): contração linear no sentido axial(%); β(Tg) contração linear no sentido tangencial(%); β(Rd): contração linear no sentido radial(%); C.A: Coeficiente anisotrópico(%); CV: Coeficiente de variação(%).

As médias dos resultados das amostras analisadas apontaram que as madeiras de tatajuba apresentou umidade de equilíbrio 11,89% e amarelão 13,18%.

Em relação às densidades a tatajuba apresentou densidades básica e aparente de 0,750 e 0,813 g.cm⁻³ e o amarelão 0,640 e 0,790 g.cm⁻³, sendo classificadas as madeiras das espécies estudadas de alta (tatajuba) e média (amarelão) densidade. Araújo (2007), avaliando as propriedades da madeira tropicais brasileiras, teve como resultados valores médios de densidade básica semelhantes aos resultados obtidos nesse estudo, com valores entre 0,69 e 0,75 g.cm⁻³ para as espécies em questão.

Teixeira et al.,(2003) e Ioris et al.,(2002) apresentaram para variável densidade aparente valores que variaram entre 0,81 e 0,82 g.cm⁻³, resultado semelhante aos determinados no presente estudo. Evidenciando a partir disso, que os valores médios obtidos para densidade básica e aparente quando comparados a outras pesquisas estão em conformidade com a literatura.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para a contração volumétrica total, a média variou entre 7,79% e 8,89%, apresentando valores de contrações nos sentidos tangencial e radial de 4,60% e 2,76% e 4,43% e 4,3% para tatajuba e amarelão respectivamente.

Os valores médios encontrados para contração volumétrica para ambas as espécies, mostraram-se inferiores a valores encontrados por Araújo (2007), que também avaliando a madeira de tatajuba e amarelão encontrou para contração valores entre 4,1% e 6,5% radial e 5,8% e 7,8% tangencial, diferindo-se os resultados entre os dois experimentos.

A divergência dos valores para essa variável de ambas as espécies, pode ser consequência da diferença de sítios dos materiais analisados. De acordo com Poubel et al., (2011), a diferença para a retratibilidade entre madeiras de mesma espécie cultivadas em diferentes sítios está associada diretamente às condições climáticas e aos tratamentos silviculturais, em que a variação dessas condições faz com que o ritmo de crescimento seja alterado e conseqüentemente ocorrem variações nos parâmetros anatômicos, que estão associados à estabilidade dimensional da madeira.

O coeficiente anisotrópico obtido foi de 1,67 para tatajuba e 1,03 para o amarelão. Oliveira e Silva (2003), afirmaram que quanto mais próximo de 1 for o coeficiente anisotrópico, maior será a estabilidade dimensional da mesma. Ao considerar que as espécies em estudo apresentaram coeficiente de anisotropia entre 1,03 e 1,67 pode-se inferir de acordo com a classificação de tal coeficiente, que o amarelão apresentou estabilidade dimensional excelente e a tatajuba normal.

4. CONCLUSÕES

As madeiras de tatajuba (*Bagassa guianense*) e Amarelão (*Euxylophora paraenses* Huber) foram consideradas de alta e média densidade respectivamente.

Em relação à estabilidade dimensional as espécies apresentaram valores distintos de coeficiente de anisotropia, indicando o amarelão ótima estabilidade dimensional, enquanto a tatajuba apresentou desempenho normal.

Embora tenham apresentados coeficientes anisotrópicos diferentes, ambas as espécies dispõem de madeira de baixa propensão a defeitos ao longo do processo de secagem, sendo indicadas principalmente para produção de móveis e construção civil.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal Rural da Amazônia, e ao Polo moveleiro de Parauapebas, PA, pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. Floresta, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR – 7190: Projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro: ABNT; 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BATISTA DC, KLITZKE Jr, SANTOS CVt. Densidade básica e retratibilidade da Madeira de clones de três espécies de eucalyptus. *Ciência Florestal* 2010; 20(4): 665-674.

CASSIANO, C. et al. Sazonalidade e estimativas da umidade de equilíbrio de madeiras amazônicas em Sinop, Estado do Mato Grosso. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 457-468, dez. 2013.

GONÇALEZ, J.C. SANTOS, G.L. JUNIOR, F.G. S; MARTINS, I.S. COSTA, J.A. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 81-89, mar. 2014.

IORIS, V.D. LOGSDON, N.B. FINGER, Z. Tatajuba: Características dendrológicas e físicas. VIII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Universidade Federal De Minas Gerais. Uberlândia, Julho de 2002.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da Madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA J.T.S.; HELLMEISTER J.C.; TOMAZELLO F.M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. *Árvore* 2005; 29(1): 115-127. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000100013>.

OLIVEIRA, J.T.S.; TOMAZELLO F.M.; FIEDLER N.C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de eucalyptus. *Árvore* 2010; 34(5): 929-936. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000500018>.

POUBEL, D. S.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F.; CARVALHO, A. M. Estrutura Anatômica e Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 117-126, 2011.

SILVA J.C. Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira [tese]. Curitiba: universidade Federal do Paraná; 2002.

TEIXEIRA, M.D.M et al. Caracterização de espécies de madeira com potencialidade para a tecnologia da mlc – madeira laminada colada. Universidade Federal do Pará – UFPA, departamento de construção civil, Belém, Pará - COBENGE – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2003.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO ESTIPE DE Euterpe oleracea EM RELAÇÃO AO CENTRO E BORDA

Katiusciane Helizana De Sousa Queiroz¹
Milca Aires Ferreira²
Bruno Monteiro Balboni²

¹ UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)

² Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO ESTIPE DE *Euterpe oleracea* EM RELAÇÃO AO CENTRO E BORDA

Katiusciane H. S. **QUEIROZ**¹; Milca A. **FERREIRA**¹; Bruno M. **BALBONI**¹

¹Laboratório de Tecnologia da Madeira, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil. Katiusciane@gmail.com

Resumo: O açazeiro (*Euterpe oleracea*) apresenta grande potencial econômico, porém o estipe desta palmeira ainda é pouco utilizado no mercado tecnológico. O objetivo deste estudo foi fornecer dados sobre características físicas, como as densidades – verde, anidra e básica-, a retratibilidade volumétrica e linear e a umidade do estipe de *Euterpe oleracea*, em relação centro e borda. Foram utilizados 12 corpos de prova de cada teste para cada tratamento. Os resultados indicaram que as peças assumiram o valor médio de densidade básica igual a 0,65 g/cm³ na borda e de 0,14 g/cm³ no centro. A retratibilidade volumétrica da borda foi 17,88% e do centro do estipe foi 34,43%. A borda apresentou 58.13% umidade, enquanto o centro 247.64%. O estipe de açazeiro é composto por dois materiais bastante distintos, onde suas propriedades físicas variam de acordo com a posição do estipe, onde a borda é mais densa e o centro apresentando maiores valores de retratibilidade e umidade, enquanto a contração longitudinal foi similar em ambas as posições.

Palavras-chave: densidade, retratibilidade, umidade, açazeiro.

PHYSICAL PROPERTIES OF *Euterpe oleracea* STEM CONSIDERING CENTER AND BORDER REGIONS

Abstract: The açazeiro (*Euterpe oleracea*) presents great economic potential, however the stipe of this palm is still little used in the technological market. The objective of this study was to provide data on physical characteristics, such as density - green, anhydrous and basic-, volumetric and linear retraction, and moisture of *Euterpe oleracea* stipe, in center and border relationship. It was used 12 test pieces of each test for each treatment. The results indicated that the pieces assumed the average value of basic density equal to 0.65 g / cm³ in the border and 0.14 g / cm³ in the center. The volumetric retraction of the border was 17.88% and the center of the stipe was 34.43%. The border showed 58.13% moisture, while the center 247.64%. The stipe of açazeiro is composed of two very distinct materials, where its physical properties vary according to the position of the stipe, where the border is denser and the center presenting higher values of retraction and moisture, while longitudinal contraction was similar in both of positions.

Keywords: density, retraction, moisture, açai

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), é uma palmeira que tem grande ocorrência no Brasil, nos estados do Amapá, Maranhão, Pará, e entre outros (CALZAVARA, 1972), onde a maior concentração natural dessa espécie, no entanto, encontra-se nas várzeas do estado do Pará (MOREIRA, 1996). Pode também ser encontrada em outros países da América do Sul, tais como Guiana, Guiana Francesa, Suriname, Venezuela (SOUZA e LORENZI, 2008). Henderson e Galeano (1996) apontam sua ocorrência no Panamá, Equador e Trinidad.

Segundo Nogueira (1997), os produtos oriundos desta palmeira ocupam um lugar de destaque na economia, são os produtos não madeireiros mais lucrativos no estuário amazônico, onde todas as partes do açazeiro são aproveitados: frutos (alimento e artesanato), folhas (coberturas de casas, trançados), raízes (vermífugo), estipe (ripas de telhado), palmito (alimento e remédio anti-hemorrágico).

O açazeiro é uma espécie que possui a necessidade de efetuar o desbaste das touceiras de tal forma que cada touceira apresente, no máximo, cinco plantas para que seja mantida a alta produção de frutos, desse sistema de manejo surge um resíduo, os estipes (OLIVEIRA et al., 2000). O estipe de açazeiro é composto por dois materiais bastante distintos o centro e a borda, e por conter propriedades semelhantes às da madeira, o estipe pode ser utilizado em construções rurais, pontes, lenha, isolamento acústico e outros (CORREA, 2014).

Conhecer as propriedades físicas de um material é de fundamental importância para definir a forma apropriada para suas aplicações (ARAUJO, 2007), tais propriedades influenciam no desempenho e na sua resistência (SZUCS et al., 2006). Sob um conceito físico, a densidade é a relação entre a massa de um corpo e o seu volume, sendo esta, uma das características que melhor expressa a qualidade da madeira (ROQUE e TOMAZELLO-FILHO, 2009).

Outra propriedade física relevante nos materiais lignocelulósicos, é a retratibilidade. Ela está relacionada à modificação dimensional da peça em função da saída de água impregnada presente em suas paredes (OLIVEIRA et al., 2010), utilizada para verificar a movimentação de água contida na madeira, pois interfere de forma direta nas propriedades físicas e mecânicas. Com a diminuição da umidade e a perda de massa, há também a perda do volume, denominando esta modificação dimensional como de retratibilidade volumétrica (REZENDE, 1988).

Este trabalho tem como objetivo, determinar as propriedades físicas do estipe do açazeiro, como as densidades verde, anidra e básica, retratibilidade tangencial, radial, longitudinal e volumétrica, além do teor de umidade, nas duas posições do estipe: centro e borda.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

O material foi coletado em uma propriedade particular, localizada no Km 7, da comunidade de São Braz, em Santarém- PA. Posteriormente, levados para o Laboratório de Tecnologia da Madeira, da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, onde os ensaios foram realizados.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2.2 Métodos

Seis estipes foram escolhidos para a retirada de dois discos, um de cada extremidade, para a confecção dos corpos de provas nas dimensões 1,5 x 1,5 x 3,0 cm, adaptado da NBR 7190 (1997) devido às limitações dimensionais do material oriundo da borda do estipe. Um total de 24 peças divididas, de forma igualitária, em borda e centro do estipe, foram preparadas.

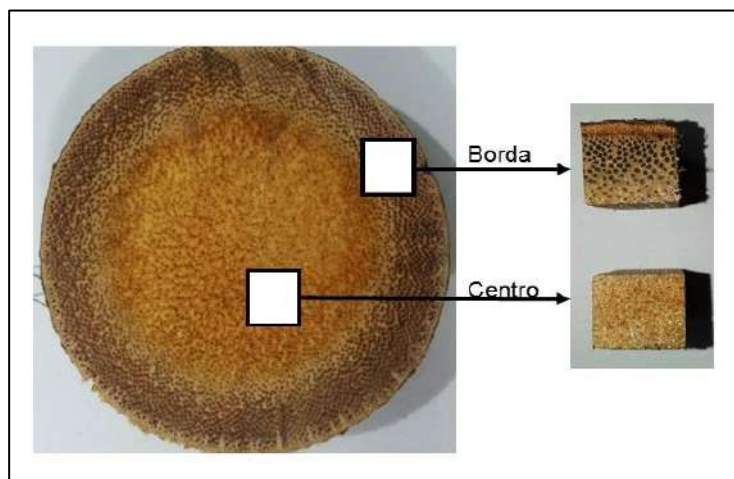


Figura 1: Disco e corpos de prova representando o centro e a borda do estipe de *E. oleracea*

A massa e o volume de cada corpo de prova, em estado verde, foram determinados através da balança semi analítica e do método estereométrico, respectivamente.

Após isto, os corpos de provas foram submetidos a um processo de secagem na estufa, com temperatura de 63°C, até alcançarem a massa constante, indicando 0% de umidade. Com o auxílio de um paquímetro digital e de uma balança semi analítica, as dimensões e a massa foram aferidas novamente, tendo assim os valores em estado anidro.

Para a comparação da densidade do centro do estipe com outros materiais, foram confeccionados corpos de prova de isopor (poliestireno expandido) e espuma de poliuretano com dimensões semelhantes.

A determinação da densidade básica foi realizada conforme as equações indicadas na norma NBR 7190/97 (ABNT, 1997).

A reprodutibilidade do estipe foi realizada a partir de medições nas direções axial, radial e tangencial através das propriedades de retração e inchamento de cada corpo-de-prova nas condições verde e a 0%, determinando as reprodutibilidade linear e volumétrica, de acordo com as equações dispostas no anexo B da NBR 7190 (ABNT, 1997).

O teor de umidade corresponde à relação entre a massa da água contida no corpo de prova e sua massa seca, obtendo seu valor através de equação também sugerida pela NBR 7190/97.

Os dados foram analisados no software R, para atestar a normalidade dos dados e homogeneidade de variâncias foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk e de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Bartlett respectivamente, prerrogativas requeridas para uso da estatística paramétrica. A partir da confirmação das prerrogativas, foi aplicado o Teste T de Student para comparação das médias dos tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidades

Os valores médios obtidos de cada densidade encontrada para as duas porções, são mostrados na tabela 1.

Tabela 1: Valores das densidades para centro e borda do estipe de *E. oleracea*

	Densidade (g/cm ³)		
	Básica	Anidra	Verde
Centro	0,14 (0,04) b	0,21 (0,045) b	0,46 (0,12) b
Borda	0,65 (0,11) a	0,80 (0,14) a	1,01 (0,10) a

* médias seguidas de valores de desvio padrão entre parênteses. Letras diferentes significam diferença estatística na mesma coluna

Verificou-se que o valores das três densidades calculadas para a borda do estipe são superiores aos do centro. A densidade verde da borda do estipe é duas vezes mais densa que para o centro, e a densidade anidra apresenta o valor da borda três vezes mais densa que que o cento do estipe do açazeiro.

Em termos de densidade básica, o centro e a borda do estipe do açazeiro são significativamente distintos (valor $p = 1,779.10^{-09}$), sendo a borda quatro vezes mais denso que o centro. A borda do estipe apresentou valores próximos a de espécies madeireiras muito comercializadas na região Norte, como a *Cedrelinga cateniformis* que possui densidade verde igual a 0,90g/cm³ (IPT, 1989).

A densidade básica da borda do estipe do açazeiro é o mesmo para quatro espécies tropicais, que são: Abiu- branco (*Syzygiopsis oppositifolia* Ducke), Envira-preta (*Guatteria procera* R. E. Fries), Tachi-pitomba (*Sclerolobium poeppigianum* Baill.), Tauari (*Couratari stellata* A. C. Smith.) (IBAMA, 1997; INSTITUTO, 1981), que segundo a classificação do IPT (1985), é considerada moderadamente pesada, apresentando 0,65 g/cm³.

A porção central do estipe do açazeiro, com densidade de 0,14 g/cm³, se mostrou um material classificado como de baixa densidade de acordo com IPT (1985). Materiais pouco densos tendem a apresentar propriedades adequadas para isolamento térmico. O poliestireno expandido (EPS) e a espuma de poliuretano são os principais isolantes térmicos utilizados, suas densidades são 0,017g/cm³ e 0,0012 g/cm³, respectivamente. Embora seja entre oito e noventa vezes mais denso que este material, o centro do estipe do açazeiro pode se apresentar como um material isolante alternativo, tendo as vantagens de ser material renovável, de origem vegetal, e biodegradável. Futuros estudos podem ser realizados de forma a atestar sua aptidão como isolante térmico.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

3.2 Retratibilidade

Na figura 2 observa-se a média da retratibilidade volumétrica total da porção da borda e do centro do estipe de açazeiro.

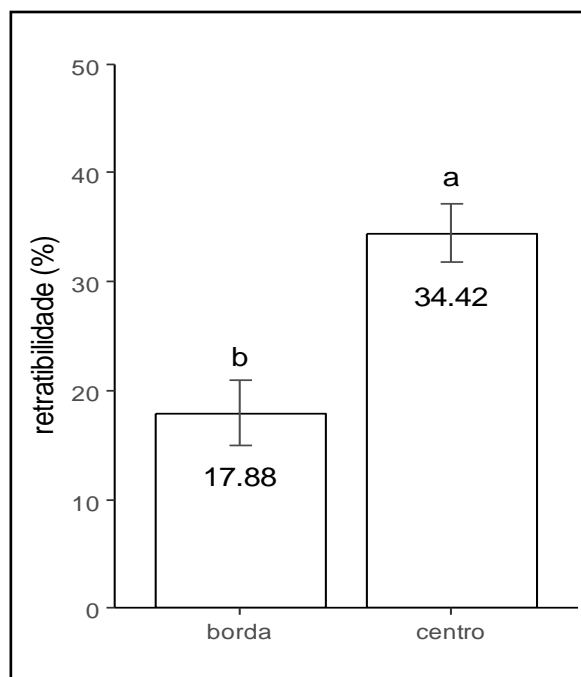


Figura 2: Média da retratibilidade volumétrica do centro e borda de *E. oleracea* em porcentagem (%).

Na retração volumétrica, observa-se que a borda do estipe, obteve o valor médio de 17,88%, e o centro, 34,43%, mostrando que a retratibilidade do centro é maior 92% que da borda.

Pelo critério da retratibilidade volumétrica, a classificação varia de fraca a forte; retratibilidade fraca de 4 a 9%, entre 9 e 14% são consideradas médias e as que apresentam valores superiores de 14%, são madeiras que sofrem forte retratibilidade volumétrica (GONÇALEZ, 1993). Portanto, a retratibilidade da borda e do centro do estipe são consideradas fortes. Houve diferença estatística entre os dois tratamentos (valor $p=0,0004562$) centro e borda, para esta propriedade.

Os valores médios obtidos da retratibilidade linear, para as duas porções, está expressa na Tabela 2.

Tabela 2: Valores da retratibilidade linear para centro e borda do estipe de *E. oleracea*

	Retratibilidade linear (g/cm ³)		
	Tangencial	Radial	Axial
Centro	16,82 (6,40)	18,15 (5,48)	3,44 (10,20)
Borda	12,27 (6,82)	13,58 (6,45)	3,71 (10,10)

* médias seguidas de valores de desvio padrão entre parênteses.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Segundo Kollmann e Côté (1968) a retratibilidade da madeira está relacionada com sua densidade. Vital e Trugilho (1997) e Rocha (2000), relatam que a magnitude da variação dimensional é normalmente maior na madeira de maior massa específica devido à maior quantidade de madeira por unidade de volume.

Porém, no caso apresentado, o material de menor densidade foi aquele que apresentou maiores retrações volumétricas. Ainda que seja material lignocelulósico, o estipe de açazeiro não é madeira. O centro, mesmo com menor densidade, apresentou maior retração pois é constituído por bastante parênquima, células muitas vezes desprovidas de parede secundária, quase sempre vivas e túrgidas devido ao seu vacúolo cheio de água. Ao secar, as células parenquimáticas perdem seu turgor reduzindo drasticamente o seu volume (SZUCS et al., 2006). Como a região da borda apresenta muito mais parênquima, ela retrai menos. A causa da retração na madeira, ao contrário do estipe do açazeiro, está relacionada à água de impregnação que aderem aos terminais OH das microfibrilas de celulose (BURGER & RITCHER, 1991).

A elevada contração volumétrica encontrada no estipe de açazeiro, principalmente na região do centro, pode dificultar muito a utilização industrial do material.

Os eucaliptos considerados com alta retratibilidade, apresentam valores ainda inferiores aos do estipe de açai. De Castro Silva et al (2006), encontraram valores na retratibilidade tangencial de 13,14% e radial de 6,72 % para *E. grandis* aos vinte anos de idade.

Embora o coeficiente de anisotropia dos materiais de centro e borda sejam próximos a 1, o que é desejável (DURLO e MARCHIORI, 1992), isto se deve a uma alta retratibilidade similar em ambas as direções, e não a uma baixa retração.

No que se refere a retração axial, os valores do centro e da borda mostraram-se bastante próximos, diferente do observado para contração radial e tangencial. Moreira (1999), afirma que para a madeira, a contração é praticamente, desprezível no sentido longitudinal, mais uma diferença do material do estipe de açazeiro para a madeira.

3.3 Umidade

A porção menos densa do estipe, o centro, apresenta maior quantidade de água e essa água pode ser retirada facilmente durante o processo de secagem. O valor médio para a umidade da borda foi 58,13% e para o centro, quatro vezes a mais, apresentando uma média de 247,64%.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

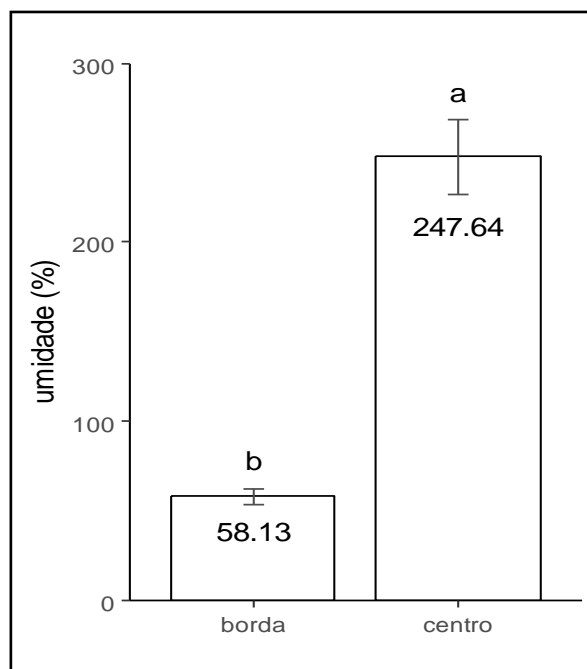


Figura 3: Média da umidade do centro e borda do estipe de *E. oleracea* em porcentagem (%)

Entre as médias da umidade do centro e borda, houve diferença significativa ao nível de 95% do teste T, com valor $p= 1,397-06$.

4. CONCLUSÃO

Por fim, com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que as propriedades físicas do estipe do açazeiro variam de acordo com a posição. A região da borda do estipe apresentou maior valor em todas as densidades em relação ao centro. A retratibilidade volumétrica e as contrações tangencial e radial do centro são maiores que a borda, enquanto a contração axial é semelhante para ambas posições. O teor de umidade do centro maior que da borda.

5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set. /Dez, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. NBR 7190 Projeto de Estruturas de Madeiras, ABNT, Rio de Janeiro, Brasil, 1997.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. Ciência Florestal, 20(4), 665-674. 2010.

BURGER, L.M. & RITCHER, H.G. Anatomia da Madeira, Ed. Nobel, São Paulo – SP. 1991.

CALZAVARA, B. B. G. As possibilidades do açazeiro no estuário amazônico. Belém:

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

FCAP. 103p. Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. 1972.

CORRÊA, R. B. Do território recurso ao território abrigo: modo de vida e processo de valorização do açaí no município de Cametá-Pará. Boletim Amazônico de Geografia Belém, v. 01, n. 02, p.01-14, jul. /Dez, 2014.

DE CASTRO SILVA, J.; OLIVEIRA, J. T. S.; XAVIER, B. A.; CASTRO, V. R. Variação da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. Revista Árvore, 30(5), 803-810, 2006.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. Tecnologia da madeira: Retratibilidade. CEPEF/FATEC. Série técnica, 1992.

GONÇALEZ, J.C. Caracterisation technologique de quatre especes peu connues de la forêt Amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques. Nancy, 1993. 445 f. Thèse (Doctorat en Sciences Forestières) - Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Nancy, France, 1993.

HENDERSON, A.; GALEANO, G. *Euterpe, Prestoea, and Neonicholsonia* (Palmae: Euterpeinae). New York: New York Botanical Garden. 90p. (Flora Neotropica, 72), 1996.

IBAMA. Madeiras da Amazônia: características e utilização. v. 3. Amazônia Oriental. Brasília, DF. 141 p, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. Madeiras da Amazônia: características e utilização: Floresta Nacional do Tapajós. Brasília, DF. v. 1. 113 p, 1981.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS IPT. Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada. Associação Brasileira de Preservadores de Madeira: São Paulo. (Boletim Técnico, 36), 1985.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO IPT. Fichas de Características das Madeiras Brasileiras. 2a ed. São Paulo: IPT, 418p. 1989.

KOLLMANN, F.; CÔTÉ, W.A. Principles of wood Science and technology: I., solidwood. New York: Springer Verlage. 1986.

MOREIRA, A. J. F. Efeitos da temperatura na conservação e na germinação da semente do açaizcero (*Euterpe oleracea* Mart.). Piracicaba, 90p. (Dissertação de Mestrado, ESALQ- USP). 1996.

MOREIRA, W.S. Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira. Imprensa Universitária UFV, Viçosa - MG, p.1-106, 1999.

NOGUEIRA, O. L. Regeneração, manejo e exploração de açaizais nativos da várzea do estuário amazônico. Belém, Universidade Federal do Pará. Tese de doutorado. 1997.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. Revista Árvore, Viçosa-MG,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

v.34, n.5. 2010.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE; CARVALHO, J. E. U. DE; NASCIMENTO, W. M. O. DO. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.). Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA, 2000.

R Development core team. R: A Language and environment for statistical computing. 2014.

REZENDE, M. A.; ESCOBEDO, J. F.; Retratibilidade volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade. UNESP, Depto. Biofísica, Botucatu SP, n.39, p.33-40, ago. 1988.

ROCHA, M. P. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias. 2000. 157 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROQUE, R.M.; TOMAZELLO-FILHO, M. Variação radial da estrutura anatômica do lenho de arvores de *Gmelina arborea* em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 37, n. 83, set. 2009.

SZÜCS, C. A.; TEREZO, RF, VALLE, A.; MORAES, P. D. Estruturas de madeira. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2008.

VITAL, B. R.; TRUGILHO, P. F. Variação dimensional e uso da madeira de *Eucalyptus*. *Informe Agropecuário*, v. 18, n. 186, p. 57-61. 1997.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* DE 10 ANOS NO SENTIDO RADIAL

Mauri Pedroso de Lima Junior¹
Elen Aparecida Martines Morales¹
João Carlos Biazon¹
Victor Almeida De Araujo²
Rafaele Almeida Munis¹
Alex Torres de Araujo¹
Vitor Afonso Neves Silva¹
Jorge Carvalho Martins¹

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

² Departamento de Ciências Florestais / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / Universidade de São Paulo



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* DE 10 ANOS NO SENTIDO RADIAL

Mauri P. de LIMA JR.¹; Elen Ap. M. MORALES²; João C. BIAZZON²; Jorge C. MARTINS²; Rafaele A. MUNIS²; Victor A. de ARAUJO²; Vitor A. N. SILVA²; Alex T. de ARAÚJO²

¹ Laboratório de Processamento da Madeira, Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil

² Laboratório de Propriedades Mecânicas de Materiais, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, Brasil

Resumo: A madeira é um material natural que apresenta grande variabilidade em suas propriedades mecânicas e, seu aproveitamento é adequado quando a mesma é classificada corretamente. O objetivo principal deste trabalho foi realizar a avaliação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* de 10 anos de idade, com variação de posicionamento da madeira na tora, de casca à medula, da região de Itapeva/SP. A retirada dos corpos de prova e a condução dos ensaios seguiram as prescrições do documento normativo ABNT- NBR 7190:1997. Os ensaios mecânicos foram realizados na Máquina Universal de Ensaios EMIC DL – 30 ton. Os valores encontrados para propriedades físicas e mecânicas foram superiores ou equivalentes aos citados em literatura. Houve diferença estatística significativa somente para as resistências à tração paralela às fibras, ao cisalhamento e, na flexão estática na direção casca à medula, sendo maiores os valores obtidos na região da casca, do que, na região da medula. Por meio dos resultados obtidos e comparação de pesquisas em literatura com madeira de idade avançada, concluiu-se que, para idade de 10 anos, não ocorreram diferenças estatísticas em todas as variáveis, devido à falta de madeira adulta nas árvores.

Palavras-chave: Resistência mecânica, densidade, casca, medula.

PHYSICAL-MECHANICAL CHARACTERIZATION OF 10 YEARS *Eucalyptus grandis* IN THE RADIAL DIRECTION

Abstract: The wood is a natural material that presents great variability in its mechanical properties and its use is suitable when it is classified correctly. The main objective of this work was to contribute to the physical-mechanical classification of 10-year-old *Eucalyptus grandis* wood, with variation of wood positioning in the sapwood to heartwood, from the Itapeva / SP region. The removal of the specimens and the conduction of the tests followed the requirements of normative document ABNT- NBR 7190:1997. The mechanical tests were carried out in the Universal Testing Machine EMIC DL - 30 ton. The values found for physical and mechanical properties were higher or equivalent to those reported in the literature. There was a statistically significant difference only for the tensile strengths parallel to the fibers, shear and static flexion in the bark direction to the bone marrow, with the values obtained in the bark region being higher than in the marrow region. By means of the results obtained and comparison with other authors' researches with old wood, it can be concluded that for the age of 10 years there were no statistical differences in some variables due to the lack of adult wood in the trees.

Keywords: Mechanical resistance, density, sapwood, heartwood.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O comportamento mecânico da madeira está associado a sua estrutura celular. A madeira é um produto do tecido xilemático localizado no tronco e galhos das árvores, com células especializadas na sustentação e condução de seiva (COSTA, 2001).

As propriedades físicas e mecânicas da madeira devem ser avaliadas para que se definam adequadamente os fins para os quais serão destinadas, juntamente a outros fatores, como resistência à degradação natural, estética e, valores de mercado. As propriedades permitem que as madeiras sejam seguramente classificadas a usos apropriados, tais como, peças estruturais. (ARAÚJO, 2007).

No Brasil a classificação de lotes de madeira para uso estrutural é dada pelo documento normativo ABNT-NBR 7190:1997 – Projeto de Estruturas de Madeira, considerando-se dois quesitos, as classes de resistência da madeira associadas unicamente à aptidão estrutural do material à classificação mecânica da madeira, e categorias, integradas à qualidade, presença ou ausência de defeitos e, homogeneidade das peças de madeira do lote. Através desses dois quesitos é realizada a classificação estrutural e estabelecida a resistência de cálculo da madeira do lote considerado. (CALIL JUNIOR, *et al.*, 2006).

O gênero *Eucalyptus* corresponde a maior área de reflorestamento mundial. Com sua diversidade de espécies dentro do gênero, a plasticidade ecológica e excelente produção se tornou matéria-prima de grande número de indústrias florestais, o que possibilitou avanço tecnológico de muitas espécies (FINGER *et al.*, 1993).

A madeira de *Eucalyptus* destacou-se na indústria de produtos sólidos partindo da última década como fonte de matéria-prima de uso diversificado, e, em diversos países vem sendo utilizada como madeira serrada. A falta de informações técnicas existentes até algum tempo, sobre madeiras do gênero, tornava inviável sua utilização como peça acabada, sendo seus problemas principais eram rachaduras e deformações. Até então, quase toda a madeira do gênero *Eucalyptus* utilizada para os usos nobres, era proveniente de plantios voltados para a produção de celulose e carvão, sem as técnicas especiais disponíveis atualmente. Hoje, dentre as aplicações da madeira de *Eucalyptus* no Brasil, a indústria moveleira e a construção civil são as que possuem o grande número de sua utilização, com as melhores perspectivas (GONÇALEZ *et al.*, 2006).

Com a falta de informações sobre a classificação quanto à idade e posição da madeira em árvores mais jovens, que na região de Itapeva são geralmente cortadas na maioria das vezes com cerca de 7 anos para utilização na indústria de papel e celulose, o objetivo desta pesquisa foi realizar a avaliação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* de 10 anos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

Foram utilizadas quatro árvores de *Eucalyptus grandis* de dez anos, com diâmetro máximo de 40 cm, provenientes da Fazenda Ribeirão do Sul (Itapeva/SP),

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

doadas pela empresa SUDOESTE Paulista. Foi realizada a usinagem das toras, quanto às posições na direção radial, demonstrado na Figura 1.

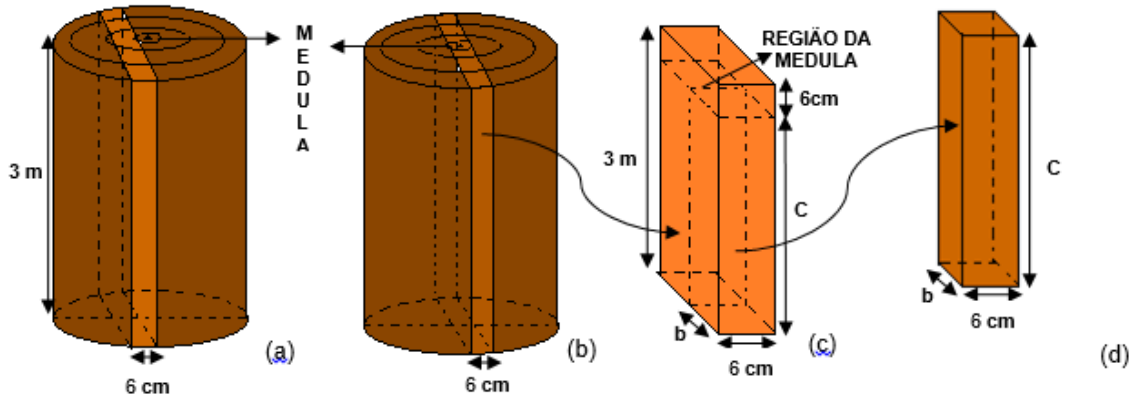


Figura 1. Ilustração da usinagem das toras quanto às posições de casca à medula.

A Figura 1 (d) mostra a peça obtida após o seccionamento de uma das extremidades da prancha original para a retirada de corpos de prova para o ensaio físico de densidade (ρ), bem como para os mecânicos para a determinação da resistência ao cisalhamento (f_{v0}), da resistência (f_{c0}) e módulo de elasticidade (E_{c0}) na compressão paralela às fibras, da resistência (f_{t0}) e módulo de elasticidade (E_{t0}) na tração paralela às fibras e da resistência (f_M) e módulo de elasticidade (E_M) na flexão estática.

Em relação aos corpos de prova de flexão estática, devido às dimensões das suas seções transversais, foram retirados dois corpos de prova, de cada lado da região da medula sendo um próximo à casca e outro próximo à medula designados, respectivamente, por C e M.

2.2 Preparo e confecção dos corpos de prova

A retirada dos corpos de prova e a condução dos ensaios seguiram as prescrições do documento normativo ABNT - NBR 7190:1997. Os ensaios mecânicos foram realizados na Máquina Universal de Ensaios EMIC DL – 30 ton (Figura 2) do Laboratório de Propriedades dos Materiais, do Campus de Itapeva da UNESP.



Figura 2. Realização do ensaio mecânico de um corpo de prova flexão estática.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os resultados encontrados foram processados em relação a dados descritivos (como média, desvio padrão e coeficientes de variação) e por meio de gráficos de regressão, através do programa computacional Excel e comparados através de testes estatísticos através do programa computacional R.

Para a realização das análises descritivas primeiramente foram estudadas a normalidade e homogeneidade (Teste de Shapiro-Wilk) dos dados para poder ser realizada a análise de variância (Teste t) seguida do teste de Tukey quando eram comparados mais que dois conjuntos de dados, para se estudar a equivalência estatística entre os mesmos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade

O valor médio de densidade obtido foi $0,58 \text{ g/cm}^3$ (Tabela 1), e este foi próximo a $0,64 \text{ g/cm}^3$ que consta na ABNT-NBR 7190:1997, inferior aos encontrados para *Eucalyptus sp.* por Segundinho *et al.* (2012) igual a $0,87 \text{ g/cm}^3$ (madeira sem indicação da idade) e próximo ao obtido por Ballarin e Palma (2009), igual a $0,62 \text{ g/cm}^3$ para *Eucalyptus grandis* (madeira com 21 anos).

Tabela 1. Valores médios de densidade nas direções radiais

Valores	M'	M	C
M (g/cm^3)	0,61	0,56	0,68
DP	0,05	0,05	0,04
CV (%)	7,7	9,5	6,3

M = valores médios. DP = desvio padrão. CV = Coeficiente de variação.

Foi realizada uma análise quanto à equivalência estatística das densidades nas três regiões da casca à medula. A Figura 3 mostra o gráfico Boxplot referente a essa análise.

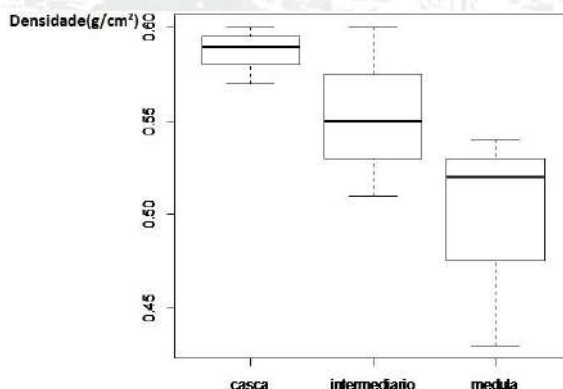


Figura 3. Gráfico Boxplot da análise das densidades nas regiões C, M e M'.

Por meio da análise estatística verificou-se normalidade dos dados, e através da ANOVA obteve-se *p-value* igual a 0,11 chegando-se a conclusão de que existe

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





equivalência estatística entre as densidades dessas três posições, ou seja, as médias não variaram estatisticamente.

Brasil e Ferreira (1972), Hans et al. (1972), Tomazello Filho (1985), Wilkins (1990), Wilkins e Home (1991) e Serpa et al. (2003) estudaram a variação de propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus grandis* no sentido radial e chegaram à conclusão de que o valor da densidade aumentou da medula para a casca.

Mesmo não havendo diferença estatística, os valores médios aumentaram 10,3% da medula para a casca, e pode ser explicada por, na idade de 10 anos, não haver muita presença de madeira adulta nas árvores/toras.

3.2 Compressão paralela

O valor médio de resistência à compressão paralela às fibras igual a 59,6 MPa (Tabela 2) obtido nesse estudo foi superior ao de 40,3 MPa que consta na ABNT - NBR7190:1997, ou seja, atendendo os parâmetros indicados para ser utilizado em estruturas de madeira.

Tabela 2. Valores médios de resistência e rigidez à compressão paralela às fibras na direção radial

		Valores	M'	M	C
f_{c0} (MPa)	M		55,0	62,0	62,0
	DP		6,6	8,2	8,4
	CV (%)		12,1	13,3	13,5
E_{c0} (MPa)	M		17390	20745	19827
	DP		4269	3925	3490
	CV (%)		24,5	18,9	17,6

f_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras. E_{c0} = módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras.

Foi realizada uma análise quanto à equivalência estatística da resistência e rigidez à compressão paralela às fibras nas três regiões da casca à medula. A Figura 4 mostra o gráfico Boxplot referente a essa análise.

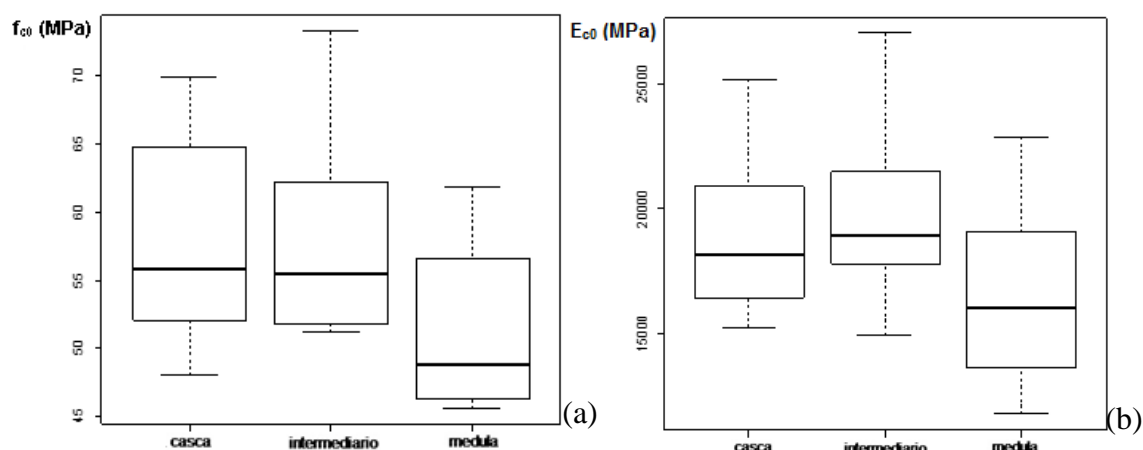


Figura 4. Gráfico Boxplot da análise de f_{c0} e E_{c0} nas regiões C, M e M'.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Por meio da análise de variância, obteve-se que as resistências nessa solicitação nas três diferentes regiões, não diferem estatisticamente com p -value igual a 0,138.

Serpa *et al.* (2003) chegaram à conclusão de que o valor de f_{c0} para a madeira de *Eucalyptus grandis* de 50 anos, conforme as características já citadas anteriormente, aumentou na direção medula casca. A diferença de comportamento encontrado na presente pesquisa pode ser explicada novamente por, na idade de 10 anos, não haver muita presença de madeira adulta nas árvores/toras, porém pode-se notar pelo gráfico uma tendência de aumento no sentido radial, da medula para casca.

O valor médio do módulo de elasticidade na compressão paralela de 19.431 MPa (Tabela 2) encontrado foi superior ao que consta na ABNT-NBR 7190:1997 igual a 12.813 MPa e próximo ao encontrado para espécie *Eucalyptus grandis* por Morales (2002) igual a 20.582 (MPa).

A análise quanto à equivalência estatística dos valores de E_{c0} nas regiões próximas à medula, intermediária e à casca, através da análise de variância, mostrou que os módulos de elasticidade nas três diferentes regiões não diferem estatisticamente com p -value igual a 0,255, porém pode-se notar pelo gráfico uma tendência de aumento no sentido radial, da medula para casca, conforme indica a Figura 4 (b).

3.3 Tração paralela

O valor médio de f_{t0} encontrado de 112,5 MPa (Tabela 3) foi superior ao valor de 70,2 MPa citado pela ABNT-NBR 7190:1997.

Tabela 3. Valores médios de resistência e rigidez à tração paralela às fibras na direção radial

Valores		M'	M	C
f_{t0} (MPa)	M	90,8a	110,2b	136,4b
	DP	32,5	25,1	27,5
	CV (%)	35,8	22,8	20,1
E_{c0} (MPa)	M	16396	17697	17953
	DP	2764	3178	2506
	CV (%)	16,9	18,0	14,0

f_{t0} = resistência à tração paralela às fibras. E_{t0} = módulo de elasticidade na tração paralela às fibras.

Foi realizada uma análise quanto à equivalência estatística da resistência e rigidez à tração paralela às fibras nas três regiões da casca à medula. A Figura 5 mostra o gráfico Boxplot referente a essa análise.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



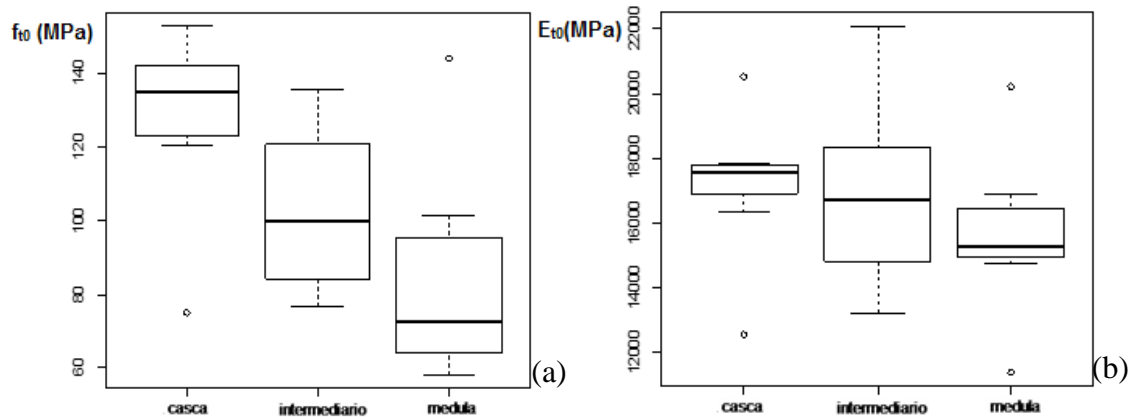


Figura 5. Gráfico Boxplot da análise de f_{10} e E_{10} nas regiões C, M e M'.

A análise quanto à equivalência estatística dos valores de f_{10} nas regiões próximas à medula, intermediária e à casca, por meio da análise de variância, demonstrou que há diferença estatística entre as resistências nessa solicitação em pelo menos duas dessas diferentes regiões (p -value igual a 0,0258).

Por meio do Teste de Tukey chegou-se a conclusão que há diferença estatística significativa entre os valores de resistência à tração paralela às fibras das regiões próxima à casca e à medula, apresentando um valor na região da casca 33,4% maior do que na região da medula. Na Figura 5 (a) pode-se observar que este aumento no sentido casca à medula está relacionado às características anatômicas do cerne e alborno.

O valor médio de 17.349 MPa (Tabela 3) encontrado para o módulo de elasticidade na tração paralela às fibras foi próximo ao de 17.963 MPa encontrado por Morales (2002) para espécie *Eucalyptus grandis*.

O estudo quanto à equivalência estatística dos valores de E_{10} nas regiões próximas à medula, intermediária e à casca, foi realizado por meio da análise de variância, onde obteve-se que os módulos de elasticidade nas três diferentes regiões não diferem estatisticamente com p -value igual a 0,554 para essa solicitação, como demonstrado graficamente na Figura 5 (b).

3.4 Cisalhamento

O valor médio de 11,4 MPa (Tabela 4) encontrado para resistência ao cisalhamento foi superior ao valor de 7,0 MPa citado pela ABNT-NBR 7190:1997.

Tabela 4. Valores médios de resistência ao cisalhamento

Valores	M'	C
M (MPa)	12,3	10,4
DP (MPa)	1,1	1,7
CV (%)	8,9	16,6

Foi realizada uma análise quanto à equivalência estatística da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras nas três regiões da casca à medula. A Figura 6 mostra o gráfico Boxplot referente a essa análise.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

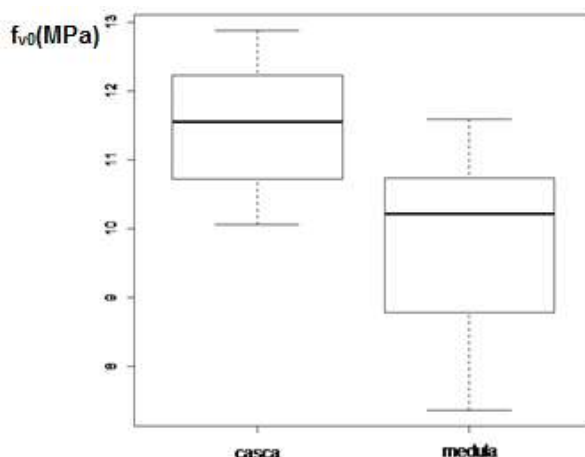


Figura 6. Gráfico Boxplot da análise de f_{v0} nas regiões C e M'.

Foi realizada uma análise quanto à equivalência estatística dos valores de f_{v0} nas regiões próximas à medula e à casca, através da análise de variância com a aplicação do Teste t de Student (intervalo de confiança de 95%). Obteve-se que as resistências nessa solicitação, nas duas regiões consideradas, diferem estatisticamente com p -value igual a $4,045e-12$. O valor médio encontrado na região da casca para essa propriedade foi cerca de 15,4% maior do que o encontrado na região da medula, a razão desta diferença pode ser atribuída à maior quantidade de lenho adulto na região da casca.

3.5 Flexão estática

O valor médio encontrado para resistência à flexão foi de 93,1 MPa (Tabela 5), este mesmo foi superior ao encontrado para f_{c0} e inferior ao encontrado para f_{t0} no presente trabalho, mostrando-se coerente, e próximo ao encontrado por Serpa et al. (2003) igual 102,5 MPa para espécie *Eucalyptus grandis*.

Tabela 5. Valores médios de resistência e rigidez à flexão na direção radial

	Valores	M'	C
f_M (MPa)	M	80,1	106,1
	DP	19,6	11,6
	CV (%)	24,5	10,9
E_M (MPa)	M	14740	16226
	DP	1840	1461
	CV (%)	12,5	9,0

f_M = resistência na flexão estática. E_M = módulo de elasticidade na flexão estática.

Foi realizada uma análise quanto à equivalência estatística da resistência e rigidez na flexão estática nas três regiões da casca à medula. A Figura 7 mostra o gráfico Boxplot referente a essa análise.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

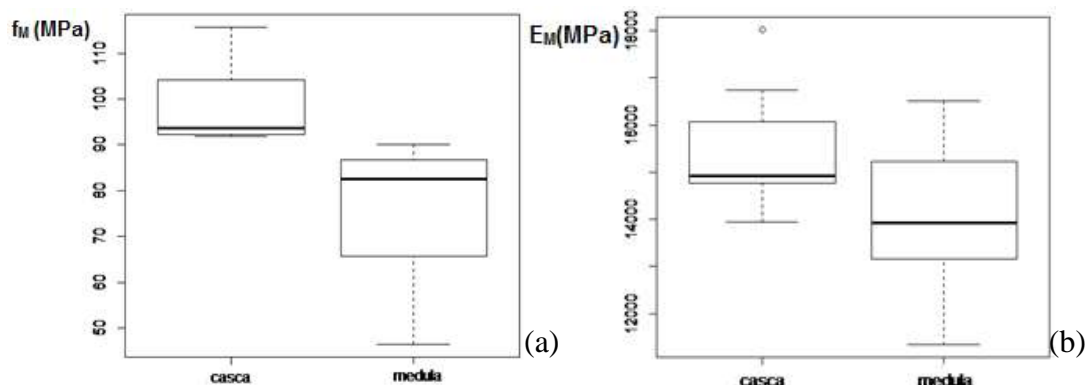


Figura 7. Gráfico Boxplot da análise de f_M e E_M nas regiões C e M'.

Foi realizada análise estatística por meio da análise de variância com a aplicação do Teste t de Student (intervalo de confiança de 95%). Obteve-se que as resistências nessa solicitação, nas duas regiões consideradas, diferem estatisticamente com p -value igual a $1.424e-06$. O valor encontrado para essa propriedade nessa solicitação na região da casca foi cerca de 25 MPa maior do que foi encontrado na região da medula. Esse resultado está de acordo com o encontrado por Serpa *et al.* (2003), que obteve uma maior resistência à flexão na região da casca, conforme indicado na Figura 7 (a).

O valor médio encontrado para o módulo de elasticidade na flexão estática, neste trabalho para madeira da espécie de *Eucalyptus grandis* de 10 anos, foi de 15.483 MPa (Tabela 5), semelhante ao encontrado por Ballarin e Palma (2009) igual a 15.306 MPa, com madeira da mesma espécie de 21 anos, idade adequada para utilização em estruturas.

Quanto à equivalência estatística dos valores de E_M nas regiões próximas à medula e à casca, através da análise de variância com a aplicação do Teste t de Student (intervalo de confiança de 95%), obteve-se que os módulos de elasticidade nessa solicitação, nas duas regiões consideradas, não diferem estatisticamente com p -value igual a 0,1444 (Figura 7 (b)).

4. CONCLUSÕES

Houve diferença estatística significativa somente para as resistências à tração paralela às fibras, ao cisalhamento e na flexão estática na direção casca à medula, mas os valores obtidos na região da casca foram maiores do que na região da medula para todos os parâmetros analisados.

Os valores encontrados para a densidade, resistência ao cisalhamento, resistência e módulos de elasticidade na compressão paralela, tração paralela às fibras e resistência à flexão estática foram superiores ou equivalentes aos citados em literatura para madeiras dessa espécie com mais de 10 anos, indicando que as mesmas apresentam potencial para utilização em estruturas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Sudoeste Paulista pela doação das madeiras, à PROPe e ao CNPq pelo apoio financeiro e bolsas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. FLORESTA, v.37, n. 3, 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 1997.

BALLARIN, Adriano W.; PALMA, Hernando A. L. Avaliação do módulo de elasticidade de madeiras de reflorestamento com uso do método não destrutivo de vibração transversal. REVISTA MADEIRA ARQUITETURA E ENGENHARIA, v.10, p. 5-14, 2009.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do DAP: análise preliminar. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, n. 5, p. 81-90, dez. 1972.

COSTA, A. Coletâneas de anatomia da madeira. 2001. Apostila, 42 p.

CALIL JUNIOR, C. *et al.* Manual de projeto e construção de pontes de madeira. São Carlos: LaMEM - Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira. 2006. 237p

FINGER, C. A. G. *et al.* Produção de florestas de *Eucalyptus grandis* em segunda rotação, Conduzidas com um Broto por Touça e Submetidas a Interplântio. CIÊNCIA FLORESTAL, v.3, n.1, 1993.

GONÇALEZ, J. C. *et al.* Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Visando ao seu Aproveitamento na Indústria Moveleira. CIÊNCIA FLORESTAL, v.16, n.3, 2006.

HANS, A. S.; BURLEY, J.; WILLIAMSON, P. Wood quality in *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, grown in Zambia. *Holzforschung*, Berlin, v. 26, n. 4, p. 138-171, Aug. 1972.

MORALES, E. Ap. M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira: proposta para simplificação dos procedimentos metodológicos. Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia de materiais. p. 86. 2002.

SEGUNDINHO, P.G.A. *et al.* Aplicação do método de ensaio das frequências naturais de vibração para obtenção do módulo de elasticidade de peças estruturais de madeira. REVISTA ÁRVORE, v.36, p.1155-1161, 2012.

SERPA, P. N.; BENEDITO, R. V.; LUCIA, R. M. D.; PIMENTA, A. S. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. REVISTA ÁRVORE, v. 27, p. 723-733, 2003.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, n. 29, p. 37-45, abr. 1985.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

WILKINS, A. P. Influence of silvicultural treatment on growth and wood density of *Eucalyptus grandis* grown on a previous pasture site. *Australian Forestry*, Queen Victoria, v. 53, n. 3, p. 168-172, June 1990.

WILKINS, A. P.; HORNE, R. Wood density variation of young plantation grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 40, n.1/2, p. 39-50, May 1991.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MADEIRA DE HÍBRIDO DE *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*

Ana Lúcia Piedade Sodero Martins Pincelli¹

Jéssica Pires de Almeida²

Luciana dos Santos³

Maria Renata Rocha Pereira³

¹ Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - Ceeteps / Faculdade de Tecnologia - Fatec

² Tecnologia em Silvicultura / Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito / Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

³ Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MADEIRA DE HÍBRIDO DE *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*

Resumo: As variações existentes entre clones híbridos de eucalipto podem proporcionar uma oportunidade de se alterarem características importantes na madeira a fim de encontrar a qualidade necessária aos diversos usos, haja vista a tendência de variações das propriedades da madeira de eucalipto em diferentes idades e em diferentes posições ao longo do tronco. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 8 anos. Foram selecionadas 5 árvores ao acaso e retirados discos em três posições: base, altura comercial, topo com espaçamento entre cada posição de 3,20 m. As amostras de disco foram divididas em cunhas e destinadas para realização das análises físicas (teor de água e densidade básica) e químicas (teores de holocelulose, lignina e extrativos totais). O teor de água da madeira apresentou uma variação decrescente no sentido base-topo do fuste, com valores médios de 54,6 e 48,5%, respectivamente. A densidade básica média encontrada (0,455 - 0,508 g.cm⁻³), não variou entre as três diferentes posições. As características químicas não apresentaram diferenças significativas entre as posições no sentido base-topo, embora os valores estejam de acordo com os encontrados na literatura. Com base nos resultados, conclui-se que a madeira de híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, destinados à produção conjunta de madeira serrada e celulose, demonstrou bom potencial na região de estudo, contudo, sugerem-se novas avaliações em diferentes clones híbridos de eucalipto para monitoramento das características de interesse.

Palavras-chave: análises físicas, análises químicas, clone de eucalipto.

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF HYBRID WOOD OF *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*

Abstract: The variations between hybrid eucalyptus clones can provide an opportunity to change important characteristics in the wood in order to find the necessary quality for the different uses, due to the tendency of variations of the properties of eucalyptus wood at different ages and in different positions along the trunk. In this context, the objective of this work was to evaluate the physicochemical characteristics of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid wood at age of 8 years. Five random trees were selected and discs were collected in three positions: base, commercial height, top with spacing between each position of 3.20 m. The disk samples were divided into wedges and taken to the physical (water content and basic density) and chemical analyzes (holocellulose, lignin and total extractives). The water content of the wood presented a decreasing variation in the base-top direction of the shaft, with average values of 54.6 and 48.5%, respectively. The average basic density found (0,455 - 0,508 g.cm⁻³) did not vary between the three different positions. The chemical characteristics did not show significant differences between the positions in the base-top direction, although the values are in agreement with those found in the literature. Based on the results, it is concluded that *E. grandis* x *E. urophylla* hybrid wood, destined to the joint production of sawn wood and cellulose, showed good potential in the studied region, however, it is suggested new evaluations in different hybrid eucalyptus clones to monitor the characteristics of interest.

Keywords: physical analysis, chemical analysis, eucalyptus clone.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um dos recursos naturais úteis de que dispõe o homem. Com auxílio da energia solar, as folhas das árvores convertem o carbono, hidrogênio e oxigênio em biomassa vegetal através do processo da fotossíntese (BRITO e BARRICHELO, 1978).

O gênero *Eucalyptus* se destaca pela grande diversidade de espécies botânicas e boa adaptação aos mais diferentes tipos de ambiente (OLIVEIRA et al., 2012). O uso da madeira de diferentes espécies de *Eucalyptus* cresce em vários seguimentos do setor florestal, como o de carvão, papel e celulose e, mais recentemente, na construção civil e na indústria moveleira (DIAS JÚNIOR et al., 2013).

A área total de árvores plantadas no Brasil totalizou 7,8 milhões de hectares em 2015, crescimento de 0,8% em relação ao ano de 2014. Os plantios de eucalipto ocupam 5,6 milhões de hectares da área de árvores plantadas do País e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,8% a.a. O Mato Grosso do Sul se destaca com o plantio de 450 mil hectares nos últimos cinco anos (IBÁ, 2016).

De acordo com Guimarães Junior et al. (2011) os estudos de espécies e procedências vem ganhando importância, tendo em vista a variabilidade natural e a adequação aos diversos usos. Os mesmos autores afirmam que as variações existentes entre espécies, procedências, famílias e clones podem oferecer uma oportunidade de se alterarem características importantes na madeira, na busca de se produzir matéria-prima com qualidade adequada na manufatura de diferentes produtos à base de madeira. As características mais importantes e consideradas limitantes à viabilização da utilização do eucalipto encontram-se sob moderado a alto controle genético, tornando possível alterar seus valores a fim de encontrar a qualidade necessária para o uso industrial.

A madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células, adaptadas a desempenharem funções específicas. As variações nas composições físico-químicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies, embora dentro da mesma espécie elas também ocorram, em função principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais. Dentro de uma mesma espécie, ocorrem variações significativas na altura do tronco e na direção da medula até a casca. Além disso, existem diferenças entre o cerne e o alburno, madeira de início e fim de estação de crescimento e, em escala microscópica, entre células individuais (TRUGILHO, LIMA e MENDES, 1996).

As madeiras variam de árvore para árvore, bem como dentro de troncos individuais. Segundo MALAN (1995), a variação no sentido radial é a mais importante. A extensão desta variação é, principalmente, determinada pela presença da madeira juvenil, sua proporção no tronco, suas características físico-químicas e anatômicas. Todavia, a elevação do gradiente de variação dentro da zona juvenil diminui com o passar do tempo. As variações que ocorrem durante o período juvenil estão relacionadas principalmente com as dimensões celulares, a organização da parede celular e as características físico-químicas da madeira (TRUGILHO et al., 2005).

De maneira geral, a madeira apresenta uma rápida elevação dos valores de densidade básica e comprimento de fibra, desde a fase juvenil até atingirem a maturidade, onde os valores permanecem mais ou menos constantes. Na fase juvenil,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

a taxa de incorporação de biomassa é crescente, tendendo a se estabilizar, quando a árvore atinge a fase adulta. Essa taxa de variação da matéria seca sintetizada com a idade é chamada de ritmo de crescimento, e dependem dos fatores genéticos, edáficos e climáticos (TRUGILHO, LIMA e MENDES, 1996).

Latorraca e Albuquerque (2000) observaram que as propriedades da madeira variam conforme o crescimento da árvore, com a ressalva de que a porção da madeira correspondente aos primeiros anéis formados apresenta menor massa específica e fibras mais curtas, entre outras características, ou seja, a diferença entre lenho juvenil e adulto. Verificaram que há aumento da massa específica, bem como da espessura da parede celular em anéis sucessivos, a partir do centro para a periferia do tronco da árvore, no sentido medula-casca. Também foi verificado que a densidade tende a aumentar com a idade, com conseqüente aumento da espessura da parede celular e diminuição da largura das células.

Um dos principais problemas na utilização dos eucaliptos como madeira sólida são as tensões de crescimento e de secagem, que causam perdas de até 50% em madeira serrada. Além disto, é baixa a confiabilidade por parte das madeireiras e da população em geral em função da escassez de resultados tecnológicos e da pouca tradição no uso deste gênero em nosso país (WATAI, 1990).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as características físico-químicas da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 8 anos de idade, com a realização de análises físicas, como o teor de água e densidade básica, e análises química, como os teores de extrativos, holocelulose e lignina, haja vista a tendência de variações das propriedades da madeira de eucalipto em diferentes idades e em diferentes posições ao longo do tronco, como observado em alguns estudos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Híbrido estudado e localização da área de coleta da madeira

Para a realização do presente estudo, foram utilizadas 5 árvores de híbrido comercial de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 8 anos de idade, destinados à produção conjunta de madeira serrada e celulose, provenientes da empresa Fibria Celulose S.A, unidade de Capão Bonito, Estado de São Paulo. A região do estudo em Capão Bonito localiza-se nas coordenadas geográficas a 23°57'06.95"S de latitude e 48°57'12.96"O de longitude, numa área (talhão) contendo 25,22 m², com plantio datado de 06 de dezembro de 2008 e espaçamento 3 x 2 m, sendo sua condução de rebrota (Figura 1).

A região possui clima do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen - temperado húmido - com inverno seco e verão quente, com precipitação média anual de 1221,6 mm, temperatura média anual de 22,2°C, média das temperaturas máximas de 28,1°C e médias das temperaturas mínimas de 16,3°C (CEPAGRI). A altitude é de 709 m, com precipitação média anual é de 1241 mm, o tipo de solo é Latossolo Vermelho, de textura argilosa, de média fertilidade, com relevo suavemente ondulado (3 a 8% de declividade).

Anteriormente à coleta das amostras, todas as árvores de eucalipto do respectivo talhão foram derrubadas com o equipamento Feller Buncher (John Deere), entre os dias 19 e 20 de setembro de 2016, e processadas de acordo com os padrões pré-estabelecidos da empresa. Após o corte, foram selecionadas 5 árvores

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





aleatoriamente, que tiveram as suas alturas totais medidas com uma trena, para retirada das amostras com motosserra.

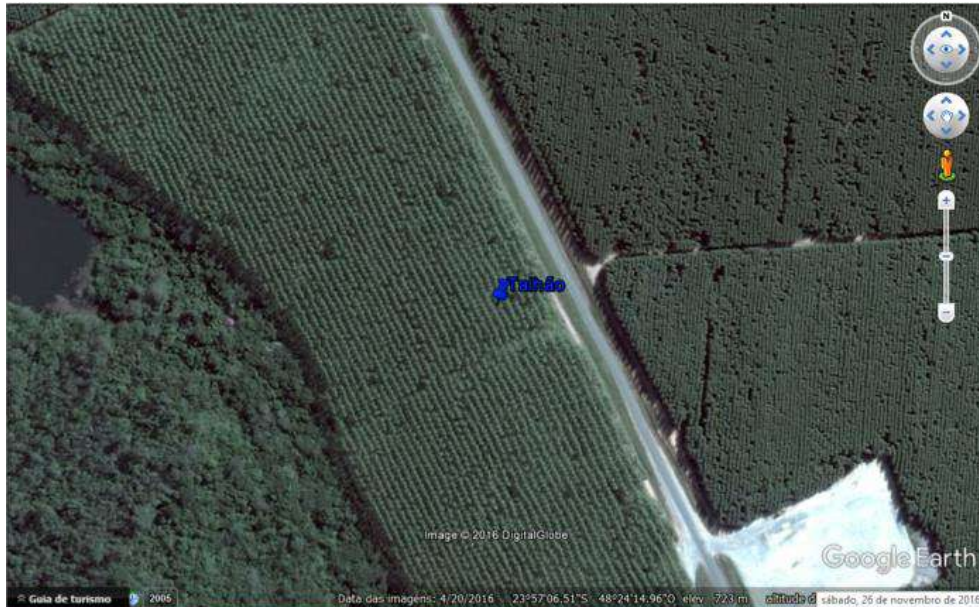


Figura 1. Área do estudo (talhão) com híbridos de eucalipto da empresa Fibria Celulose S.A, no município de Capão Bonito - SP, na fazenda Boa Esperança (projeto Tijucu) (Fonte: Google Earth).

2.2 Preparo das amostras de madeira

As 5 árvores de eucalipto foram selecionadas ao acaso e foram retiradas em três posições da árvore: base, altura comercial (parte do fuste com valor comercial) e topo com espaçamento entre cada posição de 3,20 m (Figura 2), e as amostras foram retiradas na forma de disco de aproximadamente 5 cm de espessura, totalizando assim 15 amostras de discos (Figura 3).

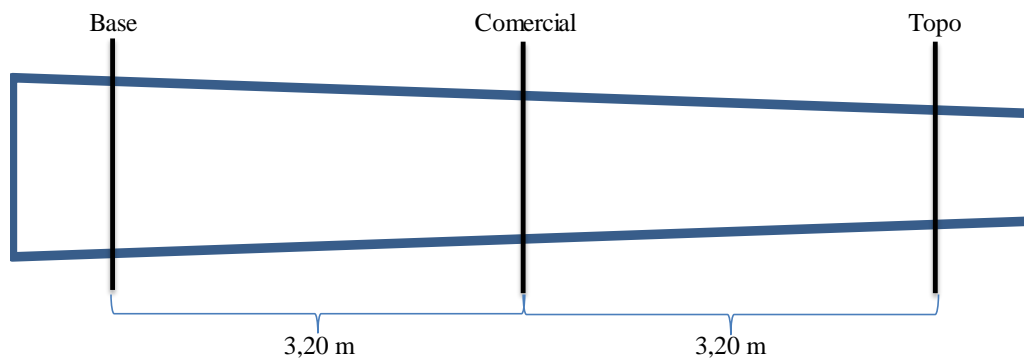


Figura 2. Posições da árvore (base, altura comercial e topo) onde foram coletadas as amostras de discos.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

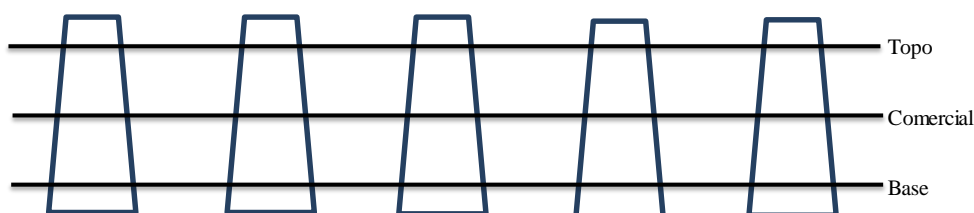


Figura 3. Esquema demonstrativo da retirada do total de 15 amostras de discos, nas três posições na árvore, para realização das análises físico-químicas.

Após a retirada dos discos os mesmos foram identificados e acondicionados em sacos plásticos vedados, para impedirem troca de umidade entre o ambiente e os discos, e levados ao laboratório para análises.

Em laboratório da Fatec Capão Bonito, as amostras de disco foram divididas em 4 cunhas cada, passando pela medula, sendo cada cunha destinada para determinada análise, como mostra a Figura 4. Duas cunhas foram destinadas para realização das análises físicas (teor de água e densidade básica), uma cunha utilizada para análises químicas (teores de holocelulose, lignina e extrativos totais), e a restante foi reservada para futuras análises.

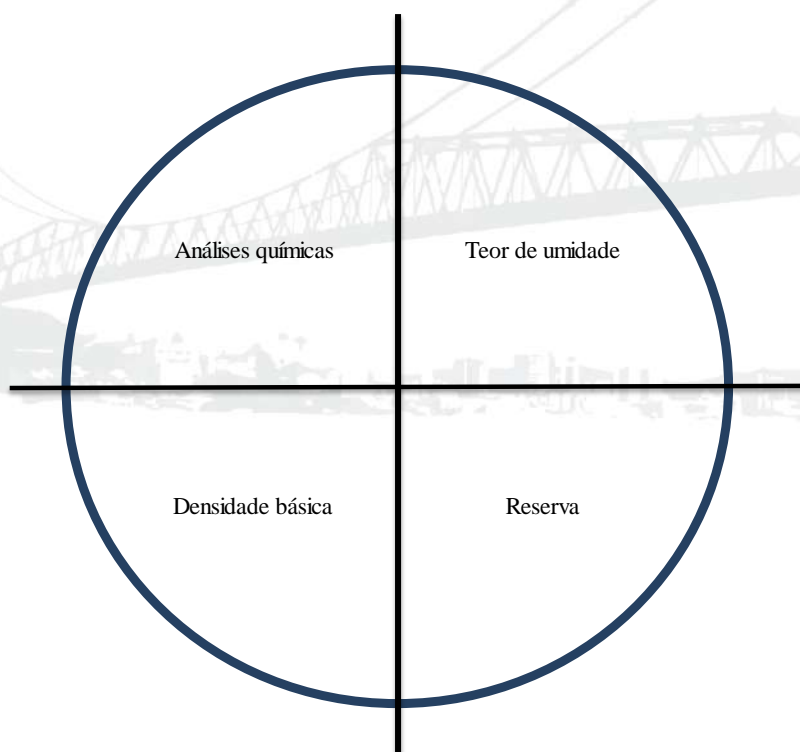


Figura 4. Demonstração do disco dividido em 4 cunhas destinadas para análises físico-químicas.

2.3 Análises da madeira

Para a determinação do teor de água, as cunhas selecionadas para tal, de cada tratamento (base, altura comercial e topo), foram inicialmente pesadas para obtenção

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

da massa inicial úmida corrente e em seguida colocadas em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até atingirem peso constante, quando então foram novamente pesadas até que este atingisse um valor constante. Desse modo, calculou-se o teor médio de água das cunhas, o qual foi realizado em 10 repetições por tratamento, expresso em porcentagem, como mostra a Equação (1).

$$U = [(Pu - Ps)/Pu]*100 \quad (1)$$

Em que:

U = teor de água (%)

Pu = peso úmido (g)

Ps = peso seco (g)

Para a determinação da densidade básica da madeira, as cunhas separadas de cada tratamento foram analisadas empregando-se o método da balança hidrostática, que se baseia no princípio de Arquimedes, de acordo com a NBR 11941 (ABNT, 2003), totalizando 10 repetições por tratamento. A metodologia consiste na divisão da massa seca pelo volume saturado, obtido com o deslocamento em água.

Após a secagem ao ar, as amostras de cunha destinadas às análises químicas foram encaminhadas para o laboratório de Química, Celulose e Energia (LQCE) do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, e transformadas em serragem em moinho tipo Wiley, conforme a norma TAPPI T 257 om-92 (1992). As análises foram efetuadas na fração de serragem, classificadas em peneiras de 40/60 mesh (ASTM) e condicionadas a uma umidade relativa de $65 \pm 2\%$ e temperatura de 20°C . Em seguida, elas foram armazenadas em frascos de vidro. A determinação do teor absolutamente seco foi realizada de acordo com a norma TAPPI 264 om-88 (1992).

A análise química da madeira foi realizada em duplicata para cada tratamento. Foram feitas determinações quantitativas de extrativos totais, através de uma sequência de extração (álcool/tolueno, álcool e água quente), de lignina e de holocelulose (estimada por diferença).

A solubilidade da madeira em álcool/tolueno, álcool e água quente foi efetuada segundo a norma TAPPI 264 om-88 (1992), em extratores tipo Soxhlet, com a substituição do benzeno por tolueno.

O teor de lignina foi determinado pelo método Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986).

Do filtrado restante da análise da lignina Klason foi feita a leitura em espectrofotômetro, para determinação da lignina solúvel em ácido, conforme Goldschimid (1971).

O teor de lignina total é a soma da lignina residual mais a lignina solúvel em ácido.

2.4 Análises estatísticas

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 5 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios (10 repetições/tratamento) do teor de água e da densidade básica da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em função das posições relativas (base, altura comercial e topo), são descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios das características físicas da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Tratamentos	Teor de água (%)		Densidade básica (g.cm ⁻³)
Topo	48,5	b	0,505
Comercial	53,6	a	0,455
Base	54,6	a	0,508
F trat.	7,251**		2,967 ^{ns}
d.m.s.	4,28		0,06
CV (%)	52,2		11,2

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$);

** - valor significativo pelo teste “F” ($p\leq 0,01$);

CV: Coeficiente de Variação

ns – não significativo.

Os teores de água da madeira da base e da altura comercial apresentaram maiores valores, respectivamente 54,6 e 53,5%, que da madeira do topo, que foi de 48,4%. Isso pode ser explicado pelo fato da área de alburno ir diminuindo com a altura da árvore, considerando que essa região apresenta um maior teor de água devido à menor presença de teor de extrativos, que por sua vez reduz a higroscopicidade da madeira (JANKOWSKY; GALVÃO, 1979; KLITZKE et al., 2008).

Segundo Cezaro et al. (2016), na análise do teor de água saturado da madeira de *Chrysophyllum marginatum*, observou-se tendência crescente no sentido base-topo, variando de 78,2 (base) a 130,2% (topo), corroborando com os resultados encontrados para *Eucalyptus saligna* por Lopes e Garcia (2002) e para *Eucalyptus grandis* por Lopes (2003).

Os resultados da densidade básica da madeira, ao contrário do que era esperado de acordo com a literatura, não apresentaram variação entre as posições no tronco, da base para o topo (0,508-0,505 g.cm⁻³). De acordo com Chies (2005), é esperada uma redução da densidade básica no sentido base-topo da árvore, em razão da diminuição da porcentagem de lenho adulto e, conseqüentemente, da maior proporção de madeira juvenil, de menor densidade. Os dados disponíveis na literatura de variação da densidade básica da madeira ao longo do tronco não seguem um padrão definido, contudo, tem-se verificado para o gênero *Eucalyptus* valores

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

decrecentes até 50% da altura da árvore e crescentes desse ponto até o topo ou corredução próximo ao topo (GOULART et al., 2003).

Nesse sentido, São Teago (2012) encontrou tendência de decréscimo dos valores de densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em plantios puros ou em consórcio com *Acacia mangium*, da base para o DAP, com comportamentos distintos a partir do DAP. Por outro lado, a densidade básica da madeira de clones do híbrido do *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 2,25 anos de idade, foi maior na base da árvore; nas demais posições de amostragem, os valores de densidade foram semelhantes entre si (HSING et al., 2016).

Com relação aos teores de holocelulose, lignina e extrativos totais da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em função das posições relativas, os mesmos encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios (2 repetições/tratamento) das características químicas da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Tratamentos	Teor de holocelulose (%)	Teor de lignina (%)	Teor de extrativos (%)
Topo	70,2	25,35	4,44
Comercial	68,5	26,88	4,60
Base	66,3	28,76	4,96
F trat.	4,047 ^{ns}	2,995 ^{ns}	3,870 ^{ns}
d.m.s.	5,8	5,84	0,8
CV (%)	2,03	27	4,11

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$);

CV: Coeficiente de Variação

ns - não significativo.

Não houve diferença entre as posições do fuste (base, altura comercial e topo) quanto as propriedades químicas da madeira. A proporção entre os principais constituintes químicos da madeira varia entre gêneros, entre espécies e dentro de uma mesma árvore, além de ser afetada também por variações de microclima, de solo, de precipitação, de adubação e de idade da árvore, dentre outros (GOMIDE e COLODETTE, 2007).

Os teores de holocelulose estão na mesma faixa encontrada em madeiras de maior idade em híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Por exemplo, Ferreira et al. (2006) encontraram valores entre 64,4 e 70,3% em árvores entre 7 e 9 anos de idade. Alencar et al. (2001) obtiveram teor de 67,54% aos 6 anos e Gomide et al. (2005), de 64,5 a 70,2%, aos 7 anos de idade. Isso evidencia que a porcentagem de holocelulose na madeira é alcançada ainda jovem e não varia muito ao longo do tempo.

Os teores de lignina encontram-se dentro da faixa normalmente registrada em outros estudos com *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Alencar et al. (2001) obtiveram 28,18% de lignina aos 6 anos; São Teago (2012) encontrou 29% aos 6,25 anos; Gomide et al. (2005) encontraram de 27,5 a 31,7% aos 7 anos; Ferreira et al. (2006) obtiveram 29,5% em árvores com 7 anos e Tolfo et al. (2005), avaliando

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

diferentes clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com 6 anos, encontraram em média 30,36%.

Os teores de extrativos estão de acordo com os encontrados por outros autores, entre 1,09 e 5,64% (ALENCAR et al. 2001; FERREIRA et al., 2006; GOMIDE et. al., 2005; TOLFO et al, 2005; SÃO TEAGO, 2012; MOULIN, J.C. et al., 2015). O processo de cernificação (transformação de alburno em cerne) é caracterizado, entre outras coisas, pelo acúmulo de extrativos, portanto, em uma madeira com alta proporção de cerne (árvores adultas) normalmente há maior teor de extrativos.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, conclui-se que, dentre as características físicas estudadas, o teor de água da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, apresentou uma variação decrescente no sentido base-topo do fuste, com valores médios de 54,6 e 48,5%, respectivamente.

A densidade básica média encontrada para a madeira de híbrido de eucalipto, sendo esta aproximadamente de 0,5 g.cm⁻³, não variou entre as três diferentes posições (base, altura comercial, topo).

As características químicas da madeira de eucalipto (teores médios de holocelulose, lignina e extrativos) não apresentaram diferenças significativas entre as posições no sentido base-topo, embora os valores estejam de acordo com os encontrados na literatura.

A madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, destinados à produção conjunta de madeira serrada e celulose, demonstrou bom potencial na região de estudo, contudo, sugerem-se novas avaliações em diferentes clones híbridos de eucalipto para monitoramento das características de interesse.

5. AGRADECIMENTOS

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

ALENCAR, G. S. B.; BARRICHELO, L. E. G.; SILVA JUNIOR, F. G. Qualidade da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e seleção precoce In: 34º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 6 p., 2001. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos_outros22.html>. Acesso em: 06 setembro 2013.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. Piracicaba. IPEF. 1978. n. 16, p. 63.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CEZARO, J. A. de; TREVISAN, R.; BALBINOT, R. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Chrysophyllum marginatum*. Pesq. flor. bras., Colombo, v. 36, n. 86, p. 135-143, abr./jun. 2016.

CHIES, D. Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L. 2005. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

DIAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, P. V.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. Ciência da Madeira, Pelotas, v. 04, n. 01, 2013.

-FERREIRA, C. R.; FABTINI M., COLODETTE J. L.; GOMIDE J. L.; CARVALHO A. M. M. L. Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 1 - qualidade da madeira para produção de celulose Kraft. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 70, p. 161-170, abr. 2006.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWWIG, C. H. (Eds) Lignins. New York: Wiley Interscience, 1971. p. 241-66.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE J. J.; OLIVEIRA R. C.; SILVA C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. Revista Árvore, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BORÉM, A. (Ed.). Biotecnologia florestal. Viçosa-MG: 2007. p. 25-54.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. O PAPEL, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

GOULART, M.; HASELEIN C. R.; HOPPE J. M.; FARIAS J. A.; PAULESKI D. T. Massa específica básica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o efeito do espaçamento de plantio e da posição axial no tronco. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 167-175, 2003.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES, L. M.; MENDES, R. F.; MORI, F. A. Painéis de madeira aglomerada de resíduos da laminação de diferentes procedências de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus cloeziana*. Cerne, Lavras, v. 17, n. 4, p. 443-452, 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

HSING, T. Y.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 273-283, jan. – mar. 2016.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório IBA 2016. São Paulo. 2016.

JANKOWSKY, I. P.; GALVÃO, A. P. M. Influência do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira. *IPEF*, n.18, p. 1-33, 1979.

KLITZKE, R. J.; SAVIOLI, D. L.; BOLZON, G. I.; BATISTA, D. C. Caracterização dos lenhos de cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenae* sp) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. *Scientia Forestalis*, v. 36, n. 80, p. 279-284, 2008.

LATORRACA, J.V.; ALBUQUERQUE, C.E.C. Efeito de rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. *Revista Floresta e Ambiente*, v. 7, n.1, p. 279-291, 2000.

LOPES, G. de A.; GARCIA, J. N. Densidade básica e umidade natural da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associadas aos padrões de casca apresentados pela população. *Scientia Forestalis*, n. 62, p. 13-23, 2002.

LOPES, M. C. Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira. 2003. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MALLAN, F.A. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, IPEF/IPT, Anais... São Paulo, IPEF/IPT, 05-06, abr, p. 1-19, 1995.

MOULIN, J. C.; ARANTES M. D. C.; VIDAURRE G. B.; PAES J. B.; CARNEIRO A. A. O. Efeito do espaçamento, da idade e da irrigação nos componentes químicos da madeira de eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 39, n. 1, p. 199-208, 2015.

OLIVEIRA, J. G. L.; et al. Parâmetros quantitativos da anatomia da madeira de eucalipto que cresceu em diferentes locais. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 559-567, 2012.

SÃO TEAGO, G. B. Qualidade das madeiras de acácia e eucalipto provenientes de cultivo misto visando a produção de celulose. 2012. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

TOLFO, A. L. T.; PAULA R. C.; BONINE C. A. V.; BASSA A.; VALLE C. F. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 67, p. 101- 110, 2005.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. Lavras – MG. UFLA/DCF - Campus Universitário. p. 2 – 4.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; MENDES, L. F. B. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial da amostragem em clones de *Eucalyptus*. Cerne, Lavras, v. 11, n. 2, p. 178-186, jan./jun. 2005.

VITAL, B. R.; PEREIRA, A. R.; DELLA LUCIA, R. M.; ANDRADE, D. C. de. Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado da região do cerrado de Minas Gerais. Brasília/DF, IBDF, ag., 1984. p. 41-52.

WATAI, L. T. Substituição de espécies de madeiras nativas por madeiras de reflorestamento. In: Congresso Florestal Brasileiro. Campos do Jordão. 1990. Anais. São Paulo. SBS/SBEF.1990. v.1. p. 131 – 133.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE PAU-AMARELO (*Euxylophora paraensis*) HUBER

PAULO RENATO SOUZA DE OLIVEIRA¹

Luan F. F. Silva¹

camila cristina soares lobato¹

Darleny Cristina Serrão Penisch¹

Thais Yuri Rodrigues Nagaishi¹

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia



CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE PAU-AMARELO (*Euxylophora paraensis*) HUBER

Resumo: O pau-amarelo é uma espécie amazônica que possui alto valor econômico, devido, sobretudo, as características físicas e mecânicas de sua madeira. Seu uso na construção civil, de designer e decoração indica seu amplo espaço no mercado, onde o processamento primário ou secundário que é realizado tem como consequência direta a produção de resíduos. O uso de biomassa vegetal para fins energéticos deve ser considerado como alternativa de utilização desses resíduos provenientes da cadeia produtiva da madeira serrada, tendo em vista que a conversão integral de madeiras nativas exclusivamente em carvão vegetal não seria algo coerente. Diante disso, o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização física, química e energética de resíduos madeireiros de *Euxylophora paraensis* Huber. Coletaram-se amostras de madeira em uma serraria localizada no município de Paragominas – PA. Em seguida, encaminhou-se as amostras ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus de Belém, para sua caracterização. Os parâmetros físicos avaliados, teor de umidade e densidade básica, foram de 9,8% e 0,7 g.cm⁻³, respectivamente. As características químicas estudadas exibiram teor de materiais voláteis de 82,83% e teor de cinzas de 1,71%, com um teor de carbono fixo de 15,46%. Pelos resultados da análise energética, observou-se um poder calorífico superior médio de 4845 kcal/kg. Os resultados encontrados demonstram potencial utilização dos resíduos de pau-amarelo no processo de produção de bioenergia.

Palavras-chave: espécie amazônica, resíduos, bioenergia.

PHYSICAL-CHEMICAL AND ENERGY CHARACTERIZATION OF PAU-AMARELO (*Euxylophora paraensis*) HUBER

Abstract: Pau-amarelo is an Amazonian species that has a high economic value, mainly due to the physical and mechanical wood characteristics. Used in the civil construction, designer and decoration areas indicates its ample space in the market, where the primary or secondary processing that is carried out has the direct consequence of the production of residues. The use of biomass for energy purposes should be considered as an alternative to the use of these residues coming from the sawn wood production chain, since full conversion of native wood exclusively to charcoal would not be sensible. According to the above, the objective of the present study it was to do the physical, chemical and energetic characterization of wood residues of *Euxylophora paraensis* Huber. Wood samples were collected at sawmill located in the municipality of Paragominas - PA. The samples were then sent to the Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF) of the Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém campus, for their characterization. The physical parameters evaluated, moisture content and basic density were 9.8% and 0.7 g.cm⁻³, respectively. The chemical characteristics studied showed a volatiles matter of 82.83% and ash content of 1.71%, with a fixed carbon content of 15.46%. By the results of the energy analysis, was observed a higher calorific value of 4845 kcal / kg. The results found are positive to indicate the use of pau-amarelo residues for bioenergy.

Keywords: Amazon species, residues, bioenergy.

1. INTRODUÇÃO



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Euxylophora paraensis Huber é uma espécie florestal pertencente à família Rutaceae, conhecida pelos nomes vernaculares: amarelão, amarelo-cetim, limãorana, muiatana, pau-cetim, piquiá-cetim ou pau-amarelo. Tem ocorrência natural nos estados do Amazonas, Pará, Tocantins e Maranhão (PIRANI, 2015). Possui alto valor econômico, devido, sobretudo, as suas características físicas e mecânicas.

O pau-amarelo é utilizado principalmente na construção civil, constituindo estruturas pesadas internas, como: tesouras, vigas e caibros; além de esquadrias: portas, janelas, batentes e caixilhos. A coloração da *E. paraensis* também desperta interesses na área de movelaria, designer e decoração, sendo usada em painéis, forros e assoalhos; além de ser utilizada na confecção de instrumentos musicais (IBAMA, 1997; IPT, 1983).

Somente no Estado do Pará, no ano de 2015, o volume *E. paraensis* extraído legalmente mostra-se significativo, correspondendo a 3 147,455 m³ de madeira em tora (SEMAS, 2015). O vasto uso da espécie implica na produção de resíduos e estes também podem ser utilizados. Independentemente do tipo de indústria madeireira, a geração de resíduos é consequência direta do processamento primário ou secundário da madeira (CERQUEIRA et al., 2012). Os mesmos autores observaram desperdício médio de madeira serrada de 31,4%, em empresas do sul baiano. Para madeira de reflorestamento, as perdas no desdobro e nos cortes de reserra situam-se entre 20% e 40% do volume das toras processadas (FINOTTI et al., 2006). Já Feitosa (2008), exibe um desperdício ainda maior, apenas 35% de cada tora são transformados em produto serrado, de modo que os outros 65% fica como resíduo não aproveitado diretamente pela indústria. De modo semelhante, segundo dados do Serviço Florestal Brasileiro e o Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (2010), o rendimento médio do processamento de madeira em tora é de apenas 41% na Amazônia Legal.

O uso de biomassa vegetal para fins energéticos deve ser considerado como alternativa de utilização dos resíduos provenientes da cadeia produtiva da madeira serrada, tendo em vista que a conversão integral de madeiras nativas exclusivamente em carvão vegetal não seria algo coerente. Nesse ponto, as características físicas e químicas são de grande valor para se verificar a potencialidade energética, devido à relação desses elementos com o poder calorífico (PROTÁSIO et al., 2011).

Diante disto, o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização física, química e energética de resíduos madeireiros de *E. paraensis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de madeira foram coletadas em uma serraria localizada no município de Paragominas – PA, a partir de pranchas retiradas ao longo do tronco, e também entre a medula e a casca. Em seguida, foram preparados os corpos de prova seguindo a NBR 7190 (ABNT, 1997) e encaminhados ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus de Belém. Separaram-se 10 corpos de prova para o ensaio de caracterização física. Outros 10 foram destinados para a caracterização química e energética, sendo escolhidos apenas três, aleatoriamente, para a transformação em cavacos.

2.1 Teor de umidade (TU)

Para aferição deste parâmetro físico, utilizou-se o método gravimétrico, como descrito na NBR 14929 (ABNT, 2003). As amostras foram secas em estufa com circulação

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





forçada de ar a 103 ± 2 °C até massa constante, determinando a massa seca (M_s). A massa foi considerada constante quando a diferença entre duas pesagens consecutivas, com diferença de 24 horas, foi inferior a 1%. O teor de umidade (TU) foi calculado em relação à base úmida, conforme observado na equação (1):

$$TU = \frac{M_u - M_s}{M_s} * 100 \quad (1)$$

Em que:

TU = teor de umidade (%)

M_u = massa úmida (g)

M_s = massa seca (g)

2.2 Densidade básica da madeira (DBM)

A densidade da madeira foi determinada com base na NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2003), onde os materiais foram saturados em água destilada com auxílio de dessecador e bomba à vácuo até atingirem massa constante, em seguida, o volume foi obtido pelo método da balança hidrostática.

Após a determinação do volume saturado dos corpos de prova, esses foram submetidos à secagem em uma estufa a 103 ± 2 °C até atingir a estabilização do peso, condição que caracteriza a ausência completa de água na parede celular, sem se considerar a água de constituição química, o que corresponde ao peso do corpo de prova a 0% de umidade. O cálculo da DBM foi realizado utilizando a seguinte equação (2):

$$DBM = M_s / V_s \quad (2)$$

Em que:

DBM = densidade básica ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

M_s = Massa seca (g)

V = volume do corpo de prova saturado (cm^3)

2.3 Análise química

Para a análise da composição química imediata, que consiste na determinação dos teores de material volátil (TMV), cinzas (TCZ) e carbono fixo (CF), seguiu-se a recomendação da Norma D1762 da American Society for Testing and Material (ASTM, 2013). O material utilizado foi transformado em partículas menores utilizando-se um moinho de facas e então classificado granulometricamente entre 25 e 45 mesh. Para os ensaios, adotaram-se três repetições, em duplicata.

Para determinação do TMV, foram utilizados os cadinhos com tampas, anotando-se os seus respectivos pesos. Em seguida, pesaram-se 2 gramas de material moído e peneirado submetendo-os, posteriormente, à calcinação em um forno elétrico do tipo mufla a 950 °C, durante 6 minutos. O teor de materiais voláteis foi determinado através da equação 3.

$$TMV = \frac{M_s - M_{cal}}{M_s} * 100 \quad (3)$$

Em que:

TMV = Teor de materiais voláteis (%)



Ms = Massa da madeira seca em estufa a $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (g)

Mcal = Massa da madeira após calcinação à 950°C (g)

Para a determinação do TCZ, seguiu-se as recomendações da norma técnica supramencionada, onde os cadinhos sem tampas, contendo as amostras que pesavam 2 gramas, foram acomodados dentro do forno elétrico do tipo mufla e submetidos ao aquecimento a uma temperatura de 750°C , por 6 horas. A seguinte equação (4) proporcionou o resultado:

$$TCZ = \frac{M_f}{M_s} * 100 \quad (4)$$

Em que:

TCZ = Teor de cinzas (%)

Ms = Massa da madeira seca em estufa a $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (g)

Mcal = Massa da madeira após calcinação à 950°C (g)

Após a determinação dos valores de teor de materiais voláteis e teor de cinzas, obteve-se o teor de carbono fixo (CF) pelo modo indireto, de acordo com a equação (5). Usou-se a apenas as médias de TMV e TCZ.

$$CF = 100 - (TMV + TCZ) \quad (5)$$

Em que:

CF = Teor de carbono fixo (%)

TMV = Teor de materiais voláteis (%)

TC = Teor de cinzas (%)

2.4 Análise energética

a. Poder Calorífico Superior (PCS)

Trata-se da quantidade de calor liberadas na combustão completa de uma unidade de massa do combustível. Para encontrar o Poder Calorífico Superior (PCS) foi utilizada a bomba calorimétrica adiabática modelo IKA C-200, pelo método de Berttelot, de acordo com a norma ASTM D5865 – 02. O método se baseia na variação da temperatura da água no tanque durante a combustão da amostra. Para os ensaios, adotaram-se duas repetições, em duplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Valores médios do teor de umidade e densidade básica da madeira de *E. paraensis*.

	TU (%)	DBM ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
Média (%)	9,81	0,70



Desvio padrão	0,08	0,03
CV	0,01	4,64

TU: teor de umidade; DBM: densidade básica da madeira; CV: coeficiente de variação.

O teor de umidade é um parâmetro indicativo para a produção de calor por unidade de massa (VALE et al., 2000), de forma que quanto menor seu valor, maior será o calor obtido no processo de queima. Como observado na tabela 1, o valor médio de TU mostra-se baixo. Segundo Brand (2010), madeiras abaixo de até 30% são ideais para o uso energético, logo, há viabilidade de uso desse material para queima.

Verificou-se densidade básica da madeira (DBM) de $0,7 \text{ g.cm}^{-3}$, valor semelhante ao descrito pelo IPT (1987), de $0,69 \text{ g.cm}^{-3}$. A madeira de *E. paraensis* pode ser definida como média-pesada ($0,65$ a $0,80 \text{ g.cm}^{-3}$) pelo sistema de classificação utilizado por Sternadt (2001) para espécies amazônicas.

Os baixos coeficientes de variação, tanto para TU quanto para DBM, evidenciam a precisão experimental, pois exibe que a variação dos valores obtidos entre as repetições foi pequena.

Tabela 2. Valores médios das propriedades químicas e energéticas da madeira de *E. paraensis*.

	PCS (kcal/kg)	TMV (%)	TCZ (%)	CF
Média (%)	4 845,00	82,83	1,71	15,46*
Desvio padrão	16,97	7,23	0,12	-
CV	0,35	8,73	6,76	-

PCS: poder calorífico superior; TMV: teor de materiais voláteis; TCZ: teor de cinzas; CF: teor de carbono fixo; CV: coeficiente de variação.
Valor obtido a partir das médias de TMV e TCZ*

Observou-se um PCS médio de 4 845,00 kcal/kg na madeira de *E. paraensis*, como pode ser visto na tabela 2. O valor encontrado mostra-se maior que o de espécies amplamente utilizadas para geração de energia. Nos estudos de Nones et al. (2015), obteve-se uma média de PCS de 4131 kcal/kg para *Eucalyptus benthamii*, com idades de 5 e 13 anos; e Vale et al. (2000) observou, em *Acacia mangium*, PCS médio de 4619 kcal/kg. As espécies supracitadas são provenientes de florestas plantadas, logo suas idades são inferiores que a de pau-amarelo, que advêm de vegetação nativa. Dessa forma, se compreende o menor PCS, mas se faz a comparação tendo em vista que estas são as espécies com conhecimentos silviculturais e, portanto, usadas no mercado para fins energéticos. Deve-se ter em mente ainda que a diferença da composição química molecular e elementar afeta o poder calorífico da madeira.

Moutinho et al., (2016) observou um PCS em uma faixa de 4 615 a 4 794 kcal/kg para três espécies da Amazônia, o que exibe que até mesmo em comparação espécies de



vegetação madura, portanto, que possuem idades maiores que as de plantios comerciais, o poder calorífico de *E. paraensis* é superior.

A análise imediata exibiu valor médio de TMV de 82,83%. Esse parâmetro é indicativo da facilidade de ignição da biomassa, da estabilidade da chama e sua velocidade de combustão (SOUZA et al., 2016). Desse modo, observa-se que o alto teor de voláteis observado para o pau-amarelo indica a facilidade do material para a ignição e a combustão. A madeira de *E. paraensis* também mostrou-se em consonância com os valores encontrados por Nones et al. (2015) em *E. benthamii*, que obteve valores entre 81,4% e 82,74%.

O teor de cinzas é a massa do resíduo sólido inorgânico, constituído de minerais que não atuam no processo de geração de energia e, em contrapartida, podem reduzi-lo se estiverem em níveis significativos (ARANTES, 2009). O TCZ médio obtido mostra-se inferior a 2%; muito embora o resultado seja maior que o encontrado por Protásio et al. (2014), que observou em seu estudo TCZ de 0,53% e 0,23% para as madeiras de clones de *Eucalyptus spp.* com 46 e 58 meses, respectivamente; ainda se verifica um valor baixo de cinzas para a madeira de *E. paraensis*. Já nos estudos de Moutinho et al. (2011), o teor de cinzas para seis diferentes espécies de matá-matá (*Eschweilera Mart Ex Dc*) foi maior (média de 2,45%). De acordo com Trugilho (1996), isso pode ser devido ao processo de formação do cerne, quando existe maior deposição de compostos minerais na parede celular.

O teor de carbono fixo é um fator expressivo na qualidade de madeira para energia. Quanto mais elevado esse for, melhor será a eficiência do uso da biomassa para energia (SOUZA et al., 2016). Brito e Barrichelo (1982) preconizam que o teor de carbono fixo na madeira deve estar entre 15% a 25%. Dessa maneira o valor encontrado no presente estudo (15,76%) está dentro do intervalo definido. Muito embora outras espécies amazônicas, como o cardeiro (*Scleronema micranthum* Ducke), cedrinho (*Scleronema sp.*), louro (*Ocotea sp.*) e piquiarana (*Caryocar villosum* Pers.) apresentem CF que variam entre 16,99 e 18,94 % (SILVA et al, 2014).

4. CONCLUSÕES

Os parâmetros físicos avaliados, teor de umidade e densidade básica, são positivos para indicar a *Euxylophora paraensis* Huber como biomassa para energia. O baixo TU colabora com uma maior produção de calor na combustão da madeira e o DMB considerado médio-pesado exibe que há um bom conteúdo calórico a ser utilizado.

Da mesma maneira, as análises química e energética apresentam características ótimas para o uso dos resíduos da madeira estudada como produto energético. O TMV (82,83%) é indicativo de uma rápida ignição, o TCZ (1,71%) sugere uma baixa influência das cinzas no processo de combustão e o CF é satisfatório como conteúdo disponível para uma queima.

Recomenda-se, no entanto, que sejam feitos estudos acerca da composição química molecular e elementar desta espécie para dar mais embasamento a futuras pesquisas.

5. AGRADECIMENTOS

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Os autores agradecem ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF) da Universidade Federal Rural da Amazônia pelo apoio prestado ao desenvolvimento desse trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM). **D5865**. Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. West Conshohocken, PA, 2013.

ARANTES, M.D.C. **Variação das características da madeira e do carvão de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake** [tese]. Lavras: Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras; 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11941**: determinação de densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14929**: Madeira, determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. p. 114, 2010.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: **Seminário De Abastecimento Energético Industrial Com Recursos Florestais**, 2ed, 1982, São Paulo. São Paulo, 1982. p. 101-137.

CERQUEIRA, P. H. A. D.; CORREIA VIEIRA, G.; MAGALHÃES BARBERENA, I.; CLÍMACO MELO, L.; FREITAS, L. Análise dos resíduos madeireiros gerados pelas serrarias do município de Eunápolis-BA. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 506-510, 2012.

FEITOSA, B.C. Aproveitamento dos resíduos de madeira no Pará Disponível em: <<http://bit.do/djuN2>>. Acesso em 1 de março de 2017.

FINOTTI, A.R.; SCHNEIDER, V.E.; WANDER, P.R.; HILLIG, E.; SILVA, M.D.A. Uso energético de resíduos de madeira na cadeia produtiva de madeira/móveis e possibilidades de geração de créditos de carbono. **Pólo Moveleiro da Serra Gaúcha-Sistemas de gerenciamento ambiental na indústria moveleira**. Educs, p. 191-230, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras. São Paulo: IPT, 1983. 241p.

MOUTINHO, V. H. P.; ROCHA, J. J. M.; AMARAL, E. P.; MEDEIROS SANTANA, L. G.; ÁGUIAR, O. J. R. Propriedades Químicas e Energéticas de Madeiras Amazônicas do Segundo Ciclo de Corte. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 443-449, 2016.



MOUTINHO, V. H. P.; COUTO, A. M.; LIMA, J. T.; AGUIAR, O. J. R. D.; NOGUEIRA, M. D. O. G. Energetic characterization of Matá-Matá wood from the Brazilian rainforest (*Eschweilera Mart Ex Dc*). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 457-461, 2011.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB; INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA – IMAZON. A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados. Relatório CDD: 333.7509811, 20 p. 2010.

NONES, D. L.; BRAND, M. A.; CUNHA, A. B.; CARVALHO, A. F.; WEISE, S. M. K. Determinação das propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal produzido a partir de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 57-64, 2014.

PIRANI, J.R. **Euxylophora in Lista de Espécies da Flora do Brasil, Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB620>>. Acesso em: 05 mar 2017.

PROTÁSIO, T. P., BUFALINO, L., TONOLI, G. H. D., COUTO, A. M., TRUGILHO, P. F., JÚNIOR, M. G. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 113, 2011.

PROTÁSIO, T. P.; NEVES, T. A.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Efeito da idade e clone na qualidade da madeira de *Eucalyptus spp.* visando à produção de bioenergia. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 465-477, 2014.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE/PARÁ – SEMAS/PA. Extração e Movimento de Toras de Madeira Nativa. Período de 1/1/2015 até 31/12/2015. Dados., Belém, PA, 2015.

SILVA, D. A. D.; ALMEIDA, V. C.; VIANA, L. C.; KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B. D. Avaliação das propriedades energéticas de resíduos de madeiras tropicais com uso da espectroscopia NIR. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 561-568, 2014.

SOUZA, N. D.; AMODEI, J. B.; XAVIER, C. N.; JÚNIOR, A. F. D.; CARVALHO, A. M. Estudo de Caso de uma Planta de Carbonização: Avaliação de Características e Qualidade do Carvão Vegetal Visando Uso Siderúrgico. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 270-277, 2016.

STERNADT, G.H. 2001. **Trabalhabilidade de 108 espécies de madeiras da região Amazônica**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Laboratório de Produtos Florestais, Brasília, DF, 2001, 106p.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.1-15, 1996.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; CARVALHO, C. M. de; VEIGA, R. A. de A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação, **Cerne**, Lavras, v.6, n.1, p.83-88, 2000.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DOS FEIXES DE FIBRAS DE CURAUÁ

Odayanne Vieira Pires¹

Michael cris Bonfim¹

Letícia Figueiredo de Almeida¹

Victor Moutinho²

Thiago Augusto de Sousa Moreira³

Bruno Monteiro Balboni⁴

¹ Instituto de Biodiversidade e Florestas / Universidade Federal do Oeste do Pará

² Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)

³ Instituto de Engenharia e Geociências / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁴ Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará



CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DOS FEIXES DE FIBRAS DE CURAUÁ

Resumo: Os feixes de fibras naturais vêm sendo muito cobiçados, principalmente por possuir a capacidade para a substituição das fibras sintéticas em diversos setores industriais. São materiais sustentáveis, leves, com baixo custo e grande abundância, possuindo em sua composição celulose, hemicelulose e lignina. Diante dos muitos feixes de fibras naturais, o curauá é que vem se destacando entre as pesquisas para produção de compósitos, reforços, etc. Tendo em vista sua importância, este trabalho tem o objetivo de comparar sua resistência à tração utilizando duas variedades (branco e roxo). Foram utilizados 50 feixes de fibras de curauá branco e 50 feixes de fibras de curauá roxo, escolhidos aleatoriamente para a determinação de seu diâmetro e para a confecção dos corpos de prova para o ensaio mecânico na máquina universal de ensaio EMIC DL 30000, com célula de carga de 5kN e velocidade de ensaio de 0,1 mm/min. Os dados foram aplicados na estatística de Wilcoxon que mostraram que há diferenças entre as médias de diâmetro (μm), mas entre as médias de tensão máxima (MPa) não houveram diferenças. Pode-se concluir então que os feixes de fibras de curauá roxo apresentaram maior diâmetro, porém sua resistência não diferiu estatisticamente do curauá branco.

Palavras-chave: Sustentáveis, Resistência à tração, Wilcoxon.

MECHANICAL CHARACTERIZATION OF FIBER BEAMS OF CURAUÁ

Abstract: The bundles of natural fibers have been highly coveted, mainly because they have the capacity to replace the synthetic fibers in several industrial sectors. They are sustainable materials, light, with low cost and great abundance, possessing in its composition cellulose, hemicellulose and lignin. Faced with the many bundles of natural fibers, curauá has been standing out among the researches for the production of composites, reinforcements, etc. Considering its importance, this work aims to compare its resistance to traction using two varieties (white and purple). Fifty bundles of white curauá fibers and 50 bundles of purple curauá fibers, randomly selected for the determination of their diameter and for the preparation of the test specimens for the mechanical test in the EMIC DL 30000 universal test machine with a Load of 5kN and test speed of 0.1 mm / min. The data were applied in the Wilcoxon statistic that showed that there are differences between the averages of diameter (μm), but between the average of maximum tension (MPa) there were no differences. It can be concluded that the bundles of purple curauá fibers had a larger diameter, but their resistance did not differ statistically from the white curauá.

Key words: Sustainable, Tensile Strength, Wilcoxon.

1. INTRODUÇÃO

As utilizações dos feixes de fibras naturais vêm crescendo progressivamente nos últimos anos, como um substituto das fibras sintéticas em diferentes setores industriais, tais como embalagens, automóveis e até mesmo no setor da construção civil (WAMBUA et al., 2003), tendo como principal vantagem seu baixo custo, abundância e biodegradabilidade.

Os feixes de fibras vegetais são materiais sustentáveis que, quando adicionados em componentes construtivos, promovem leveza ao material, permitem o baixo custo na produção, além de melhorar propriedades mecânicas destes componentes, principalmente a resistência ao impacto (MAGALHÃES, 2009). Há uma grande confusão em relação ao que chamam de “fibras”, pois estas são na verdade, feixes de fibras que contêm em si várias células (fibras), que são formadas por microfibrilas cristalinas constituídas de celulose, que estão conectadas por meio de uma camada amorfa formada de lignina e hemicelulose (TOMCZAK, 2010). Podem ser denominados feixes de fibras celulósicas, visto que a



celulose é o seu principal componente químico, ou ainda por feixes de fibras lignocelulósicas quando levada em consideração que contém lignina, um polímero polifenólico natural (PUKANSKY, 2005).

Segundo Spinacé et al. (2012), os feixes de fibras lignocelulósicas possuem três componentes principais: hemicelulose (20 a 40% em massa), celulose (40 a 60% em massa) e lignina (10 a 25% em massa). Para eles, dentre os feixes lignocelulósicas com potencial de aplicação na área de polímeros reforçados, destacam-se os extraídos das folhas do curauá. Este tem recebido atenção especial dos pesquisadores, por possuir propriedades mecânicas adequadas para reforços em relação a outros feixes vegetais. Seu feixe de fibra extraído contém 73,6 % de celulose, 9,9 % de hemicelulose, 7,5 % de lignina e 0,9 % de teor de cinzas (FARUK et al., 2012).

O curauá, de distribuição natural na Região Amazônica, é uma planta herbácea pertencente à família das bromélias (Bromeliaceae) e possui folhas retas e duras que podem chegar a 1,5m de comprimento e 4cm de largura (TOMCZAK, 2010). Existem quatro variedades de curauá: branco, roxo, vermelho e branco brilhante, sendo os mais comuns o roxo, com folhas roxo-avermelhadas, e o branco, com folhas verdes (SILVA e AQUINO, 2008).

Diversos pesquisadores têm desenvolvido trabalhos utilizando feixes de fibras de curauá para o desenvolvimento de compósitos: compósitos de acetato de celulose plastificado com os feixes de curauá tratados e não tratados com CO₂ supercrítico (GUTIÉRREZ et al., 2012); compósitos de matriz poliéster reforçada com até 30% em peso de feixes contínuos e alinhados de curauá sem qualquer tratamento e sem adição de produtos químicos que aumentassem o acoplamento feixe/matriz (MONTEIRO et al., 2006); compósitos de poliuretano (MOTHÉ et al., 2004); compósitos com matriz de resina epóxi (ROCHA et al., 2014); compósitos de poliamida-6, substituindo a fibra de vidro (SANTOS et al., 2009); compósito híbrido interlaminar curauá/vidro/resina poliéster insaturado mantendo os feixes de curauá nas camadas centrais do laminado (ANGRIZANI, et al., 2014) e compósitos de curauá e sisal, usando o polipropileno e o polietileno de alta densidade (SPINACÉ, et al., 2011). Estudos também avaliaram sua aplicação como reforço estrutural de vigas de madeira laminada colada (DONADON, et al. 2016); como reforço de matriz termoplástica de biopolietileno de alta densidade (CASTRO, et al., 2013); modificadas quimicamente e inseridas com uma camada condutora de polianilina (SOUZA JR., et al., 2010); utilizadas juntamente com sisal para reforçar matrizes de solo (PINTO, 2008) e na produção de painéis de cimento Portland (BILCATI, 2015).

No Brasil e no exterior, os feixes de fibras de curauá vêm apresentando resultados significativos nas pesquisas, o que os tornam um dos mais promissores entre as espécies produzidas na Amazônia brasileira (OLIVEIRA et al., 2008). Tendo em vista grandes interesses, o objetivo deste trabalho é comparar sua resistência à tração utilizando duas variedades de curauá mais abundantes, branco e roxo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os feixes de fibras de curauá branco foram adquiridos de um produtor rural da região do baixo amazonas, na forma como é comercializada no mercado. Os feixes de fibras de curauá roxo foram obtidos na forma *in natura* de um plantio residencial; os quais foram desfibrados manualmente, lavados, colocados para secar e penteados para a confecção dos corpos de prova.

2.1. Geometria da fibra

Foram utilizados 50 feixes de fibras de curauá branco e 50 feixes de fibras de curauá roxo, escolhidos aleatoriamente, em seguida submetidos à temperatura de 80°C por 24h na estufa para retirada da umidade. Posteriormente, foram inseridos em tubos cilíndricos com 2



cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro; preenchidos com cera para o corte transversal dos feixes e coloridos com safranina para sua melhor visualização no estéreo microscópio. O diâmetro dos feixes foi determinado através de sua área, mensurada com o auxílio do programa ImageJ (RASBAND, 2011).

2.2. Ensaio mecânico

As confecções dos corpos de prova foram baseadas nos métodos de Caldas (2014), porém com algumas modificações na distância entre garras e materiais utilizados. Os feixes foram cortados no comprimento de 60 mm, colados suas extremidades com cola *super bonder* Loctite no papel cartão (Figura 1).

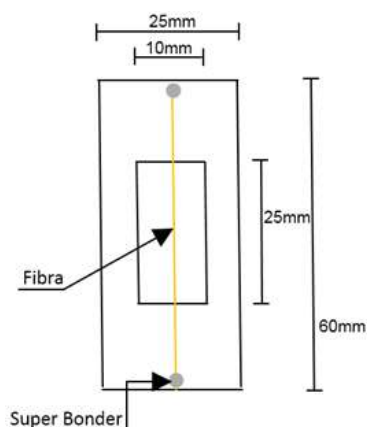


Figura 1. Dimensões do corpo de prova de curauá.

Fonte: Próprio autor (2017).

Os ensaios de resistência à tração foram realizados em uma máquina universal de ensaio modelo EMIC DL 30000 (Figura 2), com célula de carga de 5kN, baseados nos métodos de Caldas (2014), mas com modificações na velocidade de ensaio de 0,1 mm/min; sendo a distância entre garras de 25 mm.



Figura 2. Disposição do corpo de prova na máquina.

Fonte: Próprio autor (2017).



2.3. Análise dos Dados

Os dados das duas variedades de curauá foram aplicados na estatística descritiva (média, desvio padrão, máximo e mínimo) e comparados estatisticamente seu diâmetro e tensão máxima.

O teste estatístico Wilcoxon, a 95% de probabilidade, foi utilizado, pois os dados não apresentaram as prerrogativas para o uso do teste T; não tinham distribuição normal e homogeneidade nas variâncias. As estatísticas descritivas, os testes e as análises gráficas foram realizadas utilizando-se o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Como se pode observar na figura 3A, há diferença significativa no diâmetro das duas variedades de curauá (valor $p = 0,001279$), com médias de 76,7 μm para o branco e 89,5 μm para o roxo. Silva e Aquino (2008) descrevem valores de 60-100 μm para o branco e 49-93 μm para o roxo. Monteiro et al. (2006) encontraram para o curauá branco a média de 170 μm de diâmetro. Quando comparados com outras fibras vegetais encontramos: coco 131-229 μm (TOMCZAK, 2010), sisal 229 μm (PINTO, 2008), ramie 50 μm (ALI, 2009), juta 40-350 μm (LI, et al., 2007), talipot 200-700 μm (SATYANARAYANA, et al., 1990), carbono 5-15 μm , aramida 12-15 μm (BALSEIRO, 2007), e palma 400-490 μm (RAO e RAO, 2007).

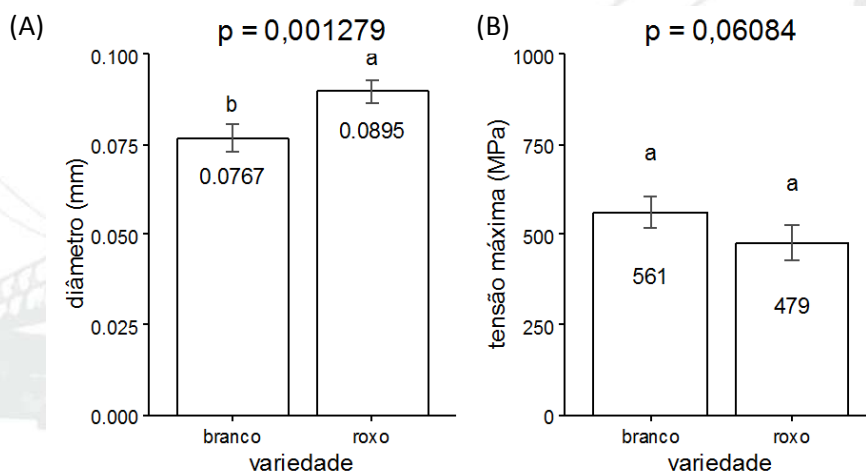


Figura 3. Comparação de médias entre as variedades de curauá branco e roxo; média do diâmetro (A) e média da tensão máxima(B). 'P' indica o valor de probabilidade do teste de Wilcoxon.

Quando avaliados os resultados do ensaio de tração de ambas as variedades de curauá (figura 3B), nota-se que não há diferença estatística em relação à tensão de ruptura (valor $p = 0,06084$). Apesar de não apresentar diferença estatística, o valor do teste foi bastante próximo do nível de significância adotado, 5%. Uma análise com maior quantidade de dados e que apresente distribuição normal, permitindo a utilização do teste T, pode trazer um resultado mais taxativo quanto à diferença ou não da resistência dos feixes de fibra entre os curauás branco e roxo.

Comparando-se os resultados do presente estudo com o de outros autores que estudaram a resistência dos feixes de fibras de diferentes espécies (tabela 1), observamos que as variedades de curauá possuem uma resistência menor em comparação ao sisal que é um feixe de fibra muito conhecido no mercado; o que para Silva e Aquino (2008) a variação dimensional ao longo do comprimento dos feixes e a diversidade de suas formas



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

influenciam nos resultados do teste de tração, sendo a resistência mecânica determinada principalmente pela celulose contida.

Tabela 1. Comparativos da resistência à tração de feixes fibrosos

Feixes	Resistência à tração (MPa)	Autores
Curauá branco	561 859-1404	Presente trabalho Silva e Aquino (2008)
Curauá roxo	479 665-1300	Presente trabalho Silva e Aquino (2008)
Sisal	606,4	Caldas, (2014)
Coco in natura	110,87	Bedin, (2014)
Coco modificado	97,84	
Bamboo	106-204	Monteiro, et al. (2011)
Buriti	129-254	
Piaçava	109-1750	
Ramie	400-1620	

Inicialmente, o presente estudo visava comparar com os comprimentos das células que compõem os feixes de fibras, buscando averiguar se há uma correlação entre estas variáveis. Contudo, o método utilizado para separação destas células, Franklin (1945), não se demonstrou adequado. As fibras dos feixes são muito longas, sofrendo ruptura durante sua separação mecânica após a retirada da lignina, componente que une as células vegetais. Com isso não foi possível a mensuração do comprimento das fibras para checar sua influência na resistência à tração dos feixes.

4. CONCLUSÃO

Pôde-se concluir que os feixes de fibras do curauá roxo possuem os maiores diâmetros, 17% maiores do que o curauá branco.

Não foi observada diferença estatística na resistência à tração dos feixes de fibras nas duas variedades estudadas, porém um maior número amostral pode trazer maiores esclarecimentos, já que, o valor p do teste (0,06084) foi muito próximo do nível de significância, 0,05.

Uma nova metodologia é necessária para a separação das fibras contidas nos feixes, de forma a possibilitar sua mensuração.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M. Natural fibers as construction materials. Nonconventional materials and technologies. In: Proceedings of the 11th international conference on non-conventional materials and technologies, Bath, UK, 2009.

ANGRIZANI, C.C.; AMICO, S.C.; CIOFFI, M.O.H.; ZATTERA, A.J. Influência da Espessura nas Propriedades Mecânicas de Compósitos Híbridos Interlaminares de Curauá/Vidro/Poliéster. *Polímeros*, vol. 24, n. 2, p. 184-189, 2014.

BALSEIRO, A.M.R. Reforço e reabilitação de vigas de madeira por pré-esforço com laminados FRP. 2007, p. 144. Dissertação (Mestrado em Reabilitação do Patrimônio Edificado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BEDIN, M.G. Compósito com polietileno de baixa densidade e fibra de coco in natura e modificada. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais). 2014. 85p. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

BELTRAMI, L.V.R.; SCIENZA, L.C.; ZATTERA, A.J. Efeito do Tratamento Alcalino de Fibras de Curauá sobre as Propriedades de Compósitos de Matriz Biodegradável. *Polímeros*, vol. 24, n. 3, p. 388-394, 2014.

BILCATTI, G.K. Produção de painéis de cimento portland reforçados com fibra de curauá (*Ananas erectifolius*). 2015. 100p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CALDAS, B.G.S. Estrutura sanduíche de matriz poliéster reforçado com tecido de sisal conformado por infusão a vácuo. 2014. p. 102. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

CASTRO, D.O., FROLLINI, E.; MARINI, J.; RUVOLLO FILHO, A. Preparação e Caracterização de Biocompósitos Baseados em Fibra de Curauá, Biopolietileno de Alta Densidade (BPEAD) e Polibutadieno Líquido Hidroxilado (PBHL). *Polímeros*, vol. 23, n. 1, p. 65-73, 2013.

DONADON, B.F.; MASCIA, N.T.; TRAUTWEIN, L.M.; HAKAMADA, A.; BERTOLINE, C.A.A. Utilização de fibras naturais de curauá e sisal para reforço de vigas de madeira laminada colada. In: XV Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2016.

FARUK, O.; BLEZKI, A. K.; FINK, H. P.; SAIN, M. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010. *Progress in Polymer Science*, n. 37, p. 1552-1596, 2012.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood - resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature* 155: 51.1945.

GHAVAMI, K.; TÔLEDO FILHO, R. D.; BARBOSA, N. P. Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. *Cement & Concrete Composites*, 1999. vol. 21, p. 39-48.

GUTIÉRREZ, M.C.; ROSA, P. DE T.V., DE PAOLI, M.A.; FELISBERTI, M.I. Biocompósitos de Acetato de Celulose e Fibras Curtas de Curauá Tratadas com CO₂ Supercrítico. *Polímeros*, vol. 22, n. 3, p. 295-302, 2012.

LI, X.; TABIL, L.G.; PANIGRAHI, S. Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: a review. *J Polym Environ* 2007; 15: 25–33.

MAGALHÃES, A. C. T. V. Estudo de fibras vegetais, mucilagem de cacto e gesso e componentes construtivos. 2007. 123p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2009.

MONTEIRO, S.N.; AQUINO, R.C.M.P; LOPES, F.P.D; CARVALHO, E.A.; ALMEIDA, R.M. Comportamento Mecânico e Características Estruturais de Compósitos Poliméricos Reforçados com fibras contínuas e alinhadas de Curauá. *Revista Matéria*, v. 11, n. 3 p. 197 – 203, 2006.

MONTEIRO, S.N.; LOPES, P.D.; BARBOSA, A.P.; BEVITORI, A.B.; SILVA, I.L.A. DA.; COSTA, L.L. DA. Natural Lignocellulosic Fibers as Engineering Materials—An Overview. *Metallurgical and Materials Transactions*. v. 42A, 2011. p. 2963-2974.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MOTHE, C.G.; ARAUJO, C.R. de. Thermal and mechanical characterization of polyurethane composites with curaua fibers. *Polímeros*, v.14, p.274-278, 2004.

OLIVEIRA, E. C. P.; LAMEIRA, O. A.; SOUSA, F. I. B.; SILVA, R. J. F. Estrutura foliar de curauá em diferentes intensidades de radiação fotossinteticamente ativa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 43, n. 2, p. 163-169, 2008.

PINTO, A. R. G. Fibra de curauá e sisal como reforço em matrizes de solo. Rio de Janeiro, 2008, 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC - Rio).

PUKANSZKY, B. Interfaces and interphases in multicomponent materials: past, present, future. *European Polymer Journal*, v. 41, p. 645–662, 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. "R: A Language and Environment for Statistical Computing". R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria, 2014. URL: <http://www.r-project.org>

RAO K, M.M.; RAO K, M. Extraction and tensile properties of natural fibers: vakka, date and bamboo. *Compos Struct* 2007; 77: 288–295.

RASBAND, W.S. ImageJ. U.S. National Institute of Health, Bethesda, Maryland, USA, (1997-2011) <http://imagej.nih.gov/ij/>

ROCHA, I.G., LADCHUMANANANDASIVAM, R., GALVÃO, A.O., COELHO, M.P.G. Compósito unidirecional de fibra de curauá com resina epóxi: estudo das propriedades mecânicas. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, 2014.

SANTOS, P.A.; SPINACÉ, M.A.S.; FERMOSELLI, K.K.G.; DE PAOLI, M.A. Efeito da Forma de Processamento e do Tratamento da Fibra de Curauá nas Propriedades de Compósitos com Poliamida-6. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 19, n. 1, p. 31-39, 2009.

SATYANARAYANA, K.G.; SUKUMARAN, K.; MUKHERJEE, P.S.; PAVITHRAN, C.; PILLAI, S.G.K. Natural fiber–polymer composite. *Cement Compos* 1990; v. 12: p. 117–136.

SILVA, R. V.; AQUINO, E. M. F. Curaua fiber: a new alternative to polymeric composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, v. 27, n. 1, 2008.

SOUZA JUNIOR, F.G. de; PICCIANI, P.H.S.; ROCHA, E.V. da; OLIVEIRA, G.E. de. Estudo das Propriedades Mecânicas e Elétricas de Fibras de Curauá Modificada com Polianilina. *Polímeros*, vol. 20, n. especial, p. 377-382, 2010.

SPINACÉ, M.A.S.; JANEIRO, L.G.; BERNADINO, F.C.; GROSSI, T.A.; PAOLLI, M.A. Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal x curauá. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 21, n 3, São Carlos, 2011.

TOMCZAK, F. Estudos sobre as propriedades de fibras de coco e curauá no Brasil. 2010. 135p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Paraná, 2010.

VANI, G.C.; CARDOSO, P.H.S.; GUIMARÃES, V.A.; ISRAEL, C.L. comparação das propriedades mecânicas de compósitos prfv obtidos pelos processos de laminação contínua e pultrusão. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2014, Cuiabá, MT.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

WAMBUA, P.; IVENS, J.; VERPOEST, I. Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics? *Composite Science and Technology*, v. 63, p. 1259-1264, 2003.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.

Rossana Cortelini da Rosa¹
Bruna Mohr Giesbrecht¹
Cristiane Pedrazzi¹
Dione Dambrós Raddatz¹
Ronan Corrêa¹
Marina Gentil¹
Rodrigo Coldebella¹
Fernanda Regina Andrade¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria / Departamento Ciências Florestais



CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.

Resumo: A caracterização química é um parâmetro importante a ser avaliado em qualquer espécie florestal. A espécie *Ilex paraguariensis* (erva-mate) é consumida em grande escala na forma de chimarrão e chá, principalmente na região Sul do Brasil, sendo sua madeira pouco estudada. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi a quantificação dos componentes químicos da madeira de erva-mate, visando o conhecimento de suas características para a indicação de possíveis usos. Os componentes químicos quantificados foram: cinzas (norma TAPPI T211 om-93), extrativos totais (norma TAPPI T264 cm-97), lignina insolúvel Klason (norma TAPPI T222 om-98), holocelulose (segundo Wise et. al, 1946), Alfa-celulose (norma TAPPI T203 cm-99). Os componentes quantificados destoaram daquilo que é esperado para madeiras de folhosas, com altos teores de cinzas (1,1%), extrativos (9,2%) holocelulose (81,2%) e teor de Alfa-celulose de 41,3%, bem como baixos teores de lignina (9,6%). Estas características indicam que a espécie pode ser adequada para a produção de polpa celulósica, não sendo indicada para fins energéticos.

Palavras-chave: Erva-mate, composição química, qualidade da madeira.

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. WOOD

Abstract: The chemical characterization is an important parameter to be evaluated in any forestry species. *Ilex paraguariensis* is consumed in a great scale in the form of chimarrão and tea, mostly in Southern of Brazil, being its wood poorly studied. This way, the aim of this work was to quantify the chemical components of maté wood, aiming the knowledgment of its characteristics to designate its uses. The chemical components quantifyied were: ashes (TAPPI T211 om-93 standart), total extractives (TAPPI T264 cm-97 standart), Klason lignin (TAPPI T222 om-98 standart) holocellulose (Wise et al.,1946) and alpha cellulose (TAPPI T203 cm-99 standart). The quantifyied components differed from what it is expected from hardwoods, with high contents of ashes (1,1%), extractives (9,2%), holocellulose (81,2%) and alpha cellulose content of 41,3%, as well as the low content of lignin (9,6%). This characteristics indicate that the specie may be appropriated to the pulp production, and not indicated for energy purposes.

Keywords: Maté, chemical composition, wood quality.

1. INTRODUÇÃO

A *Ilex paraguariensis* (erva-mate) é consumida em grande escala na forma de chimarrão e chá, principalmente na região Sul do Brasil, onde cerca de 80% da produção brasileira de erva-mate destinam-se ao mercado interno, sendo que 96% são consumidas como chimarrão e 4% na forma de chás e outros usos (WINGE, 1996). Ainda segundo o autor, existe uma crescente alta na demanda desses produtos no mercado internacional, devido suas propriedades químicas (teor de cafeína e teobromina), e ainda uma gama de novos produtos, como energéticos, cosméticos entre outros, representando nos dias de hoje o principal produto não madeireiro do agronegócio florestal no Sul do Brasil.

Segundo Gerhardt (2009) os sistemas de produção de *Ilex paraguariensis* ainda sofrem com a precariedade e falta de tecnologia quando comparados a outros cultivos tradicionais, tendo assim um caráter extrativista, independentemente de ser plantada ou na forma nativa.



Muitos produtores ainda não levam em consideração os aspectos como qualidade genética, proteção vegetal, nutrição, época de plantio e colheitas, afetando assim o desempenho dos ervais (GOULART; PENTEADO, 2016).

A erva-mate varia de arvoreta a árvore, quando cultivada em plantios homogêneos sua altura oscila entre 3 a 5 m, porém na floresta sua altura pode chegar até 30m e o DAP pode alcançar até 100 cm na fase adulta, é uma espécie perenifólia, ou seja, tem folhas persistentes durante o ano todo (CARVALHO, 2003).

De acordo com Carvalho (2003), o sistema sexual da planta é dioico, com flores diclinas, sendo um dos sexos abortivos, após aproximadamente seis anos de idade as plantas femininas apresentam 15,1% a mais de massa foliar que as masculinas. A espécie é tolerante ao sombreamento, sua regeneração é facilitada quando os estratos arbóreos, arbustivos e herbáceos são ralos.

A distribuição geográfica da erva-mate é ampla, abrangendo os países da Bolívia, Paraguai, Argentina, Uruguai e Brasil, sendo que no Brasil a ocorrência vai de Mato Grosso do Sul ao Rio Grande do Sul (SOBRAL et al., 2006). Os autores Oliveira e Rotta (1983), descrevem a área total de ocorrência em aproximadamente, 540.000 km², situadas entre as latitudes de 21°S a 30°S e longitudes de 48°30'W a 56°10'W.

A ocorrência natural dá-se preferencialmente em altitudes compreendidas entre 500 e 1.500 m, podendo ocorrer em regiões situadas fora desses limites. As condições edafoclimáticas propícias para o crescimento adequado da espécie, conforme a classificação climática descrita por Köppen, encontram-se nos tipos climáticos Cfb, seguido pelo Cfa respectivamente (ROSSA, 2013).

A caracterização química é um parâmetro importante a ser avaliado em qualquer espécie florestal. Segundo Coldebella (2015), toda madeira é composta por quantidades variáveis de cinzas (minerais), extrativos, lignina e carboidratos, seja entre espécies ou até mesmo entre indivíduos de mesma espécie, fato este, que pode determinar o uso mais indicado da espécie.

Sabendo-se que a composição química é essencial para o entendimento de como esse material comporta-se, o objetivo deste trabalho foi a quantificação dos componentes químicos da madeira de *Ilex paraguariensis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

O material utilizado no trabalho foi retirado de um povoamento de erva-mate situado na área do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, sendo sorteadas ao acaso três árvores para obtenção dos dados.

Seguindo a norma TAPPI (T 264 om – 88), foram retirados discos de aproximadamente 5 cm de altura, a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, onde o diâmetro possuía 3cm. Estes discos foram seccionados em cunhas, sendo utilizadas duas cunhas opostas para as análises químicas que foram transformadas em palitos e posteriormente moídas em moinho do tipo Willey. A serragem obtida foi classificada em peneiras vibratórias na fração 40/60 mesh e armazenadas em frascos de vidro até a utilização. As análises foram realizadas em triplicata para maior confiabilidade dos dados.

2.2 Cinzas

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Seguindo a norma TAPPI (T 211 om-93), para determinação da taxa de minerais, por incineração, adicionou-se 2g de amostra em cadinhos de porcelana, que permaneceram na mufla durante três horas na temperatura de 525°C. Após este período, determinou-se o teor de cinzas gravimetricamente.

2.3 Extrativos totais

Seguindo a norma TAPPI (T264 cm-97, adaptada), o material foi extraído em aparelhos de Soxhlet durante sete horas com uma solução de álcool e tolueno 1:2, posteriormente mais cinco horas com álcool 98%. Após o processo de extração, a amostra foi levada ao banho-maria à 95°C durante uma hora, e, ao final do processo realizou-se a filtragem com auxílio da bomba de vácuo e água destilada quente. A amostra foi levada para estufa a 105°C até atingir peso constante.

2.4 Lignina

Seguindo a norma TAPPI (T 222 om-98), foi utilizado 1g de serragem livre de extrativos, adicionados 15 ml de ácido sulfúrico à 72% que reagiram com a amostra por duas horas na temperatura de 20°C. Decorridas às duas horas, foi adicionada água destilada na amostra e esta foi transferida para banho-maria à 100°C onde permaneceu durante quatro horas, sendo em seguida filtrada com auxílio da bomba de vácuo e levada para estufa a 105°C por oito horas, para posterior pesagem.

2.5 Holocelulose

Seguindo a metodologia de Wise et al. (1946), em banho-maria à 70°C, foram adicionados serragem livre de extrativos, 2g de cloreto de sódio, 4g de acetato de sódio e 4ml de ácido acético glacial juntamente com 80ml de água deionizada quente. Transcorrido metade do tempo da reação, repetiu-se a adição dos reagentes, e ao final de quatro horas, as amostras foram filtradas em cadinho filtrante de porosidade média com 1000 ml de água quente destilada, a fim de neutralizar o Ph, e em seguida, levadas para estufa à 70°C por oito horas para posterior pesagem.

2.6 Alfa celulose

Seguindo a norma TAPPI (T203 cm – 99), em um almofariz foram adicionados 1g da fração holocelulose da madeira com 15 ml de hidróxido de potássio a 17,5%, deixando-se reagir por dois minutos, e, posteriormente, macerou-se a mistura durante oito minutos. Após a maceração, foi realizada a filtragem com água destilada quente e a amostra levada à estufa a 70°C para posterior pesagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar que todos os componentes quantificados no trabalho destoam dos teores normalmente encontrados em espécies de folhosas. Para mérito de comparação e melhor entendimento das características químicas, foram utilizados valores de literatura das



espécies *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, sendo estas amplamente cultivadas no Brasil.

Tabela 1. Composição química de *Ilex paraguariensis* e outras espécies

Espécies	TC(%)	ET(%)	TL(%)	TH(%)	Tα(%)
<i>Ilex paraguariensis</i> (Este trabalho)	1,1	9,2	9,6	81,2	41,3
<i>Eucalyptus saligna</i> (TRUGILHO et al. 1996)	0,5	4,5	26,0	69,9	-
<i>Pinus elliottii</i> (BALLONI, 2009)	0,4	3,0	28,0	68,8	-

TC% = Teor de cinzas, ET% = Extrativos totais, TL% = Teor de lignina, TH% = Teor de holocelulose, Tα% = teor de alfa-celulose.

Normalmente, madeiras de folhosas possuem de 20 a 25% de lignina, (KLOCK et al., 2005). Apesar de todos os componentes quantificados no trabalho destoarem das quantidades normalmente encontradas em espécies de folhosas, destaca-se o baixo teor de lignina de *Ilex paraguariensis* (9,6%), característica esta, extremamente desejável pelas indústrias de polpa celulósica, que tem por objetivo a retirada da lignina e isolamento de carboidratos. Em contrapartida, esta característica faz com que a espécie seja indesejada para fins energéticos, pois segundo Gomide et al. (2006), madeiras com maior teor de lignina resultam em carvão com maior poder calorífico.

De fato, o alto teor de holocelulose (81,2%) e boa porcentagem de alfa celulose (42,3%) contribuem para que a espécie seja indicada para produção de polpa celulósica. Trugilho et al. (1996) estudando *Eucalyptus saligna*, concluiu que quanto menor for o teor de lignina, maior será o teor de holocelulose, o que pode ser observado neste estudo. Conforme Protásio et al. (2012) há uma tendência de que menores valores de holocelulose estejam associados a maiores valores de poder calorífico bem como o rendimento gravimétrico do carvão vegetal, confirmando novamente que a madeira de *Ilex paraguariensis* não possui as características desejáveis para bioenergia.

Apesar do baixo teor de lignina, a madeira de *Ilex paraguariensis* possui alto teor de extrativos (9,2%) quando comparada às madeiras de *Eucalyptus saligna* (4,5%) e de *Pinus elliottii* (3%). Segundo D'almeida et al. (2013), essa característica é indesejável para a produção de polpa celulósica, pois estes extrativos podem causar incrustações nas máquinas ou formar 'pitch' no papel. No entanto, Frederico (2009) afirma que dependendo da resistência à degradação térmica dos extrativos presentes na madeira, altos teores deste componente são desejáveis na produção de carvão, pelo aumento do poder calorífico.

A madeira de *Ilex paraguariensis* apresentou um elevado teor de cinzas (1,1%) quando comparada a de *Eucalyptus saligna* (0,5%) e *Pinus elliottii* (0,4%). Segundo Cardoso et al. (2001), altos teores de cinzas podem atrapalhar o processo de obtenção de celulose na indústria, causando problemas como corrosão, erosão e entupimentos, levando a redução da vida útil dos materiais e perdas de produção.

Elevados teores de minerais na madeira proporcionam altas porcentagens de cinzas no carvão, o que se torna prejudicial quando este carvão se destina a fins siderúrgicos (ANDRADE, 1993). Chaves et al. (2013) cita que o teor de cinzas tem relação inversa com o poder calorífico, isso porque os materiais voláteis durante a queima da biomassa volatilizam rapidamente diminuindo o tempo de residência do combustível dentro do aparelho de combustão, podendo contribuir para uma baixa eficiência energética.



4. CONCLUSÕES

A madeira de *Ilex paraguariensis* possui características químicas desejáveis para produção de polpa celulósica, como baixos teores de lignina e altos teores de holocelulose e alfa-celulose, não sendo indicada para fins energéticos. Contudo, estudos relacionados à viabilidade da madeira para este fim são necessários.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. M. Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 105 p., Viçosa, 1993.

BALLONI, C. J. V. Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii*, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus experimental de Itapeva, 41 p., Itapeva, 2009.

CARDOSO G. V. et al. Adequação de metodologia amostral de madeira de *Eucalyptus Saligna* e *Eucalyptus Globulus* para determinação do teor de cinzas - 34º Congresso Anual de Celulose e Papel, p. 1-7, São Paulo, 2001.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileira 1ª ed. Brasília, Brasil. Ed. Embrapa informação tecnológica. 2003, 1039 p.

CHAVES, A. M. B. et al. Características energéticas da madeira e carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, n.17; p. 533-542, 2013.

COLDEBELLA, R., Caracterização das propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Maclura tinctoria* (L.) Don ex Steud.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 87 p., 2016.

D'ALMEIDA, M. L. O. et al. Composição química da madeira e matérias-primas fibrosas. Senai-SP, São Paulo, 352 p., 2013.

FREDERICO, P. G. U. Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 86 p., 2009.

GERHARDT, M. História Ambiental: extração de erva-mate na serra gaúcha. IV Congresso Internacional de Historia, Maringá, 106 p., 2009.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





GOMIDE, J. L. Tecnologia e Química da Produção de Celulose. (Laboratório de Celulose e Papel, Universidade Federal de Viçosa), 235 p., Viçosa, 2006.

GOULART, I. C. G. R.; PENTEADO, J. F. Erva 20: sistema de produção de erva-mate, EMBRAPA - Anais do Seminário Erva-mate XXI: modernização no cultivo e diversificação do uso da erva-mate, p. 44-47, Curitiba, 2016.

KLOCK, U. et al. Química da madeira. 3ª edição revisada, Curitiba, 86 p., 2005.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate. Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais: silvicultura da erva-mate, Anais EMBRAPA-URPFCS, Curitiba, p.17-35, 1983.

PROTÁSIO, T. P. et al. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*, Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 95, p. 317-326, 2012.

ROSSA, U. B., Produtividade e compostos foliares de erva-mate sob efeitos de luminosidade e fertilização. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 208 p., 2013.

SOBRAL, M. et al. Flora arbórea arborescente do Rio Grande do Sul, Editora da RiMA: Novo Ambiente, São Carlos, 350 p., 2006.

TAPPI. Technical Association of the Pulp and Paper Industry Atlanta. Tappi test methods. Atlanta: TAPPI: press, 1994-1995.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M., Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. Cerne, Viçosa, n.1, p. 1-15, 1996.

WINGE, H.; DA CROCE, D. M.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Diagnostico e perspectivas da erva-mate no Brasil. Chapeco: Comissão Organizadora do Estudo sobre Diagnóstico e Perspectivas da Erva-Mate no Brasil, 27 p. 1996.

WISE, L. E.; MURPHY M.; D'ADIECO A. A., Chlorite holocellulose, its fractionation and bearing on summative wood analysis and on studies on the hemicelluloses. Paper trade J., n.122, p. 35-43, 1946.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE Euterpes Oleracea

Ana Carolina Lindolfo de Oliveira¹
Natália Dias de Souza¹
Gabriela Fontes Mayrinck Cupertino¹
Gisely de Lima Oliveira¹
Ananias Francisco Dias Júnior²

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Universidade de São Paulo



CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE *Euterpe oleracea*

Ana Carolina Lindolfo de Oliveira¹, Natália Dias de Souza², Gabriela Fontes Mayrinck Cupertino³,
Gisely de Lima Oliveria⁴ e Ananias Francisco Dias Júnior⁵

Resumo: A espécie *Euterpe oleracea*, pertencente à família Arecaceae, possui um grande valor econômico interligado a alimentação, ornamentação e utilidade de seu estipe. É neste contexto que esse trabalho foi conduzido, tendo como objetivo realizar a caracterização química de mudas e do estipe de plantas adultas (em diferentes regiões) de *Euterpe oleracea*. Foram analisados teores de extrativos, holo¹celulose, α -celulose e lignina nas amostras de muda, base, DAP e altura total (HT). Como resultado, obteve-se que as mudas apresentaram maior teor de extrativos, as amostras não se diferiram estatisticamente na análise de teor de holocelulose e as amostras referentes à altura total (HT) apresentaram um menor teor de lignina.

Palavras-chaves: *Euterpe oleracea*; caracterização química; comparação entre mudas e plantas adultas.

Abstract: The specie *Euterpe oleracea*, that belongs to the Family Arecaceae, has a great economic value connected to the feeding, ornamentation and utility of your strains. In this context, this article was conducted, with the objective of realizing the chemistry characterization of the strains in the seedles and adults forms (in differents regions) of *Euterpe oleracea*. Were analysed extractives content, holocellulose, α -cellulose and lignin in samples of seedless, base, DAP and total height (HT). As result, we have obtained that the seedles presented higher extractives content, the samples not differ statistically in the content analysis of holocellulose, and that the referring samples to the total height (HT) presented an lower lignin content.

Key-words: *Euterpe oleracea*; chemistry characterization; comparing seedings and adults plants.

1. INTRODUÇÃO

Pertencentes à família Arecaceae, as palmeiras apresentam uma morfologia muito específica com caule cilíndrico não ramificado e folhas características. Essas características são fortemente apreciadas no paisagismo. Além de serem plantas ornamentais, as palmeiras também são conhecidas pelo potencial para utilização de sua “madeira” e potencial gastronômico. Uma das palmeiras com diversas utilidades é a *Euterpe oleracea* (LORENZI, 2002).

¹ Aluna de Graduação do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

² Professora do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

³ Aluna de Graduação do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

⁴ Doutoranda em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

⁵ Doutorando em Recursos Florestais da ESALQ/USP.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Euterpe oleracea Mart. é pertencente a família Arecaceae e ao gênero *Euterpe*. Chamado também de açaí, juçara (MA), açaí-do-pará, dentre outros nomes, é típica no Brasil com ocorrência espontânea nos estados de Tocantins (Balick, 1986a), Pará, Amapá, Maranhão (Calzavara 1972; Cavalcante, 1991), Mato Grosso (Macedo, 1995) e Amazonas. Fora do Brasil, essa espécie é encontrada na Guiana, Guiana Francesa, Suriname, Venezuela (Calzavara 1972; Roosmalen, 1985; Cavalcante, 1991) e Colômbia (Balick, 1986b).

Euterpe oleracea tem seu uso relacionado ao fruto, por ser muito apreciado na alimentação local tendo uma importância devido aos benefícios à saúde, associados a sua composição fitoquímica e a capacidade antioxidante (PORTINHO, ZIMMERMANN, BRUCK, 2012). Outros usos para a espécie seriam como árvore ornamental, empregada no paisagismo, construções rústicas, ripas, barrotes, nas indústrias de corantes (Nazaré et al., 1996). Tais usos configuram o valor econômico exercido por esta espécie.

Devido a sua grande importância, faz-se necessário sempre aprimorar os conhecimentos sobre essa cultura. Porém, no ramo da pesquisa só se consegue encontrar informações sobre o fruto, já que ele é uma das causas para a grande utilização de *Euterpe oleracea*. Sobre o estipe, estudos e observações de sua morfologia já foram realizados, Sobre este estes caule pode-se dizer que se caracterizam por serem lenhosos, resistentes, cilíndricos e sem ramificações laterais (exceto inflorescências), apresentando um tufo de folhas no ápice (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2002). Entretanto, ainda não se consegue encontrar muitas informações sobre pesquisas envolvendo as áreas de anatomia e da química.

Durante sua vida a planta sofre modificações em seu crescimento, desenvolvimento e diferenciação de células (PEIXOTO, 2004). Considerando esse fato, a caracterização química pode apresentar variações entre planta jovem e adulta, devido às diversas modificações sofridas pela planta durante os anos.

Fazer a correlação dessas variações nos ajudaria a entender melhor o sistema da planta e poderia nos guiar em possíveis condições de cultivo para a espécie.

Considerando estes fatos, é de grande utilidade a realização da caracterização químicas na espécie *Euterpe oleracea* para se conhecer mais sobre a espécie e verificar possíveis utilizações da mesma. Este trabalho teve como objetivo caracterizar e avaliar a variabilidade química de mudas e do estipe de *Euterpe oleracea*, de duas diferentes idades e três diferentes regiões longitudinais, no sentido base-topo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para as análises químicas foram utilizados indivíduos adultos de *Euterpe oleracea* Mart. com 16 anos de idade, coletados em um sistema agroflorestal na cidade de Paraty, Rio de Janeiro e mudas com 6 meses de idades, coletadas no viveiro do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





As amostras do indivíduo adulto foram separadas em três divisões:

- Base, onde o disco foi retirado acima do colo, no terço inferior;
- DAP, onde o disco foi retirado 15 cm acima do colo, no terço médio;
- Altura Total, onde a amostra foi retirada 5 cm abaixo do meristema apical.

A amostra de muda foi retirada por todo o comprimento da muda.

Para as quatro divisões (Base, DAP, Altura Total e Muda) foram realizadas 3 repetições, para cada uma delas amostradas de 3 indivíduos diferentes (3 mudas e 3 árvores adultas).

2.1 Preparação da madeira livre de extrativos e determinação dos teores de extrativos

Na extração, empregou-se o aparelho de soxhlet, utilizando-se 16,00g de estipe. O material foi acondicionado em um cartucho confeccionado com papel filtro e colocado dentro do tubo de extração. O solvente foi colocado em um balão de 1000 mL. O tempo de extração para os solventes ciclohexano, acetato de etila e metanol foi de 48h ininterruptas. Logo após esse período, o balão de vidro contendo o material solúvel, foi concentrado em um rotavapor. Os concentrados foram transferidos para um recipiente até a completa evaporação do solvente em temperatura ambiente (ABREU et al., 2006).

2.2 Determinação da Holocelulose

A determinação da holocelulose foi realizada utilizando as amostras de madeiras livre de extrativos resultantes do processo anterior. Nesta fase utilizamos 2,5 gramas de madeira livre de extrativos que foram colocadas dentro de um erlenmeyer de 250 ml. Foram adicionados 80 mL de água destilada, 0,5 mL de ácido acético e 1g de clorito de sódio (80%). Esta mistura foi mantida em banho-maria à uma temperatura de 70°C, sendo que a cada 1 hora precisa ser adicionado mais 0,5 mL de ácido acético e 1g de clorito de sódio. Este processo continuou até percebermos que a solução obtivesse uma coloração amarelo forte, que seria o momento em que as fibras se mostrariam completamente separadas. As amostras permaneceram neste sistema por 4 horas. Após isso a solução deve ficar sem repouso por 24 horas.

Após o período de 24 horas a solução foi filtrada à vácuo, utilizando um funil de placa sinterizada (previamente pesado), o kitassato e a bomba de vácuo. As amostras foram lavadas com água destilada até a coloração amarela e o cheiro de cloro desaparecer. Por último foi lavado com 40 mL de ácido acético 10% e em seguida levado para estufa por 24 horas. Depois de seca, será feita a pesagem do funil com a holocelulose.



O peso encontrado da subtração do peso do funil com a holocelulose e do peso somente do funil será inserido na fórmula para a determinação da holocelulose (ABREU et al., 2006).

$$\% \text{ Holocelulose} = \frac{\text{Peso seco do resíduo (mg)}}{\text{Peso da amostra de madeira}} \times 100 \quad (1)$$

2.3 Determinação da α -celulose

A determinação da α -celulose é feita com o resultado da fase anterior. Nesta etapa utilizamos 2 g da holocelulose preparada anteriormente, colocando-a em um erlenmeyer com 10 mL de NAOH 17,5% e deixamos a mistura por 8 minutos. Após isso, a mistura foi manipulada com um bastão de vidro por 2 minutos e em seguida deixada em repouso por 5 minutos. Após os 5 minutos, foi adicionado mais 5 mL de NAOH 17,5% e agitado vigorosamente a mistura com um bastão de vidro até dissolver todo o material. A mistura ficou em repouso por 30 minutos e logo após esse tempo deve ser adicionado 33 mL de água destilada. O material foi agitado novamente e permaneceu em repouso durante 1 hora.

Depois da espera de 1 hora, a mistura necessitou ser filtrada sob vácuo utilizando um funil de placa sinterizada (previamente pesada). Utilizamos para lavar 100 mL de NAOH 8,3% e após isso lavou-se duas vezes com água destilada. Por fim, colocou-se no próprio funil 15 mL ácido acético 10%, com o vácuo desligado e deixou agir por 3 minutos. Após isso, lavou-se a amostra com água destilada até sair o cheiro do ácido acético. O material foi seco em estufa por 24 horas. Após 24 horas pesar o funil de placa sinterizada com a α -celulose seca e realizar a subtração com o valor do peso do funil para encontrar somente o peso da α -celulose (ABREU et al., 2006).

O teor de α -celulose é calculado utilizando a fórmula:

$$\% \alpha \text{ celulose} = \frac{\text{Peso seco do resíduo celulósico}}{\text{Peso da amostra holocelulósica}} \times 100 \quad (2)$$

2.4 Lignina de Klason

Para a determinação do teor da Lignina de Klason foi utilizada a madeira livre de extrativos. O processo de determinação da lignina insolúvel utiliza 0,3 g de madeira livre de extrativos, que é colocado dentro de um tubo de ensaio. Adiciona-se 3 mL de ácido sulfúrico 72%. É necessário agitar a mistura por um minuto e deixa-la repousar por uma hora. Após essa 1 hora, Transferiu-se o material para um balão volumétrico e foi adicionado 84 mL de água destilada. A mistura ficou em refluxo por 4 horas e depois a mistura ficou em repouso para sedimentação do resíduo. Para lavar o resíduo, utilizou-se aproximadamente 500 mL de água destilada quente. Foi lavado sob vácuo em um funil de placa sinterizada (previamente pesado). O resíduo lavado foi para estufa por 24 horas, até secar. Por fim,



pesou-se o funil com a lignina e subtraiu o peso do filtro para encontrar o peso da lignina (ABREU et al., 2006).

Para determinar o teor de lignina utilizamos a fórmula:

$$\% \text{ Lignina} = \frac{\text{Peso seco do resíduo (mg)}}{\text{Peso da amostra de madeira}} \times 100 \quad (3)$$

2.5 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando estabelecidas diferenças significativas, os tratamentos serão comparados entre si por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1 Teor de extrativos

Diferenças entre os teores de extrativos foram encontradas para as mudas e plantas adultas de *Euterpe oleracea* (Tabela 1).

Tabela 1: Teores de extrativos para muda e estipe de *Euterpe oleracea*.

Amostras	Teor de extrativos totais (%)
Muda	12.51852 a
Base	2.24074 b
DAP	1.55556 b
HT	2.68519 b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Verificou-se que o teor de extrativo apresentou tendência inversamente proporcional à idade. Em mudas o percentual de extrativos foi superior ao encontrado em plantas adultas (Tabela 1). Este resultado diverge aos resultados encontrados em pesquisas com *Eucalyptus grandis*. De acordo com Silva et al., 2005, em madeiras da espécie *Eucalyptus grandis* o teor de extrativos totais tem um crescimento com uma tendência diretamente proporcional à idade. Segundo Trugilho et al. 1996, pode-se relacionar este fato com as mudanças provocadas pelo processo de cernificação da madeira, no qual os extrativos, principalmente os polifenólicos, são lançados no cerne.

3.2 Teor de Holocelulose

Pela análise de variância, verificou-se que os efeitos da idade e da posição do disco ao longo do tronco no teor de holocelulose foram significativos em nível de probabilidade de



95%. Também foi verificado que o efeito da posição do disco ao longo do tronco e a idade não diferiram estatisticamente. (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios dos teores de holocelulose de *Euterpe oleracea*.

Amostras	Teor de Holocelulose (%)
Muda	71.06667 a
Base	73.60000 a
DAP	71.73333 a
HT	73.33334 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

3.3 Teor de α -celulose

Observam-se diferenças entre os resultados encontrados para o teor de α -celulose de *Euterpe oleracea* (Tabela 3). Os maiores valores determinados foram para planta adulta, na região do DAP e HT.

Tabela 3: Valores médios dos teores de α -celulose.

Amostras	Teor de α -celulose (%)
Muda	55.90787 b
Base	58.09008 ab
DAP	64.22881 a
HT	62.89682 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

3.4 Teor de Lignina

Pela análise de variância, verificou-se que os efeitos da idade e da posição do disco ao longo do tronco no teor de lignina foram significativos em nível de probabilidade de 95%. Nos resultados da Lignina de Klason pode-se observar que a região da Altura Total (HT) foi o que exibiu o menor valor, apresentando diferença estatística entre as outras regiões (Tabela 4).

Tabela 4: Valores médios do teor de Lignina de Klason.

Amostras	Teor de Lignina (%)
Muda	14.44445 a
Base	16.66667 a
DAP	15.55556 a
Ht	8.88889 b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Este fato pode ser explicado levando em consideração que as amostras pertencentes ao grupo da Altura Total (HT) foram retiradas 5 cm abaixo do meristema apical. A atividade do meristema apical forma a tecido primário. Segundo Glória e Guerreiro (2006), as paredes primárias são compostas de matéria seca, polissacarídeos (30% de celulose, 30% de hemicelulose e 30% de pectina) e proteínas (expansina, extensina e outras glicoproteínas), e alto teor de água, não possuindo ainda lignina.

4. Conclusão

Com base nos resultados encontrados conclui-se que a composição química sofreu influência da idade e do posicionamento ao longo do disco, com exceção para os teores de holocelulose:

- Pode-se também concluir que o teor de extrativos totais em mudas é superior ao encontrado em plantas adultas.
- Os teores de holocelulose não obtiveram diferenças significativas.
- Constata-se que os maiores teores de α -celulose foram dos discos retirados na região do DAP e HT.
- As regiões próximas ao meristema apical são menos lignificadas.

Referências Bibliográficas

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M.; Anatomia Vegetal. 2ªed. Viçosa. Ed. UFV. 2006. 438 p.

SANTOS, I.D. Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado. 2008. 57 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MACHADO, R. L. B. Caracterização do sistema agroextrativista familiar do açazeiro nativo (*Euterpe oleracea* Mart.), na Comunidade Quilombola São Maurício, Alcântara, Maranhão. 2008. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, 2008.

LORENZI, H; Árvores Brasileiras Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Volume 1. Nova Odessa. Ed. Plantarum LTDA. 352 p.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatómicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/Eucal%C3%ADpto%20idade%20e%20caracter%C3%ADsticas%20da%20madeira.pdf>>

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PEIXOTO, C.; PEIXOTO, M. F. P. Dinâmica do crescimento vegetal (princípios básicos). 2004. Disponível em:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:TZEYzTBdA4J:www2.ufrb.edu.br/mapeneo/downloads/category/9-material-didatico%3Fdownload%3D26:dinamica-do-crescimento-vegetal+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Introdução a biologia vegetal. 2002. São Carlos. Disponível em: <http://biologia.ifsc.usp.br/bio3/outros/02-Morfologia.pdf>

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. Viçosa-MG. 2005.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. Revista Cerne, v. 2 n. 1. 1996.

UZZO, R. P. Respostas fisiológicas e anatômica do açazeiro e da palmeira real australiana ao sombreamento. 2008. 69 p. Dissertação (Doutorado em agronomia). Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2208.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA, ENERGÉTICA E VOLUMÉTRICA DA MADEIRA DE CLONES DE Eucalyptus

Thomaz Aurelio Bastos¹
Isabel Cristina Nogueira Alves de Melo¹
Paulo Fernando Trugilho²
Taiana Guimarães Arriel¹
Alanna Barishnikov Silva¹
Rebeca Lima¹
Claudinéia Olímpia de Assis²
Kelly Iapuque Rodrigues de Sousa¹

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA, ENERGÉTICA E VOLUMÉTRICA DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus*

RESUMO: O gênero *Eucalyptus* tem sido intensamente explorado na silvicultura nacional para diversas finalidades, o que se deve a sua adaptação às diversas condições edafoclimáticas existentes no Brasil. O conhecimento da produtividade e características tecnológicas da madeira como, composição química, densidade conteúdo e calórico da madeira permitem avaliar a adequabilidade de diferentes espécies madeireiras ao uso energético. Neste sentido o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial energético de quinze materiais genéticos do gênero *Eucalyptus*. Foi amostrada uma árvore por clone e destas foram avaliadas as características dendrométricas, a densidade básica média aritmética e ponderada pelo volume, a estimativa de massa seca, o conteúdo de lignina, cinzas e materiais voláteis; o poder calorífico superior e a densidade energética. Todos os clones apresentam adequabilidade ao uso energético. A umidade, o teor de materiais voláteis e lignina total e o poder calorífico da madeira foram as características que apresentaram os menores coeficientes de variação clonal. De forma geral, pode-se observar que os clones E, J, L, e M apresentaram superioridade para a maioria das características avaliadas.

Palavras-chave: Produtividade volumétrica, qualidade da madeira, poder calorífico, teor de lignina.

CHEMICAL, PHYSICAL, ENERGETIC AND VOLUMETRIC DESCRIPTION *Eucalyptus* CLONES OF WOOD

ABSTRACT: The genus *Eucalyptus* has been intensively explored in national forestry for several purposes, which is due to their adaptation to different soil and climatic conditions existing in Brazil. The knowledge of the productivity and technological characteristics of wood, as chemical composition, density and caloric contents of the timber allow to assess the suitability of different wood species to energy use. In this sense, the aim of the study was to evaluate the energy potential of fifteen genetic materials of *Eucalyptus*. Was sampled one tree for each clone and the dendrometric characteristics, the arithmetic mean basic density and weighted by volume, the estimate of dry matter, lignin content, ash and volatiles; the high calorific value and energy density, were evaluated. All clones have suitability to energy use. The moisture, volatile materials content and total lignin and the high calorific value of the wood were the characteristics that showed the lowest coefficients of variation clonal. In general, it can be seen that the clones E, J, L and M were higher for most of the evaluated characteristics.

Keywords: Volumetric productivity, wood quality, heating value, lignin content.

1. INTRODUÇÃO

A dependência de energia proveniente de fontes naturais no Brasil é acima da média mundial. Cerca de 41% da matriz energética é proveniente de matéria prima renovável sendo que, a lenha e carvão vegetal representam, respectivamente, 6,2% e 1,6% de todo consumo energético nacional (BRASIL, 2014).

A madeira é um material biológico e, portanto, apresenta grandes variabilidade. Estas variações são devidas a fatores como a idade, genótipo, ambiente, tratamentos silviculturais, além das interações entre os fatores. Características tecnológicas, tais como o teor de umidade, teor de lignina, holocelulose e cinzas, densidade básica, além das estimativas de massa seca e massa de lignina, e o poder calorífico da madeira, são propriedades, geralmente, utilizadas na determinação da sua qualidade para fins energéticos.

A constituição química da madeira varia com a espécie e é de grande importância para a escolha adequada da madeira a ser utilizada, visto que, esta característica apresenta influência sob o rendimento energético de um processo de combustão da madeira (QUIRINO et. al, 2005). Segundo Brand, 2010, o poder calorífico é um excelente parâmetro para se avaliar a potencialidade energética de combustíveis de biomassa. Entretanto, apesar da grande influência das características da madeira, outras variáveis devem ser levadas em consideração, como as características de crescimento da árvore, uma vez que estão diretamente relacionadas com a produção de matéria seca.

Diante da variabilidade de espécies do gênero *Eucalyptus* exploradas na silvicultura nacional, é importante que as empresas florestais selecionem aqueles materiais genéticos mais produtivos e com propriedades da madeira adequadas para o uso energético, visando à sua multiplicação em escala comercial, de forma a obter melhor aproveitamento da biomassa e elevar a lucratividade da produção.

Há muitos materiais genéticos melhorados para o aprimoramento das propriedades tecnológicas da madeira, com vistas à produção de carvão vegetal de melhor qualidade. No entanto, novas pesquisas ainda são necessárias para possibilitar o aprimoramento contínuo da espécie (CASTRO, 2011).

O presente trabalho foi conduzido com objetivo de avaliar e classificar quinze materiais genéticos visando à identificação daqueles de alto potencial para a geração de energia. A classificação foi baseada nas características da madeira, levou-se em consideração o volume individual da árvore e algumas estimativas de massa de madeira e lignina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se nesse trabalho quinze clones de *Eucalyptus*, tendo sido avaliada uma árvore por clone, perfazendo um total de 15 árvores. Nas árvores foram retirados discos de 2,5 cm de espessura em cinco pontos da altura comercial do tronco, ou seja, na base, a 25, 50, 75 e 100% da altura comercial da árvore. As árvores foram cubadas para a estimativa de volume individual, utilizando-se a equação de Smalian.

Os discos foram encaminhados para o Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras para a determinação das características da madeira. No laboratório o material foi devidamente numerado e preparado para as diversas análises na madeira.

Os discos foram, então, seccionados em quatro cunhas (partes) sempre passando pela medula. Duas cunhas opostas foram utilizadas na determinação da densidade básica da madeira, conforme a metodologia descrita por Vital (1984). A densidade básica da árvore foi considerada como sendo a média aritmética das posições longitudinais de amostragem

(DBm). Também foi determinada a densidade básica ponderada pelo volume de madeira considerando os pontos de amostragem.

As outras duas cunhas foram utilizadas para a determinação do teor de lignina, extrativos e poder calorífico da madeira. O teor de lignina insolúvel (Klason) foi obtido de acordo com a metodologia proposta por Gomide e Demuner (1986). O teor de lignina solúvel (Klason) em ácido sulfúrico foi obtido de acordo com a metodologia proposta por Goldschimid (1971).

O poder calorífico foi determinado em calorímetro adiabático conforme a norma NBR 8633 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1983). A unidade considerada para o poder calorífico foi kcal/kg.

O poder calorífico volumétrico e a densidade energética foram obtidos conforme as equações 1 e 2 respectivamente.

$$PCv = DBm \times PC = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} \quad (1)$$

$$DE = \text{Massa Seca} \times PCS = \text{kg} \times \text{kcal/kg} \quad (2)$$

A análise química imediata foi determinada conforme a norma NBR 8112 da ABNT (1983).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios das características de crescimento da árvore dos clones avaliados. Verifica-se que o volume, com e sem casca, foram as características que apresentaram as maiores variações entre os materiais genéticos. Este resultado se deve também a influência da idade diferenciada dos clones avaliados. Com relação ao volume somente os clones E, aos 11 anos, F, H, J, L e M apresentaram valores superiores a média geral, sendo os de maior produtividade volumétrica.

Tabela 1. Valores médios das características de crescimento da árvore

CLONE	Idade (anos)	DAP (cm)	Altura (m)		Volume (m ³)		Casca (%)
			Total	Comercial	Com Casca	Sem Casca	
A	6,95	17,4	29,6	22,3	0,2991	0,2765	7,55
B	6,95	16,0	27,3	20,3	0,2115	0,1985	6,14
C	6,95	17,2	27,5	22,5	0,2535	0,2339	7,71
D	6,95	17,1	25,8	20,8	0,2929	0,2734	6,66
E-7	6,95	15,0	27,1	20,1	0,1835	0,1665	9,25
E-11	10,95	21,4	30,4	19,4	0,3479	0,3117	10,41
E-14	13,95	18,7	30,7	23,7	0,3184	0,2831	11,08
F	6,95	20,0	29,9	23,9	0,3775	0,3456	8,45
G	7,95	18,0	27,8	23,0	0,2994	0,2634	12,01
H	7,95	19,9	30,4	23,7	0,3513	0,3310	5,77
I	13,95	15,6	28,9	17,9	0,1621	0,1499	7,56
J	10,86	22,5	31,3	24,0	0,5112	0,4643	9,17
K	10,95	17,5	30,8	22,0	0,2872	0,2600	9,47
L	10,95	21,5	31,6	25,3	0,5021	0,4581	8,78
M	10,95	23,2	34,9	26,3	0,5396	0,4942	8,42
Média		18,7	29,6	22,3	0,3292	0,3007	8,56
CV(%)		13,68	7,72	10,28	34,84	34,69	20,58

DAP = diâmetro a altura do peito (1,30 m), CV = coeficiente de variação.

A Tabela 2 apresenta os valores médios de densidade básica e estimativa de massa seca para os clones avaliados. Verifica-se que as estimativas de massa seca apresentaram elevado coeficiente de variação. Este resultado deve estar associado à variação observada no volume com e sem casca (Tabela 1). Observa-se que somente os clones E, aos 7, 11 e 13 anos, I, K e L apresentaram densidade básica, média aritmética e ponderada pelo volume, superior ao valor médio geral. Entretanto, para as estimativas de massa seca verifica-se que os clones E, aos 11 e 14 anos, H, J, L e M foram os que obtiverem valores maiores que a média geral. De acordo com Castro et al., (2013), os materiais que possuem maior densidade básica da madeira são os de melhor qualidade para uso energético, entretanto, pelo presente estudo, os clones com maior densidade não correspondem aos de maior produtividade em massa seca, destacando-se apenas os clones E, aos 11 anos e L que apresentam produção volumétrica, densidade básica e massa seca superiores à média.

Tabela 2. Valores médios densidade básica e estimativa de massa seca dos clones

CLONE	Idade (anos)	Densidade Básica (g/cm ³)		Massa Seca (kg)	
		Média	Ponderada	DBm	DBpon
A	6,95	0,533	0,532	147,47	147,21
B	6,95	0,464	0,464	92,08	92,03
C	6,95	0,464	0,462	108,63	108,18
D	6,95	0,506	0,505	138,51	138,16
E-7	6,95	0,646	0,646	107,62	107,69
E-11	10,95	0,640	0,646	199,42	201,28
E-14	13,95	0,675	0,678	191,19	192,05
F	6,95	0,485	0,480	167,75	165,85
G	7,95	0,505	0,504	132,96	132,86
H	7,95	0,514	0,514	170,01	170,15
I	13,95	0,669	0,677	100,36	101,44
J	10,86	0,539	0,538	250,39	250,04
K	10,95	0,564	0,562	146,65	146,27
L	10,95	0,638	0,636	292,42	291,18
M	10,95	0,577	0,576	285,40	284,90
Média		0,561	0,561	168,72	168,62
CV (%)		13,36	13,72	38,17	38,07

DBm = Densidade básica média, DBpon = Densidade básica ponderada

O clone F, classificado pelo volume, não apresentou a mesma performance para a estimativa de massa seca, devido à baixa densidade básica de sua madeira. Entretanto, o clone E, aos 14 anos, entrou na classificação devido a elevada densidade básica.

As estimativas de biomassa seca e de lignina são fatores de fundamental importância para seleção de matéria prima para uso energético e são consideradas em programas de melhoramento do gênero *Eucalyptus*, possibilitando ganhos com a seleção de clones superiores (BOTREL, 2006).

A Figura 1 mostra a relação funcional observada entre a densidade básica média e a ponderada pelo volume. Verifica-se que existe uma forte relação funcional entre os dois modos de se estimar a densidade básica da madeira. Assim torna-se desnecessária a determinação da densidade básica média ponderada, tendo em vista a maior dificuldade de determinação desta variável em relação à densidade básica média aritmética.

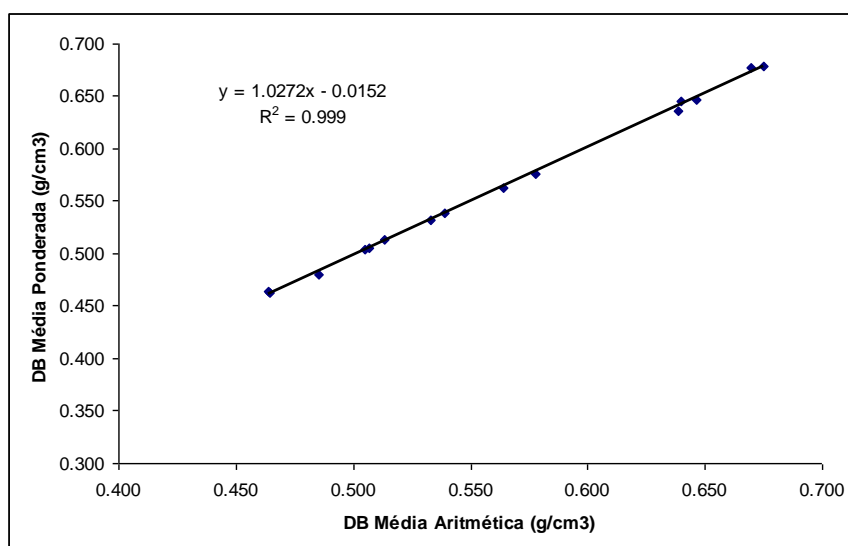


Figura 1. Relação funcional entre a densidade básica média e a ponderada pelo volume

A Tabela 3 apresenta os valores médios para a análise química imediata e a estimativa de carbono na massa seca dos clones. Verifica-se que os coeficientes de variação foram elevados para o teor de cinzas e estimativa de carbono na massa seca. Considerando a estimativa de carbono fixo na massa seca, observa-se que somente os clones E, aos 11 e 14 anos, J, L e M apresentam valores superiores à média geral. Maior teor de carbono fixo significa que a madeira queimará mais lentamente nos processos de conversão térmica.

O teor de cinzas dos materiais genéticos avaliados é satisfatório para uso energético, tendo em vista que foram obtidos valores inferiores à outros materiais lignocelulósicos. Protásio et al., (2011) ao comparar características energéticas de oito resíduos lignocelulósicos observaram limite inferior do teor de cinzas para maravalhas de eucaliptos (0,25%) e limite superior desta característica para casca de arroz (16,78%). Elevado teor de cinzas é indesejável na matéria-prima combustível, pois, contribuem para a redução do poder calorífico, visto que os materiais minerais (cinzas) não participam do processo de combustão, mas são contabilizados na massa do combustível submetido ao processo de queima (BRAND, 2010).

Tabela 3. Valores médios para a análise química imediata da madeira e a estimativa de carbono na massa seca

Clone	Idade (anos)	Teor de (%)			Carbono (kg)		
		Umidade	MV	Cinzas	CF	DBm	DBpon
A	6,95	8,68	83,29	0,10	16,61	24,49	24,45
B	6,95	8,12	85,48	0,04	14,48	13,34	13,33
C	6,95	8,39	85,43	0,04	14,53	15,79	15,72
D	6,95	8,55	84,11	0,09	15,80	21,88	21,83
E-7	6,95	8,40	83,19	0,06	16,76	18,03	18,04
E-11	10,95	8,91	85,20	0,05	15,09	30,09	30,37
E-14	13,95	8,86	82,44	0,06	17,50	33,45	33,60
F	6,95	8,56	86,39	0,05	13,87	23,26	23,00
G	7,95	8,80	84,21	0,09	15,69	20,87	20,85
H	7,95	8,30	87,21	0,04	12,75	21,68	21,70
I	13,95	8,85	82,76	0,04	17,19	17,25	17,44
J	10,86	8,58	84,15	0,07	15,78	39,50	39,45
K	10,95	8,52	84,89	0,07	16,13	23,65	23,59

L	10,95	8,61	85,16	0,08	15,37	44,96	44,76
M	10,95	8,12	85,46	0,04	14,50	41,38	41,31
Média		8,55	84,63	0,06	15,47	25,98	25,96
CV (%)		2,92	1,59	34,44	8,39	37,55	37,49

MV e CF = teores de materiais voláteis e carbono fixo, Carbono = massa de carbono fixo na massa seca estimada, considerando da densidade básica média aritmética (DBm) e a ponderada pelo volume (DBpon), CV = coeficiente de variação.

A Tabela 4 apresenta os valores médios de densidade básica média, poder calorífico superior e densidade energética da madeira dos materiais avaliados. Verifica-se que a DE (Mcal), produto da massa seca estimada com o poder calorífico superior, destaca os clones E, aos 11 e 14 anos, J, L e M. Este valor representa a quantidade máxima de energia liberada pela queima total da massa seca estimada em cada árvore amostrada por clone. Enquanto que a DE (Gcal/m³), produto da densidade básica média com o poder calorífico superior, os clones E, aos 7, 11 e 14 anos, I e L foram os de destaque. Este valor é muito influenciado pela densidade básica da madeira e não leva em consideração a produção volumétrica e de massa seca.

Tabela 4. Valores médios de densidade básica média, poder calorífico superior e densidade energética da madeira dos clones

CLONE	Idade (anos)	DBm (g/cm ³)	PCS (kcal/kg)	DE (Mcal)*	DE (Gcal/m ³)**
A	6,95	0,533	4434	653,882	2,364
B	6,95	0,464	4450	409,779	2,064
C	6,95	0,464	4480	486,621	2,080
D	6,95	0,506	4517	625,648	2,288
E-7	6,95	0,646	4390	472,430	2,836
E-11	10,95	0,640	4533	904,031	2,900
E-14	13,95	0,675	4692	897,019	3,168
F	6,95	0,485	4401	738,256	2,136
G	7,95	0,505	4421	587,815	2,231
H	7,95	0,514	4409	749,542	2,264
I	13,95	0,669	4687	470,396	3,138
J	10,86	0,539	4646	1,163,192	2,505
K	10,95	0,564	4673	685,349	2,635
L	10,95	0,638	4476	1,308,977	2,857
M	10,95	0,577	4438	1,266,675	2,563
Média		0,561	4509,80	761,307	2,535
CV (%)		13,36	2,45	38,28	14,71

DBm = densidade básica média da árvore, DE = densidade energética, CV= coeficiente de variação * estimada pela multiplicação da massa seca estimada e o poder calorífico superior, ** estimada pela multiplicação da densidade básica média da árvore e o poder calorífico superior.

Os valores de DBm e PCS dos materiais amostrados encontram-se de acordo com o observado na literatura, para diferentes espécies madeireiras. Quirino et al., (2005) relatam, para 60 espécies florestais, valores de densidade básica e poder calorífico superior da madeira variando, respectivamente entre 0,350 g.cm⁻³ e 1,05 g.cm⁻³ e entre 3.350 e 5.263 kcal/kg. Para oito espécies do gênero *Eucalyptus*, aos 10 anos de idade, Brito et al., (1983) observaram DBm entre 0,391 g.cm⁻³ e 0,583 g.cm⁻³ e PCS entre 4.790 kcal/kg e 5.023 kcal/kg.

Os clones D, E 14 anos, I, J e K apresentaram PCS acima da média observada. Maior poder calorífico superior na biomassa vegetal tende a estar relacionado ao incremento no teor de C e H e redução no teor de oxigênio (O) do material, como demonstrado nos estudos de Demirbas & Demirbas (2004). Protásio et al., (2011) observaram alta correlação do PCS com os teores de carbono, hidrogênio e oxigênio mais cinzas na madeira. No presente estudo, com exceção do clone J, os materiais que se destacaram por apresentar maior teor de carbono por massa seca, não corespondem aos que apresentaram maior poder calorífico.

A densidade DB não se correlaciona com o PCS. Entretanto, em relação ao volume de madeira a ser queimada a densidade está positivamente relacionada com o conteúdo calórico da madeira, estimulando o interesse de madeiras pesadas para a queima (CUNHA et al., 1989).

A Tabela 5 apresenta os valores médios do teor de lignina na madeira dos materiais genéticos avaliados. Verifica-se que os clones E, aos 7 e 14 anos de idade, e o clone L foram os que apresentaram os maiores teores de lignina na madeira, valores superiores a 30%, o que não é muito comum para os eucaliptos. Para oito espécies do gênero *Eucalyptus*, aos 10 anos de idade, Brito et al. (1983), observaram teor de lignina entre 21,8% e 29,4%. Vale et al. (2010) em experimento com cinco espécies de ocorrência no bioma cerrado encontraram valores variando de 25,16 a 32,31% para o teor de lignina. Já Protásio et al. (2013) encontraram valores de lignina total para clones de *Eucalyptus* de 28,01 a 35,12% observando valores superiores aos obtidos neste trabalho.

Tabela 5. Valores médios para o teor de lignina na madeira dos clones avaliados

Clone	Teor de Lignina (%)		
	Insolúvel	Solúvel	Total
A	25,92	3,53	29,45
B	28,78	2,81	31,59
C	28,08	3,74	31,82
D	28,50	3,11	31,60
E-7	29,63	3,69	33,31
E-11	29,13	3,16	32,29
E-14	25,46	3,56	29,02
F	27,21	2,91	30,12
G	29,18	3,21	32,39
H	28,91	3,65	32,56
I	26,68	3,23	29,91
J	28,60	2,41	31,01
K	29,73	3,36	33,08
L	28,36	3,48	31,84
M	28,02	3,62	31,65
Média	28,15	3,30	31,44
CV (%)	4,59	11,40	4,13

CV = coeficiente de variação.

Os clones G e K também apresentaram elevados valores de lignina na madeira. Deve-se considerar que maiores teores de lignina na madeira são importantes do ponto de vista térmico, uma vez que a lignina é o componente químico de maior estabilidade térmica, não se degradando intensivamente, especialmente em temperaturas mais baixas (YANG et al., 2007). Além do teor, a qualidade da lignina também afeta a sua propriedade térmica, ou seja, a relação entre o siringil (S) e o guaiacil (G) é fator muito importante e espera-se que menores valores dessa relação (S/G) favoreçam a estabilidade térmica da madeira (SOARES et al., 2014; CASTRO et al., 2011; PEREIRA et al., 2013).

Vale et al. (2010) observaram correlação positiva entre o teor de lignina e a densidade básica da madeira entretanto esta variável não apresentou correlação significativa com o rendimento gravimétrico do carvão vegetal. Segundo Demirbas, 2001, o teor de lignina da madeira pode estar relacionado ao poder calorífico da madeira e ao rendimento em carvão vegetal. Apesar dos resultados contraditórios observadas na literatura a respeito da influencia do teor de lignina na qualidade da madeira para uso energético, geralmente busca-se materiais com maior teor de lignina total visando maior eficiência energética da madeira. De acordo com Santos (2010) a lignina é um componente desejável na conversão da madeira em carvão, e seu teor e tipo são parâmetros importantes porque, em geral, espera-se que a conversão de madeira em carvão vegetal aumente com o aumento da proporção de lignina total.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem inferir que os materiais genéticos estudados apresentam teor de cinzas, lignina total, poder calorífico superior de acordo com os valores observados na literatura para espécie do gênero *Eucalyptus*, e são satisfatórios para uso energético.

Os clones com maior produção de massa seca não correspondem aos de maior densidade básica média, indicando forte influência da produção volumétrica sobre esta variável.

Os clones E aos 11 anos, J, L e M se destacaram para a maioria das características avaliadas mostrando-se superiores para o uso energético.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio na realização do trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **Normas técnicas NBR 8633 e NBR 8112**. Brasília, 1983.

BOTREL, M. C. G. **Melhoramento genético do Eucalyptus para biomassa florestal e qualidade do carvão vegetal**. 2006. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2014-BEN**. Empresa de Pesquisas Energéticas, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf> Acesso em: 03 de Set. 2014

BRITO, J.O. et al. Análise da Produção Energética e de Carvão Vegetal de Espécies de Eucalipto, **IPEF**, n.23, p.53-56, abr.1983.

CASTRO, A. F. N. M. et al. Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 627-635, jun. 2013.

CASTRO, A. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. na madeira e carvão vegetal**. 2011. 98p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z.B.; BARBOSA, A.P.R. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. In: 3º ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA: Anais, v.2, São Carlos, 1989, p. 93-121.

DEMIRBAS, A. Relationships between lignin contents and heating values of biomass. *Energy Conversion and Management*, OXFORD, v. 42, n. 2, p. 183-188, 2001.

DEMIRBAS, A; DEMIRBAS, H. A. Estimating the calorific values of lignocellulosic fuels. *JOURNAL ENERGY, EXPLORATION & EXPLOITATION*. V. 20, n. 1, p. 105-111, 2004

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K.V.; LUDWIG, C.H. **Lignins**: occurrence, formation, structure and reactions. New York: John Wiley & Sons, 1971. p.241-266.

GOMIDE, J.L. & DEMUNER, B.J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. *O PAPEL*, São Paulo, v.47, n.8, p.36-38, 1986.

PEREIRA, B. L. C. et al. Influence of chemical composition of *Eucalyptus* wood on gravimetric yield and charcoal properties. *BIORESOURCES*, Railegh, v. 8, p. 4574-4592, 2013.

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Seleção de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 97, 2013.

PROTÁSIO, T.P et al. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal PESQUISA FLORESTAL BRASILEIRA, Colombo, v. 31, n. 66, p. 113-122, abr./jun. 2011.

QUIRINO, W.F et al. ¹ PODER CALORÍFICO DA MADEIRA E DE MATERIAIS LIGNO-CELULÓSICOS. *REVISTA DA MADEIRA*. nº 89, pag. 100-106, 2005

SANTOS, R.C. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. 2010. 173p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOARES, V. C. et al. Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.3, p.543-549, 2014.

VALE, A. T.; DIAS, I. S.; SANTANA, M. A. E. Relação entre as propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies do cerrado. *CIÊNCIA FLORESTAL*, Santa Maria, v. 20, n.1, p. 137- 145, 2010.

VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG, SIF, 1984. 21p. (Boletim técnico, 1).

YANG, H. et al. Characteristics of hemicellulos, cellulose and lignin pyrolysis. *FUEL*, London, v. 86, n. 12-13, p. 1781-1788, Aug. 2007.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARBONIZAÇÃO DE BREU AMESCLA (Protium paraense Cuatrec.) EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Natalia Moura de Araújo¹
Jozimara dos Santos Serra¹
Hailla Gisely Gomes do Nascimento¹
Victor Moutinho²

¹ Instituto de Biodiversidade e Floresta, Universidade Federal do Oeste do Pará

² Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARBONIZAÇÃO DE BREU AMESCLA (*Protium paraense* Cuatrec.) EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Resumo: O carvão vegetal é um produto de grande importância na economia brasileira, fato este ligado ao seu uso como fonte de energia renovável, esforços vêm sendo feitos visando à melhoria do processo de produção do carvão vegetal, durante essa produção diferentes produtos são formados, esses são resultantes, principalmente, da temperatura final de carbonização, com rendimentos e qualidade variados. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da temperatura final de carbonização sobre o rendimento, o teor de carbono fixo, materiais voláteis, cinzas, densidade aparente e o poder calorífico superior do carvão vegetal. A madeira utilizada neste estudo foi de Breu amescla (*Protium paraense* Cuatrec.). Foram usadas seis amostras com dimensões de 2 x 2 x 4 cm para cada temperatura de carbonização, sendo que para cada uma utilizou-se triplicatas. Após as carbonizações foram determinados, rendimento gravimétrico do carvão, na composição química imediata, determinando-se os teores de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo, densidade relativa aparente e poder calorífico superior. Os resultados com relação ao rendimento gravimétrico variou com o aumento da temperatura, entretanto não de forma significativamente. O teor de carbono fixo, de cinzas e o poder calorífico superior do carvão vegetal aumentaram com o aumento da temperatura de carbonização, comportamento contrário ocorreu para teor de materiais voláteis. Existe uma relação positiva entre o poder calorífico superior do carvão vegetal e o teor de carbono fixo e o teor de cinzas, e uma relação negativa com o teor de materiais voláteis.

Palavras-chave: carvão vegetal, temperatura, *Protium paraense*.

CARBONIZATION OF BREU AMESCLA (*Protium paraense* Cuatrec.) AT DIFFERENT TEMPERATURES

Abstract: Charcoal is a product of great importance in the Brazilian economy, a fact that is linked to its use as a source of renewable energy, efforts have been made to improve the process of production of charcoal, during this production different products are formed, these are Resulting mainly from the final carbonization temperature, with varying yields and quality. The objective of this work was to verify the influence of final carbonization temperature on yield, fixed carbon content, volatile materials, ash, apparent density and the higher calorific value of charcoal. The wood used in this study was Breu amescla (*Protium paraense* Cuatrec.). Six samples with dimensions of 2 x 2 x 4 cm were used for each carbonization temperature, with triplicates being used for each one. After the carbonisation, the gravimetric yield of the coal was determined in the immediate chemical composition, determining the contents of volatile materials, ash and fixed carbon, apparent relative density and higher calorific value. The results with respect to the gravimetric yield varied with the increase in temperature, however not significantly. The fixed carbon, ash content and the higher calorific value of the charcoal increased with the increase of the carbonization temperature, contrary behavior occurred for the content of volatile materials. There is a positive relationship between the higher calorific value of charcoal and the fixed carbon content and the ash content, and a negative relation with the content of volatile materials.

Keywords: Charcoal, temperature, *Protium paraense*.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se em uma situação muito favorável, pois o país dispõe de todas as fontes energéticas primárias, com grandes disponibilidades, quando comparadas com as demandas energéticas do país a longo prazo (FILHO, 2009). Por dispor dessas fontes primárias o Brasil se tornou um produtor madeireiro de importância mundial, ocupando a sétima posição, com um total de mais de 15 milhões de toneladas de madeira serrada por ano (FAO, 2014). Com isso a madeira tem grande destaque como fonte de energia em nosso país, grande parte desse fato é devido ao carvão vegetal que dela é oriundo.

Essa produção de carvão vegetal, no Brasil, é destinada ao atendimento da demanda de diversos segmentos da indústria (siderurgia, metalurgia, cimento, etc.), bem como para utilização residencial urbana e rural, contudo, na Amazônia brasileira a principal utilização se faz na indústria de siderurgia, que instalaram nas últimas décadas, diversos empreendimentos voltados à transformação industrial do minério de ferro, extraído na Serra de Carajás, estado do Pará, por exemplo (MONTEIRO, 2004).

As indústrias siderúrgicas recorrem amplamente ao carvão vegetal como redutor para a produção do ferro-gusa, sendo elas as responsáveis pela manutenção do elevado consumo de carvão vegetal, nessa produção ele é agente térmico, fornecendo calor; e químico, retirando oxigênio dos óxidos de ferro (UHLIG et al., 2008; MONTEIRO, 2004). Esse carvão vegetal é formado pelo processo de carbonização no qual a madeira é transformada em carvão vegetal, quando aquecida em local fechado, na ausência ou presença controlada de oxigênio (TRUGILHO, 2010).

Existe no estado do Pará uma relação direta entre a produção de ferro-gusa e o consumo de carvão vegetal (UHLIG et al., 2008). Dessa forma, nota-se que a produção de carvão vegetal para essa região do país é algo promissor, pois existe necessidade de fornecimento de carvão para esse mercado.

A questão do fornecimento do carvão vegetal, principal insumo energético para produção do gusa, também tem sido motivo de preocupação para o polo siderúrgico de Marabá, essa preocupação diz respeito à Legislação Ambiental, onde muitas siderúrgicas fecharam por não dispor de carvão vegetal de origem nativa ou plantada produzido de forma legalmente e economicamente viável, enfrentando graves consequências por cometerem crimes ambientais como o desmatamento ilegal (SANTOS, 2015). Nesse caso, a carbonização de qualidade, utilizando matéria-prima oriunda do resíduo do manejo florestal sustentável é uma importante alternativa para suprir esse mercado, assim como a possibilidade de verificar o potencial de espécies nativas almejando possíveis plantios energéticos futuros.

Nisto cita-se o *Protium paraense* Cuatrec, conhecido também como breu amescla, pertencente à família Burseraceae, uma árvore de grande porte, variando entre 10 a 31 metros de altura, nativa da Floresta Amazônica, elas são caracterizadas por possuírem resinas, que se encontram armazenadas em dutos ou cavidades (SANTOS et al., 2011). Esta espécie é pouco conhecida, ocorre desde a Guiana Francesa central até o Amapá e norte do Pará até o oeste do Maranhão, com populações disjuntas na região ao redor de Manaus no Amazonas (DALY, 1987).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A espécie *Protium paraense* foi a madeira escolhida para a carbonização, pois estudos realizados por Moutinho et al. (2016) com *Protium apiculatum* demonstraram que essa espécie tem características químicas e energéticas favoráveis à produção de carvão vegetal e de lenha para fins doméstico e industriais.

Segundo Gouveia et al. (2011) a utilização do *Protium* na produção de carvão mostrou-se algo viável com relação ao crescimento, pois este possui um incremento diamétrico médio anual de 0,26 em centímetros, superior ao crescimento de *Ocotea costulata*, *Alexa grandiflora* e *Enterolobium schomburgkii*, por exemplo, essas apresentando médias de 0,16; 0,18 e 0,21, respectivamente. Além disso, para Steege et al. (2006) o *Protium* é um dos dez gêneros mais comuns em relação a frequência dos indivíduos na região amazônica brasileira.

No estudo de Kobylarz (2016), a análise termogravimétrica a espécie *Protium* spp. apresentou maior pico de temperatura em comparação com a espécie *Inga* spp. onde a velocidade de decomposição da madeira é máxima, além disso a variação dos resultados encontrados no teor de lignina na espécie em questão apresenta valores entre 35 a 36%, é maior que os teores de lignina encontrados por Simetti (2016) (25,99% a 29,27%), Santos (2008) (25,16% a 32,31%), Loureiro (2016) (26,32%) e Silva (2014) (25,13% a 33,64 %), para espécies diferentes da avaliada nesta pesquisa e os resultados das propriedades energéticas da madeira indicam que a espécie avaliada possui potencial energético, uma vez que apresentou densidade energética compatível com as biomassas utilizadas para tal fim.

Considerando estes aspectos, o presente trabalho teve como objetivo analisar o efeito de diferentes temperaturas de carbonização sobre os rendimentos e propriedades do carvão vegetal, utilizando o *Protium paraense* Cuatrec.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo do material e carbonização

Utilizou-se, para o estudo, duas árvores de *Protium paraense* Cuatrec., provenientes da base, as quais foram desdobradas em seis corpos de prova por indivíduo, nas dimensões de 2 x 2 x 4 cm, sendo que para cada temperatura utilizou-se triplicatas. As carbonizações foram realizadas em um forno tipo mufla JUNG 0412, com o auxílio de um reator em aço inoxidável para pirólise, assim como condensador resfriado à água em ciclo fechado tipo Fisatom 850 e frasco coletor (kitasato) de gases condensáveis.

Para tal, as amostras eram previamente secas em estufa e depois submetidas à mufla, com taxa de aquecimento de 1,7°C.min⁻¹ até as temperaturas finais de 450 e 550° C. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Oeste do Pará.

2.2 Análise das propriedades físicas e energéticas

Após a carbonização, foi avaliada a massa em carvão e dos gases condensáveis, calculando-se o rendimento gravimétrico. A densidade relativa aparente do carvão vegetal foi determinada por meio da imersão em mercúrio. Também avaliou-se a

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

composição química imediata, determinando-se os teores de materiais voláteis, cinzas e de carbono fixo de acordo com a norma da American Society for Testing and Materials – ASTM D-1762-82 (ASTM, 2010). Na avaliação dos dados foram feitos teste de normalidade, homogeneidade e Teste t.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se que as temperaturas de 450 e 550° C não apresentaram diferença significativa no rendimento gravimétrico do carvão, cinzas e densidade aparente. Já os materiais voláteis, carbono fixo e poder calorífico apresentaram diferença (Tabela 1).

Tabela 1. Comparações entre médias de *P. paraenses* para os rendimentos gravimétrico, materiais voláteis, cinzas, carbono fixo, densidade aparente e poder calorífico do carvão produzido à 450° C e 550° C

Tratamento	RG (%)	MV (%)	CZ (%)	CF (%)	DA (%)	PC (%)
450 °C	33,37 a	27,15 a	3,37 a	69,49 a	0,44 a	6625,18 a
550 °C	30,86 a	17,70 b	4,60 a	77,71 b	0,43 a	7010,01 b
P-valor	0.07526	2,708E-02	0.3181	0.006846	0.7944	0.003547

RG = Rendimento gravimétrico. MV = Materiais voláteis. CZ = Cinzas. CF = Carbono Fixo. DA = Densidade aparente. PC = Poder calorífico. Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Teste t, $p > 0,05$).

Observa-se que o rendimento gravimétrico do carvão na espécie, apresentou valores médios superiores ao encontrado por Oliveira et al. (2010) para algumas espécies do gênero *Eucalyptus*. Para Trugilho et al. (2005) a temperatura influencia bastante no rendimento gravimétrico, ou seja, a alta temperatura tende a diminuir o rendimento gravimétrico do carvão e aumentar o rendimento em gases, corroborando com os resultados encontrados.

O teor de materiais voláteis variou entre 17,70% a 27,15%, e de cinzas entre 3,37% a 4,60%. O carvão vegetal analisado apresentou valores semelhante para materiais voláteis e valores diferentes para cinzas segundo por Souza et al. (2016), sendo esses valores 16,00 e 1,30, para materiais voláteis e cinzas, respectivamente. De acordo com os estudos realizados por Neto et al. (2014) os materiais voláteis variam entre 30.36 a 34,15 e de cinzas entre 1,96 a 5,27 para duas espécies diferentes. Os resultados obtidos nas carbonizações mostram que a temperatura de 550°C teve um percentual menor de materiais voláteis do que o a temperatura de 450°C, enquanto que no teor de cinzas não houve diferença estatística significativa com a mudança de temperatura.

Segundo Neves et al. (2011) e Trugilho et al. (2005) o teor de materiais voláteis diminui com o aumento da temperatura final de carbonização e o teor de carbono fixo e de cinzas aumentam com o aumento da temperatura final de carbonização. Carmo

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

(1988), ainda diz que os fatores que influenciam os materiais voláteis são a temperatura de carbonização, taxa de aquecimento e composição química da madeira.

Para Kobylarz (2016) o *Protium spp.* foi uma das espécies que apresentou um dos maiores valores de cinzas, com teores de 2,21% em seus estudos. Esse valor é maior que observado em outras madeiras para energia conforme citado por Silva et al. (2014) e Oliveira et al. (2010). Segundo Souza et al. (2016), não é aconselhável o carvão vegetal possuir elevados teores de cinzas, pois isto sugere que o combustível apresenta elevados níveis de minerais. Trugilho et al. (2005) afirmam que o teor de cinza é uma característica que possui alta variabilidade, podendo ser relacionada a diversos fatores.

Os resultados encontrados para o teor de carbono fixo variaram entre 69,49% a 77,71% e o maior resultado observado foi na temperatura de 550°C, próximo do valor médio apresentados por Souza et al. (2016) para espécies de *Eucalyptus* (82,70%) e Neto et al. (2014) para Catingueira e Pau-d'arco (60,58% a 67,67%). Segundo Souza et al. (2016) o teor de carbono fixo é um dos principais fatores relativos a qualidade do carvão vegetal, onde quanto mais elevado este for, melhor será a eficiência do uso do carvão. Além disso, Menezette e Vergent (1994), afirmam que o teor de carbono fixo é inversamente proporcional ao rendimento gravimétrico.

Na densidade aparente, os dados mostram que não há diferença estatística significativa entre as temperaturas, variando entre 0,43 a 0,44 g/cm³. Estudos realizados por Costa et al. (2014) relataram densidade de 0,39 em média para cinco espécies florestais diferentes. Para Oliveira e Almeida (1980) e Trugilho et al. (2005) a densidade aparente decresce até, aproximadamente, 660° C e depois volta a subir com o aumento da temperatura final. Para Trugilho et al. (2005) esse fato ocorre devido à perda de massa causada pela liberação dos materiais voláteis, de 300 a 500° C a perda de massa é bem maior que a redução nas dimensões do carvão, acarretando, assim, um decréscimo na sua densidade aparente, dessa forma a partir de 600° C, a perda de massa passa a ser menor que a contração nas dimensões do carvão, o que resulta no aumento da sua densidade aparente.

No poder calorífico superior os teste mostrou que há diferença estatística significativa entre as temperaturas, variando entre 6625,18 a 7010,01 kcal/kg. O poder calorífico superior de *Protium paraense* é maior que os valores médios encontrados em literatura para a espécie *Eucalyptus*, a madeira mais utilizada para fins energéticos. Em estudos realizados por Costa et al. (2014), o valor médio encontrado para as espécies estudadas foram de 7440,2 kcal/kg. Enquanto que para Neto et al. (2014) os valores médios encontrados são de 6247,80 e 6977,40 kcal/kg para as duas espécies estudadas. De acordo com Trugilho (2001), o poder calorífico superior é proporcional ao teor de carbono fixo e materiais voláteis, e inversamente proporcionais com o baixo teor de cinzas. Neste estudo, essa relação é positiva, pois quanto mais superior o poder calorífico melhor e maior o teor de carbono fixo e menor o teor de materiais voláteis e cinzas, melhor para a queima do carvão vegetal.

4. CONCLUSÕES

Nas temperaturas de 450 e 550° C o rendimento gravimétrico do carvão vegetal não se diferiram. Já a carbonização à temperatura de 550° C foi a que demonstrou

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

melhor eficiência, pois obteve menor quantidade de matérias voláteis, e atingiu maior quantidade de carbono fixo.

Com relação a densidade aparente conclui-se que não houve diferença significativa com o aumento da temperatura. No poder calorífico superior houve diferença significativa, sendo que a temperatura mais elevada (550° C), apresentou um poder calorífico superior maior.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Oeste do Pará pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, T. G.; BIANCHI, M. L.; PROTÁSIO, T. de P.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J. Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no cerrado para produção de carvão vegetal. CERNE, LAVRAS, v. 20, n. 1, p. 37-46, 2014.

DALY, D. C. A taxonomic revision of Protium (Burseraceae) in eastern Amazonia and the Guianas. Dissertation (PhD) - City University Of New York, 1987.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division. Forestry Production and Trade. Available from: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/E>. Acesso em: 16/04/2017

FILHO, A. V. O Brasil no contexto energético mundial. NAIPPE, BRASÍLIA, vol.6, p1-29, 2009.

GOUVEIA, D.; SOARES, M.; SILVA, W. da; MAZZEI, L.; RUSCHEL, A. Avaliação do crescimento de espécies florestais por grupo ecológico em áreas exploradas na Flona do Tapajós. III Encontro Amazônico De Agrárias: Anais. BELÉM, PA: UFRA, 2011.

LOUREIRO, B. A. Análise energética da madeira e do carvão de híbridos entre *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Corymbia torelliana* (F. Muell.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson. 2016. 87 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal De Lavras, Lavras, 2016.

KOBYLARZ, R. Qualidade energética de cinco espécies florestais da Amazônia. Trabalho De Conclusão De Curso - Universidade Federal Do Paraná, Curitiba, 2016.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MEZERETTE, C.; VERGNET, L. F. La voie thermochimique. In: Guide biomasse energie. Ed. 1ª. l'IEPF, CANADÁ, p. 144-200. 1994.

MONTEIRO, M. de A. Siderurgia na Amazônia Oriental brasileira e a pressão sobre a floresta primária. II ENCONTRO DA ANPPAS. Indaiatuba, São Paulo, 2004.

MOUTINHO, V. H. P.; ROCHA, J. J. M. da; AMARAL, E. P. do; SANTANA, L. G. de M.; ÁGUIAR, O. J. R. de. Propriedades Químicas e Energéticas de Madeiras Amazônicas do Segundo Ciclo de Corte. FLORESTA E AMBIENTE, 23(3): 443-449, 2016.

NETO, P. N. de M.; OLIVEIRA, E. de; PAES, J. B. Relações entre as características da Madeira e do carvão Vegetal de duas espécies da Caatinga. FLORESTA E AMBIENTE, out./dez.; 21(4):484-493, 2014.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. PESQUISA FLORESTAL BRASILEIRA, v. 31, n. 68, p. 319 - 330, 2011.

OLIVEIRA, A. C.; Carneiro, A. C. O; Vital, B. R.; Almeida, W.; Pereira, B. L. C.; Cardonso, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. SCIENTIA FORESTALIS, 38 (87): 431-439, 2010.

OLIVEIRA, L. T.; ALMEIDA, M. R. Avaliação do carvão vegetal. In: Uso da madeira para fins energéticos. Ed. Penedo, W. R. p. 43 - 53. 1980.

SANTOS, E. S. dos; APARÍCIO, P. da S.; APARÍCIO, W. C. da S.; SOTTA, E. D.; GUEDES, M. C.; OLIVEIRA, L. P. dos S. Relação da estrutura diamétrica das espécies de acapú (*Vouacapoua americana* Aublet) e breu-branco (*Protium pallidum* Cuatrec) com diferentes alturas comerciais. In: Simpósio Latino-Americano Sobre Manejo Florestal, 5., 2011, Santa Maria. Sustentabilidade florestal: [anais]. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, p. 826-836, 2011.

SANTOS, I. D. Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado. 2008. 57 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SANTOS, M. M. dos,. A crise no setor siderúrgico do distrito industrial de marabá e as estratégias empresariais. 2015. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas Territoriais e Sociedade na Amazônia) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, 2015.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SILVA, D. A. da et al. Avaliação das propriedades energéticas de resíduos de madeiras tropicais com uso da espectroscopia NIR. FLORESTA AMBIENTE, v. 21, n. 4, p. 561-568, 2014 .

SOUZA, N. D. de.; AMODEI, J. B.; XAVIER, C. N.; JÚNIOR, A. F. D.; CARVALHO, A. M. de. Estudo de Caso de uma Planta de Carbonização: Avaliação de Características e Qualidade do Carvão Vegetal Visando Uso Siderúrgico. FLORESTA E AMBIENTE, 23(2): 270-277, 2016.

STEEGE, H.; PITMAN, C. A.; PHILLIPS, O. L.; CHAVE, J.; SABATIER, D.; DUQUE, A.; MOLINO, J.; PRÉVOST, M.; SPICHIGER, R.; CASTELLANOS, H.; HILDEBRAND, P.; VÁSQUEZ, R. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. NATURE, v. 443, p. 444-447, 2006.

SIMETTI, R. Biomassa de cinco espécies de Eucalyptus para uso como biocombustível. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

TRUGILHO, P. F. Energia da biomassa florestal. Palestra Malinovski, 2010.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A. da. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de Jatobá (*Himenea courbaril* L.). SCIENTIA AGRARIA, v. 2, n. 1/2, p. 45-53, 2001.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; MENDES, L. F. B. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*. CERNE, 11(2): 178-186, 2005.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIA, 14 (2), p. 67-85, 2008.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CASA RURAL ITALIANA E DA REGIÃO DE IMIGRAÇÃO NO SUL DO BRASIL

Bárbara Ribeiro da Costa¹
Natália Biscaglia Pereira¹
Ângela do Valle²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina

² Engenharia Civil / Universidade Federal de Santa Catarina / UFSC



III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CASA RURAL ITALIANA E DA REGIÃO DE IMIGRAÇÃO NO SUL DO BRASIL:

Comparação entre as construções no norte da Itália e no Rio Grande do Sul

Resumo: No fim do século XIX e início do século XX, a arquitetura rural italiana ganhou destaque tanto nas colônias do Rio Grande do Sul quanto nos vilarejos do norte italiano. No entanto, as residências construídas pelos imigrantes italianos no sul brasileiro não reproduziram de forma idêntica características tais como os elementos construtivos, técnicas e organização das residências do norte italiano. Neste trabalho serão analisadas as similaridades e disparidades entre as casas rurais nas colinas italianas, local de origem de alguns dos imigrantes que atuaram como mão de obra na colonização da região Sul do Brasil, e as residências rurais edificadas nas colônias de imigrantes italianos no Rio Grande do Sul. Como método, utilizou-se a análise comparativa, com suporte em revisão bibliográfica. Acredita-se que este trabalho contribua para a compreensão das adaptações, utilizadas nas construções dos imigrantes, ao contexto do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: arquitetura italiana, imigração italiana, colonização, Rio Grande do Sul.

RURAL HOUSE OF ITALY AND OF THE IMMIGRATION REGION IN SOUTH OF BRAZIL:

Comparison between the constructions in northern Italy and in Rio Grande do Sul

Abstract: In the late nineteenth and early twentieth centuries, Italian rural architecture gained prominence both in the colonies of Rio Grande do Sul and in the villages of northern Italy. However, the residences built by Italian immigrants in the south of Brazil did not reproduce similar characteristics, such as the constructive elements, techniques and organization of the residences of northern Italy. In this paper, we will analyze the similarities and disparities between the rural residences in the Italian hills, from where some of the immigrants who worked as colonizing labor in the southern region of Brazil came, and the rural residences built in the colonies by Italian immigrants in the Rio Grande do Sul. As a method, we used a comparative analysis with support in a bibliographic review. It is believed that this work contributes to an understanding of the adaptations in the constructions of the immigrants to the context of Rio Grande do Sul.

Keywords: Italian architecture, Italian immigration, colonization, Rio Grande do Sul.

1. INTRODUÇÃO

No fim do século XIX, a Europa passava por crise decorrente de aumento não planejado de população, altos índices de desemprego e incidência de pestes. Estes fatores influenciaram a emigração de milhares de italianos para diversos países, como o Brasil. Na mesma época, o Brasil passava pela fase de colonização de seu extenso território, enfrentando necessidade de mão de obra para tal finalidade. Esta carência de mão de obra foi ainda mais acentuada com a abolição da escravidão no Brasil em 1888. Cerca de 1,5 milhão de italianos migraram para o Brasil entre 1874 e 1914, dos quais 70% ficaram em São Paulo, e os outros 30% migraram para os estados do Espírito Santo, do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina e do Paraná. A principal atração dos imigrantes para as terras brasileiras foi a concessão de terras aos trabalhadores mais dedicados e a rápida emancipação das colônias. Estas terras não despertavam o interesse dos luso-brasileiros, pois geralmente estavam em localidades distantes e acidentadas. Destaca-se que estas características assemelhavam-se às das terras da região norte da Itália, nas colinas. Com o

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





passar do tempo, após a chegada dos primeiros grupos de imigrantes ao Brasil, as regiões colonizadas pela imigração começaram a crescer e se tornaram fortes comunidades com economia ascendente, o que acelerou o processo de desenvolvimento do Brasil (POSENATO, 2005).

Segundo Posenato (2005), a maioria das colônias agrícolas e das pequenas propriedades no território brasileiro estava localizada no estado do Rio Grande de Sul. Estima-se que estas povoações eram habitadas por cerca de 80 mil imigrantes. É natural que estes imigrantes imprimissem suas marcas na arquitetura local a partir da sua cultura e das técnicas construtivas praticadas em seus locais de origem. Neste trabalho será analisada a relação entre a arquitetura das colônias povoadas pelos imigrantes de origem italiana e a arquitetura das casas rurais do norte da Itália.

Para o desenvolvimento do trabalho, fez-se uso de uma análise comparativa com base em uma revisão bibliográfica, com autores que abordam o tema da imigração e da casa rural no norte da Itália. Os dados de comparação se deram, principalmente, acerca do ambiente de inserção da construção, do material disponível no local e do seu uso na construção, da localização da construção no lote, da distribuição espacial interna das casas e dos aspectos construtivos.

2. ARQUITETURA DA CASA RURAL

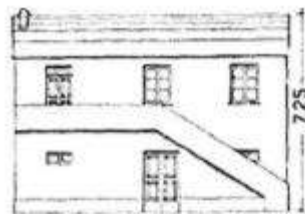
Apresentam-se, neste item, as principais características de construção da casa rural no norte da Itália e da casa rural dos imigrantes italianos no Rio Grande do Sul, como suporte para a posterior comparação das construções.

2.1. A casa rural no norte da Itália

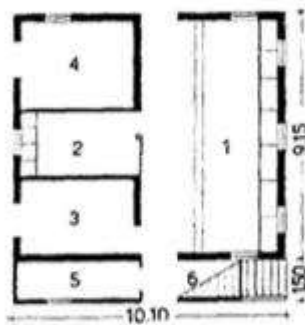
Segundo Palloni (2000), a arquitetura das edificações do norte italiano mantinha uma estreita relação com o ambiente em que estavam inseridas. O terreno influenciava, não só na dimensão e nível da edificação (a maioria acompanhava o desnível do terreno), bem como o principal material com que esta seria construída. Sendo assim, as residências poderiam ser de pedras de mão, geralmente pedras calcárias do tipo rosa, de tijolos, de barro ou de madeira. O fato de se ter que utilizar o material disponível no local da edificação dos novos lares dos colonos acarretou, na época, o surgimento de diversas técnicas e soluções inovadoras de construção.

As residências eram enfileiradas lado a lado e algumas destas casas eram dispostas longitudinalmente, com dois ou mais pavimentos. Esta disposição permitia o compartilhamento de utensílios comuns, como o poço de água, o forno e o curral/estábulo. Os colonos geralmente viviam em vilarejos e uma grande marca destes locais no século XIX era a forte utilização da mão de obra braçal, sendo que a própria família executava todas as atividades domésticas e/ou construtivas (PALLONI, 2000).

As casas, em sua maioria, de dois pavimentos, eram formadas pelas varandas e pelo estábulo, que em geral ficavam no primeiro andar. Geralmente havia uma escada dentro dos estábulos que dava acesso à ala principal, no segundo andar, composta pela sala, dormitório, banheiro e cozinha (Figura 1). As escadas que davam acesso aos pavimentos da casa eram quase sempre em madeira, material este que também compunha os pisos dos cômodos (PALLONI, 2000; POSENATO, 1983).



(a) Fachada principal



(b) Planta baixa do 1º pavimento

1. Estábulo
2. Box
3. Local de depósito de forragem para animais
4. Cantina
5. Depósito
6. Escada



(c) Planta baixa do 2º pavimento

1. Cozinha
2. Almoxarifado
3. Quarto
4. banheiro

Figura 1. Residência característica do norte da Itália no século XIX.

Fonte: adaptado de PALLONI, 2000.

Palloni (2000) afirma que as primeiras residências construídas pelos colonos italianos eram feitas em grande parte de barro, similar ao adobe como conhecemos ultimamente, ou de madeira de baixa qualidade. Geralmente, estas casas eram pequenas e insalubres, pois as técnicas construtivas, ainda muito primitivas, não favoreciam o isolamento térmico destes locais. As paredes externas em geral eram constituídas de uma mistura de terra e pedras miúdas e sua espessura não excedia 50 centímetros. As portas e janelas eram em madeira, característica que se tornou cada vez mais comum nas casas rurais com o passar do tempo. A fundação era feita, em geral, de pedras ou tijolos enfileirados, sendo este primeiro o mais comum. Posteriormente, as pedras calcárias e os tijolos foram os materiais mais utilizados pelos italianos do norte do país para edificar suas casas, fato justificado pela abundância destes, na região e no entorno, e pela sua durabilidade e resistência mecânica. Por mais que apresentassem uma resistência menor que as pedras, os tijolos cerâmicos foram mais utilizados, pois o solo em que as casas seriam inseridas era geralmente argiloso, favorecendo a produção deste material. Com o passar do tempo, foram-se utilizando ligantes mais resistentes nas paredes das casas mais recentes. Era comum se utilizar tijolos nas paredes externas, sem reboco ou pintura. Esta



característica, juntamente com a utilização de aberturas em arcos nas portas e janelas externas, caracterizava a elegante e decorada fachada das casas rurais (Figura 2). Estas residências, quando de dois ou mais pavimentos, possuíam as escadas internas em madeira e as escadas externas de acesso à casa em pedra ou tijolos. A sua cobertura também era, geralmente, com telhas de barro e, posteriormente, em telhas cerâmicas. A inclinação do telhado variava de acordo com a altura da casa e seus limites (PALLONI, 2000).



Figura 2. Residência de dois pavimentos em cantaria com porta em forma de arco.
Fonte: PALLONI, 2000.

Assim, conclui-se que as casas rurais dos italianos no Norte da Itália, em uma primeira fase construtiva, fez uso de barro ou madeira e de fundações em pedra ou tijolos, e, em uma segunda fase construtiva, utilizavam, geralmente, as pedras calcárias e os tijolos como material de construção. A abundância de solo argiloso e pedras à disposição na região norte da Itália fez com que a madeira não fosse uma opção comum de material construtivo, por ser rara. Segundo WEIMER (2012 p.172), a utilização da madeira deveria ser muito parcimoniosa, por isso as paredes eram de cantaria e só os entrepisos e as estruturas de telhados eram confeccionados em madeira.

2.2. A casa rural dos imigrantes italianos no Rio Grande do Sul

A emigração dos povos italianos para o Brasil, em meados do século XIX, teve como principal motivo o caos social de pestes, desempregos e crises que perduravam à época na Europa. Entre 1875 e 1914, cerca de 100 mil italianos migraram para o Rio Grande do Sul, no qual 90% destes provinham do norte da Itália (POSENATO, 1983). A concessão de terras aos trabalhadores e a rápida emancipação das colônias permitiu que os imigrantes italianos logo construíssem comunidades com uma economia e arquitetura notáveis no estado.

A arquitetura da imigração italiana no Rio Grande do Sul, segundo Júlio Posenato (1983), era espontânea e possuía características peculiares, tais como: a utilização da mão de obra livre e a linguagem arquitetônica própria. Estes povos se destacaram também por criarem uma diversidade de soluções e técnicas construtivas em meio às limitações industriais e materiais disponíveis no lote e no entorno, fato que resultou em edificações que se transformaram em verdadeiras obras de arte. O autor chega a afirmar que esta consistia numa arquitetura popular considerada como a melhor já erigida no Brasil.



No início do século XX, a madeira, especialmente de árvores do gênero *Pinus*, era abundante em algumas regiões do Rio Grande do Sul, como no Alto Uruguai. Este material foi largamente utilizado nas edificações, seja na parte ornamental, como portas e janelas, ou mesmo como peças estruturais de grandes dimensões, tais como pilares, vigas e barrotes. Foi a partir do desenvolvimento industrial, com o surgimento de serrarias, que a utilização da madeira se tornou algo mais comum entre as diversas comunidades de imigrantes italianos. A produção, em larga escala, de peças em madeira serrada tornou popular a utilização do encaixe macho-e-fêmea em forros e pisos e o uso das mata-juntas em paredes, como pode ser visto na Figura 3 (POSENATO,1983).



Figura 3. Casa em madeira
Fonte: POSENATO, 1983.

Posenato (1983) afirma que, na arquitetura rural da imigração italiana no Brasil, o conjunto das edificações é geralmente composto pela casa (volume principal), cozinha, instalações domésticas e edificações complementares. A casa poderia ser dividida em três setores: porão ou alpendre, ala residencial e sótão. A ala residencial, formada pelos quartos e sala, o sótão e o alpendre, era executada em sua maioria por madeira, diferentemente do porão, que era construído com pedras de mão (quando este material era abundante no local), pois servia também como alicerce da casa. A cozinha geralmente ficava separada do volume principal da casa, estando anexa ou ligada ao volume principal por meio de um corredor coberto. As paredes, portas, pisos e janelas da cozinha também eram feitas em madeira. As edificações complementares, compostas pelos galinheiros, estábulos, depósitos e chiqueiros, eram construídas em madeira de classificação baixa, inferior às madeiras dos outros elementos do conjunto. As instalações domésticas eram os poços, cisternas, fornos, dentre outros, e seu material variava de acordo com abundância de matéria-prima no lote.

Segundo Posenato (1983), os principais elementos construtivos constituídos por madeira, e comumente utilizados nas residências dos imigrantes italianos, eram as portas, marcos, janelas, bandeiras e paredes, internas. As portas poderiam ser de uma ou duas folhas e ser ornamentadas ou não. Geralmente, as portas externas eram mais ornamentadas que as internas, recebendo diversos tipos de decoração, seja com almofadas em madeira nos vãos ou mesmo formadas pela junção de fasquias (lascas de madeira). Os marcos das portas e janelas quase sempre eram em madeira e possuíam uma série de espessuras e larguras. As janelas da casa, em sua maioria, eram em madeira. As mais



modernas possuíam componentes em vidro e dimensões maiores que as janelas do sótão. As janelas do porão eram, em geral, de pedra, porém algumas delas possuíam grades de madeira.

Elementos de pisos das edificações dos imigrantes italianos, assim como as paredes, as escadas internas e os forros, eram geralmente em madeira. A cobertura das casas dos imigrantes era feita inicialmente em tabuinhas de madeira com espessura de cerca de 2 centímetros (Figura 4). No entanto, com o passar do tempo este tipo de cobertura foi substituída por telhas de barro (POSENATO,1983).



Figura 4. Casa em madeira com cobertura de duas água em madeira.
Fonte: POSENATO, 1983.

Então, é possível afirmar que as casas rurais dos imigrantes italianos no Rio Grande do Sul são constituídas, geralmente, de madeira, desde as paredes, partes estruturais e até as aberturas. Isso é resultado da ampla disponibilidade do material na região, que dispunha de uma rica floresta, na qual a madeira da araucária era a matéria prima insuperável para exploração.

Weimer (2012) afirma que rapidamente as construções de pedra, que foram as primeiras construídas pelos imigrantes na Serra Gaúcha, foram reservadas para as fundações sobre as quais passaram a erguer construções de madeira. No caso da existência da cantina, as fundações correspondiam às paredes.

3. COMPARATIVO ENTRE A CASA RURAL DO NORTE DA ITÁLIA E A CASA DOS IMIGRANTES ITALIANOS NO RIO GRANDE DO SUL

Identificaram-se vários aspectos semelhantes entre estas as casas erigidas nas colinas italianas e as casas dos imigrantes nas terras gaúchas, tais como: a existência de utilização exclusiva da mão de obra artesanal para a construção de casas; a integração com o meio em que se localizavam de forma a inserir-se harmonicamente na paisagem; e a construção de casas funcionais e práticas. Todavia, havia também diferenças entre as casas rurais das duas regiões em estudo.



Na Tabela 1, sintetizam-se as principais diferenças e similaridades nos principais componentes das duas edificações, evidenciando o uso da madeira em alguns componentes da edificação e comparando aspectos construtivos.

Tabela 1. Comparação da casa rural italiana e da casa rural dos imigrantes italianos no Rio Grande do Sul: especificação de materiais dos componentes da edificação e de aspectos construtivos.

ITEM	CONSTRUÇÃO RURAL NO NORTE DA ITALIA	CONSTRUÇÃO RURAL DE IMIGRANTES ITALIANOS NO RS
ESTRUTURA PRINCIPAL: MATERIAIS USADOS NA 1ª FASE CONSTRUTIVA	BARRO E MADEIRA	PEDRA BASALTO
ESTRUTURA PRINCIPAL: MATERIAIS USADOS NA 2ª FASE CONSTRUTIVA	PEDRA CALCÁRIA E TIJOLOS	MADEIRA ALVENARIA DE TIJOLOS OU PEDRA APENAS PARA PORÕES E CANTINAS
ABERTURAS: MATERIAIS E VERGAS	EM MADEIRA COM VERGA EM ARCO PLENO	EM MADEIRA COM VERGA RETA
TÉCNICA CONSTRUTIVA DAS PAREDES	CANTARIA	CARPINTARIA- TÁBUAS COM MATA-JUNTAS
ESTRUTURAS DE COBERTURA	MADEIRA	MADEIRA
ESTRUTURAS DE PISO E ENTREPISO	MADEIRA	MADEIRA COM ENCAIXE MACHO E FÊMEA
ESCADAS INTERNAS	MADEIRA	MADEIRA
FUNDAÇÕES E SUBSOLO	TIJOLOS E PEDRAS	TIJOLOS E PEDRAS
IMPLANTAÇÃO NO LOTE	AGLUTINADA	ESPARSA
DISTRIBUIÇÃO INTERIOR DA CASA	2 PAVIMENTOS COM COZINHA INCORPORADA AO CORPO PRINCIPAL	3 PAVIMENTOS (PORÃO, TÉRREO E SÓTÃO) COM COZINHA SEPARADA DO CORPO PRINCIPAL

A organização da casa rural edificada pelos imigrantes italianos no Brasil diferencia-se em alguns aspectos das casas instaladas no norte da Itália. Posenato (1983) afirma que as instalações residenciais rurais europeias eram geralmente aglutinadas em uma só edificação. Já no Brasil, as instalações eram separadas, cada uma cumprindo sua função em seu respectivo local. Tal adaptação pode ser justificada pelas diferenças climáticas nas duas regiões e pela maior disponibilidade de terras na colônia. Na Itália, as casas eram mais compactas pelo fato dos lotes serem pequenos. Os celeiros e os estábulos nestas edificações eram incorporados ao corpo principal da casa, pois, com os invernos rigorosos o calor irradiado pelos animais ajudava a aquecer a casa. No Rio Grande do Sul, a temperatura, mesmo no inverno, era mais elevada que na região de origem, o que dispensava a ligação dos dormitórios e da sala com os animais.

A casa dos imigrantes italianos nas terras gaúchas também divergia das casas rurais do norte da Itália por possuir a cozinha anexa ao volume principal. Os imigrantes alegavam que este cômodo ligado à casa aumentaria o risco de incêndio, tornando



vulneráveis os ambientes de uso comum. Ao isolá-la, inúmeros benefícios seriam agregados, inclusive a diminuição do barulho nos dormitórios e na sala.

Outra diferença encontrada nas edificações era a disposição nos lotes. Na Itália, era comum existir o agrupamento em aldeias rurais, onde diferentes funções eram desempenhadas em um mesmo local, de modo a aproveitar ao máximo o espaço e as terras boas. Já no Rio Grande do Sul, onde os terrenos eram maiores, as casas geralmente ficavam separadas e havia várias edificações espalhadas nos lotes dos colonos, cada uma cumprindo sua função.

Dependendo da localidade, as casas dos imigrantes italianos no Rio Grande do Sul, poderiam ser em pedra (como as casas de alvenaria em basalto construídas na região da Serra Gaúcha), em madeira (como casas encontradas na região do Alto Uruguai) ou mesmo mistas. Diferentemente do que ocorria na Itália, onde terrenos com o solo argiloso ou carsticos propiciou a construir com tijolos ou pedras calcárias, respectivamente, sendo este primeiro mais comum.

Weimer (2012) aponta que a tradicional estrutura em arco pleno das construções em pedra acabou por ser levada à arquitetura em madeira, e que foi preciso algum tempo para que os construtores descobrissem que as linhas curvas não eram coerentes com as peças retas da madeira. O uso da madeira, que se tornou a matéria-prima mais utilizada dos imigrantes italianos no Rio Grande do Sul não implicou o abandono da alvenaria de pedra, continuamente utilizada nos porões e cantinas.

Fato importante a se destacar é a singularidade da arquitetura da imigração italiana no Brasil, país de grande miscigenação e cultura diversa. Esta arquitetura sofreu considerável influência de outras culturas e do estado em que estava inserida. Este fato é notado na improvisação e no surgimento de diversas soluções e técnicas ao se trabalhar com os materiais disponíveis nos lotes, principalmente a madeira, mesmo com o baixo nível de industrialização do país à época.

No entanto, sob o aspecto de funcionalidade, havia similaridade entre as casas rurais destes dois países distintos. Assim como as casas rurais dos imigrantes no Rio Grande do Sul, as do norte da Itália eram, sobretudo, funcionais, independente do material com o qual eram construídas.

Outra característica comum nas duas arquiteturas era a escolha do local onde seria construída a casa. Esta era uma das primeiras e mais importantes decisões a serem tomadas. A escolha era, principalmente, baseada na existência de água boa para consumo no lote ou próxima a ele. Outro fator importante, tanto para os italianos residentes na Itália quanto para os no Rio Grande do Sul, era ser determinante, para a construção de um lar, que a moradia deveria ficar a uma distância relativamente próxima da estrada, facilitando a locomoção de pessoas. .

Segundo Posenato (1983), outra característica de origem italiana, que ficou inalterada nas construções dos imigrantes italianos, foi a divisão dos territórios em léguas, e estes em linhas, ou travessões, paralelas as estradas que margeavam os lotes coloniais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que as casas rurais dos imigrantes italianos eram semelhantes, em grande parte, às casas rústicas do norte das colinas da Itália, com uso de mesmos tipos de elementos construtivos e do material disponível no lote, além de evidente valorização do lar.



Porém, houve desvinculação do padrão de origem nas seguintes características: as casas eram construídas de forma esparsa no lote e a cozinha não fazia parte do corpo principal da casa.

Quanto aos materiais, verificou-se que enquanto nas casas rurais do norte da Itália se tinha majoritariamente o emprego da alvenaria em pedra calcária ou tijolos, os quais tinham acesso facilitado no terreno, no Rio Grande do sul os imigrantes italianos diversificaram o uso dos materiais conforme a implantação das colônias. Em colônias antigas, utilizou-se inicialmente a alvenaria de basalto, e após, utilizou-se amplamente a madeira como material de construção, reservando a alvenaria para os porões e cantinas.

Desta forma, nota-se que os imigrantes italianos e seus descendentes, estabelecidos no Rio Grande do Sul, não reprisaram simplesmente as tecnologias construtivas do seu país de origem, mas adaptaram às condições locais, e com criatividade se tornaram os italianos do Rio Grande do Sul. Os ítalo-gaúchos estruturaram uma vida com uma linguagem própria, influenciada pela cultura e fortes tradições italianas, porém aberta a influência de outras culturas disseminadas no Brasil.

Esta pesquisa, que ainda se encontra em andamento, apresentou a análise comparativa entre os métodos e elementos construtivos das casas rurais do norte da Itália e das casas dos imigrantes italianos no Rio Grande do Sul, construídas no final do século XIX e início do século XX. Pretende-se dar continuidade aos estudos, esperando-se obter no futuro informações mais aprofundadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa PIBIC - UFSC, ao Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira (GIEM) e ao apoio institucional do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (PósARQ).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PALLONI, Renata. La casa rural en Las Marcas (Italia). In: TERCER CONGRESO NACIONAL DE HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN, 3., 2000, Sevilla. Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Sevilla: CEHOPU, 2000. p. 779 - 788. Disponível em: <http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC3_091.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

POSENATO, Júlio. Arquitetura da Imigração italiana no Rio Grande do Sul, Est- Educ, 1983.

POSENATO, Júlio. A arquitetura do Norte da Itália e das colônias italianas de pequena propriedade no Brasil, In: Turbulência cultural em cenários de transição: o século XIX Ibero-americano p. 51 a 88. Marcondes, N; Bellotto, M. (org.) Edusp, 2005.

WEIMER, Günter. Arquitetura popular brasileira. Martins fontes, São Paulo, 2012.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CHANGES ON THE OXYGEN STAGE IN A SOFTWOOD FIBER LINE

ERALDO ANTONIO BONFATTI JUNIOR¹
ELAINE CRISTINA LENGOWSKI²

¹ Universidade Federal do Paraná

² Universidade do Contestado



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CHANGES ON THE OXYGEN STAGE IN A SOFTWOOD FIBER LINE

Abstract: Oxygen delignification is the use of oxygen in alkaline medium aiming at the removal of a substantial fraction of residual lignin from the unbleached cellulosic pulp. This research evaluated the influence of temperature, alkali charge, O₂ charge and work pressure at oxygen stage in a softwood fiber line. This work was developed in a softwood fiber line. The pulping process is SuperBacth™, a modified kraft process, and the current bleaching sequence of this fiber line is O-EOP-D1-PO1-PO2-D2. The parameters relevant to the cellulosic pulp were measured at each bleaching stage. The most influential parameter at oxygen stage is the temperature, followed by alkaline charge. In general it was possible to decrease the consumption of chlorine dioxide using more severe conditions in O stage. The best change was the number three, because it has a higher kappa reduction, a higher selectivity and lower viscosity loss than the normal condition. For the refining results the change number three had also satisfactory results. It showed the same tensile index and fiber length when compared with the normal condition, and also a quite similar coarseness.

Keywords: Pulp, Paper, Bleaching.

1. INTRODUCTION

The chemicals commonly used for pulp bleaching include oxidants (chlorine, C; chlorine dioxide, D; hypochlorite, H; oxygen, O; ozone, Z; and hydrogen peroxide, P) and alkali (sodium hydroxide, E). These chemicals are mixed with pulp suspensions and the mixture is retained at prescribed pH, temperature and concentration conditions for a specified time period. The bleaching reactions that occur are highly complex due to the complexity of lignin and the wide variety of reactive bleaching species present (DANCE e REEVE, 1996). The progress of bleaching reactions is monitored by measuring Kappa number, pulp brightness and residual chemical. Bleaching chemicals are applied sequentially with intermediate washing between stages, because it is not possible to achieve sufficient removal or decolorization of lignin by the action of any one chemical in a single stage (DEVENYNS et al., 1994).

Chlorine and hypochlorite were commonly used in bleaching sequences until the early 1990s (DANCE e REEVE, 1996). These chemicals are low cost and effective bleaching agents, but are known to be major contributors of chlorinated organic compounds (Absorbable Organic Halides, AOX) to the environment. Hypochlorite has also been identified as a major source of chloroform formation. Elemental chlorine use was largely phased out in the 1990s Bleached pulps processed without elemental chlorine or hypochlorite is known as ECF (Elemental Chlorine Free) pulps (MCDONOUGH, 1995).

Oxygen delignification is defined as the use of oxygen and alkali to remove a substantial fraction of the lignin from the unbleached pulp. This process is becoming increasingly important in modern pulp bleaching technologies. Oxygen delignification kinetics is very important for understanding the reaction mechanism and in the design and control of oxygen delignification reactions (MCDONOUGH, 1996).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

The most important advantage of installing an oxygen delignification stage is the decrease in chlorinated organic byproducts (AOX) in the bleach plant effluents (GENCO et al., 2012). In addition, the effluents from an oxygen delignification stage can be recycled to the chemical recovery system (BONFATTI JÚNIOR, 2012). Furthermore, the oxygen delignification unit leads to a decrease in oxidizing chemicals (chlorine, chlorine dioxide, hypochlorite, ozone) in the upcoming bleaching sequences to obtain the target brightness. Thus, savings in the cost of chemicals in the bleach plant can be achieved (MCDONOUGH, 1995).

In this context, the objective of the work was to improve the oxygen stage of soft wood fiber line at pulp mill, to reduce chlorine consumption in the following stages and understand the effects on the quality of the produced pulp.

2. MATERIAL AND METHODS

This work was developed in a softwood fiber line. The pulping process is SuperBacth™, a modified kraft process, and the current bleaching sequence of this fiber line is O-EOP-D1-PO1-PO2-D2.

The kappa number target at the end of the cooking, O stage and EOP stage are, respectively, 30, 18 and 15. The brightness target at the end of the sequence is 87 ISO%. The objective was to improve the O stage's delignification ratio until 50% (kappa number 15) to reduce the Chlorine Dioxide consumption at D1 stage keeping the final pulp quality in line with customers' demand and with the same brightness. The changes (treatments) of O stage are shown at Table 1.

Table 1. O Stage conditions

Day	# changes	Temperature, °C	Pressure, MPa	AA, kg/aDt	O ₂ , kg/aDt
-	0*	75	0,4	15	9
1°	1	75	0,5	15	9
2°	2	75	0,5	20	9
3°	3	80	0,5	20	15
4°	4	90	0,5	25	15
5°	5	85	0,5	15	15

*Current condition

The reaction time for all conditions was 40 minutes and the consistency was 10%, in one single O stage.

One sample for each treatment were collected every morning at 08:00 AM from the fiber line. The analyses described in the Table 2 were carried out; the mill's laboratory was responsible for those analyses.

Table 2. Analyses carried out on the pulp

Analysis	Standards	STAGE
----------	-----------	-------

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

		O	EOP	D1	D2
Kappa	TAPPI T236 om-99	X	X	X	
Brightness	ISO 2470-1:2016			X	X
pH	TAPPI T625 wd-99	X			X
Viscosity	TAPPI T230 cm-94	X			X

The results of the on-line measurement were collected by Metso DNA View, by they the following relations were made:

For O, EOP and PO1:

$$\text{Kappa reduction(\%)} = ((\text{kappa input} - \text{kappa output}) / \text{kappa input}) * 100$$

For D2:

ClO₂ consumption

$$\Delta \text{ Viscosity} = \text{Viscosity input} - \text{Viscosity output}$$

$$\text{Viscosity reduction (\%)} = ((\text{viscosity input} - \text{viscosity output}) / \text{viscosity input}) * 100$$

$$\text{Selectivity} = \Delta \text{ kappa} / \Delta \text{ viscosity}$$

Samples at Dry Machine were collected every morning at 07:00 AM and sent to mill's laboratory to refining analyses of polp (tensile index, fiber length, fines, coarseness).

3. RESULTS AND DISCUSSION

In the current condition the normal kappa reduction (delignification ratio) on oxygen stage is around 33,35%, with the new treatments was possible to increased it until 37,33%. The best treatment was the number 4 (higher temperature and higher alkali charge), with kappa number 17,37, but on the other hand the conductivity at DD1 and DD2 washer was quite high, around 2,31 s/m. The second biggest reduction was found at number 3, 36,25%, and the conductivity of this treatment was in line with the equipment limitation. The effects of the changes on oxygen stage are shown at Table 3.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Table 3. Treatments' effects on oxygen stage

O			
# changes	Reduction, %	Kappa	Viscosity, cP
0	33,35	19,1	-
1	32,89	18,71	1061,6
2	35,07	18,29	1095,2
3	36,25	18,17	1060,4
4	37,33	17,37	1002,7
5	35,43	18,33	1002,2

It was requested to the mill laboratory, for oxygen stage, analysis of pH of the filtrate, the results are shown in the Table 4.

Table 1. pH of the oxygen stage's filtrate

# changes	pH
0	11,40
1	11,38
2	11,55
3	11,22
4	11,96
5	9,83

If the pH of the O stage ends below 11, lignin precipitation can occur on the fibers, and this phenomenon is more pronounced when the final pH is less than 9 (WHITE et al., 1996). Faced with this only the last change had the pH below the limit.

At the EOP stage the behavior of the kappa reduction was the opposite of oxygen stage's kappa reduction. Big differences at kappa number weren't possible to see, average was around 15, the same without changes. The effects of the changes on EOP stage are shown at Table 5 and Figure 2.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Table 2. Treatments' effects on EOP stage

# changes	EOP	
	Reduction (%)	Kappa
0	18,95	15,48
1	18,43	15,23
2	18,01	14,98
3	17,06	15,05
4	15,21	14,71
5	16,64	15,17

At the PO₁ stage the kappa reduction increased and the brightness increased a bit, Table 6 and Figure 3. At the PO₂ the brightness increased, except in the last one, Figure 1.

Table 3. Treatments' effects on PO₁ stage

# changes	PO ₁		
	Reduction (%)	Kappa	Brightness
0	78,49	3,33	70,25
1	79,57	3,12	70,67
2	82,58	2,61	72,05
3	82,46	2,64	72,13
4	86,26	2,02	71,89
5	83,06	2,57	71,48

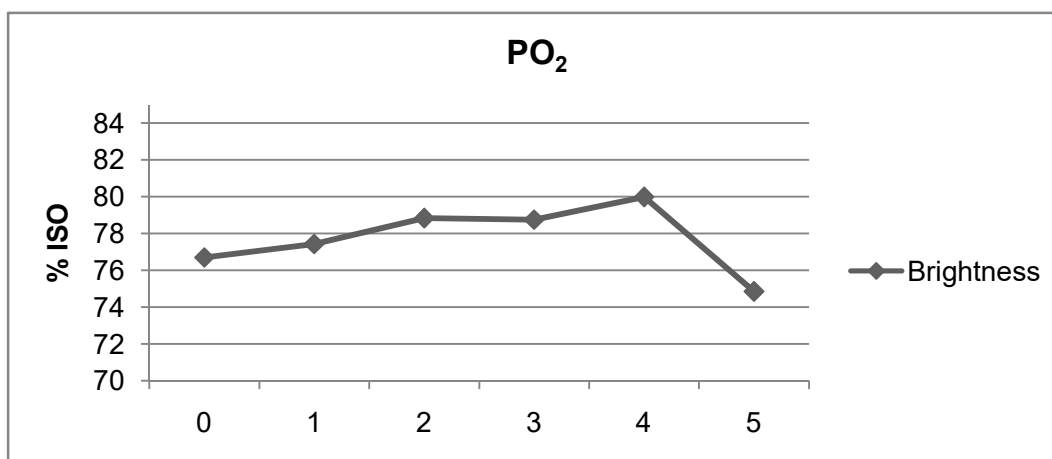


Figure 1. Treatments' effects on PO₂ stage

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





The brightness at D₁ stage was around 50 ISO%, in the treatment number five there was an exception, 39 ISO%, this result in not because the treatment, the last collected sample was stored improperly, this caused a reversal in brightness, Figure 2.

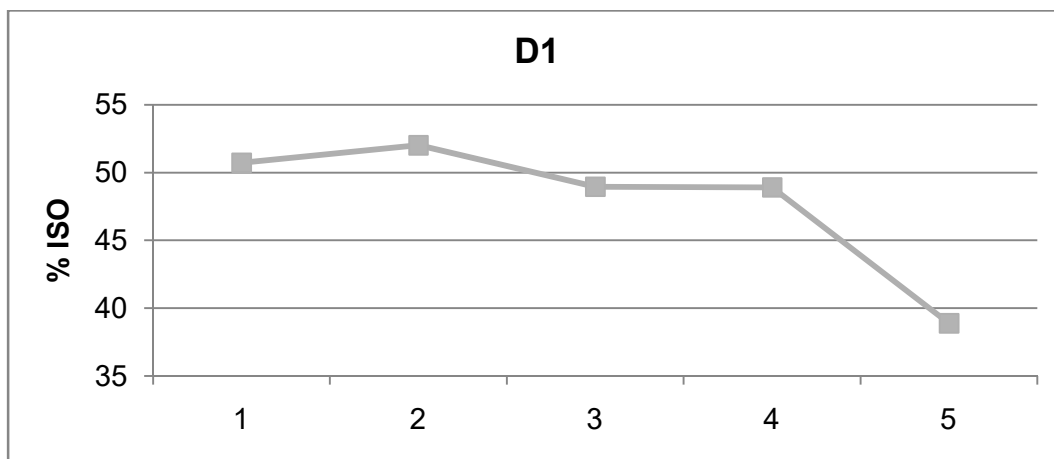


Figure 2. Brightness at D₁ stage

The brightness at the end of the fiber line, D₂ stage, was in line with the customers demand in both measurements, on line and laboratory, these results are shown at Table 8.

Table 4. Brightness' behavior during the changes

D ₂	
Brightness, % ISO (on line)	Brightness, % ISO (lab)
87,12	87,00
87,35	86,00
86,86	87,17
87,09	86,46
87,08	86,24
86,91	87,78

At D₂ stage there was an expressive reduction on Chlorine Dioxide consumption at treatments number four and five, Table 7. The decrease in the consumption of Cl₂ confirms as the delignification increases in O stage the demand for chemical reagents decreases along the bleaching.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Table 5. ClO₂ consumption during the changes at D₂ stage

# changes	kg/aDt
0	43,78
1	43,92
2	42,74
3	42,40
4	38,72
5	40,88

According to Collodete et al. (1993), the decrease in the viscosity of the cellulose pulp submitted to the O stage comes from the presence of free radicals from the hydroperoxide depollution.

The viscosity is in line with the expected, it kept around 900cP. Again the last one change has a result below average, this is a reflex of the improper storage, the lost in viscosity decreased with the changes, this is a favorable point. Also is possible see the improvement of the process by the selectivity, these results are shown at Table 9.

Table 6. The changes' influence on viscosity

# changes	Visko	Δ Visko	Lost [%]	Selectivity
0	925,00	186,03	16,74	0,57
1	962,64	148,39	13,36	0,69
2	926,51	184,52	16,61	0,55
3	934,17	176,86	15,92	0,65
4	932,20	178,83	16,10	0,64
5	896,89	214,14	19,27	0,52

The tensile index is an important parameter for directed pulp to papermaking, since it indicates the probability of breaking the sheet during its formation process (SEGURA, 2012). In the Table 10 we have the results of the refining, five levels of refining, for each change.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Table 7. Tensile Index for five levels of refining

Net SRE kWh/t	Tensile Index, Nm/g				
	1	2	3	4	5
0	31,5	30,6	32,3	27	26,2
23	44,6	44,3	46,9	41	40,9
49	51,8	56,6	57,7	51,5	53,4
124	71,5	78,2	77,4	74,7	72,5
298	93,1	100,4	100,4	95,4	94,8

The target for Tensile Index is around 70 Nm/g, The energy needed to reach this number has not changed with the changes.

The fiber length is related with the paper resistance, it is favorable that the fiber length does not decrease a lot during the pulping and bleaching process. During the bleaching changes the fiber length remained in line with the normal conditions results, Figure 3. The amount of fines decreased during the changes.

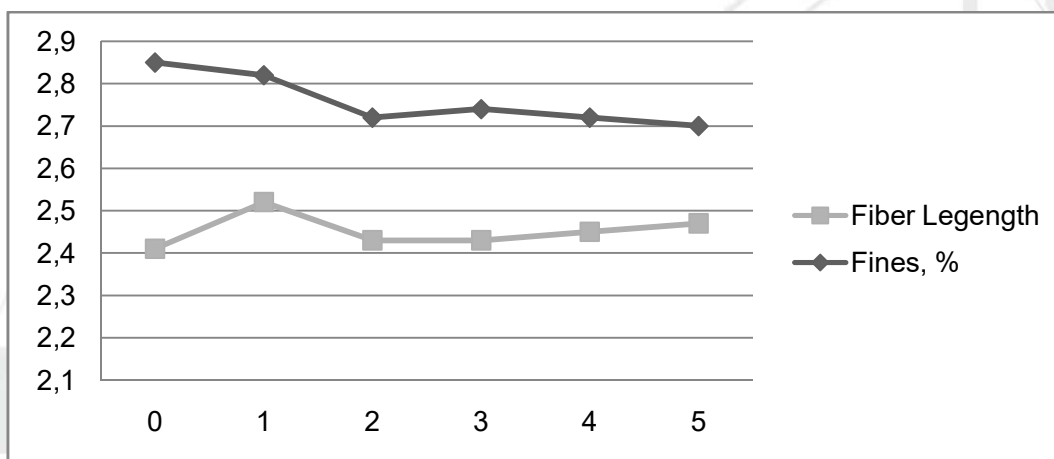


Figure 3. Fiber length and fines results

The coarseness represents the fiber weight per length unity. Heavy fibers, with bigcoarseness, present high tear index, high specific volume, high porosity, low opacity, quick drainage, rough surface and low fiber population. On the other hand, lighter fibers possess high resistance to traction and overflow, high level of water retention and high fiber population (SETH, 1997).

The behavior of the coarseness during changes was similar to the normal conditions, Figure 4.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

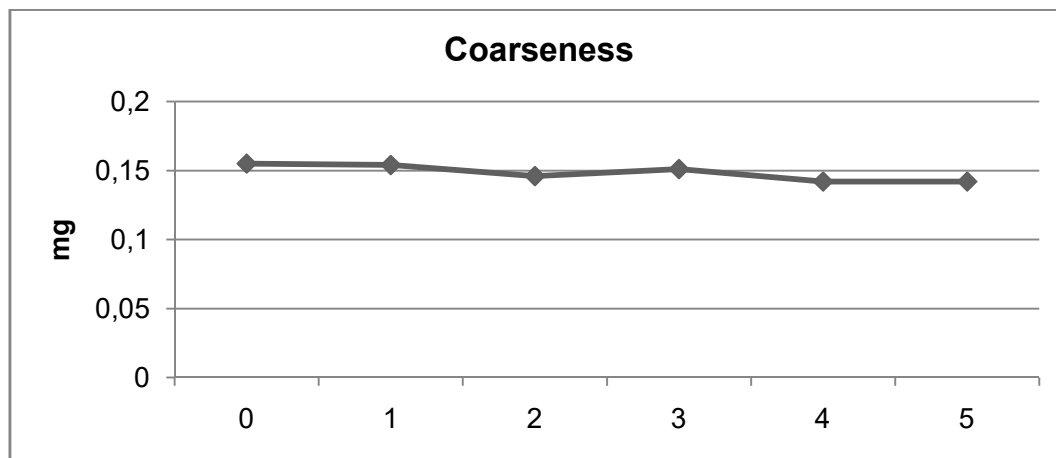


Figure 4. Changes' effects on coarseness behavior

4. CONCUSSIONS AND SUGGESTIONS

The most influential parameter at oxygen stage is the temperature, followed by alkaline charge.

The best change was the number three, because it has a higher kappa reduction, a satisfactory conductivity at the washers, a higher selectivity and lower viscosity loss than the normal condition.

For the refining results the change number three had also satisfactory results. It showed the same tensile index and fiber length when compared with the normal condition, and also a quite similar coarseness.

In general the changes in the oxygen stage do not have resulted in large changes in the quality of the final pulp, this shows that oxygen stage is not the most influential on the pulp quality.

It is recommended, as a new step, applying changes in the EOP stage, just to know the influence of this stage on the pulp quality.

A second oxygen stage is also an available possibility.

5. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

BONFATTI JÚNIOR, E.A. Deslignificação com oxigênio para polpa kraft com alto número kappa. 2013. 112 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

COLODETTE, J.L.; SOUZA, C.B.; MOUNTEER, A.H.; CAMPOS, A.S. Aumentando a seletividade e eficiência no branqueamento com oxigênio pelo uso do metanol. O Papel, v. 54, n. 4, p. 26-36, 1993.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DANCE, C.W.; REEV, D. Pulp bleaching: Principles and Practice. Atlanta, Estados Unidos. TAPPI Press. 1996, 869p.

DEVENYNS, J.; DESPREZ, F.; TROUGHTON, N.; PLUMET, L. Metals control in TCF bleaching : implications for kraft bleaching sequence design, TAPPI pulping Conference, San Diego, CA, November 1994.

GENCO, J.M.; VAM HEININGEN, R.P.; MILLER, W. Oxygen Delignification. In: HART, P.W.; RUDIE, A.W. The Bleaching of Pulp. Atlanta, Estados Unidos. TAPPI Press. 2012. chap. 2, p. 9 – 43.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2470-1:2016: Paper, board and pulps -- Measurement of diffuse blue reflectance factor -- Part 1: Indoor daylight conditions (ISO brightness). Genebra, 2016.

MCDONOUGH, T.J. Recent advances in bleached chemical pulp manufacturing technology. 1. Extended delignification, oxygen delignification, enzyme applications, and ecf and tcf bleaching. TAPPI Journal, Atlanta, v. 78, n. 3, p. 55-62, 1995.

MCDONOUGH, T.J. Oxygen delignification. In: DANCE, C.W.; REEV, D. Pulp bleaching: Principles and Practice. Atlanta, Estados Unidos. TAPPI Press. 1996. Chap. 6, p. 213 – 239.

SEGURA, T.E.S. Avaliação das madeiras de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Acacia mearnsii* para a produção de celulose kraft pelos processos convencional e Lo-Silids®. 2012. 99p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SETH, R. S.; CHAN, B. K. Measurement of fiber coarseness with optical fiber length analyzers. Tappi Journal, Atlanta, v. 80, n.5, p.217-221, 1997.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. Test methods. Atlanta, Estados Unidos. TAPPI Press. 2007, 432p.

WHITE, B. Carbon dioxide on pulp during washing in the minimum impact Mill. Pulp Washing '96, Vancouver, p. 35-56, 1996.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CHEMICAL AND CRYSTAL PROPERTIES OF UNDEREXPLOITED AMAZONIAN PALM FIBERS FOR USING AS POTENTIAL REINFORCING MATERIALS

Luiz Eduardo Silva¹
Alessandra Fonseca¹
Joabel Raabe²
Livia Mara Silva Dias³
Ana Elisa Rodarte Baliza²
tattiane Gomes Costa⁴
Raimundo Pereira Vasconcelos⁵
Gustavo Henrique Denzin Tonoli¹

¹ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras

³ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais

⁵ Universidade Federal do Amazonas

PROPRIEDADES QUÍMICA E CRISTALINA DE FIBRAS DE PALMEIRAS AMAZÔNICAS POUCO EXPLORADAS PARA POTENCIAL USO COMO MATERIAIS DE REFORÇO

Resumo: O presente estudo objetivou apresentar a estrutura química e cristalina das fibras de três espécies de palmeiras amazônicas (*Leopoldinia piassaba* – PIASSAVA, *Desmoncus polyacanthos* – JACITARA, and *Astrocaryum* sp. – TUCUM) e suas porções interna (INT) e externa (OUT), a fim de gerar suporte para possíveis usos dessas fibras como reforço em compósitos. As fibras de PIASSAVA possuem quantidades relativamente mais altas de lignina e extrativos, o que levou a um índice de cristalinidade (IC) menor do que as outras fibras. As fibras JACITARA OUT apresentaram IC maiores do que JACITARA INT. Fibras de TUCUM possuíram maiores quantidades de celulose o que corrobora com seu IC maior do que as outras fibras em análise. TUCUM INT exibiu características mais interessantes (como IC mais alto) do que TUCUM OUT. Os resultados experimentais do presente trabalho contribuem para um vasto uso das diferentes porções destas fibras, provenientes de palmeiras amazônicas pouco exploradas, como matéria prima a ser usada em compósitos e novos materiais para uma alta gama de aplicações.

Palavras-chave: piassava; tucum; jacitara; fibras vegetais; fibras lignocelulósicas

CHEMICAL AND CRYSTAL PROPERTIES OF UNDEREXPLOITED AMAZONIAN PALM FIBERS FOR USING AS POTENTIAL REINFORCING MATERIALS

Abstract: This study aimed to present the chemical and crystal structure of three Amazonian palm fibers (*Leopoldinia piassaba* – PIASSAVA, *Desmoncus polyacanthos* – JACITARA, and *Astrocaryum* sp. – TUCUM) and their inner (INT) and outer (OUT) portions, in order to provide support for possible use of these fibers as reinforcement in composites. PIASSAVA fibers contain relatively higher lignin and extractives contents, which led to lower crystallinity index (CI), than others. JACITARA OUT fibers presented higher CI than JACITARA INT. TUCUM fibers presented the higher content of cellulose as also corroborated by their higher CI in relation to their counterparts. TUCUM INT exhibited more interesting characteristics (such as higher CI) than TUCUM OUT. The experimental results in the present work contribute to the widespread use of the different portions of these underexploited Amazonian palm fibers as source of raw materials that may be used to engineered composites and new materials for a wide range of applications.

Keywords: piassava; tucum; jacitara; vegetable fibers; lignocellulosic fibers

1. INTRODUCTION

The growing demand for environmentally sustainable materials as replacement for fossil-derived resources has stimulated research in several areas of engineering, mainly in the development of cement, ceramic, metallic and polymeric composites. The inclusion of plant fibers in these applications, replacing the commonly used reinforcements (asbestos, steel and fiberglass, for example) has been driven both by the need to use raw materials from renewable sources and by the advantages that the use of plant fibers can offer (Yan et al., 2016). Plant fibers, mainly composed of cellulose, hemicelluloses and lignin, also known as lignocellulosic fiber include wood, agricultural and forestry residues, aquatic plants, grasses and other plant substances (Rowell et al., 2000).

Although plant fibers have relatively low mechanical performance compared to synthetic counterparts (Kabir et al., 2012), other advantages such as low cost, low density, high specific strength and modulus of elasticity, high availability, and lower energy consumption compared with other non-renewable sources justify the potential of these materials to replace synthetic fibers in composites. Additionally, these natural fibers are not abrasive or toxic and originate from renewable sources (Joseph et al., 1999). In addition, rural and traditional community can benefit from the use of these materials.

Several types of plant fibers have been investigated as reinforcement in composites, such as bamboo (Abdul Khalil et al., 2015), coir fiber (Lomeli-Ramirez et al., 2014), jute (Alves et al., 2010, Khan and Khan, 2015), sisal (Li and Shen, 2015), sugarcane bagasse (Hajiha and Sain, 2015), curaua (Souza et al., 2015), and pineapple (Sena Neto et al., 2013; Sena Neto et al., 2015). Also, the use of cellulose nanofibrils from several plant sources (Karimi et al., 2014; Brinchi et al., 2013) has generated new opportunities for research into a myriad of polymer applications. Other potential sources have been also studied for composites purpose, especially those from agro-industrial residues (Santos et al., 2013; Henrique et al., 2013; Haafiz et al., 2013), and forest wastes (Brinchi et al., 2013; Väisänen et al., 2016). It is particularly important to explore fibers from these native forests, particularly those from the Amazon, because of the huge biodiversity of this biome.

The use of lignocellulosic fibers in industrial applications is increasing worldwide. According to Al-Oqla and Sapuan (2014), date palm fibers (DPF) comply with important aspects to be used as reinforcement in polymer composites for automotive industry. Other fibers presented similar results (Alves et al., 2010; Pegoretti et al., 2014). The oil and gas industry also became increasingly interested in using pipes and risers made of fiber-reinforced composites (Taheri, 2013). Moreover, advanced and functional fabric specimens with antimicrobial activities, for example, were made by biopolymeric products for textile purposes (Zhang et al., 2003).

With the advent of nanotechnology, different types of cellulosic products for reinforcement applications have been developed. They can range from primary and less manufactured (lignocellulosic fibers) to highly processed one (cellulose nanofibrils), showing different shapes and sizes according to the process for deconstruction of the lignocellulosic fiber, which can be physical (Alves et al., 2010), chemical and/or mechanical (Wang and Li, 2015; Tonoli et al., 2012). Their performance in polymeric matrix can be improved by chemical and physical treatments that allow improved interface of the reinforcement with the matrix and increased mechanical properties (Omran et al., 2016; Barari et al., 2016; Nopparut and Amornsakchai, 2016; Mesquita et al., 2016).

The reinforcing efficiency of lignocellulosic fiber is related to the nature of cellulose and its crystallinity (Khan and Khan, 2015). The cellulose chains agglomerate to 3 – 5 nm thick (microfibrils) with crystalline and non-crystalline regions. It is water insoluble but recalcitrant to hydrolysis because of its densely packed highly crystalline structure with straight, stable supra-molecular fiber of high tensile strength and its low accessibility (Satyanarayana et al., 2009; Dittenber and GangaRao, 2012).

The Amazon forest is known worldwide for its rich tropical biodiversity, presenting several non-woody and woody species of great potential for sustainable management, but there is a full range of applications that are still not utilized and so these resources are often poorly managed. The extraction of several specific woody species is the main focus of activity in the Amazon forest, but the increasing demand for lignocellulosic sources to meet the needs of emerging and global "green economy" has stimulated research into broader areas of new materials from non-wood forest products such as plant fibers, which are abundant and fast growing in the forests. For example, curaua fibers have been utilized in commercial composites (Cordeiro et al., 2011) with no negative impact on the forest; thus, stimulating environmental, social and economic advances in Amazon (Zah et al., 2007). Arumã fiber (*Ischnosiphon arouma* (Aubl) Korn), ubuçu (*Manicaria saccifera*), buriti (*Mauritia flexuosa*), açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) and tucum (*Astrocaryum chambira*) are other species native to the Amazon region, widely used by traditional populations for making handcrafted artifacts (e.g., carpets and bows). Although guidance on the management of tropical forest for woody species was developed in the last century (Dawkins and Philip, 1998), the guidance for non-woody products is very recent (Stockdale, 2005; Cordeiro et al., 2011), and there is still a lack of information on the management and technological characteristics of the different sources of non-woody forest products, in particular for those Amazonian fibers.

Therefore, the present study aimed to determine chemical and crystalline properties of three different underexploited Amazonian palm fibers in order to provide support information

for potential uses for these fibers as reinforcement in composites for a wide range of applications.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1 Raw materials

The fiber species studied in the present work belong to Arecaceae (Palms) family and are used by traditional Amazonian communities for production of handicraft utensils and instruments widely commercialized in South America, and also play an important cultural role for local communities. The three species are: piassava (*Leopoldinia piassaba*), jacitara (*Desmoncus polyacanthos* Mart.), and tucum (*Astrocaryum* sp.). They were collected from a native forest in cooperation with the local management in the district of São Gabriel da Cachoeira, Amazonas state, Brazil.

From the Amazonian palm fibers listed above, the following parts were separated and evaluated: (i) piassava fiber (PIASSAVA); (ii) external jacitara fiber (JACITARA OUT) that is the main part of this lignocellulosic plant; (iii) internal jacitara fiber (JACITARA INT) that is normally a residual part of the JACITARA OUT extraction; (iv) fiber of tucum (TUCUM) that is the main fiber of this palm leaf; (v) tucum INTER epidermis (TUCUM INT) normally a residue of TUCUM exploitation; and (vi) tucum external epidermis (TUCUM OUT), also a residue. All those plant fiber parts are shown in Figure 1 and were individually evaluated regarding structural (X-ray diffraction) and chemical composition.

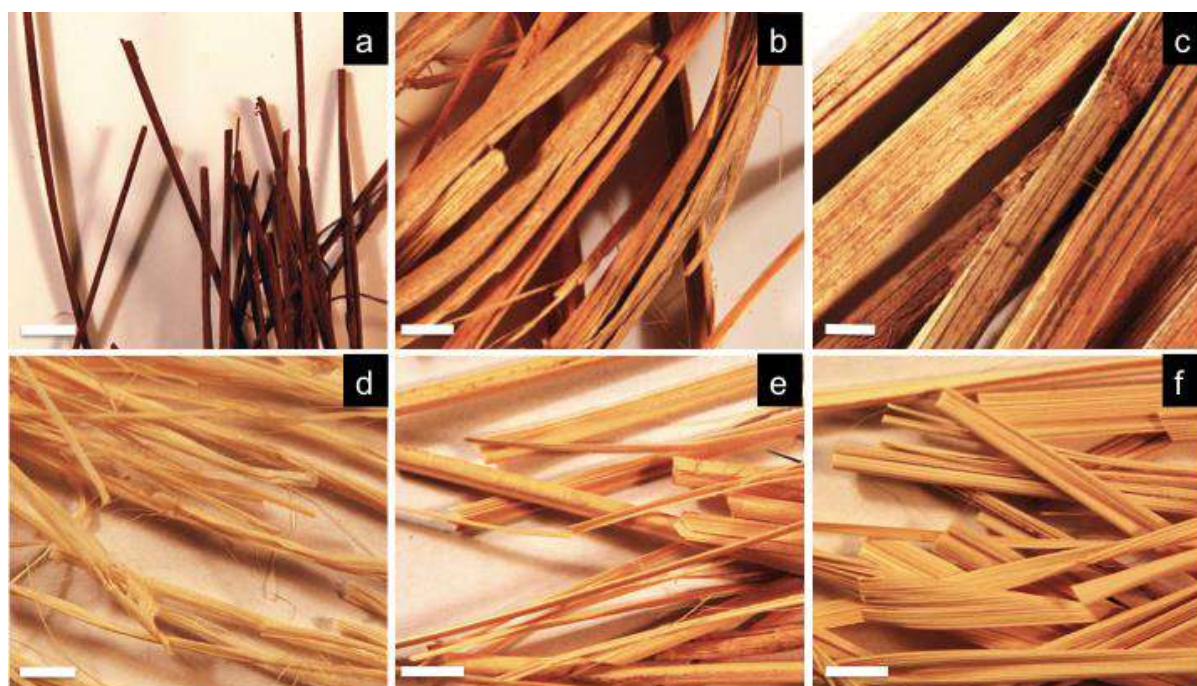


Figure 1. Fibrous raw materials of the different Amazonian palm species: (a) piassava fiber - PIASSAVA; (b) external jacitara fiber - JACITARA OUT; (c) internal jacitara fiber - JACITARA INT; (d) tucum fiber - TUCUM; (e) INTER tucum epidermis - TUCUM INT; and (f) external tucum epidermis - TUCUM OUT. Scale bar is 5 mm.

2.2 Chemical composition

To determine the total amount of ethanol-toluene-water soluble extractives and acid insoluble lignin, ASTM D1107 (2013), ASTM D1110 (2013) and ASTM D1106(2013) standards were used. Holocellulose and cellulose contents were determined following the

procedures described by Browning (1967) and Kennedy et al. (1987). Hemicelluloses content was obtained subtracting the cellulose content out of holocellulose content.

Representative compound samples of jacitara were prepared with the mixture of the internal (JACITARA INT) and external (JACITARA OUT) jacitara fibers. Tucum external epidermis (TUCUM OUT), inner epidermis (TUCUM INT) and tucum fiber (TUCUM) were utilized for tucum mixtures.

2.3 Crystallinity of the fibers

X-ray diffraction (XRD) patterns were measured (in duplicate) with an X-ray diffractometer (Philips DY971), using Cu K α radiation at 45 kV and 40 mA. Scattered radiation was detected in the range of $2\theta = 5 - 40^\circ$, at a scan rate of 2° per minute. The crystallinity index (CI) was estimated from the heights of the (200) peak ($2\theta \sim 22.5^\circ$) and the minimum intensity between the (110) and (200) peaks (2θ between 18° and 22°), by established methods (Segal et al., 1959).

Crystallite size (CS) was estimated through the use of the Scherrer equation (Eq. 1) as reported elsewhere (Heinze and Liebert, 2001; Cao and Tan, 2005):

$$CS = \frac{k \cdot \lambda}{\beta \cdot \cos\theta} \quad (1)$$

where CS is the size (in nm) perpendicular to the lattice plane represented by the peak in (200) plane; K is a constant that depends on the crystal shape ($K=0.89$); λ is the wave length of the incident X-ray (1.5425 Å); θ is the Bragg angle corresponding to the (200) plane (i.e. half of the 2θ value in the position of the peak); and β is the half-height width (in radians) of the peak angle of the (200) reflection.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Chemical and structural composition

Lignocellulosic fibers have three primary chemical constituents, namely cellulose, hemicelluloses and lignin. In addition, lignocellulosic fibers also contain some amount of pectin, waxes, and water-soluble substances (Bledzki and Gassan, 1999). Lignocellulose fibers compositions and structures vary greatly, depending on plant species, age, climate, and soil conditions. Information on the chemical composition of lignocellulosic fibers is important because it may define their properties and their applications (Gurunathan et al., 2015). Table 1 depicts the chemical composition of the Amazonian palm fibers. As expected, the studied plant fibers presented important differences in their chemical composition. For application as reinforcement in composite materials, great amount of cellulose is desired as demonstrated by several researches, for example, using jute and curaua to produce reinforced composites for industrial applications (Alves et al., 2010; Satyanarayana et al., 2007; Khan and Khan, 2015; Tomczak et al., 2007; Zah et al., 2007; Pegoretti et al., 2014).

In this study, the jacitara and tucum fibers showed higher percentage of cellulose (~65% and 76%, respectively) compared to the average percentage of softwood (30 - 60%) and hardwood (31 - 64%) according to Tsoumis (1991) and similar values as found for jute and curaua (Satyanarayana et al., 2007).

More desired mechanical and weathering properties are associated to higher cellulose content (Al-Oqla and Sapuan, 2014). Moreover, high cellulose content and low microfibril angle are desirable properties for the fibers to be used as reinforcement in polymer matrixes, since they provide high tensile and flexural strength to the fiber and can govern the mechanical properties of the subsequent fiber-reinforced composite (Khan and Khan, 2015).

Previous studies found that the presence of lignin and hemicelluloses influence the final mechanical properties of the individual fibers (Spence et al., 2010; Alila et al., 2013; Zuluaga

et al., 2009; Iwamoto et al., 2008). Lignin provides plant tissue and individual fibers with improved compressive strength and stiffens the cell wall of the fibers, to protect the carbohydrates from chemical and physical damage (Saheb and Jog 1999). The presence of lignin may significantly increase lignocellulosic film toughness, tensile index and elastic modulus (Spence et al., 2010). However, normally high content of lignin means less fibrillated fibers, which can adversely affect mechanical properties. The present studied palm fibers have lower content of hemicelluloses compared to natural fibers already in use for reinforcement applications (Satyanarayana et al., 2007). On the other hand, species with low lignin content requires smaller amounts of chemicals for cellulose isolation, thus facilitating and reducing the cost of cellulose pulping. The piassava fibers present high lignin content with potential for use as a renewable energy source, as well as for obtaining natural phenolic compounds and adhesives, and present lower content of cellulose compared to their counterparts.

Hemicelluloses play a major role for moisture absorption capability of lignocellulosic fibers (Spinacé et al., 2009) supported by hydrophilic regions of cellulose chains and lignin (Aquino et al., 2007). At the nanoscaled view, the presence of hemicelluloses inhibits the coalescence of cellulose microfibrils during drying which may facilitate delamination of the cell wall (Klemm et al., 2011; Zhang and Tong, 2007) and can participate on the enhancement of mechanical properties in composites. Higher cellulose contents provide higher modulus of elasticity to cellulose nanofibrils films because of its natural stiffness (Grüneberger et al., 2014). However, hemicelluloses can easily deform in comparison with crystalline cellulose, and play an important role in adhesion between cellulose nanofibrils, which contribute to mechanical strength (Iwamoto et al., 2008).

Table 1. Average chemical composition of the Amazonian palm fibers and literature.

Chemical composition	PIASSAVA	JACITARA ^a	TUCUM ^b	Jute ^c	Curaua ^c
Cellulose (%)	28.0	65.0	75.5	60	70-73
Hemicelluloses (%)	9.3	12.9	11.3	22	21
Insoluble lignin (%)	50.7	16.5	3.8	16	7-11
Extractives (%)	12.1	5.0	4.9	-	2.5-2.8

^{a,b} Chemical composition presented for these plant fibers refers to the whole lignocellulosic plant, i.e. the different portions (INT and OUT) were not separated here. ^c Compiled values by Satyanarayana et al. (2007).

3.2 X-ray diffraction

X-ray diffractions (XRD) of the different plant fibers are shown in Figure 2. The intensity between $2\theta=18^\circ$ and $2\theta=20^\circ$ was used to characterize the amorphous fraction because there is essentially no crystalline diffraction at this region (French, 2014). The corresponding intensity in this amorphous fraction (see $2\theta=18^\circ$ at Figure 2) also suggests that the majority of the cellulose exists in the I β cellulose polymorph (French and Cintrón, 2013; French, 2014). The XRD patterns of the fibers had an amorphous broad hump and crystalline peaks that are typical of semicrystalline materials. The XRD of PIASSAVA, TUCUM INT and JACITARA INT and OUT fibers (Figure 2) show similar structures to cellulose I β (French, 2014). The vegetal fibers exhibited a sharp peak around $2\theta = 22^\circ$, which is assigned to the (200) lattice plane of cellulose I. The peak of the (200) plane in the TUCUM fibers is sharper than for the other fibers, which is indicative of greater crystallinity, at least regarding the (200) plane (Cao and Tan, 2005). The two overlapping weaker diffraction peaks at $2\theta=14.8^\circ$ and $2\theta=16.3^\circ$ are assigned to the (1-10) and (110) lattice planes of cellulose I (Klemm et al., 2005; Besbes et al., 2011). Cellulose I is a structure comprised of repeating β -(1 \rightarrow 4)-D-glucopyranose units with building blocks of parallel glucan chains (Pääkkö et al., 2007). Figure 2 shows that the separation of the peaks at $2\theta=14.8^\circ$ and $2\theta=16.3^\circ$ becomes more distinct for TUCUM fibers. The separation of these peaks (1-10 and 110) was also observed by Chan et al. (2013) with increasing crystallinity of the fibers. The broad peak at around

$2\theta=35^\circ$ is reported elsewhere (French, 2014) as a composite of several reflections corresponding to various planes being (004) lattice plane not the dominant contributor. French (2014) also shows the difference of samples with and without fibril orientation, and the broad peak in $2\theta = 35^\circ$ (004) appears with more intensity when fibrils oriented themselves alongside the fiber axis.

In summary, the fibers evaluated here seem to represent the same crystal structure, although with some variations in fine crystal structure. The intensity of diffraction peaks varied among the samples; accordingly, from these data, the crystallinity index (CI in Figure 2) was determined as described above in section 2. In this study, the Segal method discloses a reasonable estimate of how much of the material is crystalline and how much is not. PIASSAVA fibers exhibited lower crystallinity index ($CI=22\pm3\%$) than the other fibers, which is due to the relatively higher content of lignin and extractives in these fibers (Table 1). Lignin, extractives and hemicelluloses are amorphous, and therefore do not contribute to crystallinity index. TUCUM fibers exhibited higher CI than the others due to the higher content of cellulose crystalline domains. TUCUM INT and OUT also presented CI values higher than the other fibers, while JACITARA OUT fibers presented intermediary values of CI as expected due to the intermediary cellulose content. Tucum (TUCUM, TUCUM INT and TUCUM OUT) and jacitara (JACITARA INT and JACITARA OUT) fibers studied in this work presented CI values similar to literature, for instance, commercial curaua leaf fibers presents CI between 64% and 67% (Correa et al., 2010; Tomczak et al., 2007). Satyanarayana et al. (2007) reported CI values of around 76% for curaua, 47% for sisal, 72% for sugar-cane bagasse and 44% for coir fibers. Pineapple leaf fibers of different varieties presented CI values from around 49% to 79% (Sena Neto et al., 2013; Sena Neto et al., 2015).

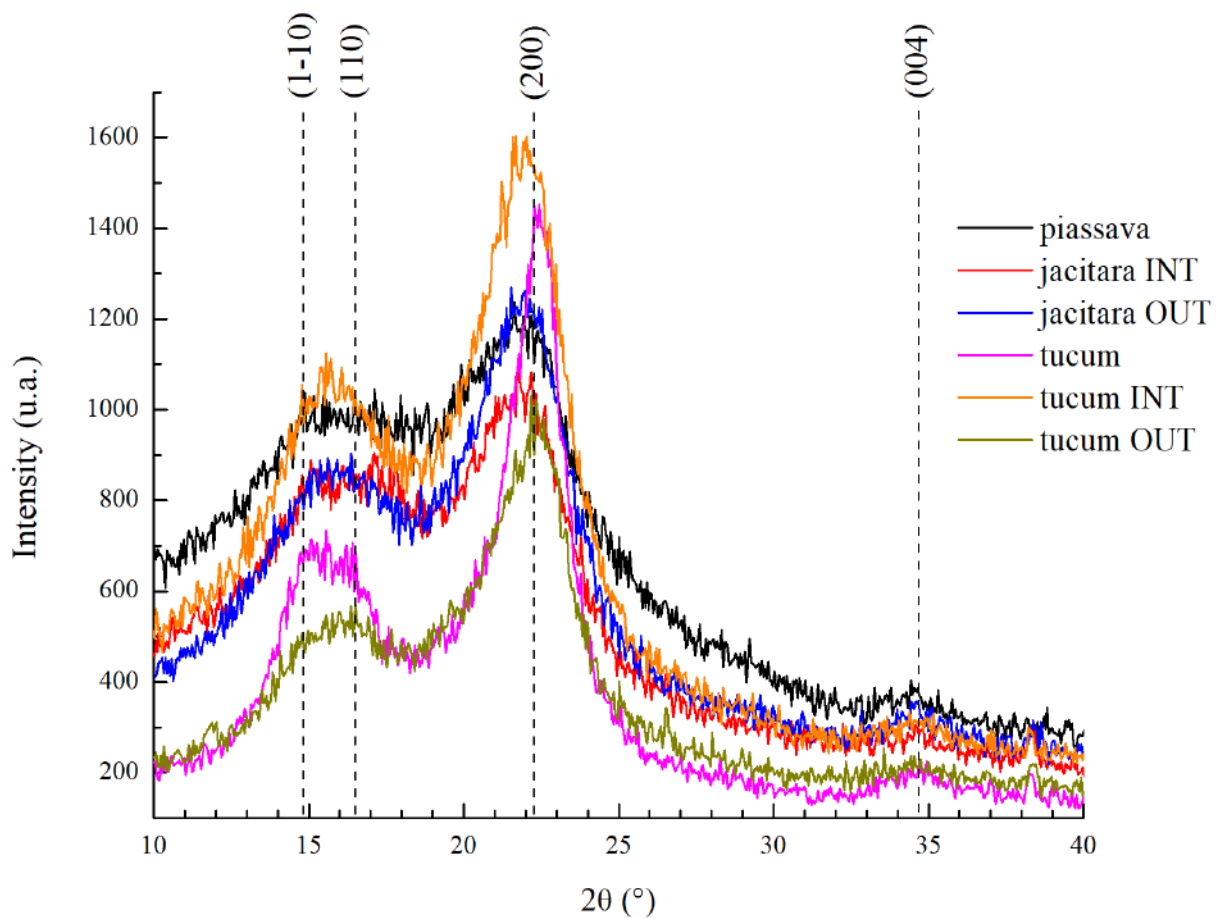


Figure 2. X-ray diffraction (XRD) pattern and crystallinity index (CI) of the different Amazonian palm fibers.

4. CONCLUSIONS

Assessing the potential of plant fibers for reinforcement purposes using only anatomical features can generate misleading conclusions about the quality and possible applications of these fibers. Then, chemical and structural properties were determined here, for better predictions and decisions about the optimal uses of such fibers. PIASSAVA fibers contain relatively higher lignin and extractives contents which led to lower crystallinity index (CI=22±3%) than JACITARA INT, showing higher CI (CI=42±2%). TUCUM fibers presented the higher content of cellulose as also corroborated by their higher crystallinity (CI~69%) in relation to their counterparts. Additionally, TUCUM INT exhibited higher CI than TUCUM OUT which is better for reinforcement purposes. The experimental results in the present work contribute to report the potential for widespread use of these underexploited Amazonian palm fibers as a source of raw material that can be engineered into composites and new materials for a wide range of applications.

5. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Federal University of Lavras (UFLA) for supporting the experimental work, and the financial support granted by CAPES, CNPq, and FAPEMIG, Brazil. Thanks also to Maria Gorett dos Santos Marques (UFAM), Rede Brasileira de Compósitos e Nanocompósitos Lignocelulósicos (RELIGAR) and Research Nucleus on Materials for Biosystems - Biosmat (FZEA/USP), Brazil.

6. REFERENCES

- ABDUL KHALIL, H.P.S.; ALWANI, M.S.; ISLAM, M.N.; SUHAILY, S.S.; DUNGANI, R.; H'NG, Y.M.; JAWAID, M. The use of bamboo fibres as reinforcements in composites. *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*, p. 488–524. 2015.
- ALILA S.; BESBES I.; VILAR M.R.; MUTJÉ P.; BOUFI S. Non-woody plants as raw materials for production of microfibrillated cellulose (MFC): A comparative study. *Ind Crops Prod* 41:250–259. 2013.
- AL-OQLA, F.M.; SAPUAN, S.M. Natural fiber reinforced polymer composites in industrial applications: feasibility of date palm fibers for sustainable automotive industry. *Journal of Cleaner Production* 66 (2014), 347-354.
- ALVES, C.; FERRÃO, P.M.C.; SILVA, A.J.; REIS, L.G.; FREITAS, M.; RODRIGUES, L.B.; ALVES, D.E. Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites. *Journal of Cleaner Production*, Volume 18, Issue 4, March 2010, Pages 313–327.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1106-96. Standard Test Method for Acid Insoluble Lignin in Wood. Philadelphia: ASTM, 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1107-96. Standard Test Method for Ethanol-Toluene Solubility of Wood. Philadelphia: ASTM, 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1110-84. Standard Test Methods for Water Solubility of Wood. Philadelphia: ASTM, 2013.
- AQUINO, E.M.F.; SARMENTO, L.P.S.; OLIVEIRA, W.; SILVA, R.V. Moisture effect on degradation of jute/glass hybrid composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 26, 219–233. 2007.

BARARI, B.; OMRANI, E.; MOGHADAM, A.D.; MENEZES, P.L.; PILLAI, K.M.; ROHATGI, P.K. Mechanical, physical and tribological characterization of nano-cellulose fibers reinforced bio-epoxy composites: An attempt to fabricate and scale the 'Green' composite. *Carbohydrate Polymers*, 147, 282–293. 2016.

BESBES, I.; VILAR, M.R.; BOUFI, S. Nanofibrillated cellulose from TEMPO oxidized eucalyptus fibres: Effect of the carboxyl content. *Carbohydrate Polymers*, 84, 975–983. 2011.

BLEDZKI, A.K.; GASSAN J. Composites reinforced with cellulose based fibres. *Prog. Polym. Sci.*; 24:221–74. 1999.

BRINCHI, L.; COTANA, F.; FORTUNATI, E.; KENNY, J.M. Production of nanocrystalline cellulose from lignocellulosic biomass: Technology and applications. *Carbohydrate Polymers*, Volume 94, Issue 1, 154–169. 2013.

BROWNING, B.L. *Methods of wood chemistry*. Wiley, New York, 1967.

CAO, Y.; TAN, H. Study on crystal structures of enzyme-hydrolyzed cellulosic materials by X-ray diffraction. *Enzyme Microb Tech*, 36:314–317. 2005.

CHAN, C.H.; ZAKARIA, S.; AHMAD, I.; DUFRESNE, A. Production and characterisation of cellulose and nano-crystalline cellulose from kenaf core wood. *BioResources* 8(1):785–794. 2013.

CORDEIRO, N.; GOUVEIA, C.; MORAES, A.G.O.; AMICO, S.C. Natural fibers characterization by inverse gas chromatography. *Carbohydrate Polymers* 84, 110–117. 2011.

CORREA, A.C.; DE MORAIS TEIXEIRA, E.; PESSAN, L.A.; MATTOSO, L.H.C. Cellulose nanofibers from curaua fibers. *Cell* 17, 1183–1192. 2010.

DAWKINS, H.C.; PHILIP, M.S. Tropical moist forest silviculture and management. In: *A History of Success and Failure*, CAB International, Wallingford, UK. 1998.

DITTENBER, D.B.; GANGARAO, H.V.S. Critical review of recent publications on use of natural composites in infrastructure. *Compos Part A: Appl Sci Manuf*; 43:1419–29. 2012.

FRENCH, A.D. Idealized powder diffraction patterns for cellulose polymorphs. *Cellulose*. 21:885-896. 2014.

FRENCH, A.D.; CINTRON, S.M. Cellulose polymorphy, crystallite size, and the Segal crystallinity index. *Cellulose*. 20:583-588. 2013.

GRÜNEBERGER, F.; KÜNNIGER, T.; ZIMMERMANN, T.; ARNOLD, M. Nanofibrillated cellulose in wood coatings: mechanical properties of free composite films. *J Mater Sci* 49:6437-6448. 2014.

GURUNATHAN, T.; MOHANTY, S.; NAYAK, S.K.A. Review of the recent developments in biocomposites based on natural fibres and their application perspectives. *Composites: Part A* 77, 1–25. 2015.

HAAFIZ, M.K.M.; EICHHORN, S.J.; HASSAN, A.; JAWAID, M. Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from oil palm biomass residue. *Carbohydrate Polymers*, Volume 93, Issue 2, 2 April 2013, Pages 628–634.

HAJIHA, H.; SAIN, M. The use of sugarcane bagasse fibres as reinforcements in composites. *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*, p. 525–549. 2015.

HEINZE, T.; LIEBERT, T. Unconventional methods in cellulose functionalization. *Progress in Polymer Science*, Volume 26, Number 9, 1, 1689-1762 (74). 2001.

HENRIQUE, M.A.; SILVÉRIO, H.A.; FLAUZINO NETO, W.P.; PASQUINI, D. Valorization of an agro industrial waste, mango seed, by the extraction and characterization of its cellulose nanocrystals. *Journal of Environmental Management*, Volume 121, 202-209. 2013.

IWAMOTO, S.; ABE, K.; YANO, H. The effect of hemicelluloses on wood pulp nanofibrillation and nanofiber network characteristics. *Biomacromolecules*, 9:1022–1026. 2008.

JOSEPH, K.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, L. H. Compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras curtas de sisal. *Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Out/Dez, p136-141, 1999.

KABIR, M. M.; WANG, H.; LAU, K. T.; CARDONA, F. Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. *Composites: Part B*, Article in press, 2012.

KARIMI, S.; TAHIR, P.MD.; KARIMI, A.; DUFRESNE, A.; ABDULKHANI, A. Kenaf bast cellulosic fibers hierarchy: A comprehensive approach from micro to nano. *Carbohydrate Polymers*, Volume 101, 878–885. 2014.

KENNEDY, F.; PHILLIPS, G.O.; WILLIAMS, E.P.A. *Wood and cellulose: industrial utilization, biotechnology, structure and properties*. Ellis horwood, Chichester. 1987.

KHAN, J.A.; KHAN, M.A. The use of jute fibers as reinforcements in composites. *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*, p. 3–34. 2015.

KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H. P. & BOHN, A. Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angewandte Chemie-International Edition*, 44, 22, 3358-3393. 2005.

LI, Y.; SHEN, Y.O. The use of sisal and henequen fibres as reinforcements in composites. *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*, p. 165–210. 2015.

LOMELÍ-RAMÍREZ, M.G.; SATYANARAYANA, G.K.; MANRÍQUEZ-GONZÁLEZ, R.; IWAKIRI, S.; MUNIZ, G.B.; FLORES-SAHAGUN, T.S. Bio-composites of cassava starch-green coconut fiber: Part II—Structure and properties. *Carbohydrate Polymers*, Volume 102, 576–583. 2014.

MESQUITA, R.G.A.; CÉSAR, A.A.S.; MENDES, R.F.; ET AL. Polyester Composites Reinforced with Corona-treated fibers from pine, eucalyptus and sugarcane bagasse. *J. Polymer Environ* (2016). Doi:10.1007/s10924-016-0864-6.

NOPPARUT, A.; AMORNSAKCHAI, T. Influence of pineapple leaf fiber and its surface treatment on molecular orientation in, and mechanical properties of, injection molded nylon composites. *Polymer Testing*, 52, 141-149. 2016.

OMRANI, E.; MENEZES, P.L.; ROHATGI, P.K. State of the art on tribological behavior of polymer matrix composites reinforced with natural fibers in the green materials world. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 19, 717–736. 2016.

PÄÄKKÖ, M.; ANKERFORS, M.; KOSONEN, H.; NYKÄNEN, A.; AHOLA, S.; ÖSTERBEG, M. Enzymatic hydrolysis combined with mechanical shearing and high-pressure homogenization for nanoscale cellulose fibrils and strong gels. *Biomacromolecules*, 8, 1934–1941. 2007.

PEGORETTI, T.S.; MATHIEUX, F.; EVRARD, D.; BRISSAUD, D.; ARRUDA, J.R.F. Use of recycled natural fibres in industrial products: A comparative LCA case study on acoustic components in the Brazilian automotive sector. *Resources, Conservation and Recycling*, 84, 1–14. 2014.

ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterization and factors effecting fiber properties. *Natural Polymers and Agrofibers Composites*. 2000.

SAHEB, N. D.; JOG, J. P. Natural fiber polymer composites: A review. *Adv. Polym. Tech.* 18, 351-363. 1999.

SANTOS, R.M.; FLAUZINO NETO, W.P.; SILVÉRIO, H.A.; MARTINS, D.F.; DANTAS, N.O.; PASQUINI, D. Cellulose nanocrystals from pineapple leaf, a new approach for the reuse of this agro-waste. *Industrial Crops and Products*, 50, 707–714. 2013.

SATYANARAYANA, K.G.; ARIZAGA, G.G.C.; WYPYCH, F. Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers – an overview. *Prog Polym Sci*, 34:982–1021. 2009.

SATYANARAYANA, K.G.; GUIMARÃES, J.L.; WYPYCH, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil, Part I: Source, production, morphology, properties and applications. *Compos. A: Appl. Sci. Manuf.* 38, 1694–1709. 2007.

SEGAL, L.; CREELY, J. J.; MARTIN, A. E.; CONRAD, C. M. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Textile Research Journal*, 29, 786–794. 1959.

SENA NETO, A.R.; ARAUJO, M.A.M.; BARBOZA, R.M.P.; FONSECA, A.S.; TONOLI, G.H.D.; SOUZA, F.V.D.; MATTOSO, L.H.C.; MARCONCINI, J.M. Comparative study of 12 pineapple leaf fiber varieties for use as mechanical reinforcement in polymer composites. *Ind. Crops and Prod.* 64, 68–78. 2015.

SENA NETO, A.R.; ARAUJO, M.A.M.; SOUZA, F.V.D.; MATTOSO, L.H.C.; MARCONCINI, J.M. Characterization and comparative evaluation of thermal, structural, chemical, mechanical and morphological properties of six pineapple leaf fiber varieties for use in composites. *Ind. Crops Prod.* 43, 529–537. 2013.

SOUZA, S.F.; FERREIRA, M.; SAIN, M.; FERREIRA, M.Z.; PUPO, H.F.; CHERIAN, B.M.; LEÃO, A.L. The use of curaua fibers as reinforcements in composites. *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*, p. 700–720. 2015.

SPENCE, K.L.; VENDITTI, R.A.; ROJAS, O.J.; HABIBI, Y.; PAWLAK, J.J. The effect of chemical composition on microfibrillar cellulose films from wood pulps: water interactions and physical properties for packaging applications. *Cellulose* 17:835–848. 2010.

SPINACÉ, M. A. S.; JANEIRO, L. G.; BERNARDINO, F. C.; GROSSI, T. A.; DE PAOLI, M. A. Poliolefinas Reforçadas com Fibras Vegetais Curtas: Sisal vs. Curaua. *Polímeros*, vol. 21, nº 3, p. 168-174, 2011.

SPINACÉ, M.A.S.; LAMBERT, C.S.; FERMOSELLI, K.K.G.; DE PAOLI, M.A. Characterization of lignocellulosic curaua fibres. *Carbohydrate Polymers* 77 (2009) 47–53.

STOCKDALE, M. Steps to sustainable and community-based NTFP management. Non-Timber Forest Products-Exchange Programme for South and Southeast Asia, The Philippines. 2005.

TAHERI, F. Advanced Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites for the manufacture and rehabilitation of pipes and tanks in the oil and gas industry. In: *Advanced Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Structural Applications*. Jiping Bai (eds). Woodhead publishing Series in Civil and Structural Engineering, number 46: 2013.

TOMCZAK, F.; SATYANARAYANA, K.G.; SYDENSTRICKER, T.H.D. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil: Part III – morphology and properties of Brazilian curaua fibers. *Compos. A: Appl. Sci. Manuf.* 38, 2227–2236. 2007.

TONOLI, G.H.D.; TEIXEIRA, E.M.; CORREA, A.C.; MARCONCINI, J.M.; CAIXETA, L.A.; PEREIRA-DA-SILVA, M.A.; MATTOSO, L.H.C. Cellulose micro/nanofibers from Eucalyptus kraft pulp: preparation and properties. *Carbohydrate Polymers*, 89, 80–88. 2012.

TSOUMIS, G. *Science and technology of wood: structure, properties and utilization*. Van Nostrand Reinhold, New York. 1991.

VÄISÄNE, T.; HAAPALA, A.; LAPPALAINEN, R.; TOMPPONEN, L. Utilization of agricultural and forest industry waste and residues in natural fiber-polymer composites: A review. *Waste Management*, 54, 62–73. 2016.

WANG, B.; LI, D. Strong and optically transparent biocomposites reinforced with cellulose nanofibers isolated from peanut shell. *Composites: Part A*, 79, 1–7. 2015.

YAN, L.; KASAL, B.; LIANG HUANG, L. A review of recent research on the use of cellulosic fibres, their fibre fabric reinforced cementitious, geo-polymer and polymer composites in civil engineering. *Composites Part B*, 92, 94-132. 2016.

ZAH, R.; HISCHIER, R.; LEO, A.L.; BRAUN, I. Curaua fibers in the automotive industry - a sustainability assessment. *J Clean Prod.*, 15, 1032-1040. 2007.

ZHANG, H.R.; TONG, M.W. Influence of hemicelluloses on the structure and properties of lyocell fibers. *Polymer Engineering Science* 47:702–706. 2007.

ZHANG, Z.; CHEN, L.; JI, J.; HUANG, Y.; CHEN, D. Antibacterial Properties of Cotton Fabrics Treated with Chitosan. *Textile Research Journal* 73 (12), 1103-1106, 2003.

ZULUAGA, R.; PUTAUX, J.L.; CRUZ, J.; VÉLEZ, J.; MONDRAGON, I.; GAÑÁN, P. Cellulose microfibrils from banana rachis: Effect of alkaline treatments on structural and morphological features. *Carbohydrate Polym*, 76:51–59. 2009.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CHIPS DE MADEIRA *Cedrela odorata* NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO DE AGUARDENTE

Carlos Vinícius Vieira de Souza¹

Jessica Ferreira²

Daniela Gois Nogueira³

Maria Beatriz dos Santos Cruz⁴

Victor Moutinho⁵

¹ Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

² Engenharia Florestal / IBEF - Instituto de Biodiversidade e Floresta / UFOPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ

³ Instituto de Biodiversidade e Floresta / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁴ Tecnologia da Madeira / Instituto de Biodiversidade e Florestas / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁵ Laboratório de Tecnologia da Madeira - LTM / UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará)



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CHIPS DE MADEIRA *Cedrela odorata* NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO DE AGUARDENTE

Resumo: A produção no Brasil de aguardente e de cachaça oriundas da cana-de-açúcar chega a 1,5 bilhões de litros por ano, isso significa que a bebida representa 87% da produção nacional de bebidas destiladas, ou seja, detém bastante importância econômica para o nosso país. A aguardente de cana envelhecida refere-se a bebida que apresenta no mínimo 50% de sua bebida envelhecida em recipiente de madeira apropriado por um período inferior a um ano. Vale enfatizar que existem muitos fatores que influenciam no processo de envelhecimento, são esses: o tempo de permanência da bebida em contato com a madeira, o número de vezes da sua reutilização, o grau alcoólico da bebida, as condições do ambiente e principalmente, a espécie na qual foi utilizada para realizar o envelhecimento. As garrafas utilizadas neste trabalho foram divididas por tratamento, sendo uma testemunha, uma “in natura” e uma “termo tratada”. A análise sensorial avaliou os aspectos: sabor, sabor residual, sensação residual, aroma e coloração. Ao todo foram 20 questionários, cada questionário possuiu 37 perguntas acerca dos aspectos já citados. Comparando os dois tratamentos observou-se sempre um maior incremento em características fortes e marcantes como sabor forte, cor mais escura e aroma mais perceptível no o tratamento “in natura”, em contrapartida, o tratamento “termo tratada” apresentou quase sempre características mais suáveis. De modo geral, as cachaças envelhecidas apresentaram sempre notas mais elevadas que a testemunha, demonstrando eficiência em ambos os tratamentos.

Palavras-chave: Cachaça, envelhecimento, cedro, amazônia.

WOOD CHIPS OF *Cedrela odorata* IN AGUARDENT AGING PROCESS

Abstract: The production in Brazil of aguardente and cachaça from sugarcane reaches 1.5 billion liters per year, this means that the beverage represents 87% of the national production of distilled beverages, that is, it has a great economic importance for the our country. Aged cane brandy refers to a beverage which has at least 50% of its aged beverage in an appropriate wooden container for a period of less than one year. It is important to emphasize that there are many factors that influence the aging process, such as the length of time the beverage is in contact with wood, the number of times it is reused, the alcoholic strength of the beverage, environmental conditions and, Species in which it was used to achieve aging. The bottles used in this work were divided by treatment, being a control, an "in natura" and a "treated term". The sensorial analysis evaluated the aspects: taste, residual taste, residual sensation, aroma and coloration. In all, there were 20 questionnaires, each questionnaire had 37 questions about the aspects already mentioned. Comparing the two treatments, there was always a greater increase in strong and striking characteristics such as strong flavor, darker color and more noticeable aroma in the “in natura” treatment. On the other hand, the "treated" treatment almost always presented more smooth characteristics. In general, the aged cachaças always presented higher notes than the control, demonstrating efficiency in both treatments.

Keywords: Cachaça, aging, cedar, amazonia.

1. INTRODUÇÃO

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A produção no Brasil de aguardente e de cachaça oriundas da cana-de-açúcar chega a 1,5 bilhões de litros por ano, isso significa que a bebida representa 87% da produção nacional de bebidas destiladas, ou seja, detém bastante importância econômica para o nosso país (Alcarde *et al.*, 2010). O consumo médio anual do brasileiro gira em torno de 9,4 L e o setor emprega cerca de 450 mil trabalhadores (Boza & Oeterrer, 1999). Dessa produção, 75% é oriunda da fabricação industrial e 25% da fabricação de forma artesanal (Sakai, 2010; Barboza, 2010). Já no mercado internacional, a cachaça brasileira é exportada para mais de 54 países, em 2016 a bebida foi exportada para a Alemanha, Estados Unidos, França, Uruguai, Paraguai e Itália, essa exportação movimentou cerca de US\$ 13,94 milhões e o seu consumo chega a 8,38 milhões de litros da bebida (Ibrac, 2017; Braga & Kiyotani, 2015).

A cachaça é o nome popular da aguardente de cana produzida no Brasil, a sua graduação alcoólica varia de 38 a 54% a 20°C e é adquirida através da destilação do mosto fermentado do caldo da cana-de-açúcar e com características sensoriais peculiares (Brasil, 2005; Miranda *et al.*, 2007; Silva & Vasconcelos, 2009). Este aspecto também é comentado por Campos (2000), Yokoya (1998) e Pinheiro (2010) que em seus trabalhos citam as condições climáticas ideais para o envelhecimento da bebida sendo um local com clima agradável, com temperatura entre 15 e 20°C, umidade entre 70 e 90% e com um arejamento adequado. Após este processo de destilação e o período de armazenamento em barris de madeira, a cachaça pode ser comercializada em garrafas de vidro. (Castro, 2012). A aguardente de cana envelhecida refere-se a bebida que apresenta no mínimo 50% de sua bebida envelhecida em recipiente de madeira apropriado por um período inferior a um ano (Brasil, 2005).

Segundo Castro (2012), o processo de armazenamento de bebidas destiladas em barris de madeira é um ato que intenciona a melhoria das características sensoriais da bebida sobretudo com relação a sua cor, aroma e sabor, especialmente, quando estão armazenadas em barris de madeira por um determinado período. No Brasil, o envelhecimento pode ser um processo optativo, mas ele segue sendo indispensável para tornar o produto de melhor qualidade e agregar valor à bebida destilada (Miranda *et al.*, 2008). Este aspecto também é comentado por Aquino *et al.*, (2006) na qual durante o envelhecimento são geradas substâncias que agregam valores sensoriais e valores financeiros também, e vários aspectos são levados em consideração no processo de envelhecimento como: a capacidade do recipiente de madeira, a capacidade de queima, aspectos ambientais (temperatura e umidade) e o tempo de armazenamento.

Quando o envelhecimento da cachaça ocorre em toneis de madeira, percebe-se uma diminuição considerável do sabor alcoólico e na agressividade da bebida, com relação a sua ardência no paladar, simultaneamente ocorre o aumento na doçura e no sabor amadeirado, dependendo de qual madeira for utilizado na fabricação do barril, ocasionando na melhoria sensorial da cachaça (Cardello *et al.*, 1999).

Comprovadamente, madeira pode influenciar na qualidade da bebida, e características como densidade, permeabilidade e presença de tilos são observados em madeiras que são utilizadas para envelhecer bebidas, muitas vezes as madeiras utilizadas para a confecção de barris passam por um tratamento térmico, que é denominado de termotratamento, este tratamento é utilizado para ocasionar a degradação dos polímeros, como polissacarídeos e polifenóis e assim fazer com que novas substâncias aromáticas surjam para que a bebida destilada adquira um sabor diferenciado no período de envelhecimento (Leão, 2006).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Vale notar a contribuição de Piggott *et al.* (1989) no que diz a respeito à degradação térmica da madeira, sendo o tratamento mais utilizado em países como Estados Unidos, Espanha e Escócia, pois a queima retira alguns compostos, que podem influenciar negativamente na bebida destilada. A madeira do carvalho (*Quercus* sp.) é utilizada mundialmente para a confecção dos toneis para o envelhecimento de bebidas destiladas por transferir compostos ligados ao aroma e sabor que torna a bebida sutilmente agradável ao paladar (Alcarde *et al.*, 2010). No Brasil, outras madeiras são utilizadas para a confecção de tonéis, a citar cerejeira (*Amburana cearensis*) e o bálsamo (*Myroxylon peruiferum*) (Castro, 2012).

Leão (2006) enfatiza que existem muitos fatores que influenciam no processo de envelhecimento, são esses: o tempo de permanência da bebida em contato com a madeira, o número de vezes da sua reutilização, o grau alcoólico da bebida, as condições do ambiente e principalmente, a espécie na qual foi utilizada para realizar o envelhecimento.

O Brasil possui uma grande diversidade florestal, principalmente na região Norte, contendo cerca de 2,5 mil espécies de árvores, na qual existe uma grande diversidade de madeiras com estruturas anatômicas e tecnológicas, porém, apesar de existir esta grande diversidade, limita-se a usar pouco mais de duas espécies nativas e outras espécies exóticas para o armazenamento e envelhecimento de bebidas destiladas (Paula *et al.*, 1997). Para Goulart *et al.* (2012), as espécies nativas possuem múltiplos usos, além de deter características que se adaptam com facilidade ao ambiente da região em que a espécie é nativa, mas para isso é preciso obter conhecimento do seu potencial tecnológico.

Ao referir-se a tal assunto, o uso de madeiras amazônicas seria uma alternativa viável economicamente, evitando assim gastos com importações de outros países, por este motivo, o referido trabalho tem por objetivo a avaliação do potencial em relação a análise sensorial da espécie amazônica Cedro (*Cedrela odorata*), para o envelhecimento de cachaça através do uso de chips (lascas) de madeira em um período de até três meses com a aplicação de dois tratamentos, “*in natura*” e “termotratado”.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta do material ocorreu na área experimental da EMBRAPA, na Floresta Nacional do Tapajós, localizada no km-67 da Rodovia Santarém-Cuiabá, BR-163, Estado do Pará, sob coordenadas “S02°53’08,0” e “W054°55’16,7”. Paralelo a isto, ocorreu também a coleta de material botânico para que houvesse identificação a nível científico a partir de especialistas da EMBRAPA.

Após a coleta o material foi transportado para o laboratório de tecnologia da madeira – LTM, que pertence à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, onde das madeiras foram retirados cavacos (chips) com tamanhos de 16mm e a proporção de madeira que foi colocada nas garrafas de cachaça é de 10 g da madeira a cada 1 litro de cachaça. Ao todo foram três garrafas de cachaça, todas do mesmo lote para que não houvesse interferência nas análises sensoriais. A cachaça utilizada para o envelhecimento foi a da marca 51 Pirassununga com o teor alcoólico de 39%.

As garrafas foram divididas por tratamento, sendo uma testemunha, uma “*in natura*” e uma “*termo tratada*”. A garrafa testemunha não foi exposta ao efeito da madeira, a garrafa “*in natura*” foi exposta à madeira sem qualquer tipo de tratamento durante três meses, já na garrafa “*termo tratada*” a madeira utilizada foi

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

anteriormente depositada em um recipiente dentro de uma mufla a temperatura de 200°C por um tempo de 120 minutos, conforme metodologia proposto por Castro (2012).

Após a imersão da madeira nas garrafas as mesmas foram armazenadas juntamente com a testemunha em uma sala de aclimatação à 60% de umidade e 20°C. Ao fim do terceiro mês de armazenamento procedeu a retirada da madeira das duas garrafas. As análises sensoriais ocorreram um mês após a retirada da madeira de cada tratamento. Todo o processo de envelhecimento e análise durou no mínimo quatro meses.

A análise sensorial avaliou os aspectos sabor, sabor residual, sensação residual, aroma e coloração. Ao todo foram 20 questionários, sendo 10 por tratamento onde cada questionário possuiu 37 perguntas acerca dos aspectos já citados, onde foram atribuídas notas de 0 à 10, levando em consideração o parâmetro estabelecido pela testemunha, que por sua vez só possuiu nota 0 ou 5.

Os produtos em teste foram oferecidos à equipe em recipiente padronizados e codificados com dois dígitos, onde o primeiro dígito representou o tratamento e o segundo dígito o mês de envelhecimento, a fim de minimizar as influências da marca do produto ou, ainda, de outros interferentes. Os produtos foram mostrados de forma balanceada, para evitar erros gerados pela ordem de apresentação, como: efeito de contraste, efeito de grupo, erro da tendência central ou erro de posição. Por esta razão, em grande parte da análise, o avaliador é vendado com uma venda de tecido opaco que só será retirada ao final do teste para avaliação de coloração.

O ambiente de realização do teste sensorial foi um ambiente limpo, iluminado, localizado em uma área tranquila de forma que barulhos, odores e ruídos eram facilmente controlados, evitando assim a distração dos avaliadores e interrupções das análises.

Os produtos analisados foram preparados de forma padronizada para todos os avaliadores para evitar efeitos fisiológicos e psicológicos. Os resultados foram plotados em uma planilha do software Excel 2016, onde gerou-se gráficos para comparação das médias obtidas a partir dos dados retirados dos questionários.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Sabor

Neste aspecto foram avaliados o sabor geral, sabor doce, alcoólico, amadeirado, ácido, amargo, caldo de cana, frutal, floral, grama verde, caramelo e salgado. Notou-se que a maioria dos avaliadores detectaram apenas duas características na testemunha, sabor doce e sabor alcoólico, já nos dois tratamentos todos os atributos foram notados, com destaques para sabor amadeirado e sabor amargo, típico da madeira de cedro, porém a média de ambos atributos foi maior para o tratamento “in natura”, desta forma fica claro a perda da característica natural de sabor amargo da madeira de cedro quando carbonizada no tratamento “termo tratado”. Os resultados encontrados também demonstram que no atributo sabor alcoólico a diferença para a testemunha foi de apenas 0,2 pontos, ou seja, não houve incremento neste aspecto. Já no atributo sabor doce houve um decréscimo de 3,2 pontos no tratamento “in natura” quando comparado à testemunha. Mesmo com um sabor amargo

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

marcante, o tratamento “in natura” superou o tratamento “termo tratada” e a testemunha no atributo sabor geral, indicando boa aceitação da cachaça envelhecida com esta madeira (Figura 1).

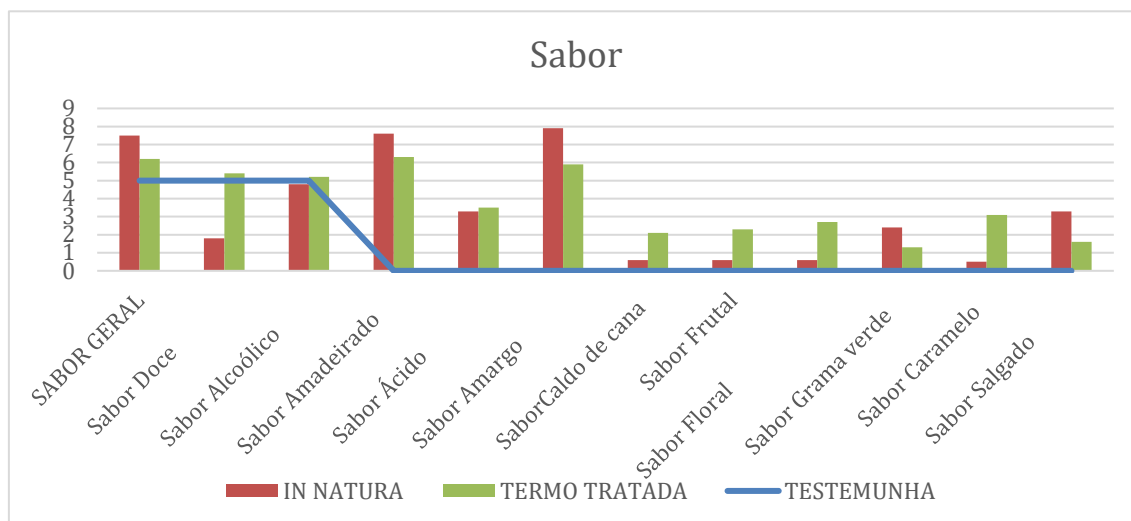


Figura 1. Gráficos com notas de 1 a 10 atribuídas pelos avaliadores durante a análise sensorial do Sabor

Esses resultados corroboram com Parazzi (2008), que em seu estudo mostra que os recipientes de madeira transferem compostos existentes em sua estrutura à bebida, alterando significativamente os teores da bebida original e provocando sensível melhoria na qualidade sensorial; De acordo com o mesmo autor, essas alterações podem melhorar a qualidade e aceitação da aguardente produzida a partir da cana de açúcar.

3.2 Sabor residual

Neste aspecto foram avaliados os atributos sabor residual geral, sabor residual doce, sabor residual alcoólico e sabor residual amargo. Tendo o conhecimento que o sabor residual é aquele que permanece no paladar após o consumo da bebida, notou-se que na testemunha apenas um atributo foi notado, o sabor residual alcoólico, enquanto que para os tratamentos todos os atributos foram percebidos, com ênfase no sabor residual amadeirado, que mais uma vez esteve presente em maior quantidade no tratamento “in natura”. O tratamento “termo tratada” teve superioridade nos aspectos sabor residual doce e sabor residual alcoólico, onde mostrou ser superior até mesmo à testemunha. De forma geral, o sabor residual foi mais marcante no tratamento “in natura”, que obteve um acréscimo de 4,1 pontos a partir da testemunha; o tratamento “termo tratada” também obteve um valor mais elevado que a testemunha neste atributo, com um acréscimo de 1,2 pontos a partir da testemunha (Figura 2)

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

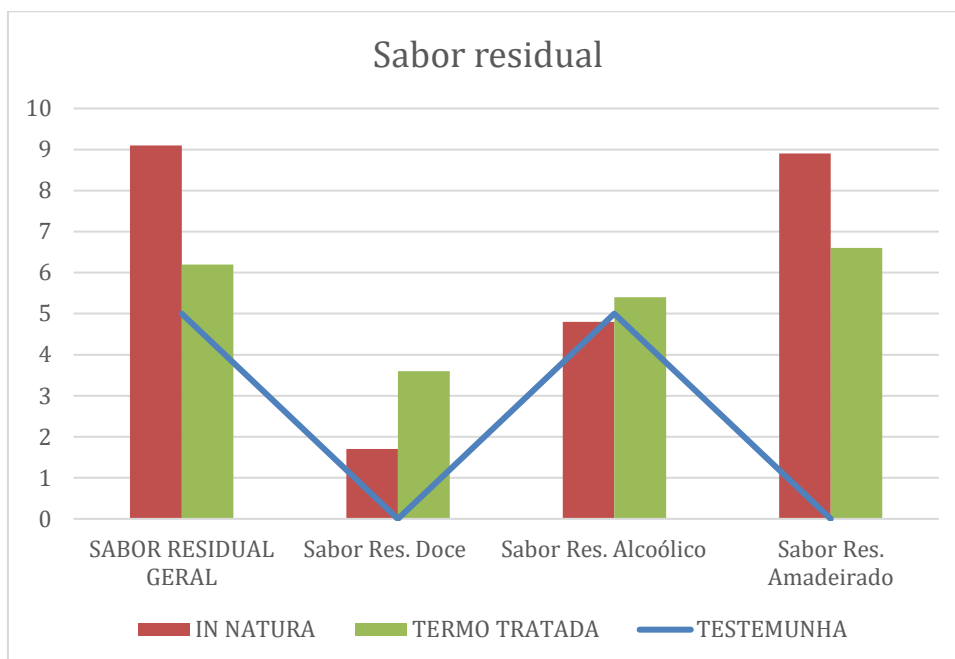


Figura 2. Gráficos com notas de 1 a 10 atribuídas pelos avaliadores durante a análise sensorial do Sabor Residual

3.3 Sensação residual

A sensação residual avalia a primeira sensação do avaliador após a prova das amostras. Este aspecto foi o único que apresentou notas dos dois tratamentos e da testemunha em todos os atributos, sensação residual geral, sensação residual de ardência, sensação residual de agressividade e sensação residual de adstringência. A maior diferença entre um tratamento comparado com a testemunha se deu no atributo sensação residual de adstringência, onde o tratamento “in natura” teve um acréscimo de 2,2 pontos, o mesmo tratamento também demonstrou uma redução na sensação residual de ardência da cachaça. Já o tratamento “termo tratada” apresentou um decréscimo de 1,0 ponto na sensação residual de agressividade, demonstrando ter uma sensação mais agradável que o tratamento “in natura” e que a testemunha. Assim como no sabor residual, a sensação residual geral dos dois tratamentos também foi superior à testemunha (Figura 3).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

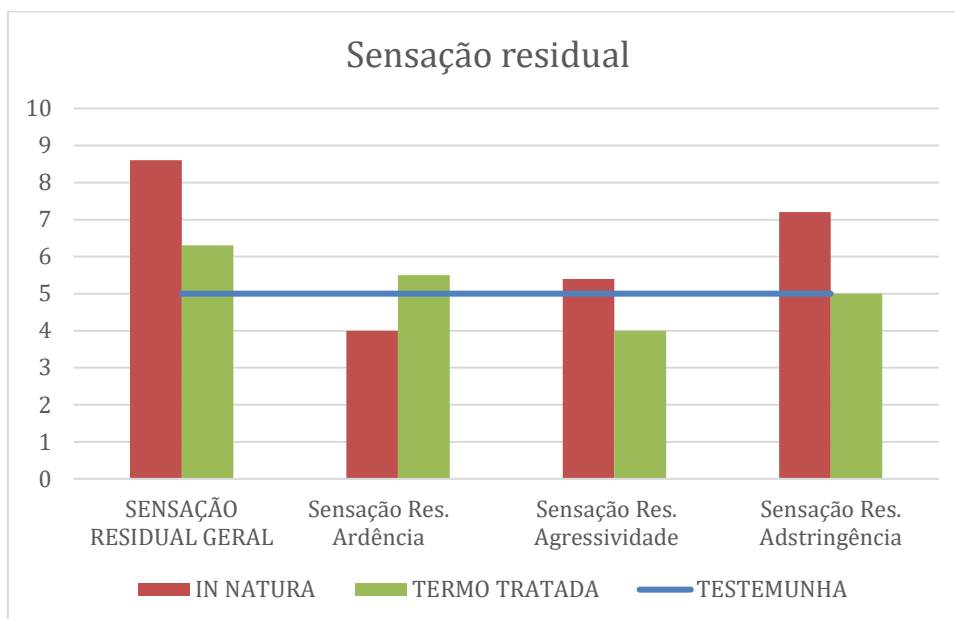


Figura 3. Gráficos com notas de 1 a 10 atribuídas pelos avaliadores durante a análise sensorial da Sensação Residual

3.4 Aroma

O aspecto aroma avaliou ao todo oito atributos, dentre eles vale destacar o aroma alcoólico, o aroma adocicado e o aroma amadeirado, que obtiveram as maiores notas neste aspecto. A testemunha foi identificada em apenas três atributos, aroma alcoólico, aroma adocicado e aroma atraente, já os dois tratamentos obtiveram notas maiores que zero em todos. Nota-se que as notas atribuídas ao tratamento "in natura" foram maiores que as do tratamento "termo tratada" e que as notas atribuídas à "testemunha" em aroma alcoólico, aroma irritante e aroma amadeirado, predominando como em todos os aspectos anteriores as características mais marcantes. Em contrapartida o tratamento "termo tratada" foi superior ao "in natura" e à testemunha nos atributos aroma adocicado, aroma caldo de cana, aroma baunilha e aroma atraente, predominando as características mais suaves. Com o atributo aroma geral se constatou um aroma mais forte no tratamento "in natura" quando comparado aos demais (Figura 4)

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



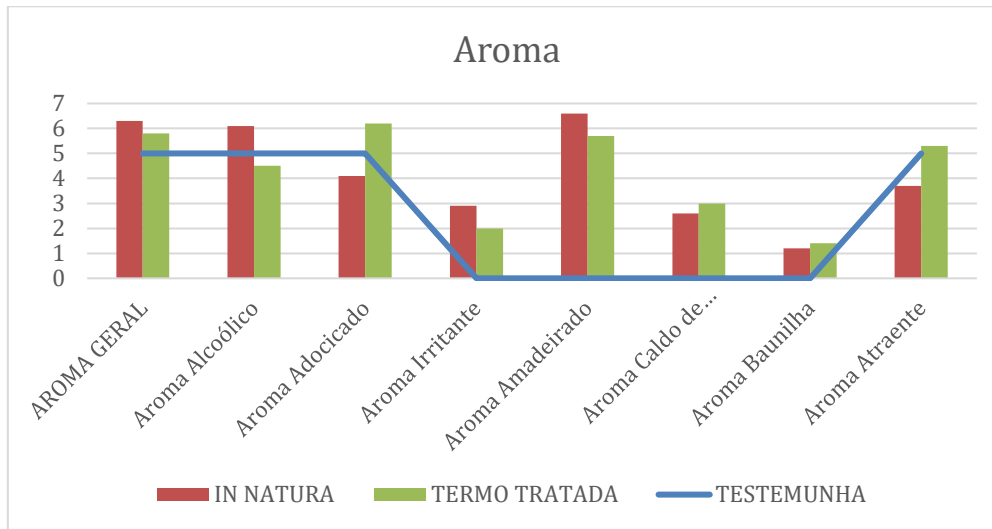


Figura 4. Gráficos com notas de 1 a 10 atribuídas pelos avaliadores durante a análise sensorial do Aroma

O atributo aroma atraente recebeu notas mais elevadas que o aroma irritante, corroborando com o que foi exposto por Silva (2010), que não apresentou valores significativos em um atributo denominado “aroma indesejável”.

3.5 Coloração

Neste aspecto, a testemunha, por ser um líquido transparente, obteve notas apenas no atributo coloração clara, já nos demais tratamentos observou-se um alto incremento de coloração, principalmente no tratamento “in natura” que obteve notas superiores às demais nos atributos coloração avermelhada, coloração amarronzada, e coloração escura, predominando as cores mais fortes. O único ponto de superioridade do tratamento “termo tratada” foi no atributo coloração amarela, que quando comparado com o tratamento “in natura” teve o acréscimo de apenas 0,1 ponto. De forma geral, a coloração foi mais marcante com o tratamento “in natura”. (Figura 5)



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

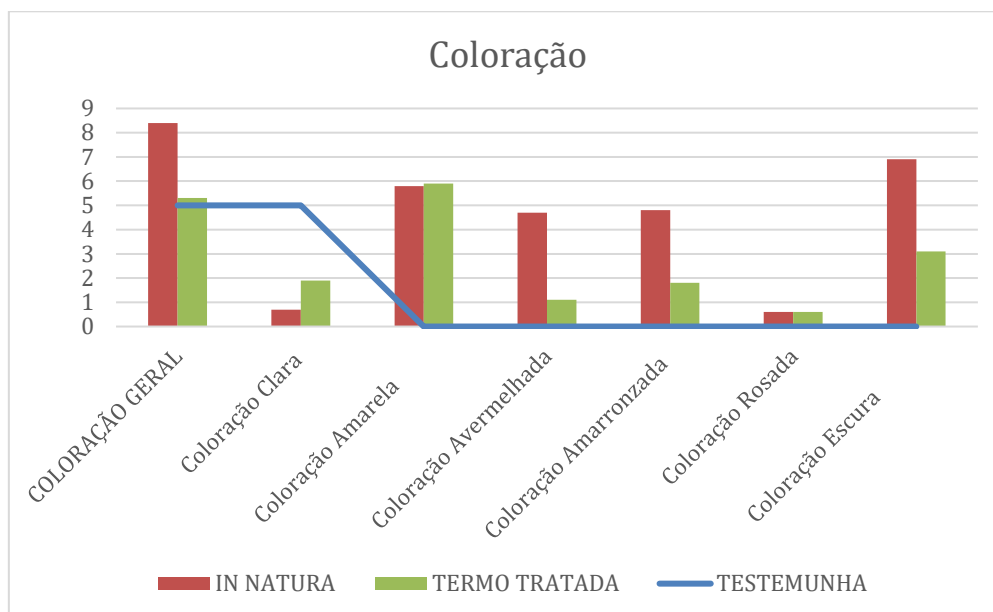


Figura 5. Gráficos com notas de 1 a 10 atribuídas pelos avaliadores durante a análise sensorial da Coloração

Os resultados para Coloração estão de acordo com os resultados encontrados por Cardello e Faria (1997), que demonstraram ao longo do tempo um aumento na intensidade da cor. Resultados semelhantes também foram encontrados por REAZIN (1981) em seus estudos com envelhecimento de uísque Bourbon, que observou aumento de intensidade da cor, mais rápido no primeiro ano de maturação. A grande aceitação da coloração no tratamento “in natura” pode ser explicada pela coloração intensa conferida ao cedro, característica também marcante quando se utiliza carvalho francês (SILVA et al., 2010).

3. CONCLUSÕES

Comparando os dois tratamentos observou-se sempre um maior incremento em características fortes e marcantes como sabor forte, cor mais escura e aroma mais perceptível no o tratamento “in natura”, em contrapartida, o tratamento “termo tratada” apresentou quase sempre características mais suáveis.

De modo geral, as cachaças envelhecidas apresentaram sempre notas mais elevadas que a testemunha, demonstrando eficiência em ambos os tratamentos.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A.; BELLUCO, A. E. S. (2010). Aspectos da composição química e aceitação sensorial de aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

tonéis de diferentes madeiras. *CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*, Campinas, v. 30, p. 226-232.

AQUINO, F. W. B.; NASCIMENTO, R. F.; RODRIGUES, S.; CASEMIRO, A. R. S. (2006). Determinação de marcadores de envelhecimento em cachaças. *REVISTA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*, Campinas, v. 26, n. 1, p. 145-149.

BARBOZA, R. A. B.; MENEGHIN, M. C.; DOS SANTOS, V. R.; FONSECA, A. S.; FARIA, J. B. (2010). Efeito do envelhecimento na qualidade da cachaça produzida por pequenos produtores. *REVISTA CIÊNCIA EM EXTENSÃO*, v. 6, n. 2, p. 46-56.

BOZA, Y.; OETTERER, M. (1999). Envelhecimento de aguardente de cana. *BOLETIM DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*, v. 33, n. 1, p. 8-15.

BRAGA, M. V. F.; KIYOTANI, I. B. (2015). A cachaça como patrimônio: turismo, cultura e sabor. *REVISTA DE TURISMO CONTEMPORÂNEO*, v. 3, n. 2.

BRASIL (2005). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 13, de 29 de junho de 2005. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade da aguardente de cana e para cachaça. *Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 jun. 2005. Seção 1.*

CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. MODIFICAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE AGUARDENTE DE CANA DURANTE O ENVELHECIMENTO EM TONEL DE CARVALHO (*Quercus alba* L.). *B.CEPPA Curitiba*, v. 15, n. 2, p. 87-100, jul./dez.1997

CAMPOS, J. O. S. (2000). Emprego de extratos aromáticos de madeiras regionais como agentes de envelhecimento acelerado de aguardentes. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 120 p.

CASTRO, J. P. (2012). Análises química e física de madeiras amazônicas visando o armazenamento de bebida destilada. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 85 p.

GOULART, S. L.; MORI, F. A.; RIBEIRO, A. DE O.; COUTO, A. M.; ARANTES, M. D. C. & MENDES, L. M. (2012) Análises químicas e da densidade básica da madeira de raiz, fuste e galho de barbatimão [(*Stryphnodendron adstringens*) Coville] de bioma Cerrado. *REVISTA CERNE*, Lavras, v. 18, n. 1, p. 59-66.

INSTITUTO BRASILEIRO DE CACHAÇA. Mercado Externo da Cachaça. Disponível em < <http://www.ibrac.net/index.php/servicos/estatisticas/mercado-externo>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

LEÃO, M. M. (2006). Influência do termotratamento na composição química da madeira de (*Amburana cearenses*), bálsamo (*Myroxylon balsamum*) e carvalho (*Quercus* sp.) e o impacto no aroma de uma modelo de cachaça. DISSERTAÇÃO EM MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS COM OPÇÃO EM TECNOLOGIA DE

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PRODUTOS FLORESTAIS – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 86 p.

MIRANDA, M. B.; MARTINS, N. G. S.; BELLUCO, E. DE S.; HORII, J.; ALCARDE, A. R. (2008). Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho. REVISTA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Campinas, v. 28, p. 84-89.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. (1997). Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília: Fundação Mokiti Okada, 544p.

PIGGOTT, J. R. Ç.; SHARP, R. Ç.; DUNCAN, R. E. B. (1989). The Science and Technology of Whiskies. New York: LONGMAN SCIENTIFIC & TECHNICAL, 410 p.

PINHEIRO, S. H. M. (2010) Avaliação sensorial das bebidas aguardente de cana industrial e cachaça de alambique. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 129 p.

SAKAI, R. H. (2010). CACHAÇA. BRASÍLIA, 2010. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fiog1ob502wyiv80z4s473agi63ul.html>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

SILVA B. V. & VASCONCELOS J. N. (2009). Envelhecimento de Cachaça Artesanal em Tonéis de Diversos Tipos de Madeira com 20l de Capacidade. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA.

SILVA, M. C.; AZEVEDO, L. C.; CARVALHO, M. M.; SÁ, A. G. B.; LIMA, M. S. Produção e avaliação de aguardente de manga envelhecida com chips de carvalho francês e umburana de cheiro. CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 6 a 9 de dezembro, 2010

YOKOYA F. (1998). Fabricação da aguardente de cana. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia “André Tosello”, p. 2, p. 23-26 e 42.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CITRIC ACID AS BIOBASED ADHESIVE FOR PARTICLEBOARDS PRODUCED WITH COCONUT FIBERS (Cocos nucifera L.)

Ana Paula Nakamura¹
Peter Wimmer²
Cláudio Del Menezzi³
Divino Eterno Teixeira⁴

¹ Universidade de Brasília

² Engenharia e Física da Madeira / Laboratório de Produtos Florestais / Serviço Florestal Brasileiro

³ UnB - EFL / Faculdade de Tecnologia / Universidade de Brasília

⁴ Serviço Florestal Brasileiro

Citric Acid used as bio-based adhesive of particleboards produced with coconut fibers (*Cocos nucifera L.*).

Abstract: MDP is the world's most consumed reconstituted wood-based panels. Generally, is used planted wood and resins with formaldehyde in its production, resulting in the low environmental performance of the product and risks to human health. In order to reduce environmental impacts, this work presents preliminary results of MDPs made with coconut fiber and citric acid, as an additive with crosslinking properties. Panels composed of two particle sizes (A4 and A9) were characterized. After having determined the better particle size, three different temperatures were tested (B170°C, B185°C, B200°C). The addition of citric acid contributed to the reduction of the time and temperature of pressing, to the very low thickness swelling and improved the internal bond. The best treatments were B185°C and B200°C, which meet almost all requirements of standard NBR14801-2. Modulus of rupture was the only requirement of the standard that was not met by any of the treatments. The application of citric acid instead of resin in the production of these particleboards proved to be technically feasible, but it is necessary to make adjustments to improve mechanical properties. Thus, it's suggested increasing density, addition of other particles or the use of more citric acid.

Keywords: MDP, biocomposite, non-wood products, natural adhesives, non-conventional material.

Resumo: O MDP é o painel de madeira reconstituída de maior consumo mundial. Geralmente utiliza-se madeira plantada e resinas a base e formol na sua produção, resultando no baixo desempenho ambiental do produto e riscos à saúde humana. Visando a redução de impactos ambientais, este trabalho apresenta resultados preliminares de MDPs confeccionados com coco-da-baia e ácido cítrico, aditivo com propriedades reticulantes. Foi feita a caracterização das propriedades físicas e mecânicas de painéis com duas granulometrias de partículas (A4 e A9), determinada e melhor granulometria foram testadas diferentes temperaturas (B170°C, B185°C, B200°C). A adição de ácido cítrico contribuiu para a redução do tempo e temperatura de prensagem, para o baixíssimo inchamento em espessura e melhoria da resistência à tração perpendicular. Os melhores tratamentos foram B 185°C e B 200°C, que cumpriram quase todos os requisitos da norma NBR14801-2. Somente os requisitos para módulo de ruptura não foram atingidos por nenhum dos tratamentos. A aplicação de ácido cítrico ao invés de resina na produção destes painéis particulados mostrou-se tecnicamente viável, sendo necessários ajustes para melhoria das propriedades mecânicas. Para tanto sugere-se: aumentar a densidade, adicionar outras partículas ou mais ácido cítrico.

Palavras chave: MDP, biocompósitos, produtos florestais não madeireiros, adesivos naturais, matérias não convencionais.

1. INTRODUCTION

Medium Density Particulate Panel - MDP - is the most consumed reconstituted wood-based panel in the world (Vidal & Hora, 2014). In Brazil, are used as raw material for its production pine or eucalyptus and formaldehyde-based thermosetting synthetic resins, mainly Urea-Formaldehyde (UF) and Phenol Formaldehyde (FF), (Nascimento et al., 2015).

The MDP Life Cycle Assessment (LCA) indicates that planted timber and UF are the most influential inputs to environmental impacts, such as: depletion of abiotic resources, eutrophication, photochemical ozone formation, acidification, and global warming. Only the resin accounts for 23-50% of all environmental impacts. (Silva, 2012; Silva et al., 2013).

Chemical compounds based on formaldehyde, such as UF and FF, are also classified by the International Agency for Research on Cancer (IARC) as carcinogenic, tumorigenic and teratogenic (INCA, 2015). Formaldehyde is toxic when ingested, inhaled, or when in contact with skin.

In this sense, certifications and national and international standards were developed, aiming at the control of formaldehyde emissions. Likewise, there is a growth of researches with bio based adhesives, which are considered by Pizzi (2006) as: natural, non-mineral renewable adhesives that can be used after simple modifications in their chemical composition, with a performance similar to synthetic adhesives.

Umemura et al. (2012) initiated researches using citric acid as a bio based adhesive of particulate panels, with promising results. The use of citric acid has some advantages favorable to its application in the industry, such as: low cost, wide production by the food industry, no formaldehyde emission. Although the acid-citric/particle adhesion mechanism is not elucidated, it has been found that there are ester-bonding formations between citric acid and wood components (Umemura et al., 2013, Widyorini et al., 2016; Yang Et al., 1996; Zagar & Grdadolnik, 2003, Kusumah et al., 2016). There is also formation of aromatic bonds between the lignin molecules (Widyorini et al., 2016). Another mechanism of adhesion called self-bonding between the lignin molecules also contributes to the bonding of the panels due to the high press temperature.

Regarding the use of residues in the panel manufacture, Bahia coconut fibers are distinguished by the high volume of production in the country, estimated at around 3 billion tons/year (IBGE, 2013). The pulp and water are part of the fruit of greater consume; the fiber - about 78% of the fruit - is little used, and is usually discarded in landfills.

The use of coconut husks is technically feasible with the advent of fiber processing machines and the development of researches aimed at the use of these materials for: biomass for burning, particulate panels, erosion containment blankets, among other uses.

Considering this issue, this work presents the results obtained by exploratory tests in the development of MDP panels produced with Bahia coconut's fibers and a bio-based adhesive formulation of citric acid and water.

2. MATERIALS AND METHODS

This research was carried out in the Wood Technology Laboratory of the Department of Forest Engineering of the University of Brasilia (UnB) and in the Forest Products Laboratory of the Brazilian Forest Service (LPF/SFB).

The Bahia coconut fibers were crushed in a hammer mill, passing through two sieves coupled to the mill with openings of 4 mm and 9 mm, to obtain two particle sizes. Dehydrated Citric acid powder (AC) - anhydrous – with 99.5% purity, was purchased from suppliers. The adhesive was prepared by mixing water with citric acid 1/1 ratio.

The preparation of the panels was performed by diluting AC into water 1/1 ratio, the solution was sprayed on the fibers in a blender. After that, the mixture was dried in 60 °C, for 6 hours, and pressing at temperatures and pressure of 4 MPa.

The fiber mattresses were pressed with approximately 10% moisture in a Wabash press. One layered, homogeneous sheet panels were produced, with 0.57 and 0.76 g/cm³ densities, 1cm thickness, and 30 cm width and length.

For the exploratory tests, one panel per treatment was used. Two parameters, particle size (treatment A) and pressing temperature (treatment B) were tested (Table 1).

Table 1. Description of treatments.

Treatment	Particle Size	Temp. (°C)	AC (%)*
A 9	9 mm sieve	185 °C	20
A 4	4 mm sieve	185 °C	20
B 170°C	Best granulometry	170 °C	24
B 185°C	Best granulometry	185 °C	24
B 200°C	Best granulometry	200 °C	24

* Percentage of anhydrous citric acid in relation to dry fiber mass.

After pressing, the panels were stored in a conditioned room with $60 \pm 5\%$ of relative humidity and 20 ± 1 ° C temperature, until their humidity stabilized at 12%, for later physical and mechanical characterizations described in table 2.

Table 2. Physical and mechanical tests performed and standards and references used as basis.

Test	Standards / References
Water absorption (WA) and thickness swelling (TS), 24 h.	
Resistance to static bending - Modulus of elasticity (Em) and Modulus of rupture (Fm)	ABNT-NBR14810-2 (2013), for panels of medium density particles.
Internal Bond (IB)	
Dynamic Modulus of elasticity (Ed), Metriguard Stress Wave	Methodology of Del Menezzi et al. (2010);

The experimental design was completely randomized (DIC). Statistical analysis was done using the ANOVA and Tukey tests, at 5% of significance, with the aid of the Statistical Package for the Social Sciences program (SPSS 22). A simple linear regression model correlating Ed with Em and Fm was also generated and Pearson correlation analysis with 5% significance between some physical and mechanical properties.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Among the treatments A9 and A4, no significant difference was noted for the properties: density, water absorption and IB (Table 3). The A4 treatment presented better results for thickness swelling. Comparing the values found with the standard NBR14810-2, the EI values meet the requirements, and the IB values of all treatments were below the minimum required by the standard.

Table 3. Results of the physical and mechanical characterization of the panels A9 and A4 made with two particle sizes.

Treatment	Density (g/cm ³)	TS 24h (%)	TS 24h (%) NBR14810*	WA 24h (%)	IB (MPa)	IB (MPa) NBR14810*

A9	0,59 a	15,58a	17 e 18	85,38a	0,32a	0,45 e 0,40
Cv (%)	8,9	21,6		24,0	22,7	
A4	0,57a	9,68b	17 e 18	85,76a	0,36a	0,45 e 0,40
Cv (%)	10,2	23,5		32,2	29,2	

Cv = Coefficient of Variation; TS= Thickness Swelling; WA = Water absorption; IB = Internal Bond. Mean values followed by the same letter, in the same column, do not differ from each other, by the Tukey test at the 5% level of significance.

* Minimum requirements of ABNT-NBR14810-2 (2013), for medium density particle boards in wet conditions (type P3) and in dry conditions (type P2).

A high coefficient of Pearson correlation between water density and absorption ($r = -0.928$) and between IB and density ($r = 0.809$) was observed, indicating that higher values of density cause lower water absorption and higher IB.

In order to reduce the water absorption and increase the IB for treatments B, the density was increased (0.75 g/cm^3), more AC was used (24%) and the smaller particle size was chosen (4 mm sieve).

The internal temperatures of the panels of the B treatments were measured during the pressings. 10 minutes of pressing was sufficient for the internal temperature of the panel to equal the temperature of the press. The average internal heating rate of the panels was $10 \text{ }^\circ\text{C/min}$, being higher during the first 4 minutes, at $17 \text{ }^\circ\text{C/min}$.

The B panels pressed at higher temperatures visibly showed darkening, indicating possible thermal degradation (figure 1). Despite this, there was no significant difference between the densities of the 3 treatments.

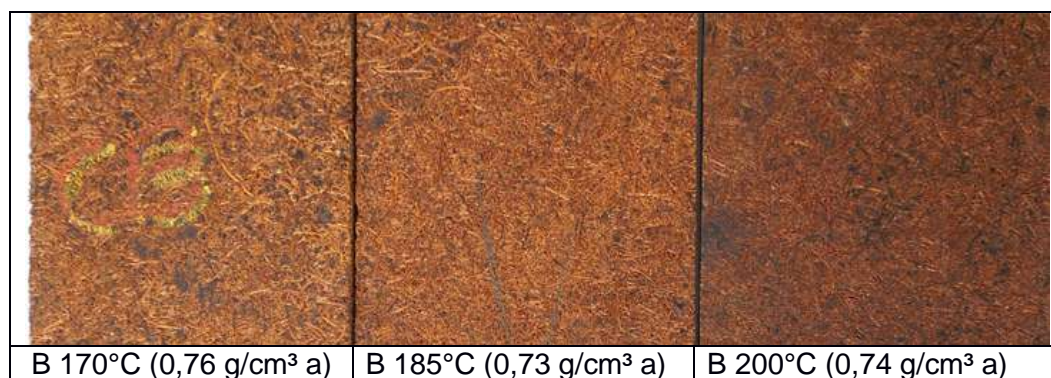


Figure 1. Panels produced at temperatures of $170 \text{ }^\circ\text{C}$, $185 \text{ }^\circ\text{C}$ and $200 \text{ }^\circ\text{C}$ with respective average densities. Mean values followed by the same letter, in the same line, do not differ from each other, by the Tukey test at 5% level of significance

For thickness swelling the panel pressed at $200 \text{ }^\circ\text{C}$ had lower values, however, the three treatments meet the minimum requirements of NBR14810-2 (table 4). The TS and WA were much lower than that found by Vieira (2013) in binderless coconut fiber panels (without addition of adhesive), pressed at $190 \text{ }^\circ\text{C}$ for 30 min, 64% and 128%, respectively. This indicates that the addition of citric acid significantly reduced the hygroscopicity of the composite, probably due to the crosslinking properties of CA when subjected to heat. The treatment with CA also allowed the reduction of the time and temperatures of pressing, which was of 10 min.

Table 4. Results of the physical characterizations of B panels pressed at different temperatures.

Treatment	TS 24h (%)	TS 24h (%) NBR14810*	WA 24h (%)
B 170°C	5,29 a	17 e 18	38,72 a
<i>Cv</i> (%)	15,1		12,5
B 185°C	3,82 b	17 e 18	45,08 b
<i>Cv</i> (%)	14,7		8,9
B 200°C	2,60 c	17 e 18	36,15 ab
<i>Cv</i> (%)	27,5		18,7

TS= Swelling in Thickness; WA = Water absorption; Mean values followed by the same letter, in the same column, do not differ from each other, by Tukey test at the 5% level of significance.

* Minimum requirements of ABNT-NBR14810-2 (2013) for non-structural medium density particle boards in wet conditions (type P3) and in dry conditions (type P2).

Mechanical properties were similar between treatments. The IB did not differ significantly, although the B 185 °C treatment's average was higher and the only one higher than that required by the standard. Only the B 200 °C treatment meet the minimum requirements of the standard for Em and none of the treatments reached the minimum for Fm.

Table 5. Results of the mechanical characterization of panels B pressed at different temperatures.

Treatment	IB (MPa)	IB (MPa) NBR14810*	Em (MPa)	Em (MPa) NBR14810*	Fm (MPa)	Fm (MPa) NBR14810*
B 170°C	0,34 a	0,4	1307,7 a	1800	6,5 a	11
<i>Cv</i> (%)	21,4		11,3		6,1	
B 185°C	0,44 a	0,4	1505,3 ab	1800	6,8 a	11
<i>Cv</i> (%)	10,5		7,3		13,6	
B 200°C	0,37 a	0,4	1840,6 b	1800	7,5 a	11
<i>Cv</i> (%)	28,0		22,9		23,8	

IB = Resistance to Internal Bond; In = Elasticity Module; Fm = Rupture Module. Mean values followed by the same letter, in the same column, do not differ from each other, by Tukey test at the 5% level of significance. * Minimum requirements of standard ABNT-NBR14810-2 (2013), for non-structural medium density particleboards in dry conditions (type P2).

Pearson's correlation coefficients indicated a moderate correlation between density and mechanical properties of static bending tests (Table 6). Increasing the density of the panels possibly results in improvements of these properties. The use of larger diameters of particles can also make the material more resistant, but it may influence negatively the properties of IB and WA due to the increase of voids in the panels.

Table 6. Pearson correlation coefficients (p) between density and the physical and mechanical properties of panels B.

	IB	TS	WA	Fm	Em
Density	0,19	0,31	0,54	0,58*	0,55*

The simple linear regression model indicated a strong correlation between E_d and the mechanical properties E_m and F_m (Figures 2 and 3), the non-destructive stress wave test can be applied to predict the mechanical properties of static bending, especially E_m .

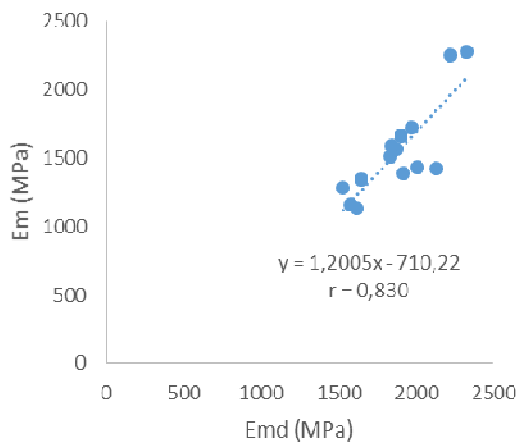


Figure 2. Simple linear regression model and Pearson's correlation between Dynamic Elasticity Modulus (E_d) and Elasticity Modulus (E_m).

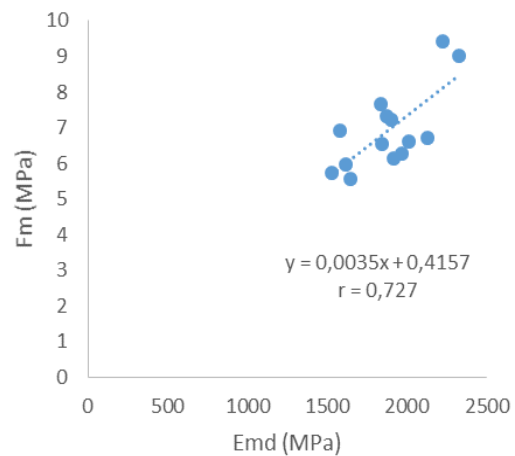


Figure 3. Simple linear regression model and Pearson's correlation between Dynamic Elasticity Modulus (E_d) and Rupture Module (F_m).

4. CONCLUSIONS

As demonstrated in this work and others publications, the use of citric acid in reconstituted particle panels is promising as an adhesive. (Umemura et al. 2015, 2013; Widyorini et al., 2016; Yang et al., 1996; Zagar & Grdadolnik, 2003, Kusumah et al., 2016). All treatments had excellent results for TS and WA, indicating potential use of AC as a crosslinking agent, to improve the dimensional stability of particulate panels and as an adhesive.

The best treatments were B 185°C and B 200°C, indicating that the minimum pressing temperature should be 185° C. However, no treatment reached all the minimum parameters of the standard NBR 14810. It's necessary to improve the mechanical properties of the panels, therefore we recommend: addition of particles with larger diameter, increase the density of particleboards or increase the citric acid content.

6. REFERENCES

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 14810 – 2 – Chapas de madeira aglomerada – Parte 2 – Requisitos. 2006.

DEL MENEZZI CHS, SILVEIRA RR, SOUZA MR. Estimativa das propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras amazônicas por meio da técnica não-destrutiva de ondas de tensão. Acta Amazônica. Manaus: 40 (2). 325-332p. 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013)b Produção Agrícola Municipal. Disponível em <http://loja.ibge.gov.br/producao-agricola-municipal-2013.html>. Acessado em 10/02/2016.

KUSUMAH, S.S., UMEMURA, K., YOSHIOKA, K., MIYAFUJI, H. AND KANAYAMA, K., 2016. Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid for manufacturing of particleboard I: Effects of pre-drying treatment and citric acid content on the board properties. *Industrial Crops and Products*, 84, pp.34-42.

NASCIMENTO, M.F.; ROCCO, F.A.; CHISTOFORO, A.L. Painéis de partículas de média densidade (MDP): fabricação e caracterização. Série Didática –Produtos Derivados de Madeira –Painéis de Partículas. São Carlos: EESC –USP, 74 p. , 2015.

PIZZI, A. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues. *Journal of adhesion science and technology*. v. 20, n. 8, p. 829-46, 2006.

SILVA, D.A.L. Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade São Paulo, São Carlos, 2012.

SILVA, D.A.L., LAHR, F.A.R., GARCIA, R.P., FREIRE, F.M.C.S.; OMETTO, A.R.. Life cycle assessment of medium density particleboard (MDP) produced in Brazil. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v.18, n.7, p. 1404-1411, 2013.

UMEMURA K, UEDA T, MUNAWAR SS, KAWAI S. Application of citric acid as natural adhesive for wood. *Journal of Applied Polymer Science*. 2012 Feb 15;123(4):1991-6.

UMEMURA K, SUGIHARA O, KAWAI S. Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard. *Journal of wood science*. 2013 Jun 1;59(3):203-8.

UMEMURA K, SUGIHARA O, KAWAI S. Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard II: effects of board density and pressing temperature. *Journal of wood science*, v. 61, n.1, p 40-44, 2015.

VIDAL A.C.F., HORA A.B. Panorama de mercado: painéis de madeira. BNDES Setorial 2014;

VIEIRA, A.D.S. Desenvolvimento e caracterização de painéis confeccionados por meio da auto-adesão das fibras de coco (*Cocos nucifera* L.). 2013. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso. - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

WIDYORINI, R.; NUGRAHA, P.A.; RAHMAN, M.Z.; PRAYITNO, T.A. Bonding Ability of a New Adhesive Composed of Citric Acid-Sucrose for Particleboard. *BioResources*. v. 11, n.2, p. 4526-35, 2016.

YAN H, CAO Z, GUO W. Study on bonding mechanism of dry-process binderless fiberboards part I. Chemical changes and effects in binderless fiberboard manufacture. *For Ind* 10(4):3–11, 1996.

ŽAGAR, E. AND GRDADOLNIK, J. An infrared spectroscopic study of H-bond network in hyperbranched polyester polyol. *Journal of molecular structure*, 658(3), pp.143-152. 2003.

Site do INCA - Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva. Disponível em:http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=795. Acessado em 18/03/2015.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CLASSIFICAÇÃO DE CARVÃO COMERCIAL PARA USO DOMÉSTICO POR ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Anna Carolina Pereira Rezende Costa¹

Luana Maria dos Santos¹

Guilherme Andrade Martins¹

Luana Teixeira Mancini¹

Paulo Fernando Trugilho²

Paulo Hein¹

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais



CLASSIFICAÇÃO DE CARVÃO COMERCIAL PARA USO DOMÉSTICO POR ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Resumo:

O processo de carbonização é de difícil controle e muitas vezes matéria-prima inadequada é utilizada nos fornos. Resultando num carvão com grande variação em termos de qualidade. Atualmente a metodologia utilizada para qualificar o carvão e predizer seu desempenho em uso, embora seja a única em prática, é onerosa e muito demorada, sendo inviável em algumas situações, como nos casos de fiscalização. Tendo em vista a necessidade de métodos para classificar o material e atribuir preço mais justo em função de sua qualidade, uma alternativa para classificação rápida e confiável do material carbonáceo é a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR). O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial da técnica NIR associada à estatística multivariada para classificar o carvão vegetal comercial de uso doméstico em função de seus fornecedores. Amostras de carvão de diversos produtores foram selecionadas e lixadas para a aquisição dos espectros no NIR do carvão em sua superfície rolante e face transversal. Análise de componentes principais foi feita a partir dos espectros dos carvões para verificar se é possível agrupar amostras com características químicas semelhantes. Posteriormente, uma análise discriminante baseada em mínimos quadrados parciais (PLS-DA) foi feita para classificar os carvões com base nos fornecedores. A PCA indicou que os carvões são bastante heterogêneos e não apresentam características distintas o suficiente para separá-las em grupos. Com a PLS-DA foi possível a distinção de carvões entre fornecedores, sendo que o carvão de um dos fornecedores apresentou melhor desempenho na classificação tanto na superfície rolante quanto na face transversal.

Palavras-chave: NIR, carvão vegetal, análise multivariada

CLASSIFICATION OF COMMERCIAL COAL FOR DOMESTIC USE BY NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

Abstract:

The carbonization process is difficult to control and often inadequate raw material is used in the ovens. Resulting in a coal with variation in quality. Currently, the methodology used to qualify coal and predict its performance in use is costly and very time consuming, being unfeasible in some situations, such as in the surveillance cases. Considering the need for methods to classify the material and assign a fairer price according to its quality, an alternative for the fast and reliable classification of the coal is near infrared spectroscopy (NIR). The objective of this study was to evaluate the potential of the NIR associated to the multivariate statistics to classify the commercial charcoal of domestic use in function of its suppliers. Coal samples from several producers were selected and sanded for the acquisition of spectra in the NIR of the coal in its rolling surface and transverse face. Principal component analysis was made from the spectra of the coals to verify if it is possible to group samples with similar chemical characteristics. Subsequently, a discriminant analysis based on partial least squares (PLS-DA) was done to classify the coals based on the suppliers. The PCA indicated that the coals are quite heterogeneous and do not have features distinct enough to separate them into groups. With the PLS-DA it was possible to distinguish between coal suppliers, and the coal from one of the suppliers presented better performance in the classification of both the rolling surface and the transverse surface.

Keywords: NIR, charcoal, multivariate analysis



1. INTRODUÇÃO

O uso da madeira na forma de carvão para energia se evidencia nos países em desenvolvimento, sendo de vital importância no suprimento de energia primária, especialmente no uso doméstico e industrial (BRITO, 2007). O Brasil é atualmente o maior produtor e consumidor de carvão vegetal no mundo, e sua produção no ano de 2015 foi de 6,19 milhões de toneladas sendo quase totalmente destinada ao mercado interno (FAO, 2016). Segundo a Associação Mineira de Silvicultura (2012) a média do consumo brasileiro na forma de carvão para churrasco foi de 1,3% no ano da pesquisa. Considerando essa média nas produções atuais, tem-se que mais de 80 mil toneladas desse carvão são consumidas pelos brasileiros.

A qualidade do carvão vegetal para consumo doméstico é de difícil mensuração, pois o controle da carbonização é difícil na maioria dos fornos, produzindo um material heterogêneo, diferindo principalmente em densidade, umidade e composição química (COUTINHO; FERRAZ, 1988). Além disso, a madeira utilizada no processo de carbonização apresenta alguns fatores de heterogeneidade, como: espécie, dimensões, idade, umidade e densidade, contribuindo para sua carbonização desigual e redução na qualidade do carvão.

Nacionalmente, grande parte do carvão produzido para consumo doméstico é feito por pequenos produtores, de forma rudimentar, usando pouca tecnologia e com matéria-prima inadequada, gerando carvão com qualidade duvidosa que não passa por nenhuma caracterização antes de ser comercializado nos municípios brasileiros. Visando determinar o padrão de qualidade do carvão vegetal, o estado de São Paulo criou em 2003 o “Selo Premium”, promulgado pela Resolução nº10 SAA, de 11 de julho de 2003. O selo define Carvão Vegetal Premium aquele com aspecto de cor negra brilhante, não apresentando pedaços de madeira semicarbonizada e de preferência isento de pó. A análise química deve apresentar-se dentro de limites de referência: teor de carbono fixo acima de 75,0%, cinzas abaixo de 1,5% e umidade abaixo de 5,0% (SÃO PAULO, 2003).

Trabalhos realizados por Rosa et al. (2012) e Brand et al. (2015) demonstraram que a qualidade do carvão comercializado em alguns municípios dos estados do Espírito Santo e Santa Catarina, respectivamente, não apresentavam qualidade satisfatória para consumo. Os autores realizaram suas pesquisas utilizando métodos convencionais e já bastante consolidado nos laboratórios de pesquisa no país, que no entanto são por vezes onerosos e muito demorados. Uma alternativa a essa metodologia é o uso de métodos não-destrutivos, como a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR).

As avaliações não-destrutivas, como a espectroscopia no NIR, permitem a obtenção de informações precisas e em um menor período de tempo (STANGERLIN et al., 2008). Na literatura alguns trabalhos avaliaram o potencial do uso dessa técnica para discriminação de carvão vegetal oriundos de diferentes espécies, bem como carbonizados a diferentes temperaturas e concluíram que o NIR é uma técnica rápida e eficiente (DAVRIEUX et al., 2010; NISGOSKI et al., 2015; RAMALHO et al., 2017).

Embora muitos trabalhos tenham sido feitos até o momento utilizando a espectroscopia no infravermelho próximo como ferramenta de análise do carvão vegetal, há uma lacuna entre a técnica e o carvão para uso doméstico. Uma vez que os trabalhos feitos para esse tipo de carvão utilizam métodos mais demorados e caros, sendo inviáveis dependendo da situação. Indicando a necessidade de mais estudos para avaliar a técnica NIR no uso de carvão de uso doméstico com o intuito de facilitar sua caracterização, já que mais de 80 mil toneladas desse produto são utilizados em comércios e residências sem que passem por nenhum tipo de avaliação energética, não garantindo ao consumidor condições mínimas de qualidade.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O desenvolvimento de métodos para classificação do carvão comercial de uso doméstico, usando a espectroscopia no infravermelho próximo, que sejam capazes de separar os carvões é importante no auxílio ao controle de qualidade dos carvões comercializados de maneira mais rápida. Tal classificação apresenta importância na criação de protocolos com parâmetros de condições mínimas exigidas ao carvão de uso doméstico, servindo de base para certificação dos mesmos. Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi classificar amostras de carvão de uso doméstico comercializados em três estados brasileiro de acordo com seus fornecedores por meio da espectroscopia no infravermelho próximo aliada a estatística multivariada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleção de carvões

As amostras de carvão vegetal utilizadas nesse trabalho são provenientes de diferentes fornecedores que vendem seus produtos em três estados brasileiros: Santa Catarina, São Paulo e Minas Gerais. Sendo que o carvão proveniente de Santa Catarina usa como matéria-prima a espécie Acácia e os demais usam Eucalipto.

O carvão proveniente de Florianópolis (estado de Santa Catarina) foi nomeado de "carvão 1" e é comercializado em sacos de 4 kg. Os carvões do litoral paulista (estado de São Paulo) são os carvões "2" e "3", vendidos em sacos de 2,5 e 2 kg, respectivamente. Os demais carvões são do comércio de Lavras e região (Minas Gerais), e são eles: Carvão "4" (saco de 3 kg), "5" (saco de 3 kg), "6" (saco de 3 kg), "8" (saco de 3 kg) e "9" (saco de 2,5 kg). E ainda um carvão denominado "7", de fornecedor desconhecido, comercializado sem procedência e que não apresenta embalagem definida.

2.2 Preparo dos corpos de prova e aquisição espectral no NIR

A escolha dos corpos de prova a serem utilizados para análise foi feita de forma aleatória, descartando apenas as peças muito pequenas e quebradiças. Foram selecionadas 10 amostras de cada fornecedor, com exceção dos carvões "3" e "7" que foram apenas 3, totalizando 76 amostras. As amostras foram devidamente identificadas e aclimatizadas em sala com controle de temperatura (20°C) e umidade relativa (65%).

O equipamento utilizado para coleta dos espectros no infravermelho próximo foi um espectrômetro baseado em transformada de *Fourier* equipado com esfera de integração e fibra ótica da marca Bruker (Optik GmbH, Ettlingen, Germany), modelo MPA em conjunto a um programa computacional Opus versão 5.5.

Os carvões foram lixados com lixa de parede nº 120 em sua superfície rolante (SR) e transversal (TV), e a aquisição espectral foi feita em ambas as faces lixadas, sendo que na face transversal foi coletado um espectro em cada amostra e na superfície rolante dois, posteriormente foi feita uma média aritmética dos dados para a SR. A aquisição espectral foi efetuada por meio da fibra ótica na gama de 3.600 cm^{-1} a 12.500 cm^{-1} com resolução espectral de 8 cm^{-1} (Figura 1).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Figura 1. Aquisição espectral de amostra de carvão utilizando fibra ótica.
Fonte: Do autor (2017)

2.3 Análise estatística multivariada

O software utilizado para análise multivariada dos dados foi o *Chemoface, versão 1.6*. (<http://ufla.br/chemoface/>). Análise de componentes principais (Principal Component Analysis – PCA) foi feita com intuito de agrupar amostras de forma exploratória e avaliar a dependência dos dados. Em seguida análise discriminante por mínimos quadrados parciais (PLS-DA) foi feita para classificar e separar por fornecedores os carvões analisados. Nesta análise, o fornecedor do carvão foi considerado como uma variável categórica e as amostras de carvão foram agrupadas em função de seus fornecedores em sete diferentes classes. Então, atribuiu-se os valores 0 ou 1 para todas as amostras em cada classe, sendo que quando a amostra pertencia aquela categoria, atribuiu-se o valor 1 e quando a amostra não pertencia à categoria, atribuiu-se o valor 0. Assim, para cada amostra de carvão, atribuiu-se o valor 0 em oito classes e o valor 1 para a classe do fornecedor que o produziu. Em seguida, regressões baseadas em mínimos quadrados parciais foram realizadas para estimar valores contínuos em cada uma das nove classes (fornecedores 1, 2, 3... e 9). Dessa forma, um valor contínuo foi estimado para cada amostra a partir dos nove modelos. O modelo cuja estimativa apresentou o maior valor foi considerado como indicador da categoria a que pertencia a amostra analisada. Os modelos foram avaliados pelo coeficiente de determinação (R^2_{cv} e R^2_p), raiz do erro padrão médio (RMSECV e RMSEP), porcentagem de acertos e através de representação gráfica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A faixa de comprimento de onda selecionada para análise foi de 4.000 a 9.000 cm^{-1} . Segundo Workman & Weywer (2007) a região compreendida nessa faixa escolhida é informativa e apresenta pouco ruído. Já a faixa espectral que se estende de 9.000 a 12.500 cm^{-1} apresenta bastante ruído e a absorção é de baixa intensidade, resultando em má qualidade das informações adquiridas, sendo por isso descartada.

Os espectros obtidos frequentemente sofrem algum tipo de imperfeição, causados pela diferença de caminho ótico da luz e diferenças entre os tamanhos de partículas de amostras de carvão (Giordanengo, 2005). Para minimizar tais problemas e diminuir os ruídos foi aplicado um tratamento matemático com a primeira derivada (Figura 2). A aplicação da primeira derivada nos espectros originais pode reduzir o efeito de inclinação causada sobre



a linha base do espectro (MARTENS; TORMOD, 1989).

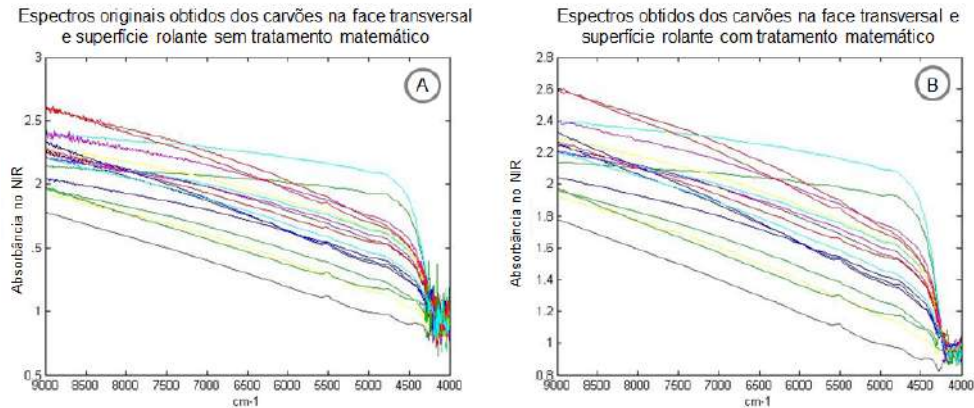


Figura 2. Média dos espectros dos carvões obtidos dos 9 fornecedores a partir da superfície rolante e face transversal. A: sem tratamento matemático. B: Com aplicação da primeira derivada.

3.1 Análise de Componentes Principais (PCA)

A análise de componentes principais (PCA) é uma das técnicas mais empregadas para análises qualitativas e auxilia na compreensão dos dados. Diversos trabalhos já utilizaram a técnica para análise de dados espectrais de carvão e obtiveram sucesso em seus resultados (Davrieux et al., 2010; Monteiro et al., 2010; Nisgoski et al., 2015; Ramalho et al., 2017).

Segundo Andrade (2009) um dos principais objetivos da PCA é a confirmação de grupos de análise de agrupamentos. No entanto, para esse conjunto de dados analisados esse agrupamento não foi possível, não se observou nenhuma tendência dos dados em formarem grupos separados, indicando a heterogeneidade dos mesmos. Ou seja, dentre as amostras de carvão analisadas nenhum dos fornecedores apresentam características semelhantes o suficientes para se destacarem no conjunto, seja para superfície rolante ou para face transversal, conforme pode ser observado na figura 3.

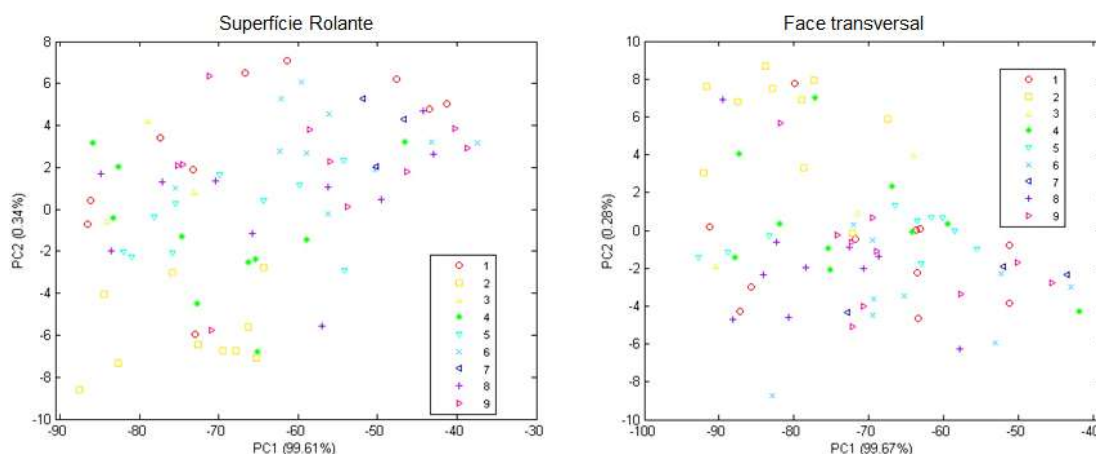


Figura 3. Gráfico de “scores” obtidos pela PCA aplicada às informações espectrais medidas na superfície rolante e face transversal do carvão a partir da via fibra óptica.



3.2 Análise Discriminante por mínimos quadrados parciais (PLS-DA)

O resumo das classificações via PLS-DA incluindo o número de classificações corretas e a porcentagem de classificação correta a partir de espectros no NIR medidos na superfície rolante é apresentado na Tabela 1. Na Tabela 2 são apresentados os resultados das classificações da superfície transversal.

Tabela 1. Predição do fornecedor do carvão vegetal por análise PLS – DA a partir de espectros medidos na superfície rolante

Fornecedor (referencia)	Estimativa de fornecedor por NIR									Total	Classificação correta %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	7	1				1		1		10	70
2		9		1						10	90
3			0	2				1		3	0
4	1			8	1					10	80
5		1			6	2			1	10	60
6					1	8			1	10	80
7					1		0		2	3	0
8		1			1	1		6	1	10	60
9		1							9	10	90
Total										76	69,7

Tabela 2. Predição do fornecedor do carvão vegetal por análise PLS – DA a partir de espectros medidos na superfície transversal

Fornecedor (referencia)	Estimativa de fornecedor por NIR									Total	Classificação correta %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	8	2								10	80
2		9			1					10	90
3		1	0	1	1					3	0
4		1		8					1	10	80
5	1			2	7					10	70
6	1				2	4	1	1	1	10	40
7	1						2			3	20
8	1	1						8		10	80
9				1	1	2		1	5	10	50
Total										76	67,1

4. CONCLUSÕES

A espectroscopia no infravermelho próximo mostrou-se uma técnica eficiente e rápida para analisar o carvão vegetal de uso doméstico e separá-los de acordo com seus fornecedores.

A análise de componentes principais (PCA) não foi significativa e não demonstrou bons



resultados para esse conjunto de dados utilizados, indicando que os mesmos são muito heterogêneos, variando entre fornecedores e dentro do mesmo fornecedor. Por isso não foi possível o agrupamentos de amostras semelhantes.

A análise discriminante por mínimos quadrados parciais (PLS-DA) apresentou resultados satisfatórios para classificação das amostras de acordo com seus respectivos fornecedores. Apresentou uma porcentagem de acerto de 69,7 para superfície rolante e 67,1% para superfície transversal. E o fornecedor “2” para ambas superfícies analisadas apresentou uma classificação correta de 90%.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. R. Espectroscopia no infravermelho próximo para prever propriedades da madeira e do carvão de plantio clonal de Eucalyptus sp. 2009. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BRAND, M. A.; ALMADA RODRIGUES, A.; DE OLIVEIRA, A.; SILVEIRA, M.M.; ZEN, L.R. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico comercializado na região serrana sul de Santa Catarina. Revista Árvore, Viçosa, MG; vol. 39, n. 6, p. 1165–1173, 2015.

BRITO, José Otávio. O Uso Energético Da Madeira. Estudos Avançados, v. 21, n. 59, p. 185–193, 2007.

COUTINHO, A. dos R.; FERRAZ, EPAMINONDAS SB. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. IPEF, Piracicaba, n. 38, p. 33-37, 1988.

DAVRIEUX, F.; ROUSSET, P.L.A.; PASTORE, T.C.M.; MACEDO, L.A.; QUIRINO, W.F. Discrimination of native wood charcoal by infrared spectroscopy. Quimica Nova, v. 33, n. 5, p. 1093–1097, 2010.

DE SILVICULTURA, AMS-Associação Mineira. Florestas plantadas, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Forestry production and trade. [S.l.]: FAOSTAT, 2015. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/F/FO/E>>. Acesso em: 17 jan. 2017.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

GIORDANENGO, T. Commentaire Bibliographique sur les Procédures d'évaluation de la composition chimique du bois par spectrométrie proche infrarouge. Master em Sciences du Bois. ENGREF, Montpellier, 2005. 106 p.

MARTENS, H. E.; TORMOD, N. Multivariate calibration. New York: J. Wiley, 1989.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G.I.B.; MORRONE, S.R.; SCHARDOSIN, F.Z.; FRANÇA, R. F. NIR and anatomy of wood and charcoal from Moraceae and Euphorbiaceae species. *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, Pelotas, v. 6, n. 3, p. 183–190, 2015.

RAMALHO, F. M. G.; HEIN, P.R.G.; ANDRADE, J.M.; NAPOLI, A. Potential of Near-Infrared Spectroscopy for Distinguishing Charcoal Produced from Planted and Native Wood for Energy Purpose. *Energy & fuels*, v. 31, n. 2, p 1593-1599, 2017.

ROSA, R. A. et al. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 3, n. 2, p. 41–48, 2012.

SÃO PAULO. Resolução nº 10 SAA, de 11 de julho de 2003. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 11 jul. 2003. Disponível em: <http://www.codeagro.sp.gov.br/arquivos/selo/saa_1031a0ff69a85454e1cde89c327ac490f5.pdf>.

STANGERLIN, D. M. et al. Determinação do modulo de elasticidade por meio de métodos destrutivo e não-destrutivo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* v. 3 n.2 p. 145-150 abril-junho 2008. Recife PE.

WORKMAN, J.; WEYWER, L. Practical guide to interpretive near-infrared spectroscopy. Boca Raton: CRC, 2007. 332p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CLASSIFICAÇÃO DE CLONES DE Eucalyptus sp. EM FUNÇÃO DE CARACTERÍSTICA DE CRESCIMENTO, DENSIDADE BÁSICA E ESTIMATIVA DE MASSA SECA

Ana Carolina Andrade¹
Rodrigo Simetti¹
Thiago De Paula Protásio²
Taiana Guimarães Arriel¹
Maíra REIS DE ASSIS¹
Thomaz Aurelio Bastos¹
Alanna Barishnikov Silva¹
Paulo Fernando Trugilho¹

¹ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

² Universidade Federal Rural da Amazônia

CLASSIFICAÇÃO DE CLONES DE *Eucalyptus* sp. EM FUNÇÃO DE CARACTERÍSTICA DE CRESCIMENTO, DENSIDADE BÁSICA E ESTIMATIVA DE MASSA SECA

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi classificar o desempenho de clones de *Eucalyptus* sp. por meio de característica de crescimento, densidade básica e estimativa de massa seca de madeira. Foram avaliados 39 clones, procedentes empresa Plantar, localizada em Curvelo, estado de Minas Gerais. Foram amostradas três árvores de diâmetro médio por material genético. Nas árvores foram retirados discos de 2,5 cm de espessura em cinco pontos da altura comercial do tronco, ou seja, na base, a 2, 10, 30, 50 e 75% da altura comercial da árvore, considerada até um diâmetro mínimo de 4,0 cm com casca. As árvores foram cubadas nas posições fixas de 0,10 m, 0,70 m, 1,30 m, 2,0 m, e a partir desta, a cada 2 metros até a altura comercial. O volume individual das árvores foi estimado utilizando-se a equação de Smalian. A massa seca foi determinada pela multiplicação do volume individual sem casca e a densidade básica da madeira. Pela análise de variância verificou-se que o efeito de clone foi altamente significativo para todas as características avaliadas e que os coeficientes de variação experimental foram de baixa magnitude. O teste de Scott-Knott, em nível de 5% de significância, possibilitou a discriminação de seis grupos para o volume individual sem casca e estimativa de massa seca, enquanto a densidade básica da madeira cinco grupos de clones.

Palavras-chave: Volume individual, densidade básica, energia da biomassa..

CLASSIFICATION OF CLONES OF *Eucalyptus* sp. IN FUNCTION OF GROWTH CHARACTERISTICS, BASIC DENSITY AND ESTIMATION OF DRY MASS

The aim of the present work was to discriminate the performance of *Eucalyptus* clones by means of growth characteristic, basic density and dry mass estimate of wood. Thirty-nine clones were evaluated, coming from Plantar, located in Curvelo, state of Minas Gerais. Three trees of medium diameter were sampled by genetic material. In the trees 2.5 cm thick discs were removed at five points of the commercial trunk height, that is, at the base, at 2, 10, 30, 50 and 75% of the commercial height of the tree, considered up to a minimum diameter of 4.0 cm in shell. The trees were cubed in the fixed positions of 0.10 m, 0.70 m, 1.30 m, 2.0 m, and from there, every 2 meters until the commercial height. The individual volume of the trees was estimated using the Smalian equation. The dry mass was determined by multiplying the individual volume without bark and the basic density of the wood. By the analysis of variance it was verified that the effect of clone was highly significant for all the characteristics evaluated and that the coefficients of experimental variation were of low magnitude. The Scott-Knott test, at a level of 5% significance, allowed the discrimination of six groups for the individual volume without bark and dry mass estimation, while the basic density of the wood five groups of clones.

Keywords: Individual volume, basic density, biomass energy.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material heterogêneo, tanto nos aspectos físicos, químicos, mecânicos e anatômicos (BROWNING, 1963). Essa variação em sua composição está relacionada com as alterações nos sentidos radial e longitudinal comumente apresentado pela madeira, principalmente devido à diferenciação dos tipos de células e tecidos. Embora dificulte sua utilização, essa heterogeneidade possibilita distintos materiais que atendam diversos fins, tornando a madeira um importante material. Segundo os estudos de Zobel e Jett (1995), a

alta variabilidade do gênero *Eucalyptus*, permite que muitas funções sejam possíveis com esta matéria-prima. Variações podem ocorrer entre espécies, entre árvores, dentro de uma mesma árvore e até entre os tecidos que formam a planta.

A heterogeneidade na madeira ocorre devido aos efeitos do genótipo, ambiente e da interação genótipo x ambiente, que são potencializadas pela idade. Normalmente as características da madeira tendem a estabilizar em função do aumento da idade da árvore. No anel de crescimento, as características tendem a aumentar do lenho inicial para o tardio (DOWNES et al., 1997). Este mesmo efeito ocorre do lenho juvenil para o maduro ou adulto. Diferenças entre materiais genéticos são marcantes, bem definidas e peculiares dentro do gênero *Eucalyptus*. A qualidade do sítio afeta diretamente a produtividade da floresta e, segundo Larson et al. (2001), pode provocar variação na formação e crescimento do lenho, modificando a qualidade da madeira.

Características físicas e químicas de uma árvore influenciam a qualidade da madeira (MITCHELL, 1961). Estudar a qualidade tem como objetivo entender as relações entre características iniciais e o produto final pretendido. Dessa forma, é indispensável que distintas características sejam estipuladas, que sua variabilidade seja conhecida e que a sua relação com o produto final seja definida adequadamente. Além disso, deve-se considerar os fatores de crescimento da árvore e fazer a avaliação conjunta com as características da madeira.

Dentre as características da madeira a densidade básica é um exemplo de índice de qualidade para diferentes aplicações industriais. Este fato está relacionado com a sua relação com diferentes características da madeira, além de poder ser utilizada na estimativa de massa seca individual ou por área.

Nesse sentido, é de fundamental importância estimar a massa seca da madeira utilizada, por exemplo, para produção de energia, seja como lenha ou carvão vegetal, e também no processo de fabricação de celulose e papel, dentre outros usos.

Para o presente trabalho foram avaliados 39 clones de *Eucalyptus* sp. provenientes de um teste clonal, aos 81 anos de idade, e teve como objetivo classificar o desempenho desses clones por meio de características de crescimento, densidade básica e estimativa de massa seca de madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram amostradas três árvores de diâmetro médio por material genético. Nas árvores foram retirados discos de 2,5 cm de espessura em seis posições longitudinais de amostragem. As árvores foram cubadas nas posições fixas de 0,10 m, 0,70 m, 1,30 m, 2,0 m, e a partir desta, a cada 2 metros até a altura comercial.

O volume individual das árvores foi estimado utilizando-se a equação de Smalian, dada pela equação 1:

$$V_i = \frac{\pi}{40000} \times \left(\sum_{i,j}^n \left(\frac{D_i^2 + D_j^2}{2} \right) \times L_i \right) \quad (1)$$

Em que, V_i é o Volume individual da árvore sem casca (m^3), D_i e D_j são os diâmetros da posição i e j , para todo $i \neq j$, respectivamente árvore (cm) e L_i é distância entre D_i e D_j (m).

A massa seca foi determinada pela multiplicação do volume individual sem casca e a densidade básica da madeira, determinada pela equação 2:

$$MS = DB \times V_i \quad (2)$$

Em que, MS é a estimativa de massa seca (kg) e DB é a densidade básica média da árvore (kg/m³).

Na avaliação do experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com três repetições (árvores). As análises foram realizadas utilizando-se o software SISVAR.

Para a comparação múltipla das médias utilizou-se o teste Scott-Knott a 5% de significância. O teste proposto por Scott e Knott (1974) separa as médias em grupos distintos, por meio da minimização da variação dentro dos grupos e maximização da variação entre grupos. De acordo com Lobão et al. (2011), para a separação das espécies dentro do mesmo grupo, o teste estatístico Scott-Knott apresenta a vantagem de ausência de ambiguidade dos testes de comparação múltipla de médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios, mínimos e máximos para o volume individual sem casca, densidade básica estimativa de massa seca encontram-se na Tabela 1. E, segundo Lush (1964) a existência de variação genética indica a possibilidade de melhoramento desses caracteres e a obtenção de ganhos consideráveis com a seleção.

Tabela 1. Valores médios, mínimos e máximos de volume individual sem casca, densidade básica e estimativa de massa seca dos 39 clones de *Eucalyptus* sp.

Estatística	V _i (m ³)	DB (g/cm ³)	MS (kg)
Média (m ³)	0,195425	0,524	100,10
Máximo (m ³)	0,252516	0,571	161,28
Mínimo (m ³)	0,145932	0,456	72,66
CV (%)	13,66	5,93	17,52

V_i = volume individual sem casca, DB = densidade básica média, MS = estimativa de massa seca, CV = coeficiente de variação.

O resultado da análise de variância mostrou que existe diferença significativa entre os clones para o volume individual sem casca, densidade básica e estimativa de massa seca.

Verificou-se que o coeficiente de variação (CV) foi baixo para a densidade básica (5,93%), pois esta depende de fatores genéticos e, como as amostras são clones, possuem uma baixa variabilidade. Esta característica da madeira está diretamente relacionada com a produção de energia, ou seja, quanto maior a densidade, maior a quantidade de energia estocada por metro cúbico.

O valor médio encontrado para a densidade foi de 0,524 g/cm³, e, de maneira geral, as madeiras de *Eucalyptus* sp. usadas para produção de carvão vegetal apresentam densidade básica em torno de 0,54 g/cm³ (BRITO et al., 1983).

O coeficiente de variação do volume individual sem casca foi mais alto, pois este depende de fatores abióticos, como local, clima, solo, idade etc.

Quando o objetivo da madeira é para uso energético, é notável a importância da produtividade volumétrica e da densidade básica, pois ambos os parâmetros determinam a produção de massa seca de madeira (ROCHA, 2011). Dessa forma, o coeficiente de

variação da massa seca foi o mais alto, pois é uma combinação entre a densidade básica e volume individual, equivalente a 17,52%.

As figuras 1, 2 e 3 apresentam os resultados da discriminação dos clones em função do volume individual, massa seca estimada e densidade básica da madeira

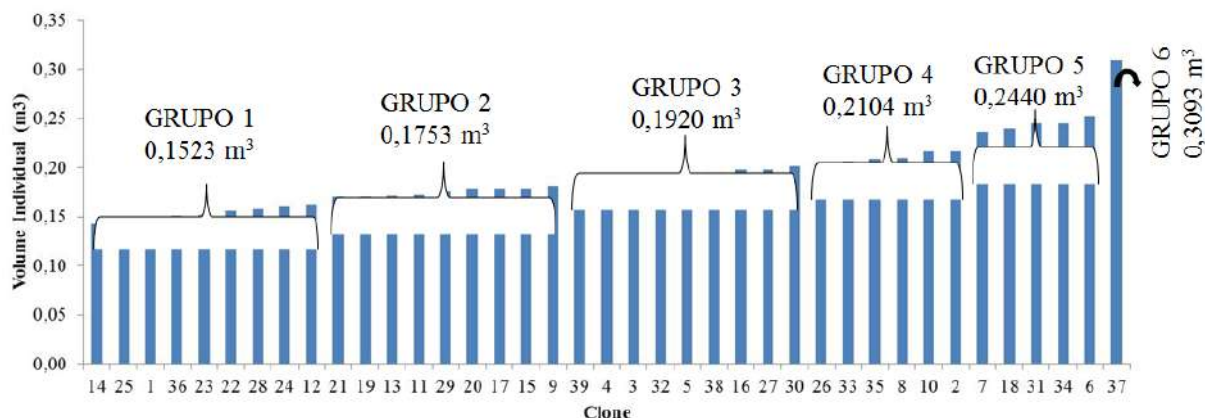


Figura 1: Volume individual sem casca de 39 clones de *Eucalyptus*

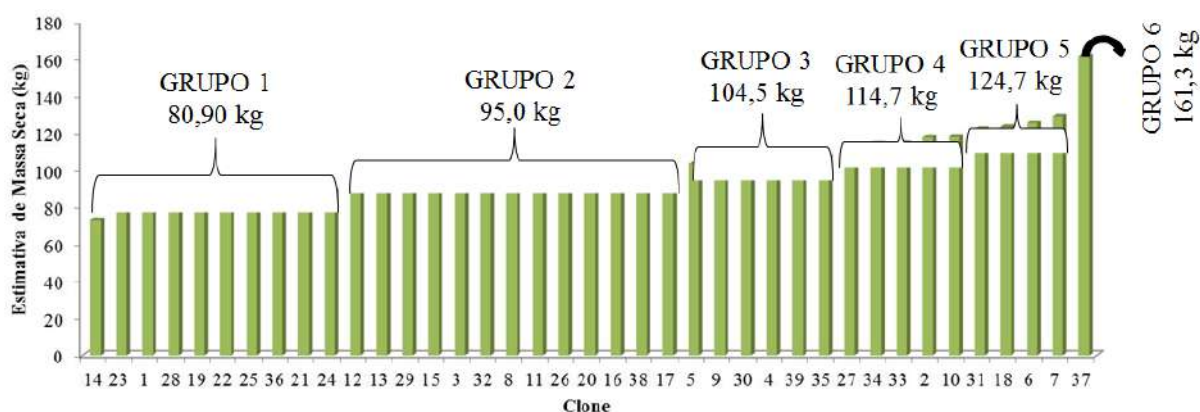


Figura 2: Estimativa de massa seca de 39 clones de *Eucalyptus*

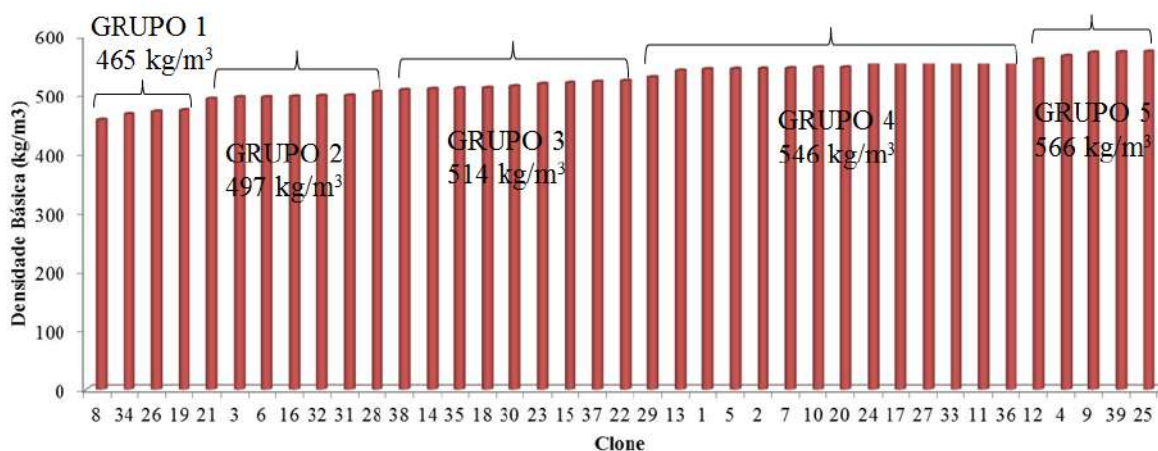


Figura 3: Densidade básica de 39 clones de *Eucalyptus*

O teste de Scott-Knott classificou os clones em seis grupos, cinco e seis grupos distintos para o volume individual sem casca, densidade básica e estimativa de massa seca, respectivamente

Observa-se que para a densidade básica foi possível agrupar os clones em cinco grupos distintos, sendo que os clones do grupo 5 apresentaram estatisticamente valores mais elevados. Dessa forma, pode-se inferir que visando à otimização da densidade relativa aparente do carvão vegetal deve-se carbonizar a madeira advinda desses clones, pois quanto maior a densidade da madeira maior será a quantidade de massa por unidade de volume e, conseqüentemente, maior será a produção de bioenergia (PROTÁSIO et al., 2012).

No entanto a densidade básica não é um parâmetro único de avaliação da potencialidade dos clones de *Eucalyptus* para fins energéticos, deve-se considerar também a produtividade de massa seca e o volume, dentre outras características (LIMA et al., 2011).

4. CONCLUSÕES

O teste de agrupamento Scott-Knott possibilitou a formação de seis grupos para o volume individual sem casca (Figura 1) e estimativa de massa seca (Figura 2), enquanto a densidade básica da madeira (Figura 3), cinco grupos de clones, o que proporcionou a seleção dos mais aptos à produção de bioenergia.

O fator de crescimento foi fundamental para a classificação de clones de maior potencial para a produção de bioenergia. Portanto, as características de crescimento devem ser incorporadas em estudos de avaliação da qualidade da madeira.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao CNPq, à Fapemig, à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho e à empresa Plantar S/A pela concessão do material do estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, J. O. et al. Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de eucalipto. IPEF, n.23, p.53-56, 1983.

BROWNING, B.L. The chemistry of Wood. New York: John Wiley & Sons, 1963. 689p.

DOWNES, G.M. et al. Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. Austrália: CSIRO, 1997. 1342p.

LARSON, P.R. et al. Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis. Madison: USDA, 2001. 42p.

LIMA, E.A.; SILVA, H.D.; LAVORANTI, O.J. Caracterização dendroenergética de árvores de *Eucalyptus benthamii*. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v.31, n.65, p.09-17, 2011

LOBÃO, M.S.; CASTRO, V.R.; RANGEL, A.; SARTO, C.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA JUNIOR, F.G.S.; CAMARGO NETO, L.; BERMUDEZ, M.A.R.C. Agrupamento de espécies

florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.39, n.92, p.469-477, 2011.

LUSH, J.L. Melhoria dos animais domésticos. Rio de Janeiro: CEDEGRA, 1964. 566p.

MITCHELL, H.L. A concept of intrinsic wood quality and nondestructive methods for determining quality in standing timber. Madison, Wisconsin: Forest Products Laboratory, 1961. Report n.2233.

PROTÁSIO, T.P.; TRUGILHO, P.F.; NEVES, T.A.; VIEIRA, C.M.M. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, SP, v.40, n.95, p.317-326, 2012a.

ROCHA, M. F. V. Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Washington, v.30, n.2 p.507-512, 1974.

ZOBEL, B.J.; JETT, J.B. Genetic of wood production. Berlin, Springer-Verlag, 1995. 337p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CLASSIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE MADEIRA POR MEIO DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Lívia Ribeiro Costa¹
Luana Teixeira Mancini¹
Wendell Rangel Queiroz de Souza¹
Raul de Abreu Neto¹
Fernanda Maria Guedes Ramalho¹
Taiana Guimarães Arriel¹
Paulo Hein¹

¹ Universidade Federal de Lavras



CLASSIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE MADEIRA POR MEIO DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Resumo: A identificação da espécie é de fundamental importância para garantir o uso da madeira de forma racional e adequada. Análises anatômicas são realizadas para tal, porém requerem preparo da amostra e experiência profissional. A espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) tem sido aplicada para esta finalidade, porém mais estudos são necessários devido à grande variação existente entre as essências florestais. Assim, o objetivo deste estudo foi utilizar a técnica espectroscopia no NIR associada à análise discriminante por mínimos quadrados parciais para classificar a madeira de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp. Setenta e três (73) corpos de prova prismáticos de sete espécies de *Eucalyptus* com dimensões nominais de 100 mm x 25 mm x 25 mm (L x T x R) foram investigados. Espectros no NIR foram coletados diretamente da superfície nos três planos anatômicos da madeira. Análise discriminante por mínimos quadrados parciais (PLS-DA) foi aplicada nas assinaturas espectrais. No plano radial houve maior porcentagem (~97%) de acertos na classificação das amostras por espécie. Analisando apenas o plano tangencial, a técnica NIRS associada a PLS-DA foi capaz de classificar corretamente 100% das amostras em cinco grupos de madeira estudados. Classificações incorretas ocorreram apenas em grupos de espécies desconhecidas. A espectroscopia no NIR aliada à análise discriminante por mínimos quadrados parciais, de maneira geral, mostrou-se eficiente na classificação de madeiras de *Eucalyptus* por espécies.

Palavras-chave: Identificação de madeira; *Eucalyptus*; Espectroscopia no Infravermelho Próximo; PLS-DA.

CLASSIFICATION OF WOOD SPECIES THROUGH SPECTROSCOPY IN NEXT INFRARED

Abstract: Species identification is fundamental to ensure to a rational and appropriate use of wood. Anatomical analyzes are done to identify species, but require specimens preparation and professional experience. The near-infrared spectroscopy (NIR) have been applied for this purpose, but more studies are required due to the great variation between forest essences. Thus, the objective of this study was to use the NIR technique allied to partial least squares discriminant analyzes to classify wood of different specimens of *Eucalyptus* sp. Seventy-three (73) prismatic specimens of seven different *Eucalyptus* species with nominal dimensions of 100 mm x 25 mm x 25 mm (L x T x R) were investigated. NIR spectra were collected directly from the surface in the three anatomical planes in wood. Partial least squares discriminant analyzes (PLS-DA) was applied to spectral signatures. The radial plane had a higher percentage (~97%) of hits in the classification of specimens by species. Analyzing only the tangential plane, the NIRS technique associated to PLS-DA was able to correctly classify 100% of the specimens in five groups of wood studied. Incorrect ratings occurred only in groups of unknown species. The near-infrared spectroscopy allied discriminant analysis by partial least squares, in general, proved to be efficient in the classification of *Eucalyptus* wood by species.

Keywords: Wood identification; *Eucalyptus*; near-infrared spectroscopy; PLS-DA.



1. INTRODUÇÃO

A madeira apresenta-se como um tipo de matéria prima com possibilidade de utilização para múltiplos produtos. O gênero *Eucalyptus* é a principal fonte de madeira para as indústrias de base florestal no Brasil, adaptando-se muito bem às condições de crescimento do país. Pertencente à família *Mirtaceae*, esse gênero conta com cerca de 600 espécies e grande número de variedades e híbridos (FOELKEL et al. 1975).

A classificação das espécies é essencial, pois ligado a um nome existem diversos indivíduos com características em comum. Zenid e Ceccantini (2007) destacam que em tecnologia da madeira, a identificação de madeiras permite o acesso a diversas propriedades através de livros e bancos de dados disponíveis, proporcionando um melhor conhecimento e aplicação do material. A identificação de madeiras geralmente é feita por meio de análises anatômicas que necessitam de preparação das amostras, que muitas das vezes são demoradas e exigem experiência do profissional.

A espectroscopia na região do infravermelho próximo (NIR, do inglês *Near Infrared*) é uma técnica não destrutiva que tem sido aplicada com sucesso para estimativa de características de materiais orgânicos que contenha em suas moléculas ligações C-H, O-H, N-H ou S-H. Por meio dessa técnica aliada a análises multivariadas é possível classificar a madeira de forma rápida e confiável. (PASQUINI, 2003).

Na literatura há estudos que utilizaram a técnica NIR para a distinção de espécies de madeira (Brunner et al. 1996; Schimleck et al. 1996; Tsuchikawa et al. 2003; Adedipe et al. 2008; Pastore et al. 2011; Bergo et al. 2016). Porém, ainda são necessários estudos mais aprofundados e detalhados principalmente no que se refere a utilização de outros tipos de análises multivariadas, como por exemplo a Análise Discriminante por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA).

Diante desse contexto, o objetivo desse trabalho foi utilizar a técnica espectroscopia no infravermelho próximo associada a análises PLS-DA na classificação da madeira de diferentes espécies do gênero *Eucalyptus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material biológico utilizado no trabalho foram sete espécies (FIGURA 1A) de *Eucalyptus* sp. aos 37 anos de idade, plantados em espaçamento de 5 x 5 m (400 plantas/ha) em teste de progênie localizado na Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

Os corpos de provas foram confeccionados com as dimensões nominais de 100 x 25 x 25 mm (L x R x T) com as faces longitudinal-radial e longitudinal-tangencial bem definidas (FIGURA 1B). As amostras foram processadas em serra circular totalizando 73 corpos de provas (13, 10, 10, 13, 9, 10 e 8 amostras representaram as espécies 1 a 7, respectivamente). As amostras de madeira permaneceram em sala climatizada ($T = 25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR} = 60\% \pm 3\%$) para atingirem a umidade de equilíbrio de aproximadamente 14%.



Figura 1. Amostras das sete espécies estudadas (A) orientadas para leitura no espectrômetro nos três planos anatômicos (B)

O equipamento utilizado para a coleta dos espectros foi um espectrômetro da marca *Bruker* modelo MPA controlado pelo programa computacional *Opus* versão 7.5. A aquisição espectral foi realizada via esfera de integração em modo de reflexão difusa na faixa de 12.500 a 3.600 cm^{-1} com resolução espectral de 8 cm^{-1} .

O espectro de cada amostra foi obtido por meio da média de 16 varreduras, realizadas em dois diferentes pontos de cada face: radial (Rd), tangencial (Tg) e transversal (Tv), ou seja, 2 x 16 leituras (scans) por face. As leituras foram realizadas nas superfícies dos corpos de prova, previamente demarcados, evitando as regiões com rachaduras e defeitos da madeira.

O software *Chemoface* (versão 1.61, <http://ufla.br/chemoface/>) foi utilizado para a análise multivariada dos dados. Por meio da análise discriminante por mínimos quadrados parciais (PLS – DA) foi feita a classificação das espécies de madeira utilizando a validação cruzada.

Nessa abordagem, a espécie foi considerada como uma variável categórica. Nesse estudo, as amostras foram agrupadas em sete diferentes classes sendo que a classe 1 representava a espécie de *Eucalyptus saligna*; a classe 2 corresponde às amostras de madeira de *E. cloeziana*, a classe 3 representa as amostras de *E. deglupta*, a classe 4 as de *E. dunnii*, a classe 6 as do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* e as classes 5 e 7 são amostras *Eucalyptus* desconhecidas. Então, atribuiu-se os valores 0 ou 1 para todas as amostras em cada classe, sendo que quando a amostra pertencia a aquela categoria, atribuiu-se o valor 1 e quando a amostra não pertencia à categoria, atribuiu-se o valor 0. Regressões baseadas em PLS foram realizadas para estimar valores contínuos em cada uma das sete categorias (espécies 1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7). Dessa forma, um valor contínuo foi estimado para cada amostra a partir dos sete modelos. O modelo cuja estimativa apresentou o maior valor foi considerado como indicador da categoria a que pertencia a amostra analisada.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média por espécie das assinaturas espectrais obtidas via esfera de integração nas amostras de madeira são apresentadas na Figura 2. Os espectros NIR para os sete grupos de espécies de *Eucalyptus* estudadas apresentam forte colinearidade, pois os materiais refletem a radiação eletromagnética nas mesmas bandas características de materiais lignocelulósicos, assim como relatado por Schimleck et al. (2009) e Tsuchikawa e Schwanninger (2013).

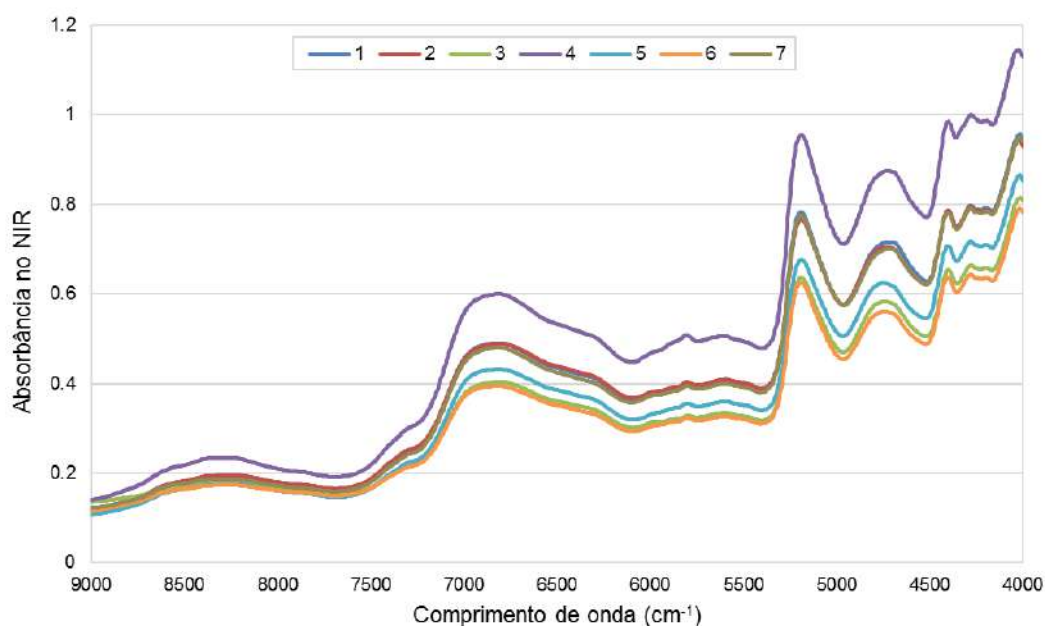


Figura 2. Média dos espectros das sete espécies de *Eucalyptus*

A assinatura espectral é resultado da interação da luz com as moléculas constituintes do material, assim cada material apresenta uma resposta peculiar a radiação incidida (PASQUINI, 2003). Por isso, houve uma tendência na separação dos espectros de acordo com a espécie, o que provavelmente está associado à existência de diferenças na constituição química das amostras. Porém não é possível distinguir as espécies apenas por inspeção visual dos espectros pois aparentemente apresentam os mesmos picos de absorbância, o mesmo foi relatado por Bergo et al. (2016), então são utilizadas análises multivariadas para extrair informações dos espectros.



Tabela 1. Classificação das espécies por meio de modelos PLS-DA para os três planos anatômicos da madeira.

Espécie	Total	Radial		Tangencial		Transversal	
		No.	%	No.	%	No.	%
1	13	13	100.0	13	100.0	13	100.0
2	10	9	90.0	10	100.0	10	100.0
3	10	10	100.0	10	100.0	10	100.0
4	13	13	100.0	13	100.0	13	100.0
5	9	9	100.0	7	77.8	7	77.8
6	10	10	100.0	10	100.0	10	100.0
7	8	7	87.5	7	87.5	7	87.5

Na Tabela 1 pode-se observar o resultado da classificação das espécies por meio do modelo PLS-DA. A análise feita a partir dos espectros da face radial das amostras resultou em maior porcentagem de acertos, aproximadamente 97%, comparado com os da face tangencial e transversal, ambos com aproximadamente 95% de acerto.

Tabela 2. Classificação das espécies por meio de modelos PLS-DA para o plano tangencial

Espécie nominal	Espécie estimada pelo NIRS							Classif. Correta	
	1	2	3	4	5	6	7	No.	%
1	13							13	100
2		10						10	100
3			10					10	100
4				13				13	100
5		2			7			7	77.8
6						10		10	100
7							7	7	87.5

Ao analisar separadamente a classificação para o plano tangencial, observa-se na Tabela 2 que duas amostras da espécie 5 (desconhecida) foram classificadas como espécies 2 (*E. cloeziana*), resultando em uma classificação incorreta de 22,2%. Enquanto uma amostra da espécie 7 também desconhecida foi classificada como espécie 2 (*E. cloeziana*), resultando em uma classificação incorreta de 12,5%. As demais amostras obtiveram 100% de classificação correta.

4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostraram que a técnica NIR associada à análise discriminante tem potencial para a classificação de diferentes espécies de *Eucalyptus*. O modelo resultou em 100% de classificação correta para a maioria das espécies. As classificações incorretas ocorreram nas espécies desconhecidas.

Estes modelos baseados em NIR poderão ser úteis para prever rapidamente a que grupo de espécie pertence um lote de amostras desconhecidas, pois possuem a vantagem de ser uma técnica rápida e não destrutiva, diferentemente de análises anatômicas que necessitam de preparo do material e experiência do anatomista.



5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, CAPES e CNPq pela concessão dos recursos financeiros que permitiram a execução do presente estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEDIPE, O. E. et al. Classification of red oak (*Quercus rubra*) and white oak (*Quercus alba*) wood using a near infrared spectrometer and soft independent modelling of class analogies. JOURNAL OF NEAR INFRARED SPECTROSCOPY, v. 16, n. 1, p. 49-57, 2008.

BERGO, M. C. J. et al. NIRS identification of *Swietenia macrophylla* is robust across specimens from 27 countries. IAWA JOURNAL, v. 37, n. 3, p. 420 – 430, 2016.

BRUNNER, M. et al. FT-NIR spectroscopy and wood identification. HOLZFORSCHUNG, v. 50, p. 130–134, 1996.

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; MILANEZ, A. F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para a produção de celulose sulfato. IPEF, Piracicaba, n. 10, p. 17-37, 1975.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. JOURNAL OF THE BRAZILIAN CHEMICAL SOCIETY, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 198-219, 2003.

PASTORE, T. C. M. et al. Near infrared spectroscopy (NIRS) as a potential tool for monitoring trade of similar woods: discrimination of true mahogany, cedar, andiroba and curupixá. HOLZFORSCHUNG, v. 65, p. 73-80, 2011.

SCHIMLECK, L.R. et al. Characterization of the wood quality of Pernambuco (*Caesalpinia echinata* Lam.) by measurements of density, extractives content, microfibril angle, stiffness, color and NIR spectroscopy. HOLZFORSCHUNG, v. 63, p. 457-463, 2009.

SCHIMLECK, L.R.; MICHELL, A.J.; VINDEN, P. Eucalypt wood classification by NIR spectroscopy and principal components analysis. APPITA JOURNAL, v. 49, p. 319–324, 1996.

TSUCHIKAWA, S.; INOUE, K.; NOMA, J.; HAYASHI, K. Application of near infrared spectroscopy to wood discrimination. JOURNAL OF WOOD SCIENCE, v. 49, p. 29–35, 2003.

TSUCHIKAWA, T; SCHWANNINGER, M. A Review of Recent Near-Infrared Research for Wood and Paper (Part 2), APPLIED SPECTROSCOPY REVIEWS, v. 48, n. 7, p. 560-587, 2013.

ZENID, G. J.; CECCANTINI, G. C. T. Identificação Macroscópica de Madeiras. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, São Paulo, 24 p., 2007.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CLASSIFICAÇÃO DE TORAS E QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE ESPÉCIES AMAZÔNICAS

Eliza Chaves Loschiavo Reuwsaat¹
Luiz Felipe Santos Cardoso¹
Ana Paula Garcia de Lima¹
Jéssica Carneiro Salgado¹
WILZA CARLA SANTOS E SOUSA¹
Lucas de Jesus Barbosa¹
Thiago De Paula Protásio¹
SELMA LOPES GOULART¹

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CLASSIFICAÇÃO DE TORAS E QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA DE ESPÉCIES AMAZÔNICAS

Eliza C. L. **REUWSAAT**¹; Luiz F. S. **CARDOSO**¹; Ana Paula G. de **LIMA**¹; Jéssica C. **SALGADO**¹; Wilza Carla S. e **SOUSA**¹; Lucas de J. **BARBOSA**; Thiago de P. **PROTÁSIO**; Selma L. **GOULART**

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas, Pará

Resumo: A classificação de toras quanto à sua qualidade e a secagem da madeira são etapas cruciais para obtenção de madeira serrada de qualidade, com menor quantidade de defeitos, redução das perdas e menor custo de produção. Além disso, o conhecimento das características físicas da madeira, principalmente a densidade, é importante para a determinação do seu uso. Nesse sentido, o presente estudo objetivou classificar toras de melanciaira (*A. grandiflora*) e angico (*A. colubrina*), quanto à sua qualidade, além de analisar a secagem ao ar livre de tábuas de madeira de melanciaira (*A. grandiflora*) e seus defeitos e avaliar suas características físicas para comercialização no município de Parauapebas, Pará. Foram utilizadas duas toras de melanciaira e angico para classificação, além de tábuas de melanciaira para elaboração da curva de secagem ao ar livre. A classificação mostrou que o defeito mais expressivo foi a inclinação de grã, em contrapartida o menos expressivo foi a conicidade. A madeira de *A. grandiflora* apresentou densidade básica de 0,63 g.cm⁻³, semelhante aos valores encontrados na literatura (0,55-0,66 g.cm⁻³). Quanto às tábuas, embora o método de secagem ao ar livre seja mais demorado do que os outros, provou ser uma alternativa viável com baixa ocorrência de defeitos na madeira.

Palavras-chave: qualidade, secagem, defeitos, densidade.

CLASSIFICATION OF LOGS AND QUALITY OF LUMBER OF AMAZONIAN SPECIES

Abstract: The classification of logs as regards their quality and the drying of the wood are crucial steps to obtain quality lumber, with fewer defects, reduction of losses and lower cost of production. In addition, knowledge of the physical characteristics of wood, especially density, is important in determining its proper use. The present study aimed to classify the logs of melanciaira (*Alexa grandiflora*) and angico (*Anadenathera colubrina*) as regards their quality, besides analyzing the open air drying of Melanciaira (*A. grandiflora*) wood boards and their and to evaluate its physical characteristics for commercialization in the city of Parauapebas, Para. Two logs of melanciaira and angico were used for classification and a log of Melanciaira deployed to perform the drying curve. The classification showed that the most expressive defect was the grain inclination, in contrast the least expressive was the conicity. The wood of *A. grandiflora* had a basic density of 0.63 g.cm⁻³, similar to the values found in the literature (0.55-0.66 g.cm⁻³). As for the boards, although the method of drying outdoors is more time consuming than the others, it has proved to be a viable alternative with a low occurrence of defects in the wood.

Keywords: quality, drying, defects, density.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países detentores de recursos naturais abundantes, sendo o único que possui extensa área de florestas tropicais. Por isso atua de forma expressiva no fornecimento de matéria prima para a indústria madeireira (SNIF, 2016).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Segundo dados do IBGE (2016), em 2015 foram extraídos 45.629.623 m³ de madeira em florestas nativas, sendo que o estado do Pará foi responsável por aproximadamente 14 % desse total.

No entanto, apesar dessa grande participação e de haver uma biodiversidade imensa na Amazônia, essa produção madeireira se concentra numa quantidade mínima de espécies (RIBEIRO, 2008). Esse fato se deve principalmente à insuficiência de informações acerca das características de espécies alternativas que possuem potencial para uso madeireiro.

Assim, torna-se necessária a realização de pesquisas envolvendo a caracterização da madeira de espécies amazônicas, sendo que a densidade é uma das principais propriedades físicas que influenciam no seu uso, pois em geral, madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras que as leves, em contrapartida são de mais difícil trabalhabilidade, afetando o processamento na indústria.

No entanto, para obtenção de produtos de qualidade, devem ser consideradas não somente as propriedades físicas da matéria-prima, mas também fatores que afetam seu processamento e rendimento, como a qualidade das toras, que devem ser analisadas e classificadas de modo a obter o maior rendimento possível.

De modo geral, as toras são classificadas de acordo com o formato do tronco, defeitos ou anormalidades visíveis na sua superfície rolante e em suas extremidades e conforme o seu volume líquido. Toras mais tortuosas ou de formato irregular, geram maior quantidade de resíduos, menor aproveitamento e maior custo de produção (VITAL, 2008).

Além da obtenção de matéria-prima de qualidade, existe uma etapa fundamental no processamento da madeira, que é a secagem, pois proporciona, entre outras vantagens, melhoria das características de trabalhabilidade e redução tanto da movimentação dimensional como da possibilidade de ataque de fungos e insetos (ANDRADE et al., 2001), contribuindo ainda para a redução dos custos de transporte (GALVÃO e JANKOWSKY, 1985). Desse modo, se a secagem não for controlada e realizada através de métodos adequados, pode ocasionar a perda total da matéria-prima, ou ainda, resultar em menor qualidade e valor agregado ao produto final (SILVA et al., 1997).

A secagem ao ar livre funciona como uma boa alternativa, pois é um método de baixo custo que visa à redução da umidade da madeira, tendo sempre em mente o fim para o qual a mesma é destinada (ZANUNCIO et al., 2014).

As variações dimensionais que ocorrem na madeira após a secagem estão diretamente relacionadas à sua massa específica (densidade), podendo ocorrer o aparecimento de defeitos, como torções, empenamentos, entre outros. Portanto, essas variações devem ser analisadas para as diferentes espécies visto que a densidade é variável entre elas.

Nesse contexto, o presente estudo objetivou: a) classificar toras de melanciaira (*A. grandiflora*) e angico (*A. colubrina*), quanto à sua qualidade; b) analisar a secagem ao ar livre de tábuas de madeira de melanciaira (*A. grandiflora*) e seus defeitos e; c) avaliar as características físicas da madeira de melanciaira (*A. grandiflora*) para comercialização no município de Parauapebas, Pará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido no município de Parauapebas localizado na mesorregião sudeste paraense à aproximadamente 700 Km da capital do estado, Belém (Figura 1).

O clima da região segundo classificação de Köppen é do tipo "Aw", que se caracteriza por apresentar inverno seco bem definido, ocorrendo entre os meses de maio a novembro, e verão de precipitação pluviométrica elevada, com temperatura média anual de 26° C (ROCHA, 2015).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Figura 1. Mapa de localização do município de Parauapebas, PA, onde o estudo foi desenvolvido.

Fonte: LIMA (2017).

2.2. Coleta de dados

Inicialmente, os dados necessários para a classificação da qualidade das madeiras de angico (*Anadenanthera colubrina*) (Figura 2) e melancieira (*Alexa grandiflora*) foram coletados a partir de duas toras de cada espécie, advindas de uma madeireira localizada na zona rural do município de Parauapebas.

Posteriormente, foi realizado o desdobro da tora de melancieira com serra fita, utilizando o método de desdobro tangencial de cortes sucessivos, obtendo assim 33 tábuas para o experimento, nas dimensões 2 m de comprimento, 0,25 m de largura e 0,02 m de espessura, que em seguida foram utilizadas para montagem das pilhas de secagem no campus da UFRA.



Figura 2. Toras de *Anadenanthera colubrina*, utilizadas para a coleta de dados.

Fonte: REUWSAAT (2016).

2.3. Parâmetros avaliados para classificação das toras

As toras foram avaliadas e classificadas quanto à ocorrência de defeitos em sua forma, sua superfície rolante, pontas e conforme o volume líquido, seguindo a norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF (1984).

O princípio de classificação de toras baseado nos defeitos consiste em determinar o número e a importância dos defeitos encontrados em toda a peça. Nas toras foram



analisados: achatamento (A), conicidade (C), encurvamento (E), inclinação de grã (IG), rachaduras atingindo a superfície (RAS), furos de insetos (FI), nós e protuberâncias (NP), centro anormal (CA), rachaduras diametrais (RD), rachaduras não diametrais (RND) e volume líquido (VL).

2.4. Secagem das tábuas ao ar livre

Foram montadas três pilhas, com onze tábuas em cada pilha, no mesmo dia da aquisição das tábuas, sendo assim, com a madeira considerada verde, em galpão telado, de modo que não inviabilizasse a circulação de ar.

Foram utilizados tabiques, que apresentavam 0,3 m de comprimento, 0,03 m de largura e 0,025 m de espessura, para evitar o contato entre as tábuas.

As pilhas foram dispostas paralelas entre sina direção dos ventos predominantes (Figura 3).



Figura 3. Pilhas de secagem com tábuas de *Alexa grandiflora*, montadas em galpão da UFRA.

Fonte: REUWSAAT (2016).

2.5. Preparação das amostras controladoras (ACU) e determinadoras de umidade (ADU)

As tábuas foram separadas para formar três pilhas de mesma altura. De cada pilha, uma tábua foi retirada para confecção de amostra controladora de umidade. Elas foram posicionadas na pilha de forma estratégica, facilitando sua retirada para pesagem, e depois recolocadas, sem interferir nas demais tábuas.

As amostras selecionadas foram aquelas que não apresentavam nós, medula, partes degradadas e não possuíam casca.

Foi aplicada tinta impermeabilizante preta nas extremidades de cada amostra controladora, para que essas não perdessem umidade em uma velocidade diferente das demais peças da pilha.

Junto com as amostras controladoras de umidade, foram retiradas também amostras para a determinação da umidade de cada pilha. Essas amostras constituíram seis corpos de prova, que foram pesados e submetidos à secagem em estufa, a uma temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, até apresentarem massa constante, podendo assim determinar a umidade da madeira no primeiro dia de confecção da pilha.

2.6. Determinação das densidades



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Foram realizadas as análises de densidade básica, anidra e de equilíbrio da madeira de melanciaira a partir de corpos de prova retirados das amostras controladoras de umidade, seguindo a norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

2.7. Coleta de dados

Nos primeiros trinta dias após a instalação do experimento foi realizada diariamente a pesagem das amostras controladoras de umidade. Após esse período mais intenso, as pesagens foram realizadas em dias alternados até que a massa das amostras se estabilizasse.

2.8. Parâmetros avaliados para classificação das tábuas

Após o processo de secagem das tábuas, foram analisados os defeitos resultantes, conforme as normas do IBDF (1983) para classificação de madeira serrada de folhosas.

Foram analisados e levados em consideração o encurvamento, arqueamento e encanoamento, sendo realizada a porcentagem do dano total das tábuas.

2.9. Análise dos dados

Os dados foram processados utilizando o Software Excel® 2016 e avaliados de acordo com as normas de classificação desenvolvidas pelo IBDF (1983 e 1984). As toras foram classificadas de acordo com suas características e as tábuas, conforme seus defeitos. Devido à natureza dos dados, foi realizada uma análise quantitativa, utilizando estatística descritiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Qualidade das toras

De acordo com as normas do IBDF (1984), as toras são classificadas como superiores quando apresentam achatamento igual ou superior a 90%, conicidade igual ou inferior a 3% e encurvamento igual ou inferior a 5%. Assim, duas das quatro toras analisadas foram classificadas como superiores, sendo elas as toras 1 de cada espécie em estudo (Tabela 1). Tal informação é de suma importância, pois se trata de indivíduos obtidos em floresta nativa, onde não houve nenhum tipo de intervenção antrópica.

Na Tabela 2 é possível ver a classificação de acordo com as normas, sendo todas as toras classificadas como superiores em relação à conicidade. Scanavaca Júnior e Garcia (2003), afirmam que quando a árvore é jovem, ela é mais cônica e se torna mais cilíndrica com o aumento da idade, justificando os dados encontrados.

A categoria centro anormal não pôde ser avaliada para a espécie *Anadenanthera colubrina*, pois as toras encontravam-se completamente ocas.

A categoria achatamento apresentou três das quatro toras classificadas como superiores, sendo juntamente com conicidade, os dois únicos critérios cuja maioria das toras foram classificadas como superiores.

Encurvamento e rachaduras atingindo a superfície foram as únicas categorias que apresentaram um indivíduo na classe IV. Em ambas as categorias, a tora 2 de *Anadenanthera colubrina* obteve tal classificação.

No caso das toras de *Alexa grandiflora*, não foram constatadas rachaduras atingindo a superfície, nem furos de inseto e o valor líquido não foi calculado, pois não havia nenhum dano no centro da tora.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Resultados dos parâmetros para avaliação da qualidade das toras de *Alexa grandiflora* e *Anadenanthera colubrina*.

Espécie	Tora	A (%)	C (%)	E (%)	IG (%)	RAS (%)	FI (%)	NP	CA (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	1	90,43	2,03	0,68	4,00	22,15	0,01	NA	NA
	2	89,18	2,13	11,18	2,50	40,04	0,05	0,57	NA
<i>Alexa grandiflora</i>	1	97,39	0,20	5,00	3,33	NA	NA	5,63	12,50
	2	95,50	0,95	9,92	6,73	NA	NA	1,01	7,21
Média		93,13	1,33	6,70	4,14	31,10	0,03	2,40	9,86

NA: não apresentou; A = achatamento; C = conicidade; E = encurvamento; IG = inclinação de grã; RAS = rachaduras atingindo a superfície; FI = furos por insetos; NP = nós e protuberâncias; CA = centro anormal; RD = rachadura diametral; RND = rachadura não diametral; RNDL = rachadura não líquida.

Tabela 2. Classificação das toras de *Alexa grandiflora* e *Anadenanthera colubrina*, seguindo as normas do IBRAF.

Espécie	Tora	A (%)	C (%)	E (%)	IG (%)	RAS (%)	FI (%)	NP	CA (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	1	SU	SU	SU	II	III	SU	NA	NA
	2	I	SU	IV	SU	IV	SU	SU	NA
<i>Alexa grandiflora</i>	1	SU	SU	SU	II	NA	NA	II	II
	2	SU	SU	IV	II	NA	NA	SU	I

NA = Não apresentou; SU = Classe superior; I = Primeira classe; II = Segunda classe; III = Terceira classe; A = achatamento; C = conicidade; E = encurvamento; IG = inclinação de grã; RAS = rachaduras atingindo a superfície; FI = furos por insetos; NP = nós e protuberâncias; CA = centro anormal; RD = rachadura diametral; RND = rachadura não diametral; RNDL = rachadura não líquida.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Mesmo com os grandes danos no centro da tora, que impossibilitou a aferição do centro anormal, as duas toras de *Anadenanthera colubrina* foram classificadas como superiores em sete aspectos como: achatamento, conicidade, encurvamento, inclinação de grã, furos de insetos, nós e protuberâncias e rachadura diametral, enquanto as toras de *Alexa grandiflora* apresentaram classificação superior em achatamento, conicidade, encurvamento e nós e protuberâncias.

3.2. Secagem e danos de secagem

As três amostras controladoras de umidade (ACU1, ACU2 e ACU3) apresentaram inicialmente 74%, 58% e 84% de umidade, respectivamente. Após os trinta primeiros dias, em que as pesagens foram realizadas diariamente, as amostras apresentaram 23%, 28% e 23% de umidade. No último dia de pesagem, as amostras apresentaram em média 18% de umidade (Figura 4).

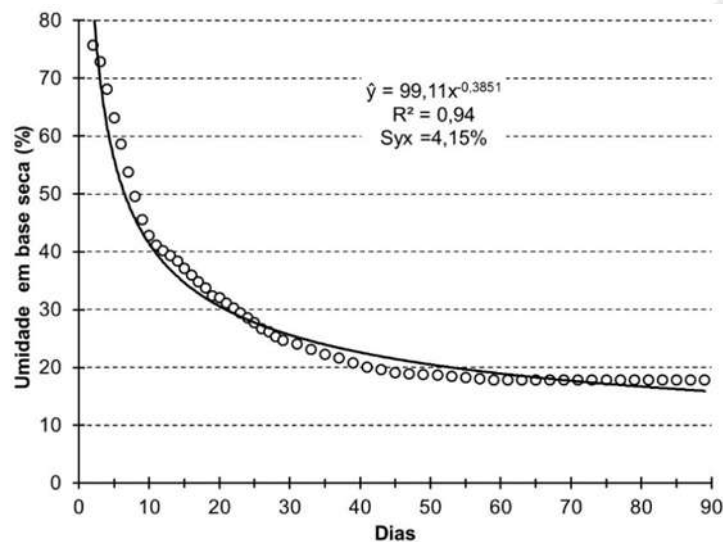


Figura 4. Curva média de secagem das amostras controladoras de umidade.

Jesus et al. (2016), analisando o comportamento de três espécies submetidas à secagem ao ar no estado de Rondônia, encontraram resultados semelhantes para *Buchenavia capitata* que apresentou umidade mínima de 19,43%. No mesmo estudo, *Apuleia leiocarpa* e *Clarisia racemosa* apresentaram umidade mínima de 21,57 e 25,72%, respectivamente.

A queda de umidade acentuada nos primeiros 30 dias se deve à transferência de massa de moléculas de água, que ocorre do interior à superfície da peça de madeira por capilaridade, até atingir o ponto de saturação das fibras (28-32 % de umidade), ou seja, quando praticamente toda a água livre foi perdida. Para Santos et al. (2003) a secagem inicial constante significa que a movimentação da água livre está ocorrendo sem impedimentos, ou seja, que a madeira é permeável.

Em seguida a perda de água reduz gradualmente, pois abaixo do PSF, a transferência de massa ocorre por difusão, havendo a perda da água de impregnação contida nos espaços submicroscópicos, existentes entre os constituintes estruturais da parede celular. Nesse ponto, além da redução em peso, ocorrem importantes modificações com aproximação das micelas, micro e microfibrilas, que resultam na contração da madeira.

As alterações de volume sofridas pela madeira, após o processo de secagem ocorrem em proporções diferentes segundo os três sentidos anatômicos da madeira, caracterizando-

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

a como um material anisotrópico, sendo, portanto a causa do aparecimento de defeitos, como por exemplo, rachaduras, empenamentos e torções.

Finalmente, quando a umidade permanece constante significa que as peças atingiram a umidade de equilíbrio com o ambiente, que neste caso foi de 18 %. Isto ocorre quando se estabelece um equilíbrio entre a tensão de vapor d'água contido no ar e a pressão de vapor interna existente no interior do lenho.

Após a secagem, as tábuas apresentaram em média 0,19 % ($\pm 0,08$) de encurvamento e 0,21 % ($\pm 0,03$) de arqueamento. Pode-se afirmar então que as porcentagens de danos nas tábuas em função da condição de secagem estão de acordo com a Norma para Classificação de Madeira Serrada de Folhosas (IBDF, 1983), que regulamenta um máximo de defeito igual a 0,5% em relação ao comprimento total da tábua. Souza et al. (2012) encontraram 0,34% de arqueamento para a madeira de *Eucalyptus grandis*, ou seja, superior ao constatado para as tábuas de melanciaira. Os resultados referentes ao encanoamento não tiveram significância, pois não chegaram a 0,01%.

3.3. Densidade da madeira

Como apresentado na tabela 3, a densidade básica de *Alexa grandiflora* foi de 0,63 g.cm⁻³, valor esse próximo ao encontrado por Gomes et al. (2011), que encontraram densidade igual a 0,66 g.cm⁻³. Segundo Richter e Dallwitz (2009), a densidade da madeira de melanciaira pode variar de 0,55 a 0,65 g.cm⁻³. Sendo assim, pode ser caracterizada como uma madeira de peso médio.

Já a densidade anidra, foi de 0,71 g.cm⁻³, bem superior à encontrada por Batista et al. (2011), para *Eucalyptus grandis* (0,56 g.cm⁻³).

A densidade de equilíbrio, ou aparente, segundo IPT (1989) para a espécie estudada é de 0,80 g.cm⁻³, estando ainda próxima à encontrada neste estudo que foi de 0,77 g.cm⁻³. Valores semelhantes foram encontrados por Dias e Lahr (2004), para *Votairea fusca* (0,77 g.cm⁻³), *Clarisia racemosa* (0,76 g.cm⁻³) e *Parinari excelsa* (0,79 g.cm⁻³).

Tabela 3. Densidades de *Alexa grandiflora*

	Densidade básica (g/cm ³)	Densidade anidra (g/cm ³)	Densidade equilíbrio (g/cm ³)
Média	0,63	0,71	0,77
Desvio Padrão	0,04	0,03	0,04
CV (%)	6,14	4,73	5,37

CV = Coeficiente de variação.

4. CONCLUSÕES

As toras de *Alexa grandiflora* e *Anadenanthera colubrina* apresentaram uma boa classificação geral, principalmente em relação à conicidade.

As toras de *Alexa grandiflora*, não apresentaram rachaduras atingindo a superfície, nem furos de inseto, bem como não foi encontrado nenhum dano no centro da tora. Já as de *Anadenanthera colubrina* foram consideradas superiores em relação aos furos por insetos e rachadura diametral.

As tábuas não apresentaram defeitos significativos, mostrando então que o método adotado para o empilhamento das tábuas foi adequado e o método de secagem eficiente.

As densidades básica, anidra e de equilíbrio da madeira de *A. grandiflora*, foram 0,63 g.cm⁻³, 0,71 g.cm⁻³ e 0,77 g.cm⁻³ respectivamente.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.; JANKOWSKY, I. P.; DUCATTI, M. A. Grupamento de madeiras para secagem convencional. *SCIENTIA FORESTALIS*, Piracicaba, n. 59, p. 89-99, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941. Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

BATISTA, D. C.; TOMASELLI, I.; KLITZKE, R. J. Efeito do tempo e da temperatura de modificação térmica na redução do inchamento máximo da madeira de *Eucalyptus grandis* hill ex maiden. *CIÊNCIA FLORESTAL*, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 533-540, 2011.

DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedade de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. *SCIENTIA FORESTALIS*. N. 65, p. 102-113, 2004.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. Secagem racional da madeira. São Paulo: NOBEL, 111 p. 1985.

GOMES, A. R.; CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALVES, J. C.; SANTOS, L. C. A. Espécies alternativas de madeiras para móveis. *REVISTA DA MADEIRA*, edição nº 128, ago. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção da Extração Vegetal e Silvicultura 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF. Norma para classificação de madeira serrada de folhosas. Brasília, 1983. 67p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF. Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas. Brasília: Brasiliana, 42 p. 1984.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Fichas de Características das Madeiras Brasileiras. 2a ed. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

JESUS, A. G.; MODES, K. S.; SANTOS, L. M. H.; BENTO, A.R.; GUSMÃO, M. Comportamento das madeiras de três espécies amazônicas submetidas à secagem ao ar. *NATIVA*, Sinop, v.4, n.1, p. 31-35, 2016.

LIMA, A. P. G. Arquivo pessoal. 2017.

REUWSAAT, E. C. L. Arquivo pessoal. 2016.

RIBEIRO, J. Avaliação ambiental econômica da produção de madeira de espécie nativa em dois municípios na Amazônia brasileira. 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado em saúde ambiental) – Universidade de São Paulo, SP.

RICHTER, H.G.; DALLWITZ, M.J. Madeiras comerciais: Descrições, ilustrações, identificação e recuperação de informações. Jun. 2009. Disponível em <ftp://delta-intkey.com/wood/pt/www/papalgra.htm>

ROCHA, J. E. C. Capacidade Produtiva de Plantios Clonais de *Eucalyptus* sp. em Função de Fatores Edafoclimáticos e Fisiográficos, no Estado do Pará. 2015. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SANTOS, G. R. V.; JANKOWSKY, I. P.; ANDRADE, A. Curva característica de secagem para madeira de *Eucalyptus grandis*. SCIENTIA FORESTALIS. n. 63, p. 214-220, 2003.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. SCIENTIA FORESTALIS, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, 2003.

SILVA J. R. M.; KUMMER-WENZEL, M.; TRUGILHO, P. F. Secagem ao ar livre da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de móveis. CERNE, Lavras, v. 3, n. 1, p. 170-186, 1997.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS – SNIF. Produção florestal. V. 1, ed. 1, 2016.

SOUZA, J. T.; TREVISAN, R.; DENARDI, L.; STANGERLIN, D. M.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Qualidade da madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. CERNE, Lavras, v. 18, n. 1, p. 167-174, 2012.

VITAL, B. R. Planejamento e operação de serrarias. 1º ed. Viçosa, MG. Ed. UFV. 2008, 211p.

ZANUNCIO, A. J. V.; LIMA, J. T.; MONTEIRO, T. C.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, F. S. Secagem ao ar livre da madeira para produção de carvão vegetal. FLORESTA E AMBIENTE. p. 401-408. 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CLASSIFICAÇÃO VISUAL DE LÂMINAS PARA USO EM ELEMENTOS DE MADEIRA LAMINADA COLADA

Rodrigo Terezo¹
Talitha Oliveira Rosa¹
Ângela Maria Stüpp²
Cleide Beatriz Bourscheid¹
Helena Cristina Vieira³
Dianessa Danielli⁴
Charline Zangalli¹
Leonardo Kellet Coelho¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina

² Centro de Ciências Agroveterinárias - Engenharia Florestal

³ UDESC - CAV Departamento de Tecnologia da madeira.

⁴ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC Departamento Engenharia Florestal



CLASSIFICAÇÃO VISUAL DE LÂMINAS PARA USO EM ELEMENTOS DE MADEIRA LAMINADA COLADA

Resumo: O objetivo foi avaliar a influência das classes visuais de defeitos, conforme o Anexo G do PNBR 7190 (2006), na elasticidade das lâminas de *Cryptomeria japonica* e *Cupressus lusitanica* para uso em Madeira Laminada Colada. Foram classificadas 112 lâminas de *C. japonica* (1,5 x 6 x 222cm) e 154 lâminas de *C. lusitanica* (1,6 x 7 x 190cm). A determinação do Módulo de Elasticidade - MOE foi pelo ensaio de flexão a três pontos, com as lâminas posicionadas no sentido de menor inércia. Os deslocamentos foram mensurados manualmente com o auxílio de um peso e uma régua graduada posicionada no vão central da lâmina. Os resultados de MOE e de classificação visual foram avaliados pelo teste de Grubbs, normalidade, homogeneidade e Tukey com 5% de significância. A espécie *C. japonica* não apresentou diferenças significativas entre as classes visual e MOE. No *C. lusitanica* houve diferença significativa, indicando que as classes S3 e Não Estrutural possuem menor MOE em relação às classes SE, S1 e S2. Conclui-se que a utilização da classificação visual pode auxiliar na composição das lâminas em elementos estruturais de MLC, uma vez que pode haver relação com MOE.

Palavras-chave: módulo de elasticidade; testes não destrutivos; classes estruturais.

VISUAL CLASSIFICATION OF CONIFERS FOR USE AT ELEMENTS OF GLUED LAMINATED TIMBER

Abstract: The objective was evaluate the influence of visual classes of defects, according to Annex G of PNBR 7190 (2006), on the elasticity of the *Cryptomeria japonica* and *Cupressus lusitanica* laminated for use at glulam. Were classified 112 laminated timber of *C. japonica* (1.5 x 6 x 222 cm) and 154 laminated timber of *C. lusitanica* (1.6 x 7 x 190 cm). The modulus of elasticity was determined by a three-point flexural test, with laminated positioned in the direction of lower inertia. The displacements were manually mensured with a graduated ruler positioned at the center point of the laminated. The results of MOE were submitted to the Grubbs test, normality, homogeneity and Tukey with 5% meaningfulness. The *C. japonica* specie did not show significant difference among the visual ranges and MOE. At the *C. lusitanica* there was a significant difference, indicating that the S3 and nonstructural classes have lower MOE in relation to the SE, S1 and S2 ranges. It is concluded that the use of a visual classification can help in the composition of laminated in strucutral elemens of glulam, since there may be relation with MOE.

Keywords: modulus of elasticity; nondestructive tests, structural grades.

1. INTRODUÇÃO

A Madeira Laminada Colada (MLC) é um compósito de madeira usado em muitas estruturas de construções. Sua produção iniciou na Europa, como resultado da baixa oferta madeireira de grande porte para uso em obras com grandes envergaduras.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

As atuais pesquisas visam diversificar e melhorar a qualidade do produto MLC no Brasil, tais como (SEGUNDINHO et al., 2013), que avaliaram a resistência da MLC de cedrinho (*Erisma uncinatum* Warm), (TEREZO; SZÜCS, 2010), que determinaram o potencial do paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* HERB.) para a produção de MLC, (CALIL NETO et al., 2014), que estudaram a resistência da MLC ao cisalhamento e à delaminação em diferentes espécies e (CUNHA; MATOS, 2010), que pesquisaram a rigidez da madeira de *Pinus taeda* utilizada para a produção de MLC com Stress Wave Timer.

Um dos métodos para garantir o bom desempenho da MLC na indústria é a classificação das lâminas utilizadas no elemento por meio de seu Módulo de Elasticidade - MOE. (BODIG; JAYNE, 1993), afirmam que as lâminas de maior MOE devem ser posicionadas nas zonas de maior sollicitação aos esforços de tração e compressão, e as de menor MOE nas zonas centrais, aumentando assim, a resistência da MLC.

A classificação visual também é preconizada por normas para determinar quais lâminas podem ter uso estrutural, sendo que a avaliação consiste na inspeção da superfície das 6 faces (bordas, laterais e extremidades) (CALIL NETO, 2011). A Associação Brasileira de Normas Técnicas, no documento denominado "Projeto de Estruturas de Madeira" (ABNT, 1997), prevê em sua revisão no Anexo G, a classificação visual de madeira serrada de coníferas. A revisão determina quatro classes de qualidade visual de acordo com a proporção que o nó ocupa em relação à área da seção transversal da peça: Estrutural Especial (SE), Estrutural nº 1 (S1), Estrutural nº 2 (S2) e Estrutural nº 3 (S3).

Os defeitos influenciam diretamente na resistência das peças, sendo que quanto mais defeitos, menor a resistência (ASTM, 1993), (CARREIRA, 2003). (GOMES, 2013) afirma que o nó é o defeito mais comumente encontrado em madeira de coníferas, tornando-se um importante parâmetro para a classificação visual.

Deste modo, neste trabalho objetivou-se avaliar a influência dos defeitos no MOE das lâminas de *Cryptomeria japonica* e de *Cupressus lusitanica*, empregando-se a classificação visual, conforme Anexo G do PNBR 7190 (2006).

2. MATERIAL E MÉTODOS

As árvores de *C. japonica* foram fornecidas pela empresa Florestal Gateados Ltda. O povoamento estava localizado no Município de São José do Cerrito SC (Brasil), com altitude média de 879 metros, latitude de 27° 39' 39,47" S e longitude 50° 34' 39,48" W. O clima é tipo Cfb segundo a classificação de Köppen e a precipitação média é 1.300 mm/ano.

Do povoamento foram selecionadas aleatoriamente 30 indivíduos com 13 anos de idade. Após o seccionamento das árvores em toras com comprimento médio de 2,20 m e diâmetro médio de 23,5 cm, foram confeccionadas 104 lâminas com dimensões médias de 1,5 x 6 x 220 cm para a classificação visual e determinação do MOE.

A madeira de *C. lusitanica* utilizada foi proveniente de um plantio experimental com aproximadamente 72 há, também pertencente à referida empresa. O povoamento está sediado no Município de Campo Belo do Sul, mesorregião serrana de Santa Catarina. O município possui latitude de 27° 53' 57" S e longitude de 50° 45' 39" W, altitude de 1.017 m. A classificação do clima é Cfb de acordo com a Köppen, definido como mesotérmico úmido

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





com temperatura média anual de 15°C e temperatura mínima média anual de 10 a 12°C (PANDOLFO et al., 2002).

Foram utilizadas 8 árvores de 19 anos com altura total média de 19,7 m e diâmetro à altura do peito (DAP) variando entre 20 cm a 37 cm. Após o seccionamento das árvores em toras, com comprimento médio de 2,20 m e diâmetro médio de 23,5 cm, foram confeccionadas 154 lâminas com dimensões médias de 1,5 cm x 7 cm x 190 cm para a classificação visual e determinação do MOE.

Para o cálculo do MOE das lâminas, foram medidas a largura e a espessura, em três posições (centro e laterais da peça a 10 cm da extremidade) com o auxílio do paquímetro e posteriormente determinada a o valor médio dessas dimensões. Para a determinação do comprimento total foi empregada uma trena.

Na avaliação das classes visuais das lâminas foram medidos os nós nas faces radial e tangencial, sendo classificados conforme a PNBR 7190 (2006) em seu Anexo G: classificação visual de madeira serrada de coníferas, que preconiza classes de uso estrutural SE, S1, S2 e S3. As lâminas que não apresentaram nós foram definidas como limpas e as que não atingiram o pressuposto pela norma foram consideradas não estruturais.

Posteriormente, foi realizado o ensaio expedito não destrutivo de flexão a 3 pontos para obtenção do MOE. As lâminas foram posicionadas no sentido de menor inércia e bi-apoiadas. Para a *C. japonica* foi aplicado um peso de 2 kgf em um vão de 1,90 m e para as lâminas de *C. lusitanica* foi aplicado peso de 3 kgf em um vão de 1,80 m. A leitura do deslocamento foi feita com o auxílio de régua graduada posicionada também no centro do vão (Figura 1).

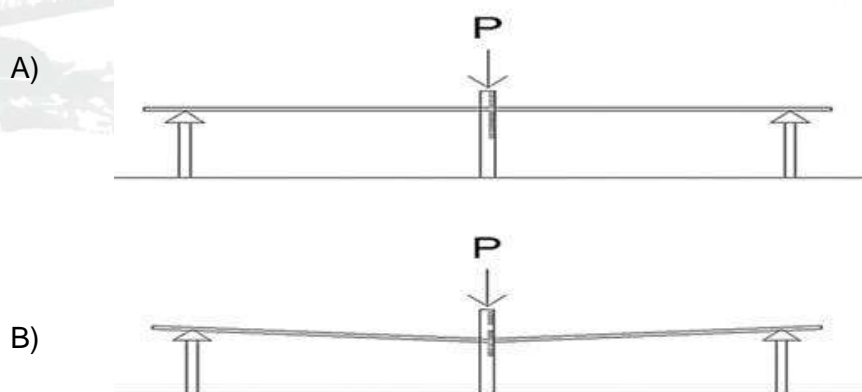


Figura 1. Metodologia para mensurar a deformação das lâminas de *C. japonica* e *C. lusitanica*. Leitura na posição inicial da lâmina sem a aplicação do peso (A) e a leitura da deformação após aplicação do peso (B).

O deslocamento foi obtido pela diferença entre a leitura inicial e a final. As leituras foram realizadas em ambos os lados da peça, obtendo-se o deslocamento médio. Com o deslocamento médio de cada lâmina foi calculado o Módulo de Elasticidade utilizando a Equação 1:



$$E = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot Dx \cdot I} * 0,098066 \quad (1)$$

Onde: E = Módulo de Elasticidade em MPa; P = Peso aplicado no centro do vão em kgf; L^3 = distância entre apoios em cm; Dx = deslocamento médio da peça em cm; I = inércia da peça em cm⁴. 0,098066 – constante para transformação de unidades.

Foram realizados os testes de Grubbs para exclusão de valores espúrios, teste de normalidade por Kolmogorov-Smirnov e de homogeneidade das amostras utilizando Bartlett. Posteriormente, procedeu-se o teste de comparação de médias por Scott-Knott com 95% de confiabilidade para determinar se houve diferença significativa entre os módulos de elasticidade em relação às diferentes classes visuais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A exemplificação da classificação visual em peças de *C. japonica* e *C. lusitanica* é mostrada na Figura 2. Nota-se que a quantidade de nós aumenta gradativamente conforme a peça é rebaixada nas classes.



Figura 2. Peças de *C. japonica* (A) e *C. lusitanica* (B) e as respectivas classes visuais.

A frequência de lâminas na classe limpa (L) e em cada uma das classes propostas pela NBR 7190-1997 para a *C. japonica* e *C. lusitanica* está apresentada na Tabela 1. Nota-se que das 104 lâminas iniciais de *C. japonica*, 7 foram excluídas por serem valores espúrios. Não houve lâminas classificadas como não estruturais (NE), e 36,08% não apresentaram nós, sendo então classificadas como limpas.



Tabela 1. Número de lâminas por classe visual de *C. japonica* e *C. lusitanica*.

Espécie		L	SE	S1	S2	S3	NS
<i>Cryptomeria japonica</i>	Nº	35	28	7	8	19	0
	%	36,08	28,87	7,22	8,24	19,59	0
<i>Cupressus lusitanica</i>	Nº	0	13	5	21	59	56
	%	0	8,44	3,25	13,64	38,31	36,36

Legenda: L – Limpas; SE – Estrutural especial; S1 – Estrutural 1; S2 – Estrutural 2; S3 – Estrutural 3; NS – Não Estrutural; N° - Número de lâminas por classe e % - porcentagem de lâminas por classe.

Já para a *C. lusitanica* nota-se que das 154 lâminas, 56 foram classificadas como NE por ultrapassarem os coeficientes limitantes da classe S3, totalizando 36,36% do total amostrado. Não houve lâminas classificadas como limpas.

CARREIRA; DIAS (2005), ao classificarem visualmente lâminas de *Pinus* sp. utilizando a norma Americana, encontram resultados superiores com aproximadamente 54% das lâminas classificadas como limpas. A diferença entre os resultados pode ser explicada pela grande variabilidade da madeira de espécies de coníferas, e não deve ser entendida como motivo para a inviabilização do uso da madeira como material estrutural (CUNHA; MATOS, 2010).

Evidencia-se que não houve diferença significativa entre os MOE das classes visuais avaliadas para a *C. japonica*, porém no caso da *C. lusitanica* as lâminas classificadas como S3 e NE foram significativamente inferiores às demais classes visuais, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Resultados médios de Módulo de Elasticidade para as diferentes classes visuais de *C. japonica* e *C. lusitanica*.

<i>Cryptomeria japonica</i>			<i>Cupressus lusitanica</i>		
Classe Visual	MOE (MPa)*	CV (%)	Classe Visual	MOE (MPa)*	CV (%)
L	5.911,87 a	45,16	SE	12.729,14 a	20,4
SE	5.405,94 a	47,61	S1	11.557,87 a	6,84
S1	5.684,09 a	46,15	S2	11.754,79 a	24
S2	5.720,71 a	33,57	S3	10.210,67 b	23,9
S3	4.269,38 a	33,72	NE	9.205,18 b	22,3

Legenda: MOE – Módulo de Elasticidade; CV – Coeficiente de variação. *Médias seguidas de letras iguais entre linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

As médias do MOE à flexão para a *C. japonica* são similares às obtidas por (CARNEIRO; BITTENCOURT; MUNIZ, 2009), que obteve MOE médio de 5.648,4 MPa em peças de *C. japonica* com 14 anos de idade. Porém, os valores obtidos são menores que os apresentados para o gênero *Pinus*, conforme avaliado por (ZANGIÁCOMO; CHRISTOFORO; LAHR, 2013), que obteve média de 7.724 MPa utilizando corpos de prova de pequenas dimensões de *P. ellioti*.

Pode-se observar por meio dos resultados estatísticos que o MOE das lâminas não se diferencia significativamente entre as classes visuais. Porém, há uma grande



variabilidade dos valores que se deve ao sistema de leitura com régua graduada de flecha adotada que possui uma baixa precisão, sendo a classificação mecânica dos MOE's tão importante quanto a visual.

Analisando os resultados obtidos pela Tabela 2 para *C. lusitanica*, é possível observar que a presença de defeitos exerceu diferença significativa sobre os valores médios de MOE. As primeiras classes visuais apresentaram valores de MOE significativamente superiores aos MOE's da classe S3 e das lâminas não estruturais.

Todoroki et al. (2015), em estudo realizado na Nova Zelândia com indivíduos de *C. lusitanica*, encontraram MOE médio de 10.900 MPa, semelhante à média apresentada neste estudo. Porém, outros autores descrevem resultados inferiores quanto ao desempenho médio da espécie para o MOE. (POLIZEI et al., 2010), por exemplo, encontraram média de 7.160 MPa em análise da influência diametral dos indivíduos no MOE em amostras de plantio experimental no norte do estado de Santa Catarina. (OKINO et al., 2010), em estudo de caracterização tecnológica de *Cupressus spp.* (aproximadamente 17 anos de idade) obtiveram MOE médio de apenas 3.122 MPa, sendo que a presença de nós foi constatada nos corpos de prova avaliados.

4. CONCLUSÕES

A classificação visual das lâminas revelou que para os lotes estudados, a espécie *C. japonica* foi a que mais apresentou peças de primeira categoria (Classe L e S2), porém, com MOE's abaixo dos valores obtidos com a espécie *C. lusitanica*. Apesar de maiores valores de MOE, o lote da espécie *C. lusitanica* não apresentou lâminas limpas (L) e uma alta representatividade de peças da Classe SE e não estruturais. Obtendo-se um rendimento baixo para a produção de elementos MLC.

As lâminas de *C. japonica* da classe L e S2 podem ser posicionadas nas camadas de maior tensão da MLC, levando-se em conta, principalmente a classificação pelo MOE, e não pelos defeitos. Constatou-se uma alta variabilidade dos resultados dos ensaios que provavelmente se deu devido a baixa precisão do sistema de leitura com régua graduada adotado.

Contudo, para a madeira de *C. lusitanica*, a utilização de um sistema de classificação visual é tão importante quanto à classificação pelo MOE e pode vir a ser determinante na composição da MLC, pois foram encontradas diferenças significativas entre as classes visuais e seus respectivos MOE's.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. ASTM D245 - Standard practice for establishing structural grades and related allowable properties for visually graded lumber. West Conshohoken: ASTM, 1993;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projetos de estruturas de madeira – NBR 7190. Rio de Janeiro: 1997. 107p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto de revisão da norma: Projetos de estruturas de madeira – NBR 7190, ANEXO G. Rio de Janeiro: 2006. 8p.

BODIG, J.; JAYNE, B.A. Mechanics of wood and wood composites. Krieger Publishing. Nova York, 1993, 712p.

CALIL NETO, C. Madeira laminada colada (MLC): controle de qualidade em combinações espécie – adesivo – tratamento preservativo. 2011. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CALIL NETO, C.; CHRISTOFORO, A. L.; FILHO, S. L. M. R.; LAHR, A. R. L.; JUNIOR, C. C. Avaliação da resistência ao cisalhamento e à delaminação em madeira laminada colada. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 4, p. 989-996, 2014.

CARNEIRO, M.E.; BITTENCOURT, E.; MUNIZ, G. I. B. DE. Qualidade da madeira de *Cryptomeria japonica* D. Don. *Floresta*, v.39, n.4, p. 913-920, 2009.

CARREIRA, M.R. Critérios para classificação visual de peças estruturais de *Pinus* sp. Dissertação. São Carlos, 2003, 197 p.

CARREIRA, M. R.; DIAS, A. A. Classificação visual de coníferas: análise da aplicação do método norte-americano às espécies de *Pinus* sp plantadas no Brasil. *Scientia Forestalis*, n. 67, p. 78-87, 2005.

CUNHA, A. B. DA; MATOS, J. L. M. DE. Determinação do módulo de elasticidade em madeira laminada colada por meio de ensaio não destrutivo ("*stress wave timer*"). *Revista Árvore*, v. 34, n. 2, p. 345-354, 2010a.

Cunha, A. B. da; Matos, J. L. M. de. Rigidez e resistência de vigas estruturais de madeira laminada colada e com perfil I compostas por diferentes adesivos. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 2, p. 345-356, 2010b.

GOMES, R.C. Desenvolvimento de uma base de dados de imagens digitais de madeira serrada de coníferas. 2013. 95p. Dissertação (Mestrado em agronomia). Botucatu- sp.

OKINO, E. Y. A. SANTANA, M. A. E.; ALVES, M. V. DA S.; MELO, J. E DE; CORADIN, V. T. R.; SOUZA, M. R. DE; TEIXEIRA, D. E.; SOUSA, M. E. DE. Caracterização Tecnológica da Madeira de *Cupressus* spp.. *Floresta e Ambiente*, v.17, n.1, p.1-11, jan-jun, 2010.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P. DA; MASSIGNAM, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2002.

POLIZEI, C. C.; GARCIA, J. N.; SILVA, L. D.; HIGA, A. R.. Influência do diâmetro da árvore de *Cupressus lusitanica* na qualidade mecânica de sua madeira. *Anais*.. São Paulo: USP, 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

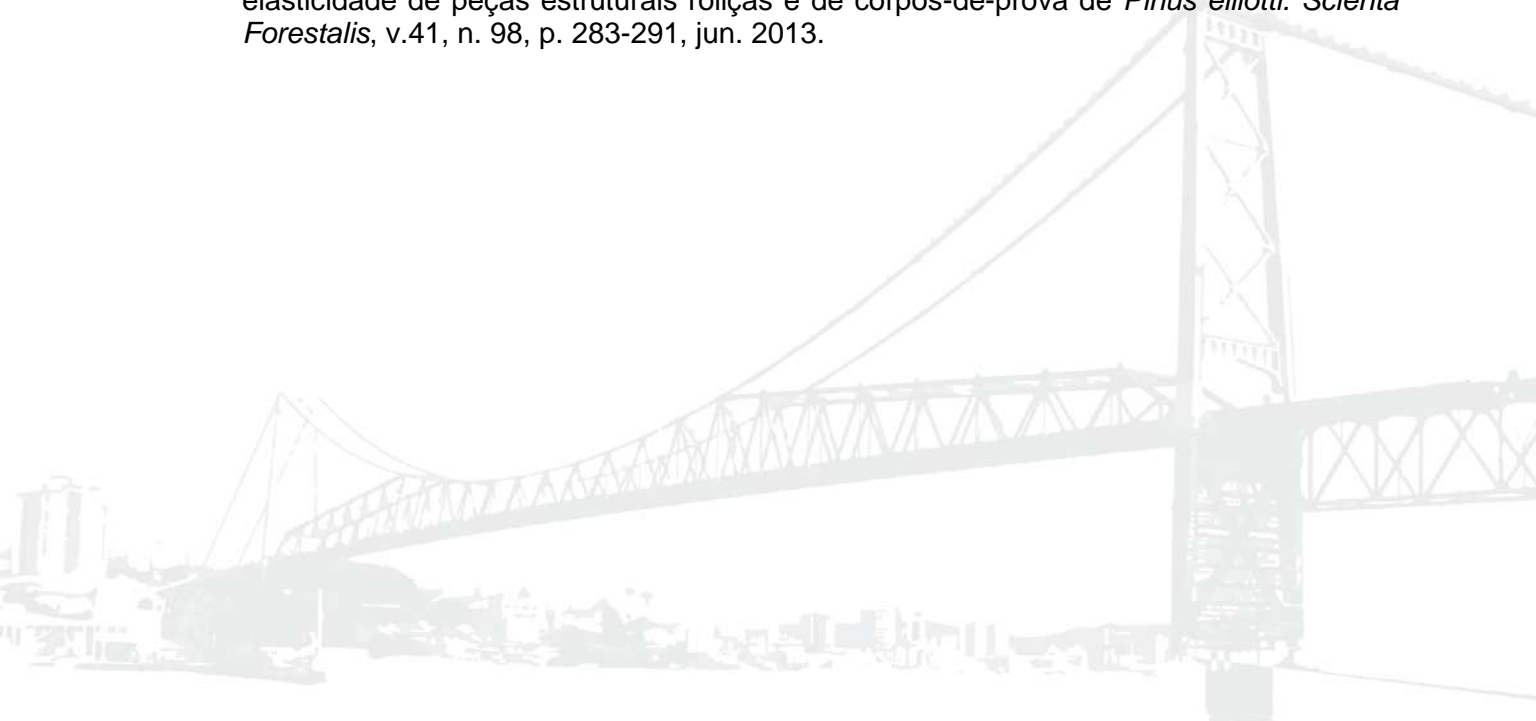
Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SEGUNDINHO, P. G. A ZANGIÁCOMO, A. L.; CARREIRA, M. R.; DIAS, A. A.; LAHR, F. A. R. Avaliação de vigas de madeira laminada colada de cedrinho (*Erisma uncinatum* Warm.). *Cerne*, v. 19, n. 3, p. 441-449, 2013.

TEREZO, R. F.; SZÜCS, C. A. Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de paricá (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex. Ducke). *Scientia Forestalis*, v. 38 n. 87, p.471-480, 2010.

TODOROKI, C. L. LOW, C. B.; MCKENZIE, H. M.; GEA, L. D. Radial variation in selected wood properties of three cypress taxa. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v. 45, n. 1, p. 1, 2015.

ZANGIÁCOMO, A.L. CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Avaliação do módulo de elasticidade de peças estruturais roliças e de corpos-de-prova de *Pinus elliotti*. *Scientia Forestalis*, v.41, n. 98, p. 283-291, jun. 2013.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CLONES DE *Eucalyptus urophylla* PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL SIDERÚRGICO

Rebeca Lima¹
Rodrigo Simetti¹
Taiana Guimarães Arriel¹
Paulo Fernando Trugilho¹
Alanna Barishnikov Silva¹
Breno Assis Loureiro¹
Thomaz Aurelio Bastos¹
Ana Flávia Cunha Fernandes de Oliveira¹

¹ Universidade Federal de Lavras



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CLONES DE *Eucalyptus urophylla* PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL SIDERÚRGICO

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de genótipos de eucaliptos visando a produção e qualidade de carvão vegetal de uso no setor siderúrgico. Nesse trabalho foram avaliados 8 clones de *Eucalyptus urophylla* aos 6 anos de idade, tendo sido amostradas três árvores de diâmetro médio por material genético. Nas árvores foram retirados discos de 2,5 cm de espessura em seis pontos, ou seja, na base, a 2%, 10%, 30%, 50% e 75% da altura comercial da árvore, considerada até o diâmetro mínimo de 4,0 cm com casca. Os discos foram subdivididos em quatro cunhas, passando pela medula, em que duas cunhas opostas foram utilizadas nas carbonizações. Foram avaliados os rendimentos da carbonização e a qualidade do carvão vegetal produzido. O clone 1038 apresentou o maior rendimento em carbono fixo. O clone 1011, apesar do baixo rendimento em carbono fixo, apresentou a maior densidade energética, porém, não se diferencia estatisticamente de outros dois clones. O clone 1035 também apresentou carvão de qualidade para produção de carvão vegetal siderúrgico.

Palavras-chave: Biorredutor, Bioenergia, Siderurgia

CLONES OF *Eucalyptus urophylla* FOR STEEL CHARCOAL PRODUCTION

ABSTRACT: The objective of this work was evaluate the effect of eucalyptus genotypes for the production and quality of charcoal to use in the steel sector. *Eucalyptus urophylla* clones were evaluated at 6 years of age, with three trees of medium diameter being sampled by genetic material. In the trees 2.5 cm thick discs were removed at six points: at the base, at 2%, 10%, 30%, 50% and 75% of the commercial height of the tree, Considered up to the minimum diameter of 4 cm with bark. The discs were subdivided into four wedges, passing through the marrow, in which two wedges were applied in the carbonizations. The carbonization yields and the quality of the charcoal produced were evaluated. Clone 1038 showed the highest yield on fixed carbon. Clone 1011, despite the low yield in fixed carbon, presented a higher energetic density, however, it does not differ statistically of other two clones. Clone 1035 presented good quality charcoal for the production of steel charcoal.

Keywords: Bioreductor, Bioenergy, Steel industry

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e conta com cerca de 600 espécies e grande número de variedades e híbridos (TRUGILHO et al., 1996).

O Brasil, em função do clima e dos tipos de solos é um dos países com maior potencial para o reflorestamento no mundo, sendo que a produtividade dos eucaliptos é uma das maiores do planeta. Verificou-se a excelente adaptação do *Eucalyptus urophylla* às mais diversas regiões edafoclimáticas, inclusive naquelas com restrições ao crescimento do *Eucalyptus grandis*, como no Cerrado (HENRIQUES, 2012).

Para Brito et al., (1983), o *Eucalyptus* é um gênero de grande importância para o fornecimento de matéria-prima para diversas aplicações industriais. Isso está

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

relacionado com à grande variabilidade da qualidade da madeira das diversas espécies/clones desse gênero. Pelo sucesso na adaptação das espécies com as condições edafoclimáticas do Brasil o gênero passou a ser um importante fornecedor de matérias primas para a produção de lenha, carvão vegetal, celulose e papel.

O consumo de madeira de florestas plantadas vem aumentando ao longo dos anos em relação ao consumo de madeira de florestas nativas para a produção de carvão vegetal. Esta evolução é bastante positiva, porém, longe da ideal, já que ainda se utiliza biomassas nativas oriundas de fontes não regularizadas para a produção de carvão vegetal, principalmente do bioma cerrado, para diversas finalidades domésticas e industriais (PROTÁSIO et al., 2015).

O carvão vegetal é excelente matéria-prima para a siderurgia brasileira, devido ao seu comportamento como combustível e redutor, elevado grau de pureza, baixo custo de produção e por ser um produto renovável e ambientalmente correto quando oriundo de florestas plantadas. Um problema relacionado à utilização do carvão vegetal é sua alta variabilidade em qualidade, uma vez que esse produto sofre grande influência da madeira que lhe deu origem e do sistema de produção. Essa variabilidade ocasiona grande desperdício do material, pois dificulta a operação dos alto-fornos siderúrgicos (OLIVEIRA et al., 2010).

A seleção de espécies e/ou clones é uma busca constante, tanto pelo melhoramento genético como a tecnologia da madeira. Além das características intrínsecas da madeira, tais como a densidade básica e energética, o poder calorífico, os baixos teores de minerais e umidade, o teor de lignina, entre outras, deve-se considerar as de crescimento individual da árvore. Assim, será possível fazer a seleção voltada para se obter indivíduos mais aptos ao uso energético. Também é recomendável que seja feita a carbonização da madeira e a avaliação dos rendimentos e qualidade do carvão vegetal produzido, para validar o desempenho dos genótipos frente a decomposição térmica.

Dessa forma, O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de genótipos de eucaliptos visando a produção e qualidade de carvão vegetal de uso no setor siderúrgico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material Genético e Preparação da Madeira

Nesse trabalho foram avaliados 8 clones de *Eucalyptus urophylla* aos 6 anos de idade provenientes da empresa Plantar Siderurgia. Foram amostradas três árvores de diâmetro médio por material genético. Nas árvores foram retirados discos de 2,5 cm de espessura em seis pontos da altura comercial do tronco, ou seja, na base, a 2%, 10%, 30%, 50% e 75% da altura comercial da árvore, considerada até um diâmetro mínimo de 4,0 cm com casca. A Tabela 1 apresenta a relação dos clones avaliados, além de suas características de crescimento.

Os discos foram encaminhados para o Laboratório de Biomateriais do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras para a realização das carbonizações em escala de laboratório. No laboratório, o material foi devidamente numerado e preparado para as carbonizações da madeira. Os discos foram, então, seccionados em quatro cunhas (partes) sempre passando pela medula,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

tendo sido utilizadas duas cunhas opostas para as carbonizações em escala de laboratório e avaliação dos rendimentos e qualidade do carvão vegetal produzido.

Tabela 1 – Relação dos materiais genéticos avaliados

Clone	Espécie/Híbrido	Hc (m)	DAPsc (cm)	IMA (m ³ /ha.ano)
1001	<i>E. urophylla</i>	18,73	13,36	27,93
1003	<i>E. urophylla</i>	21,63	14,35	33,09
1007	<i>E. urophylla</i>	23,03	15,62	32,88
1010	<i>E. urophylla</i>	21,82	15,59	33,47
1011	<i>E. urophylla</i>	19,47	13,95	31,21
1034	<i>E. urophylla</i>	23,85	15,89	35,57
1035	<i>E. urophylla</i>	22,25	15,10	36,10
1038	<i>E. urophylla</i>	21,43	14,50	34,92

2.2. Carbonização em Escala de Laboratório

As carbonizações foram realizadas em forno tipo mufla adaptado para esta atividade. A madeira, previamente seca em estufa calibrada a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, foi inserida em uma cápsula metálica com tampa e o conjunto introduzido no interior do forno elétrico. Este sistema conta com um condensador resfriado a água para a condensação dos gases gerados pela carbonização e um recipiente para armazenamento do líquido pirolenhoso condensado. A velocidade de carbonização foi de 100°C h^{-1} , iniciando a 100°C até a temperatura final de carbonização de 450°C , ficando estabilizada por 30 minutos. Após as carbonizações os carvões e o líquido pirolenhoso produzidos foram pesados para a determinação dos rendimentos gravimétricos, sempre considerando a madeira seca.

Foi determinado também o rendimento gravimétrico em carbono fixo, conforme a equação 1.

$$\text{RCF} = (\text{TCF} \times \text{RGC}) / 100 \quad (1)$$

Em que:

RCF = Rendimento em carbono fixo (%)

TCF = Teor de carbono fixo (%)

RGC = Rendimento gravimétrico em carvão vegetal (%)

2.3. Qualidade do carvão produzido

A qualidade do carvão vegetal foi determinada conforme as seguintes análises e procedimentos.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2.3.1. Densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade

A densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade do carvão vegetal foram determinadas conforme a norma NBR 9165 (Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, 1985).

2.3.2. Poder calorífico superior

O poder calorífico superior (PCS) do carvão foi determinado, de acordo com a metodologia descrita pela norma da NBR 8633 (ABNT, 1984). Utilizou-se o material que passou pela peneira de 40 mesh e ficou retirado na de 60 mesh.

2.3.3. Análise química imediata

A composição química imediata foi determinada de acordo com os procedimentos descritos na norma NBR 8112 (ABNT, 1986). Utilizou-se o material que passou pela peneira de 40 mesh e ficou retido na de 60 mesh.

2.3.4. Densidade energética

A densidade energética do carvão vegetal produzido foi determinada conforme a equação 2.

$$DE = (PCS \times DRA) / 1000 \quad (2)$$

em que, DE é a densidade energética do carvão vegetal (Gcal/m³), PCS é o poder calorífico superior do carvão (kcal/kg) e DRA é a densidade relativa aparente do carvão vegetal (kg/m³).

2.4. Análise Estatística

Na avaliação do experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com 26 tratamentos (clones) e três repetições (árvores amostra).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância realizada observou-se que somente para os rendimentos em líquido pirolenhoso e em gás não condensável o efeito de clone foi não significativo (alfa = 5%). Os rendimentos médios em líquido pirolenhoso e em gás não condensável foram, respectivamente, de 44,41% e 21,57%. Verificou-se ainda que os coeficiente de variação experimental foram considerados baixos, exceto par o teor de cinzas no carvão, que apresentou valor de 13,94%.

A Tabela 2 apresenta valores médios dos rendimentos da carbonização para os clones de *Eucalyptus urophylla*, pode-se observar que o clone 1038 apresentou o maior rendimento médio em carbono fixo e também em rendimento gravimétrico em carvão vegetal, junto com os clones 1007,1034 e 1001. Para Protásio et al. (2011), o elevado rendimento gravimétrico em carvão vegetal viabiliza maior aproveitamento de madeira e do espaço dos fornos durante o processo de carbonização.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 2- Valores médios dos rendimentos da carbonização para cada clone

CLONE	RGC (%)	RLP(%)	RGNC(%)	RCF(%)
1010	33,00 b	45,07 a	21,93 a	24,07 d
1003	33,50 b	45,16 a	21,33 a	24,74 c
1011	33,52 b	45,61 a	20,87 a	24,48 d
1035	33,60 b	46,54 a	19,85 a	25,09 c
1001	34,18 a	41,19 a	24,63 a	25,53 b
1034	34,23 a	42,92 a	22,85 a	25,28 c
1007	34,97 a	43,32 a	21,72 a	25,99 b
1038	35,13 a	45,47 a	19,40 a	26,48 a

RGC: Rendimento gravimétrico do carvão vegetal; RLP: Rendimento do líquido pirolenhoso; RGNC: Rendimento do gás não condensável; RCF: Rendimento em carbono fixo. Valores médios seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade

A Tabela 3 apresenta os valores médios obtidos na análise química imediata do carvão vegetal produzido. Pode-se verificar que os clones foram classificados em dois grupos considerando as médias de materiais voláteis, sendo que os clones 1011, 1010, 1003, 1034 e 1007 obtiveram as maiores porcentagens. Maior valor de material volátil indica que o carvão será consumido mais rapidamente, devido a queima mais rápida do carbono contido na fração gasosa. Os clones que obtiveram o maior teor de cinzas foi o clone 1010 e 1001. Maiores teores de cinzas refletem negativamente no poder calorífico do carvão vegetal. De modo geral, o teor de cinzas foi baixo nos carvões avaliados. Para teor de carbono fixo, os clones 1038, 1001, 1035 e 1007 apresentaram os maiores valores. Maiores teores de carbono fixo indicam que o carvão vai queimar mais lentamente, devido a maior quantidade de carbono compondo a fração sólida.

Tabela 3- Valores médios da composição química imediata

CLONE	TMV(%)	TCZ(%)	TCF(%)
1038	24,18 b	0,43 b	75,39 a
1001	24,68 b	0,61 a	74,71 a
1035	24,88 b	0,46 b	74,66 a
1007	25,50 a	0,16 d	74,34 a
1034	25,71 a	0,42 c	73,87 b
1003	25,85 a	0,30 c	73,84 b
1010	26,37 a	0,69 a	72,93 b
1011	26,68 a	0,29 c	73,03 b

U: Umidade; TMV: Teor de materiais voláteis; TCZ: Teor de cinzas; TCF: Teor de carbono fixo. Valores médios seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 4 apresenta os valores médios de densidade relativa aparente, verdadeira e porosidade. Os clones que apresentaram as maiores densidades relativas aparente foram o 1011, 1035, 1003, 1010. Para densidade relativa verdadeira, os clones 1001, 1007, 1011 e 1038 foram os que tiveram os maiores

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

valores. A densidade da madeira é de grande importância na produção de carvão vegetal, uma vez que está associada fortemente com a densidade do carvão vegetal. Os clones que obtiveram as menores porcentagens de porosidade foram os 1010, 1003, 1035 e 1011. A porosidade é a medida dos espaços vazios presentes em um dado material. É uma característica singular do carvão vegetal que exerce influência na densidade, higroscopicidade e reatividade (ASSIS, 2008).

Tabela 4- Valores médios das características físicas do carvão vegetal

CLONE	DRA (g/cm ³)	DRV (g/cm ³)	PO (%)
1034	0,31 b	1,43 b	78,03 a
1038	0,32 b	1,46 a	78,15 a
1001	0,33 b	1,47 a	77,89 a
1007	0,34 a	1,47 a	76,89 a
1010	0,35 a	1,28 c	73,02 b
1003	0,37 a	1,41 b	73,64 b
1035	0,39 a	1,40 b	72,09 b
1011	0,40 a	1,47 a	73,09 b

DRA: Densidade Relativa Aparente; DRV: Densidade relativa verdadeira; PO: Porosidade. Valores médios seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 5 estão contidos os valores médios de poder calorífico superior e densidade energética do carvão vegetal. Os clones que apresentaram maior valor de poder calorífico foram os 1003 e 1010, sendo e essa característica foi classificada estatisticamente em três grupos, As maiores densidade energética foram dos clones 1011, 1035 e 1003 Quando há aumento da densidade energética, ocorre aumento na quantidade de energia por unidade de volume do combustível, indicando melhor aproveitamento dos altos fornos siderúrgicos e consumo específico de carvão (NEVES et al., 2011).

Tabela 5- Valores médios das características energéticas do carvão vegetal.

CLONE	PCS (kcal/kg)	DE (Gcal/mm ³)
1034	7319 c	2,29 c
1011	7384 c	2,93 a
1038	7403 c	2,35 c
1001	7416 c	2,41 c
1035	7457 b	2,91 a
1007	7483 b	2,54 b
1010	7539 a	2,61 b
1003	7576 a	2,81 a

PCS: Poder calorífico superior; DE: Densidade energética. Valores médios seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÃO

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O clone 1038 foi o que apresentou o maior valor de rendimento gravimétrico em carvão vegetal, mas não se diferenciando estatisticamente de outros três clones e também teve o maior valor de rendimento em carbono fixo. Porém, apresentou baixa densidade relativa aparente e densidade energética.

O clone 1011 apresentou maior valor de densidade relativa aparente, não diferenciando estatisticamente de outros três clones, apresentou também maior valor de densidade energética, não diferenciando estatisticamente de outros dois clones. Entretanto, os clones 1001, 1007, 1011 e 1038 apresentaram as maiores densidade relativa verdadeira.

O clone 1011, apesar do baixo rendimento em carbono fixo, devido ao elevado teor de materiais voláteis presente no carvão, teve as outras variáveis com valores desejáveis para a produção de carvão vegetal siderúrgico, principalmente por ter o maior valor de densidade energética, que leva em consideração o poder calorífico superior e densidade do carvão. O clone 1035 também apresentou carvão de qualidade pra produção de carvão vegetal siderúrgico.

5. AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, CAPES e CNPq, pelo auxílio na execução do projeto; a Universidade Federal de Lavras e aos funcionários do Laboratório de Biomateriais (DCF - UFLA).

6. REFERÊNCIAS

ASSIS, C. F. C. Caracterização de carvão vegetal para sua injeção em altos-fornos a carvão vegetal de pequeno porte. 113F. dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro PretoMG, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9165: Carvão Vegetal – Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade. Rio de Janeiro: 1985. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8633: Carvão Vegetal – Determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro: 1984. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8112: Carvão Vegetal – Análise imediata. Rio de Janeiro: 1986. 5p.

HENRIQUES, Eduardo Pinheiro. Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake para carvão vegetal. 2012. xvi, 75 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/99783>>.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

NEVES, T.A.; PROTÁSIO, T.P.; COUTO, A.M.; TRUGILHO, P.F.; SILVA, V.O; VIEIRA, C.M.M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. *Pesquisa Florestal Brasileira* 2011.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Scientia Forestalis (IPEF)*, v. 38, p. 431-439, 2010.

PROTÁSIO, T.P.; SANTANA, J.D.P.; GUIMARÃES, R.M.; GUIMARÃES, J.B. Jr; TRUGILHO, P.F. et al. Avaliação da qualidade do carvão vegetal de *Qualea parviflora*. *Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo* 2011; 31(68): 295-307.

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A.M.; TRUGILHO, P. F.; JUNIOR, J. B. G.; JUNIOR, P. H. L.; SILVA, M. M. O. Avaliação tecnológica do carvão vegetal da madeira de clones jovens de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis Piracicaba*, v. 43, n. 108, p. 801-816, dez.2015.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. *Revista Cerne*, v. 2, n. 1, p. 15p, 1996.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COEFICIENTE DE RENDIMENTO VOLUMETRICO DE ANGELIM PEDRA (*Hymenolobium petraeum*) NA AMAZÔNIA MERIDIONAL.

Thainara Rossi Teixeira¹

Roselene da Silva de Sampaio¹

Ana Carolina Moreira de Azevedo¹

Tatiana Paula Marques de Arruda¹

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT/ Departamento de ciências florestais



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COEFICIENTE DE RENDIMENTO VOLUMETRICO DE ANGELIM PEDRA (*Hymenolobium petraeum*) NA AMAZÔNIA MERIDIONAL.

Resumo: O objetivo do trabalho é avaliar se o coeficiente de rendimento volumétrico da espécie *Hymenolobium petraeum* (Angelim pedra), foi afetado pelo tempo de estocagem. O estudo foi desenvolvido no município de Alta Floresta - MT. Fora avaliadas aleatoriamente 10 toras da espécie Angelim pedra, sendo avaliadas quanto qualidade da tora como defeitos na forma do tronco, presença de sapopemas, nós, protuberâncias, podridão, conforme NBR 9487 (ABNT, 1986). Na determinação do volume total utilizou-se a média da mensuração cruzada dos diâmetros, maior e menor de cada extremidade da tora (CONAMA, 2009). As toras foram avaliadas também quanto ao tempo de estocagem no pátio da indústria para verificar sua influência no rendimento em madeira serrada, sendo toras armazenadas em 24 meses e 2 dias. Observou-se que a madeira menos tempo estocada apresentou maior coeficiente de rendimento volumétrico (54,78%) do que aquelas com maior tempo de estocagem (45,52%). Assim, o tempo de estocagem da madeira, influenciou no coeficiente de rendimento volumétrico, mesmo que as toras mais velhas se mostraram em maiores diâmetros, a conversão em madeira serrada foi inferior a 50%, devido à depreciação da qualidade da tora no pátio.

Palavras-chave: Espécies tropicais; volume de madeira serrada, qualidade da madeira.

COEFFICIENT OF VOLUMETRIC YIELD OF ANGELIM PEDRA (*Hymenolobium petraeum*) IN THE SOUTHERN AMAZON.

Abstract: The objective of this work is to evaluate if the volumetric yield coefficient of the species *Hymenolobium petraeum* (Angelim pedra) was affected by the storage time. The study was developed in the municipality of Alta Floresta-MT. A total of 10 logs of the Angelim stone species were randomly evaluated, and the quality of the log was evaluated as defects in trunk shape, presence of sapopemas, knots, protuberances, rot, according to NBR 9487 (ABNT, 1986). In the determination of the total volume, the mean of the cross-measures of the diameters, largest and smallest of each end of the log were used (CONAMA, 2009). The logs were also evaluated for the storage time in the yard of the industry to verify their influence on the yield of sawn wood, being logs stored in 24 months and 2 days. It was observed that the less time-stored wood presented higher volumetric yield coefficient (54.78%) than those with longer storage time (45.52%). Thus, the timing of the wood influenced the volumetric yield coefficient, even though the older logs showed larger diameters, the logwood conversion was less than 50%, due to the depreciation of the log quality in the yard.

Keywords: Tropical species, lumber volumen, log quality.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a exploração de florestas nativas vem crescendo de forma significativa com decorrer dos anos. Dentre os estados que compõe o país, o Mato Grosso corresponde por cerca de 3,6 milhões de km² com área floresta nativas, parte desta é extraída para

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





exploração madeireira, isto devido o estado ocupar grande extensão e constituir parte do bioma Amazônico (GARCIA et al., 2012).

Toda matéria prima proveniente da floresta pode ser quantificada e qualificada dentro do setor florestal, por meio de rendimento volumétrico ou coeficiente de rendimento volumétrico (VALÉRIO et al., 2009). O rendimento volumétrico ou CRV é a relação entre o volume de madeira (tora) processada e o volume de madeira serrada, expresso em porcentagem (BIASI, 2006).

Se tratando de rendimento volumétrico alguns fatores podem intervir no resultado final. Murara Junior (2006), cita alguns desses fatores, tais como diâmetro das toras, tempo de pátio, características das espécies, técnicas de desdobro e outros.

Quanto à geração de resíduos produzidos, é expresso na diferença entre o volume de madeira em toras que entra na serraria e o volume de madeira serrada produzida (FONTES, 1994). Segundo o mesmo autor, levando em consideração que 50 a 70% do volume de madeira que chega a uma serraria provenham a gerar na forma de costaneiras, aparas, refilos, casca, e serragem, que poderiam intervir no rendimento da madeira serrada.

Desta forma, o objetivo do trabalho é avaliar se o coeficiente de rendimento volumétrico da espécie *Hymenolobium petraeum* (Angelim pedra), foi afetado pelo tempo de estocagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em uma indústria madeireira no município de Alta Floresta. A cidade se encontra ao extremo norte do estado do Mato Grosso, como mostra a Figura 1.

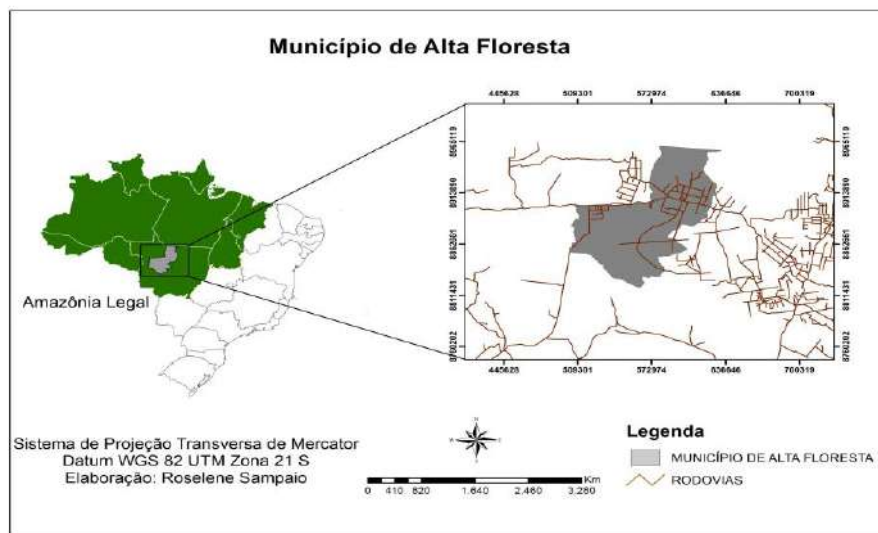


Figura 1. Mapa de localização do município de Alta Floresta
Fonte: Autor.

Foram avaliadas aleatoriamente 10 toras da espécie Angelim pedra. As mesmas foram mensuradas quanto ao diâmetro.



O processo de cubagem das toras adotado seguiu as normas do Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA, 2009), que consiste da média da mensuração cruzada dos diâmetros maior e menor de cada extremidade da tora e o comprimento da mesma, assim aplicar a Equação (1).

$$V = \frac{\pi}{4} * D^2 * L \quad (1)$$

Em que:

V = Volume da tora (m³);

D = diâmetro médio (m);

L = comprimento da tora (m).

Para obter o rendimento de madeira serrada as peças foram medidas individualmente, conforme Equação (2).

$$V_{msi} = E * L * C \quad (2)$$

Em que:

V_{msi} = volume da peça individual de madeira serrada (m³);

E = espessura da peça da madeira serrada (m);

L = largura da peça da madeira serrada (m);

C = comprimento da peça da madeira serrada (m).

O coeficiente de rendimento volumétrico foi avaliado em toras com diferentes tempos de armazenamento sendo de 24 meses e 2 dias que as mesmas estavam estocadas na indústria.

Na determinação do coeficiente de rendimento volumétrico de cada tora de cada tora mensurada foi utilizada a Equação (3).

$$R = \frac{V_{ms}}{V_t} * 100 \quad (3)$$

Em que:

R = Rendimento volumétrico (%);

V_{ms} = volume total de madeira serrada (m³);

V_t = volume da tora (m³).

A estatística utilizada para avaliar as propriedades físicas da madeira foi delineamento inteiramente casualizado, com análise de variância e teste de médias.

3. RESULTADOS EDISCUSSÃO

Os parâmetros avaliados apresentaram diferenças estatísticas entre os tempos de estocagem da madeira no pátio, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação entre as médias do volume total, volume de madeira serrada e coeficiente de rendimento volumétrico do Angelim pedra em diferentes tempos de estocagem da madeira



Variáveis	Tempo de estocagem da madeira no pátio da indústria	
	24 meses	2 dias
Volume total de tora (m ³)	2,38 a	1,06 b
Volume de madeira serrada (m ³)	1,08 a	0,57 b
Coefficiente de rendimento volumétrico (%)	45,52 b	54,78 a

Médias nas colunas, seguidas por mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si (teste t, $p > 0,05$).

Observa-se que o volume total de tora foi maior para aquelas que obtiveram maiores diâmetros e com mais tempo de estocagem, porém as mesmas apresentaram defeitos significantes que influenciaram no coeficiente de rendimento volumétrico.

Marchesan (2012), avaliando o desdobro de toras da madeira de muirapiranga (*Brosimum rubescens*), também observou maior ocorrência de defeitos nas toras de maior diâmetro, isto afetou significativamente nos resultados de rendimento em madeira serrada. Isto pode justificar uma tora com maior volume possuir um menor rendimento em madeira serrada.

Em contrapartida, as de menos tempo (dois dias) de estocagem e menores diâmetros, apresentaram um rendimento satisfatórios quando comparado com as peças mais velhas. Isto se deu pela melhor qualidade da tora, que se apresentaram cilíndrica e isenta de defeitos.

O rendimento médio para a madeira de angelim foi de 50,15% ficando dentro da média das espécies da Amazônia. Para Garcia et al. (2012), ao estudarem o desdobro em relação a qualidade da tora, relataram rendimento médio de 45,4% para a madeira de tauari (*Couratari guianensis*) e de 49,6% para a madeira de itaúba (*Mezilaurus itauba*).

4. CONCLUSÕES

Supõe-se que o tempo de estocagem da madeira nos pátios da indústria influência no coeficiente de rendimento volumétrico.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade do Estado de Mato Grosso ao Laboratório de tecnologia de produtos florestais e a indústria madeireira.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELO, H.; SILVA, G. F.; SILVA, V. S. M. Análise econômica da indústria de madeiras tropicais: o caso do polo de Sinop, MT. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 14. n. 2, p. 91-101, 2004.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ARAÚJO, de J. A. et al. Rendimento e eficiência operacional do desdobro da madeira de faveira (*Parkia multijuga* benth. - fabaceae), v.10, n.19, p. 1667, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas ABNT 9487 Classificação de madeira serrada de folhosas. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

BIASI, C. P. Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais. 2005. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BIASI, C, P.; ROCHA da, M. P. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais. Floresta, v. 37, n. 1, 2007.

CONCELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução N°474, de 06 de Abril de 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res16/res47416>>. Acesso: 07 mar. 2017.

FONTES, P. J. P. Auto-suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos. Curitiba, 1994. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1994.

GARCIA, F. M.; MANFIO, D. R.; SANSÍGOLO, C. A.; MAGALHÃES, P. A. D. Rendimento no desdobro de toras de itaúba (*Mezilaurus itauba*) e tauari (*Couratari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. Floresta e Ambiente, 19(4):468-474, 2012.

GARCIA, F. M. Rendimento operacional de uma serraria com a espécie Cambará (*Qualea albiflora* Warm.) na região Amazônica. Dissertação (Mestrado). Ciências Florestais. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, São Paulo. 2013. 71p.

MARCHESAN, R. Rendimento e qualidade de madeira serrada de três espécies tropicais. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 2012. 92p.

MURARA JUNIOR, M. I. Desdobro de toras de Pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diamétricas. Dissertação – Mestrado. Curso de Pós graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005. 66p.

ROCHA, M. P. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias. 185f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROCHA, M. P. Técnicas de planejamento em serrarias. Série didática FUPEF, Curitiba, n 01/02, 121p, 2002.

VALÉRIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F., BALBINOT, R.; CALDEIRA, M. V. W.; FIGUEIREDO FILHO, A. Modelagem para a estimativa do rendimento no desdobramento de toras de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Floresta, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 619-628, 2009.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMBUSTIBILIDADE EM PAINÉIS MINERAIS PRODUZIDOS COM MADEIRA DE EUCALIPTO E RESÍDUOS DA CULTURA DA SOJA

Gabriela Gonçalves dos Santos¹
Fernando Jesus Nogara Lisboa²
Mário Vanoli Scatolino¹
Thaynara Andrade Lopes¹
Thamirys Andrade Lopes¹
Lourival Marin Mendes¹
Rafael Farinassi Mendes³
José Benedito Guimarães Júnior³

¹ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

² Universidade Federal de Goiás / Departamento de Engenharia Florestal

³ Universidade Federal de Lavras / Departamento de Engenharia



COMBUSTIBILIDADE EM PAINÉIS MINERAIS PRODUZIDOS COM MADEIRA DE EUCALIPTO E RESÍDUOS DA CULTURA DA SOJA

Resumo: As culturas agrícolas brasileiras geram diversos resíduos que podem ser empregados na fabricação de produtos de maior valor agregado e solucionar problemas ambientais. Uma forma de se aproveitar resíduos lignocelulósicos é incorporando-os aos painéis. Sabe-se que painéis minerais são muito utilizados em construção civil. O objetivo do trabalho foi avaliar a resistência à combustão em painéis minerais produzidos com a incorporação de resíduos da cultura da soja. Foram produzidos compósitos minerais associando madeira de *Eucalyptus grandis* com resíduos da cultura da soja (*Glycine max*). O resíduo de soja foi inserido nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% sendo os tratamentos complementados com madeira de eucalipto. Os materiais lignocelulósicos passaram por um pré-tratamento por imersão em solução de NaOH (5%) por 48 h para a retirada de possíveis componentes inibidores da cura do cimento. Os painéis produzidos foram avaliados quanto à suas propriedades de resistência à combustão. Os corpos de prova foram retirados com dimensões de 5 x 5 cm, sendo posteriormente subdivididos em 2,5 x 2,5 cm. Para a realização do teste foi utilizado um aparato composto por uma balança e um termopar. As curvas foram ajustadas utilizando-se o software ORIGIN. A análise das curvas mostrou que os painéis produzidos com 50 e 75% de resíduos de soja obtiveram maior resistência à combustão. Por outro lado, os painéis produzidos com madeira de eucalipto mostraram-se menos resistentes a situações de incêndios.

Palavras-chave: resíduos, painéis minerais, combustão

COMBUSTIBILITY IN MINERAL PANELS PRODUCED WITH EUCALYPTUS WOOD AND SOYBEAN CULTURE WASTES

Abstract: Brazilian agricultural cultures generate several wastes which could be used in the manufacture of products with higher added value and solve environmental problems. A way to taking advantage of lignocellulosic wastes is by incorporating them into for panels production. It is known that mineral panels are widely used in construction. The aim of this study was to evaluate the resistance to combustion in mineral panels produced with the incorporation of soybean culture wastes. Mineral panels were produced by associating *Eucalyptus grandis* wood with soybean wastes (*Glycine max*). The soybean wastes were inserted in proportions of 0, 25, 50, 75 and 100%, being the treatments complemented with eucalyptus wood. The lignocellulosic materials passed by a pretreatment consisting of immersion in NaOH solution (5%) for 48 h for the removal of possible cement cure inhibitor components. The panels produced were evaluated by their properties of resistance to combustion. The specimens were obtained with dimensions of 5 x 5 cm and posteriorly subdivided into 2.5 x 2.5 cm. To perform the test, an apparatus was used consisting of a scale and a temperature measurer. The curves were adjusted using the ORIGIN software. The analysis of the curves showed that panels produced with 50 and 75% of soybean wastes



obtained higher resistance to combustion. On the other hand, the panels produced with eucalyptus wood were less resistant to combustion situations.

Keywords: wastes, mineral panels, combustion.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a intensa atividade agrícola gera muitos resíduos, que podem se acumular no ambiente e causar diversos prejuízos. Esses resíduos, na maioria das vezes são constituídos de materiais lignocelulósicos e têm recebido atenção considerável na literatura (SEBER e LLOYD, 1996). Resíduos agrícolas são resultantes da atividade de colheita dos produtos agrícolas. Grande parte deles é deixada no próprio terreno de cultivo, ou então queimados, o que gera poluição ambiental do ar, das águas, e emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera. Portanto, o manejo não sustentável desses resíduos pode causar danos ambientais e perda de ganhos monetários, uma vez que estes resíduos poderiam ser empregados na fabricação de outros produtos aumentando o seu valor agregado.

A soja é um das principais culturas geradoras de resíduos. A produção brasileira de soja em 2014 foi superior a 86 milhões de t (FAO, 2017). Sendo uma cadeia altamente produtiva, conseqüentemente, a quantidade de resíduos gerados a partir dela é considerável.

Entre os produtos mencionados acima inclui-se: artesanatos, enfeites, materiais energéticos como pellets, e materiais de engenharia como painéis particulados. Dentre os painéis particulados, destacam-se os painéis minerais. Esse tipo de painel apresenta uma composição um tanto quanto simples. Ele é composto essencialmente por partículas ou fibras de madeira, cimento Portland e água.

Diversos materiais lignocelulósicos já foram empregados na fabricação de painéis minerais como: partículas de madeira (WOLFE e GJINOLLI, 1999), óleo de palma (HERMAWAN et al., 2001), resíduos de móveis de vime (OLORUNNISOLA e ADEFISAN, 2002), casca de arroz (SANTOS et al., 2012) e resíduos das madeiras de cedro, pinus e eucalipto (SÁ et al., 2012). Existe, porém, a necessidade de testar outras espécies e materiais que são resíduos após o uso principal. Esses painéis possuem boa aceitação e grande aplicabilidade na construção civil, principalmente nos países da Europa e da Ásia, por apresentarem características isolantes, serem incombustíveis, resistentes ao ataque de agentes biodegradadores, apresentar alta estabilidade dimensional e fácil trabalhabilidade (LATORRACA e IWAKIRI, 2001).

Devido sua grande utilização na construção civil, é fundamental realizar estudos em relação as suas propriedades de resistência à combustão. A literatura apresenta estudos de resistência à combustão em painéis aglomerados. Scatolino et al. (2014) avaliaram o efeito de diferentes regiões radiais da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Pinus oocarpa* sobre o comportamento dos painéis aglomerados quando submetidos à combustão. Scatolino et al. (2015) avaliando a resistência a combustão em painéis aglomerados produzidos com partículas de sabugo de milho e *Pinus oocarpa* em várias porcentagens de mistura, comprovaram a maior resistência a combustão dos painéis com maiores porcentagens de pinus em relação ao sabugo. No entanto, a literatura é escassa em trabalhos que relatam o comportamento de painéis minerais quando expostos à combustão. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar painéis minerais produzidos com madeira de eucalipto e resíduos da cultura da soja, quando submetidos a situações de combustão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O resíduo de soja foi obtido de plantios comerciais localizados nos arredores do município de Jataí-GO. Após a colheita, as vagens foram processadas no laboratório de produtos florestais (LAPROFLOR) da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. Já a madeira de *Eucalyptus grandis*, proveniente do plantio experimental da Universidade Federal de Lavras – MG, foi encaminhada para a Unidade Experimental de Painéis de Madeira (UEPAM), onde passou por processamento em moinho-martelo para a geração de partículas.

2.2 Tratamento das partículas

As partículas foram peneiradas, sendo a fração retida entre 20 e 40 mesh utilizada para a confecção dos painéis. As partículas da vagem de soja e da madeira de eucalipto passaram por um tratamento para a retirada de compostos que pudessem inviabilizar a cura do cimento por meio de imersão em uma solução alcalina. A metodologia de tratamento foi proposta por Ferraz (2011), na qual as partículas foram submersas em uma solução com concentração de 5% de NaOH por um período de 48 h. Após este período foi realizada a lavagem do material com água. Em seguida as partículas tratadas foram deixadas à temperatura ambiente para a retirada do excesso de água.

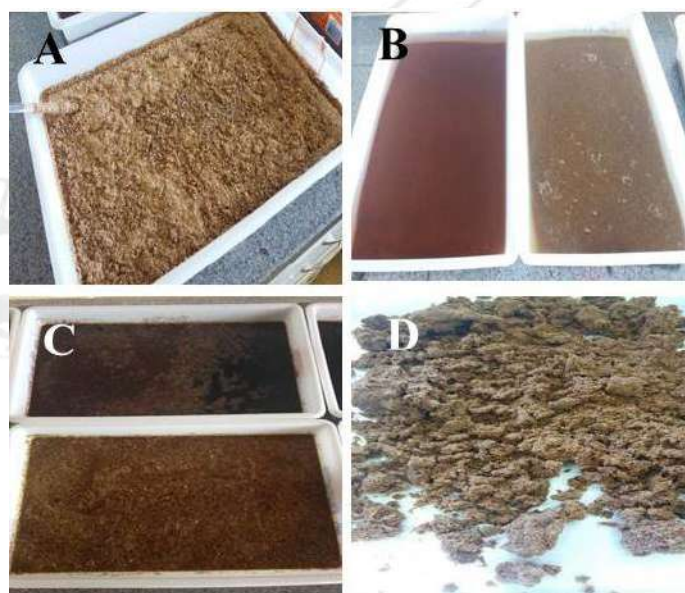


Figura 1: Tratamento alcalino das partículas (48 h); A: material seco; B e C: material imerso em solução alcalina; D: material após o tratamento

2.3 Formação do painel

Para a produção dos painéis, as proporções utilizadas de partículas de casca de soja em relação à madeira de eucalipto foram respectivamente: 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 e 100/0.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Tabela 1. Parâmetros da produção dos painéis minerais produzidos

Dimensões	20 x 20 x 1,5 cm
Relação cimento:madeira	1:2,5
Fator água:cimento	0,25
Aditivo	6% CaCl ₂
Densidade	1,2 g/cm ³

Os componentes foram misturados de forma manual até a obtenção de massa homogênea. A massa de cada painel foi devidamente distribuída em placas de alumínio untadas com óleo diesel para facilitar a retirada do painel após sua prensagem e grampeamento. O controle da espessura dos painéis foi determinado por barras de ferro com espessuras de 1,5 cm.

Após o carregamento dos painéis, a prensa foi fechada com pressão específica de 2,45 MPa a temperatura ambiente por um período de 24 h. Após prontos, os painéis foram acondicionados em câmara climatizada à temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 3\%$ durante 28 dias.

2.4 Análise Química

Para a análise química, os materiais foram transformados em serragem através de moinho de facas e foram utilizadas as partículas que ficaram retidas entre peneiras de 40 e 60 mesh de malha. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos. As normas utilizadas para a determinação dos constituintes químicos da madeira foram:

- teor de extrativos totais – NBR 7987 T204 om-88 (1998)
- teor de lignina – T222 om-88 (2006)
- teor de cinzas – T211 om-93 (1994)
- teor de holocelulose – por diferença

2.4 Teste de combustibilidade

O teste de combustibilidade foi efetuado no Laboratório da Unidade Experimental de Painéis de Madeira (UEPAM) – UFLA. Para analisar o comportamento dos painéis durante a combustão foi utilizada a metodologia proposta por Quirino e Brito (1991) e Paula (2011). O método consistiu de um dispositivo composto por um combustor fabricado em chapa de ferro galvanizada, uma base de alumínio e madeira, um controlador de temperatura, uma balança com precisão de 5 mg e um anteparo de alumínio que envolveu o combustor para protegê-lo da interferência do vento durante a combustão (Figura 2).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 2: Aparato utilizado para o teste de combustibilidade
(Fonte: Scatolino et al. 2014).

Foram utilizados corpos de prova de 5 x 5 cm, sendo os mesmos, posteriormente seccionados em 4 amostras de 2,5 x 2,5 cm cada (Figura 3).



Figura 3. Amostras utilizadas no teste de combustibilidade.

Inicialmente, as bases e o combustor foram colocados sobre a balança de precisão. O combustor foi carregado com os corpos de prova. O anteparo foi colocado em seguida, e por último, o medidor de temperatura. A ignição ocorreu com a combustão de 20 g de álcool que

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





foram depositados em uma placa de alumínio localizada sobre a base de metal e abaixo da grelha. A Figura 4 mostra a sequência de estágios do fogo.



Figura 4. Estágios do fogo ao longo da combustão.

A cada minuto eram registradas as leituras de massa e temperatura do sistema. Foram avaliadas as variações de massa restante e temperatura ao longo do tempo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das curvas permite observar que os painéis minerais produzidos com 50% de resíduo de soja foram mais resistentes à combustão (Figura 5). Os painéis produzidos com essa porcentagem de resíduo agrícola obteve uma massa restante em torno de 90%, que foi maior em relação aos outros tratamentos. Por outro lado, os painéis minerais compostos por madeira de eucalipto obtiveram porcentagem de queima superior a todos os demais. Tal fato pode ser explicado pelo elevado teor de cinzas presente no resíduo de soja (Tabela 1) em comparação com o baixo teor apresentado pela madeira de eucalipto.

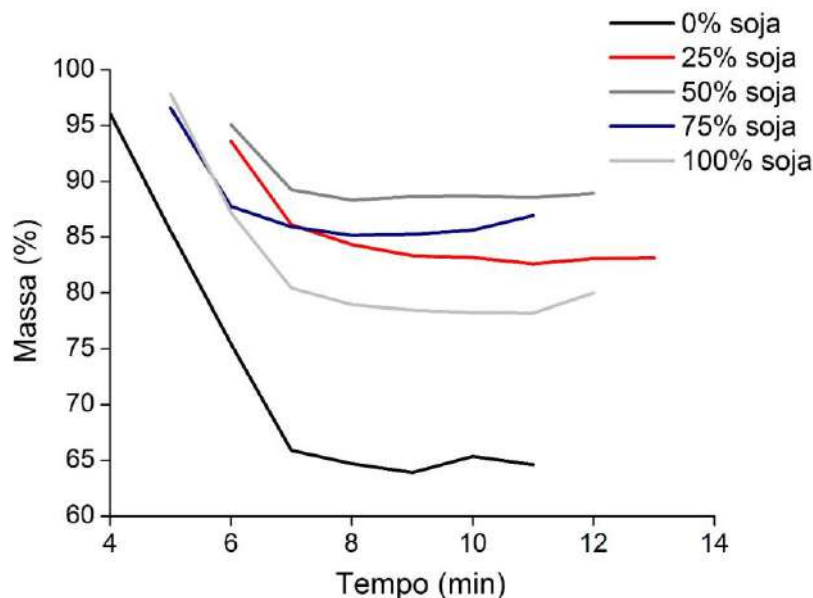


Figura 5: Variação da massa restante com o tempo de combustão

Tabela 2. Análise química dos materiais estudados

Material	Densidade básica (g/cm ³)	Umidade	Extrativos Totais	Lignina	Cinzas	Holocelulose
Soja	0,20 (1,3)*	7,44 (0,80)	8,27 (7,65)	23,00 (2,77)	8,77 (0,57)	60,51 (1,86)
Eucalipto	0,55 (2,1)	7,24 (18,99)	8,14 (15,45)	29,03 (7,18)	0,26 (11,63)	62,57 (4,33)

* Coeficiente de variação

Sardinha et al. (2002) classifica as cinzas de materiais lenhosos como incombustíveis, por serem compostos basicamente por sílica e outros minerais, fato que pode ocasionar em grande quantidade de resíduos após a combustão. Resultados antagônicos foram observados por Scatolino et al. (2015), ao avaliarem a estabilidade térmica de painéis aglomerados compostos por pinus e sabugo de milho. Os autores encontraram maior estabilidade térmica para os painéis compostos apenas por madeira de pinus, em relação aos painéis produzidos unicamente com sabugo de milho. É de conhecimento comum que painéis minerais apresentam como característica intrínseca, a incombustibilidade. Porém percebe-se que a adição de materiais lignocelulósicos alterou essa característica. O painel perdeu parte de sua resistência à combustão, porém pode adquirir vantagens em termos de diminuição da sua fragilidade. A Figura 6 apresenta a variação da temperatura de acordo com o tempo de combustão dos painéis minerais.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

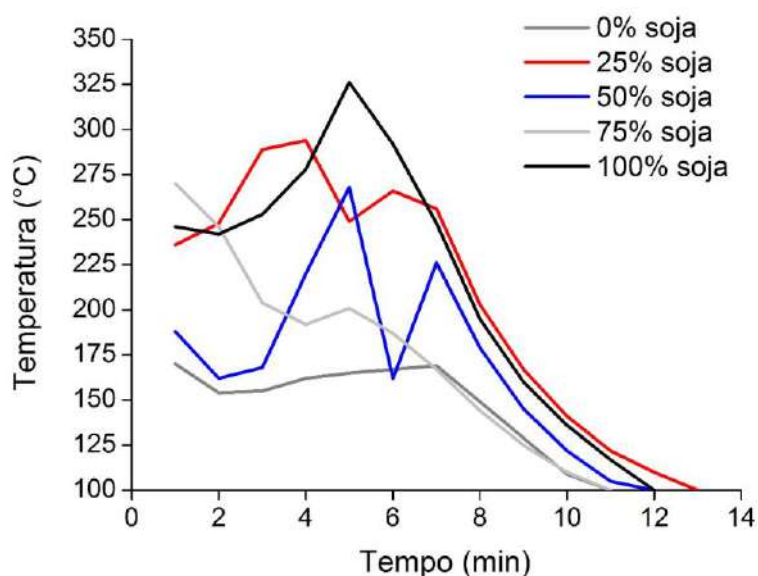


Figura 6: Variação da temperatura com o tempo de combustão

Percebe-se pela figura acima que o maior pico de temperatura (aproximadamente 330°C) foi obtido para os painéis minerais produzidos com 100% de resíduo de soja. Os painéis produzidos com 75% de resíduo de soja obtiveram queda de temperatura desde o início do ensaio. Os painéis feitos exclusivamente com eucalipto obtiveram temperaturas de combustão mais baixas em relação aos demais. Werther et al. (2000) encontraram teor de voláteis de 69,6% para resíduos de soja, enquanto que, para a madeira de eucalipto são reportados valores de até 89% (BRITO e BARRICHELO, 1978). Tal fato pode ajudar a explicar a baixa temperatura de combustão e a alta perda de massa dos painéis minerais compostos por madeira de eucalipto. A temperatura de combustão obteve grande oscilação para os painéis produzidos com 50% de resíduo de soja. A figura 7 apresenta a variação da massa dos painéis de acordo com a temperatura ao longo da combustão.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



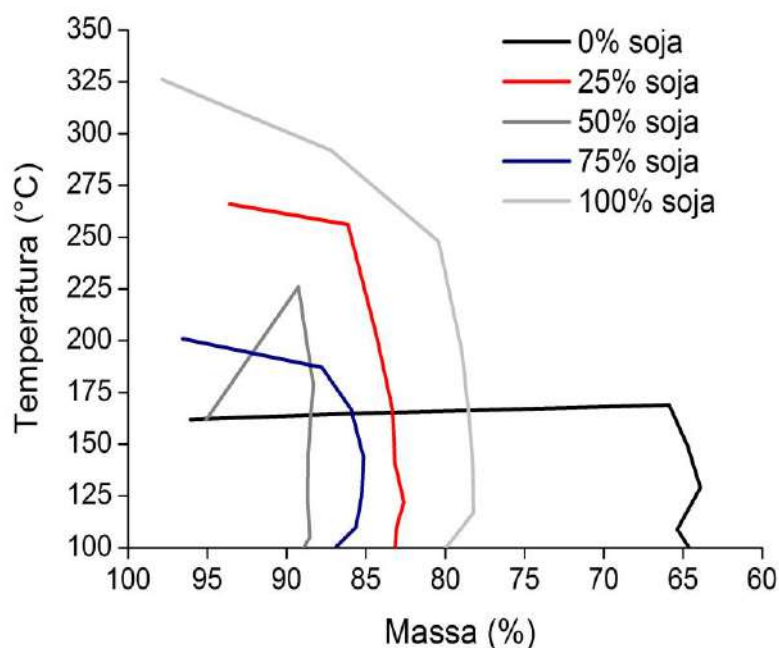


Figura 7. Variação da massa de acordo com a temperatura

Percebe-se pela figura 7 que o maior pico de temperatura (próximo a 325°C) foi obtido para os painéis produzidos com 100% de soja. Este painel obteve uma temperatura muito acima da obtida pelos painéis feitos com 0% e 50% de resíduo de soja. A oscilação de temperatura é evidente para os painéis produzidos com 50% de resíduo de soja. As curvas obtidas confirmam a maior porcentagem de queima para painéis produzidos com 0% de resíduo de soja e menor para painéis produzidos com 50% de resíduo de soja.

4. CONCLUSÕES

Painéis produzidos com resíduos de soja em associação com madeira de eucalipto foram testados em relação à combustibilidade. Os painéis minerais produzidos com 50% de resíduo de soja foram mais resistentes à combustão. Os painéis compostos por 100% de resíduo de soja atingiram maiores picos de temperatura. Os painéis feitos com 0% de resíduo de soja obtiveram maior porcentagem de queima. Trabalhos futuros devem ser realizados no intuito de avaliar a resistência mecânica desses painéis.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES).



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7987 T 204 om-88. Madeira: determinação dos teores de extrativos. Rio de Janeiro, 1998.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. IPEF, n. 16, p 63-70, 1978.

FAO: Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (2015).

FERRAZ, J. M. Produção e Propriedades de Painéis de Fibra de Coco Verde (Cocos nucifera L.) em Mistura com Cimento Portland. 2011. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

HERNAWAN, D. et al. Manufacture and properties of oil palm frond cement-bonded board. JOURNAL OF WOOD SCIENCE, Kyoto, v. 47, n. 3, p. 208-213, 2001.

LATORRACA, J.V.F.; IWAKIRI, S. Efeito da cura a vapor sobre as propriedades mecânicas de painéis de cimento-madeira. FLORESTA E AMBIENTE, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p. 84-93, 2001.

OLORUNNISOLA, A. O.; ADEFISAN, O. O. Trial production and testing of cement-bonded particleboard from rattan furniture waste. WOOD FIBRE SCI, v.34, n.1, p. 116-124, 2002.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; REZENDE, R. N.; ASSIS, C. O. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, n. 66, p. 103-112, 2011.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal. Brasília: IBAMA, LPF, 1991.

SÁ, V. A. et al. Mistura de três espécies de reflorestamento na produção de painéis cimento-madeira. ÁRVORE, v.36, n.3, p. 549-557, 2012.

SANTOS, C. E. et al. Anuário Brasileiro do Arroz. EDITORA GAZETA SANTA CRUZ, Santa Cruz do Sul-RS, p.128, 2012.

SARDINHA, A. M. et al. Combustão Lenhosa Directa e Indirecta Sua Relevância para a Temática dos Fogos Florestais. SILVA LUSITANA, v. 10, n. 1, p 91 - 100, 2002.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SCATOLINO, M. V.; MENDES, R. F.; BALEEIRO, N. S.; MENDES, L. M. Combustibilidade em painéis aglomerados produzidos com madeiras das diferentes regiões radiais de pinus e eucalipto. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, EBRAMEM, 12., 2014, Natal, RN, Brasil. Anais.... Natal, RN: UFRN, 2014. 10 p. CD-ROM

SCATOLINO, M. V. et al. Thermal stability of *Pinus oocarpa* and maize cob particleboards. CIÊNCIA e AGROTECNOLOGIA, v. 39, n. 4, p. 348-354, 2015

SEBER, D.; LLOYD, E. Bast fiber applications for composites. In: PROCEEDINGS OF THE THIRTIETH INTERNATIONAL PARTICLEBOARD/COMPOSITE MATERIALS SYMPOSIUM, Pullman, p. 215–235, 1996.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry - T 211 om 93. Ash in wood, pulp, paper and paperboard: Combustion at 525°C. Atlanta, 1994.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry – T 222. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. Determinação do teor de lignina da madeira. Atlanta, 2006.

WERTHER J. et al. Combustion of agricultural residues. PROGRESS IN ENERGY AND COMBUSTION SCIENCE, v.26, n.1, p. 1-27, 2000.

WOLFE, R. W.; GJINOLLI, A. Durability and Strenght of Cement-Bonded Wood Particle Composites Made From Contruccion Waste. FOREST PRODUCTS JOURNAL. v.49, n.2, p.24-31, 1999.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPARAÇÃO DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE DE EUCALIPTO E CARVALHO NA COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS

Thais de Souza Marcchiori¹

Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho¹

Ana Boa²

Marcos Oliveira de Paula³

João Paulo Maia¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias e Engenharias / Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

² Universidade Federal do Espírito Santo - Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais / Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

³ Universidade Federal de Viçosa / Departamento de Engenharia Florestal



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPARAÇÃO DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE DE EUCALIPTO E CARVALHO NA COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS

Resumo: É notável o quão importante é o setor de construção em qualquer país e o peso da palavra sustentabilidade em tempos atuais. No Brasil o material madeira ainda não é amplamente utilizado em construções, quando comparado a países da América do Norte e Europa. As madeiras ensaiadas no trabalho foram eucalipto e carvalho. A fim de aprofundar os estudos sobre o tema, este trabalho objetivou realizar uma comparação entre as duas espécies de madeira. A análise foi realizada a partir da comparação das propriedades físicas e mecânicas das espécies de madeira de eucalipto e carvalho. Em quase todos os ensaios à madeira de carvalho apresentou valores superiores ao da madeira de eucalipto. Entretanto, à madeira de eucalipto também se mostra adequada para a confecção e uso de calços de madeira.

Palavras-chave: propriedades físicas, propriedades mecânicas, madeira de eucalipto, madeira de carvalho.

COMPARISON OF EUCALYPTUS AND OAK ELASTICITY MODULES IN NORMAL COMPRESSION OF FIBERS

Abstract: It is remarkable how important the construction sector in any country is and the weight of the word sustainability in today's times. In Brazil the material, wood, is still not widely used in constructions when compared to North American and European countries. The woods tested in the work were Eucalyptus and Carvalho. In order to deepen the studies on the subject, this work aimed to make a comparison between the two species of wood. The analysis was performed by comparing the physical and mechanical properties of eucalyptus and carvalho wood species. In almost all the tests to the wood of Carvalho presented values superior to the wood of eucalipto. However, eucalyptus wood is also suitable for the manufacture and use of wooden shims.

Keywords: physical properties, mechanical properties, eucalyptus wood, carvalho wood.

1. INTRODUÇÃO

Por ser um material renovável, reciclável e biodegradável, a madeira é considerada ambientalmente sustentável, se comparada a outros materiais utilizados em construção civil, tais como aço e alumínio, e ainda não deixando a desejar se comparada em quesitos estruturais, uma vez que possui elevada resistência, durabilidade, isolamento térmico e acústico. Além disso, suas características organolépticas ainda agregam qualidade estética e variedade de escolha das soluções a se adotar (MARQUES, 2008).

A madeira é um material proveniente do crescimento de um ser vivo, sendo assim, existem variações de suas características em função do meio ambiente onde ocorreu seu desenvolvimento. Essa mesma natureza biológica a submete a variados mecanismos de deterioração (ZENID, 2013).

Apesar de sua versatilidade, o uso da madeira na construção estrutural nem sempre ocorre em condições satisfatórias, no tocante à tecnologia empregada ao material. A diversidade de espécies brasileiras demonstra um forte potencial madeireiro a ser explorado (TELES, 2009).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

As principais espécies plantadas no Brasil são de investimentos e de programas de florestamento de empresas para assim fornecer madeira para as indústrias bem estabelecidas e diversificadas do país (por exemplo, papel e celulose, madeira de pinho para madeira serrada, painéis de madeira, aço, madeira para energia). Segundo a Tropical Timber Market Report (ITTO, 2009) os eucaliptos e pinus dominam as plantações florestais do Brasil. As plantações florestais desempenham um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico do país, contribuindo para a produção de bens e serviços, agregando valor aos produtos florestais e gerando empregos, câmbio, impostos e renda. A plantação total do país está estimada em 6.582.700 hectares em 2008, sendo que 93% dos quais são dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Os 7,0% restantes se referem a outras espécies, nomeadas como acácia (*Acacia parviceps*), seringueira (*Hevea brasiliensis*), paricá (*Piptadenia peregrina*), teca (*Tectona grandis*) e pinho do paraná (*Araucaria angustifolia*).

À madeira laminada colada (MLC) vem se tornando uma alternativa para o uso racional da madeira serrada. Por permitir uma maior variabilidade de dimensões e ser capaz de assumir dimensões geométricas não disponíveis no mercado de madeira serrada, a MLC ganhou popularidade em países europeus e da América do Norte. No Brasil ainda existem poucas fábricas de MLC, porém, nos últimos anos houve um desenvolvimento acadêmico e pesquisas nessa área, o que tem levado a um número maior de informações a respeito (TELES, 2009).

Portanto, são necessários estudos que contribuam para o emprego da técnica de MLC em cada região ou estado, e devem ser realizadas pesquisas para a avaliação das madeiras que melhor possam se adaptar a essa técnica, principalmente as madeiras provenientes de florestas plantadas.

O trabalho teve como objetivo geral comparar as propriedades físicas e mecânicas das madeiras de eucalipto e carvalho submetidas ao esforço de compressão normal às fibras, compressão paralela às fibras, cisalhamento e ensaios não destrutivos (longitudinal, transversal e stress wave) com vista à aplicação em MLC.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o trabalho foram utilizadas madeiras de eucalipto e carvalho. Todas as etapas foram realizadas no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira – DCFM, do Centro de Ciências Agrárias – CCA, da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

Inicialmente o lote de peças de madeira (6 calços de *Eucalyptus* spp. e 5 calços de carvalho) que estava acondicionado em local coberto no Laboratório de Estruturas de Madeira para que atingisse o teor de umidade de equilíbrio local, passou por uma classificação visual e uma classificação pelo módulo de elasticidade para o enquadramento das classes de resistência definidas pela NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira (ABNT, 1997).

Como tinham comprimento, largura e espessura diferentes entre si, os calços passaram pela serra circular para que se obtivesse um tamanho padrão. Posteriormente foram feitos os ensaios não destrutivos de Vibração Transversal (a), Longitudinal (b), Stress Wave (c) nos calços como ilustrado na Figura 1. A partir dos ensaios pôde-se calcular os módulos de elasticidade conforme mostrado nos resultados da Tabela 1.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



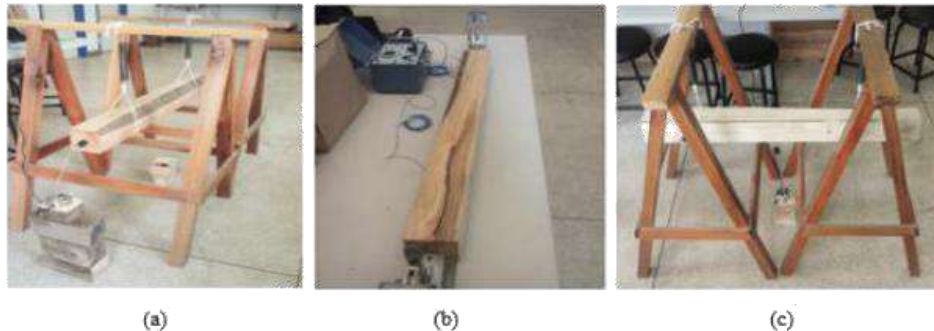


Figura 1. Metodologia adotada para os ensaios. (a) fotografia do método utilizado para o ensaio longitudinal. (b) fotografia do método utilizado para o ensaio de stress wave. (c) fotografia do método utilizado para o ensaio de vibração transversal.

Fonte: O autor (2015).

Na sequência os calços foram redimensionados em peças menores de onde foram obtidos os corpos de prova para os ensaios de compressão paralela às fibras, compressão normal às fibras, cisalhamento, retração e inchamento e os corpos de prova não destrutivos para os ensaios longitudinal, transversal e stress wave. Todos os ensaios com os corpos de prova foram feitos com a madeira seca e saturada, exceto os ensaios não destrutivos.

O dimensionamento das madeiras de eucalipto e carvalho ao esforço de compressão normal às fibras, compressão paralela às fibras, cisalhamento e ensaio longitudinal, transversal e stress wave, foi realizado por meio da NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira (ABNT, 1997), a partir da caracterização das propriedades físicas e mecânicas das madeiras.

Para caracterização das propriedades mecânicas foi utilizada a norma americana ASTM D 143 – *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber* (ASTM, 2000) para determinar as resistências à compressão normal às fibras, compressão paralela às fibras, cisalhamento e ensaio longitudinal, transversal e stress wave, conforme mostrado nas Figuras 2 e 3. Os resultados obtidos encontram-se nas Tabelas 2 e 3 para os ensaios destrutivos secos e saturados, respectivamente e na Tabela 4 para os ensaios não destrutivos.



Figura 2. Metodologia adotada para os ensaios. (a) fotografia do método utilizado para o ensaio de compressão paralela. (b) fotografia do método utilizado para o ensaio de cisalhamento.

Fonte: O autor (2016).

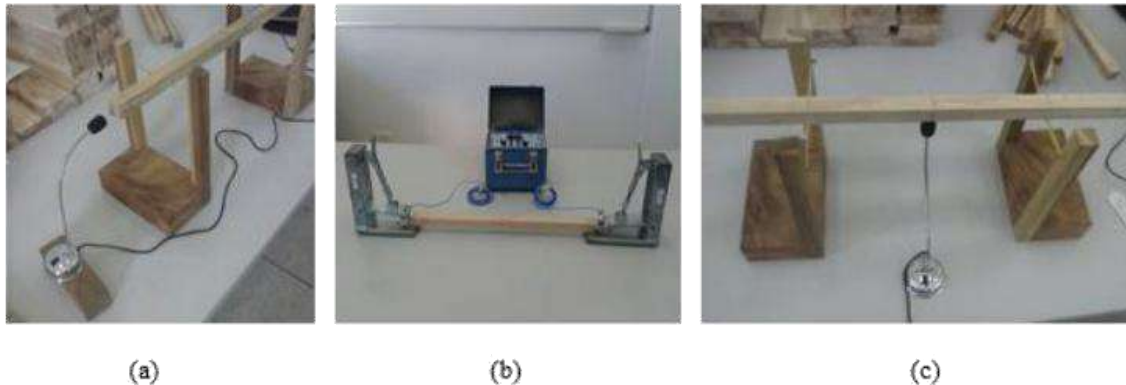


Figura 3. Metodologia adotada para os ensaios. (a) fotografia do método utilizado para o ensaio longitudinal. (b) fotografia do método utilizado para o ensaio de stress wave. (c) fotografia do método utilizado para o ensaio de vibração transversal.

Fonte: O autor (2016).

A caracterização das propriedades físicas dos corpos de prova foi feita de acordo com os métodos de ensaios definidos na NBR 7190 (ABNT, 1997). Foram determinados a retração, o inchamento, o teor de umidade e as densidades básica e aparente como mostrado na Tabela 5 em resultados. A Figura 4 mostra como foi feito o procedimento.

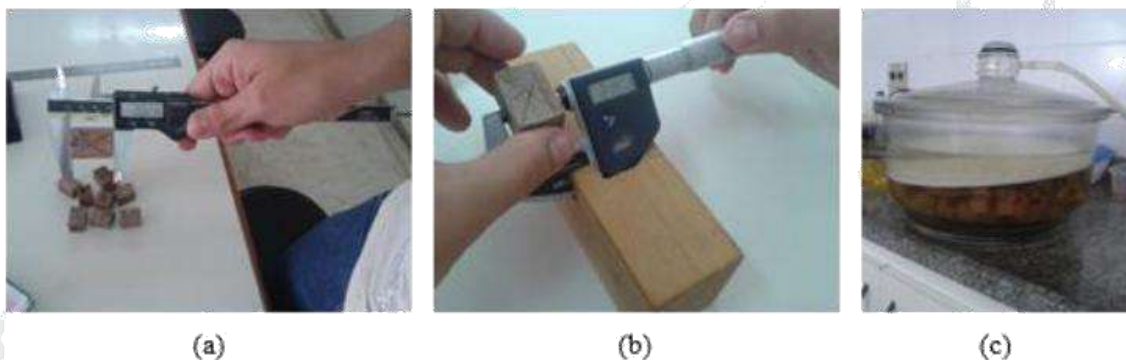


Figura 4. Metodologia adotada para calcular a retração e inchamento. (a) fotografia do método utilizado para medir o comprimento do corpo de prova com o paquímetro. (b) fotografia do método utilizado para medir os planos radial e transversal com o micrometro. (c) fotografia dos corpos de prova submersos em água para aumentarem a umidade.

Fonte: O autor (2016).

A análise estatística foi conduzida sob o delineamento inteiramente casualizado, em que foram comparadas as resistências mecânicas das madeiras de eucalipto e carvalho. Os resultados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e teste de comparação de médias, teste de Tukey a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos módulos de elasticidade (MOE), obtidos por meio dos três métodos não destrutivos (Longitudinal, transversal, stress wave) para os calços, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios dos módulos de elasticidade para os calços nos diferentes métodos utilizados.

Método	MOE (GPa)	
	eucalipto	carvalho
Longitudinal	15,67	14,20
Transversal	9,78	8,48
Stress Wave	12,87	12,31
d_{ap} (g/cm ³)	0,63	0,74

MOE = Módulo de elasticidade.

Na Tabela 1 é possível observar que os calços da madeira de eucalipto possui maior módulo de elasticidade do que a madeira de carvalho em todos os três ensaios realizados. Entretanto a madeira que apresentou maior valor de densidade aparente foi o carvalho.

Nas Tabelas 2 e 3 encontram-se os valores de resistência, obtidos por meio dos ensaios destrutivos de compressão paralela às fibras ($f_{c0,m}$), compressão normal às fibras ($f_{c90,m}$) e cisalhamento ($F_{v0,m}$), para os corpos de prova secos e saturados respectivamente.

Tabela 2. Resultados obtidos pelos ensaios destrutivos para os corpos de prova secos.

Método	eucalipto	Umidade (%)	carvalho	Umidade (%)
Comp. Normal $f_{c90,m}$ (MPa)	10,44 b	11,14	14,25 a	10,42
Comp. Normal MOE(MPa)	396,14 b	-	615,15 a	-
Comp. Paralela $f_{c0,m}$ (MPa)	63,98 a	10,85	59,62 a	29,89
Cisalhamento $f_{v0,m}$ (MPa)	10,82 b	8,66	14,62 a	30,77

($f_{c0,m}$) = Compressão paralela às fibras. ($f_{c90,m}$) = Compressão normal às fibras. ($F_{v0,m}$) = cisalhamento.

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 2 é possível observar que no ensaio de compressão normal às fibras e cisalhamento, a madeira de carvalho mostrou-se mais resistente e com maior módulo de elasticidade do que a madeira de eucalipto. Já no ensaio de compressão paralela às fibras, a madeira de eucalipto apresentou maior resistência, entretanto foram estatisticamente iguais.

Tabela 3. Resultados obtidos pelos ensaios destrutivos para os corpos de prova saturados.

Método	eucalipto	Umidade (%)	carvalho	Umidade (%)
Comp. Normal $f_{c90,m}$ (MPa)	8,66 a	58,84	8,56 a	76,60
Comp. Normal MOE(MPa)	96,33 b	-	299,82 a	-
Comp. Paralela $f_{c0,m}$ (MPa)	33,33 a	84,98	27,03 b	81,10
Cisalhamento $f_{v0,m}$ (MPa)	6,84 b	85,96	7,69 a	83,94

($f_{c0,m}$) = Compressão paralela às fibras. ($f_{c90,m}$) = Compressão normal às fibras. ($F_{v0,m}$) = cisalhamento.

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Com os corpos de prova saturados, a madeira de eucalipto apresentou maior resistência no ensaio de compressão normal do que a madeira de carvalho. Entretanto, foram estatisticamente iguais. Já quanto ao módulo de elasticidade, a madeira de carvalho apresentou valores três vezes maior do que a madeira de eucalipto.

No ensaio de compressão paralela às fibras a madeira de eucalipto apresentou resistência maior do que a madeira de carvalho. Já no ensaio de cisalhamento, a madeira de carvalho apresentou resistência maior do que a de eucalipto.

Na Tabela 4 encontram-se os valores dos módulos de elasticidade longitudinal (MOE_{vl}), transversal (MOE_{vt}) e stress wave (MOE_{sw}) obtidos por meio dos corpos de prova dos ensaios não destrutivos.

Tabela 4. Módulos de elasticidade obtidos por ensaio não destrutivo

Madeira	MOE_{vl} (GPa)	MOE_{vt} (GPa)	MOE_{sw} (GPa)
eucalipto	16,15 b	17,17 a	8,13 a
carvalho	17,94 a	14,29 b	6,92 a

(MOE_{vl}) = Módulos de elasticidade longitudinal. (MOE_{vt}) = Módulo de elasticidade transversal (MOE_{sw}) = Módulo de elasticidade stress wave.

*Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

No ensaio de vibração longitudinal a madeira de carvalho apresentou maior módulo de elasticidade do que a madeira de eucalipto. Entretanto, nos ensaios de vibração transversal e stress wave o módulo de elasticidade foi maior na madeira de eucalipto. Porém no ensaio de stress wave, os módulos de elasticidade foram estatisticamente iguais.

Na Tabela 5 encontram-se os valores médios das propriedades físicas das madeiras estudadas, densidade aparente (d_{ap}), densidade básica (d_{bas}), teor de umidade (U), retração volumétrica (RV) e inchamento volumétrico (IV).



Tabela 5. Propriedades físicas das madeiras.

Madeira	d_{ap} (g/cm ³)	d_{bas} (g/cm ³)	U (%)	RV (%)	IV (%)
eucalipto	0,590	0,479	12,61	14,02	16,36
carvalho	0,764	0,597	14,04	17,05	20,58

(d_{ap}) = Densidade aparente. (d_{bas}) = Densidade básica. (U) = Teor de umidade. (RV) = Retração volumétrica. (IV) Inchamento volumétrico.

A densidade básica e aparente da madeira de carvalho apresentou valores superiores ao da madeira de eucalipto. A retração volumétrica e o inchamento volumétrico, também mostrou-se superior ao da madeira de carvalho.

O conhecimento da densidade básica e aparente da madeira são fundamentais para que a madeira seja utilizada da forma mais adequada possível. Quanto maior a densidade da madeira, maior sua resistência. Neste caso, quando comparamos as duas madeiras estudadas, o carvalho mostrou-se mais adequado para a utilização de calços.

4. CONCLUSÕES

Mesmo com a densidade aparente da madeira de carvalho apresentando valores superiores do que a de eucalipto, o módulo de elasticidade, tanto para os calços quanto para os corpos de prova encontrados nos ensaios não destrutivos da madeira de eucalipto foi superior ao da madeira de carvalho.

A madeira de carvalho apresentou valores superiores em quase todos os ensaios destrutivos. No ensaio de compressão normal às fibras o módulo de elasticidade encontrado na madeira de carvalho foi três vezes maior do que à madeira de eucalipto.

Com os corpos de prova saturados, a madeira de eucalipto apresentou valores superiores apenas no ensaio de compressão paralela às fibras.

A retração e o inchamento da madeira de carvalho foram maiores do que da madeira de eucalipto.

Há uma grande necessidade de se estudar espécies de madeira ainda pouco conhecidas no mercado, com o intuito de se aproveitar melhor todos os tipos de madeira disponíveis no mercado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo apoio do Programa Institucional de Iniciação Científica (PIIC) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo financiamento da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 143 – Standard test methods for small clear specimens of timber. Philadelphia, PA, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: 1997 – Projeto de Estruturas de Madeira: 1997. Rio de Janeiro, 1997.

MARQUES, L. E. M. M. O papel da madeira na sustentabilidade da construção. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

TELES, R. F. Propriedades tecnológicas de vigas de madeira laminada colada produzidas com louro vermelho (*Sextonia rubra*). 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

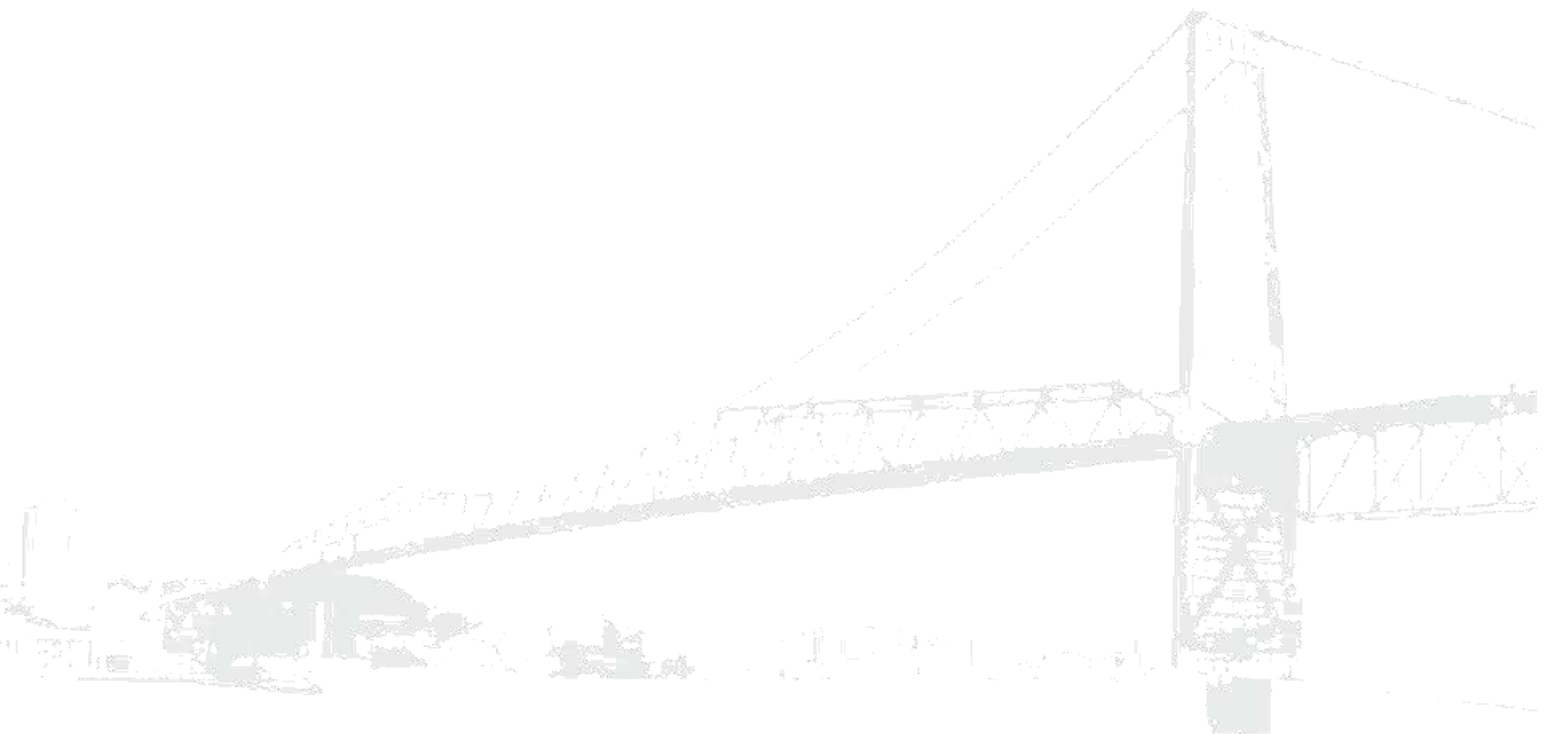
Tropical Timber Market Report. ITTO - Eucalypts and pine dominate plantations in Brazil. September. 2009.

ZENID, G. J. Madeira na construção civil. 2013. Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras, Porto Alegre, 2013.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPARAÇÃO DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE EM DIFERENTES IDADES DETERMINADOS POR VIBRAÇÃO EM PEQUENAS PEÇAS ESTRUTURAIS

Thais de Souza Marcchiori¹

Marcos Oliveira de Paula²

Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho¹

Ana Boa³

¹ Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias e Engenharias/ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira.

² Universidade Federal de Viçosa/ Departamento de Engenharia Florestal.

³ Universidade Federal do Espírito Santo - Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais / Departamento de Ciências Florestais e da Madeira



COMPARAÇÃO DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE EM DIFERENTES IDADES DETERMINADOS POR VIBRAÇÃO EM PEQUENAS PEÇAS ESTRUTURAIS

Resumo: A fim de incrementar os estudos existentes sobre a pouca utilização da madeira e ampliar os conhecimentos sobre estas, o trabalho objetiva a utilização de uma técnica eficiente para a determinação do módulo de elasticidade levando em conta a relação comprimento/altura (L/h) e verificar a influência do cisalhamento no módulo de elasticidade por meio da comparação de ensaios destrutivos e não destrutivos. A madeira ensaiada no trabalho é o *Eucalyptus* sp. Os ensaios não destrutivos foram realizados com a técnica de vibração longitudinal e os destrutivos pela flexão estática. Com base nos resultados apresentados conclui-se que: O teor de umidade dos corpos de provas estão dentro do estipulado pela norma para a execução dos ensaios; A densidade aparente média apresentou valores inferiores aos encontrados em literaturas. Os resultados obtidos a partir desse trabalho proporcionaram condições para o aperfeiçoamento dos projetos de estruturas de madeira, cujos elementos estejam submetidos à solicitação de flexão. Apenas as relações $L/h = 21$ e $L/h = 23$ mostraram-se adequados ao estudar a relação L/h e o módulo de elasticidade. Não sendo, portanto, indicado a utilização de corpos de prova com a relação L/h inferior a 21.

Palavras-chave: estrutura de madeira, ensaio não destrutivo, resistência dos materiais.

COMPARISON OF ELASTICITY MODULES IN DIFFERENT AGES DETERMINED BY VIBRATION IN SMALL STRUCTURAL PARTS

Abstract: In order to increase existing studies on the low utilization of wood and to increase the knowledge about wood, the objective of this work is to use an efficient technique to determine the modulus of elasticity, taking into account the length / height ratio (L / h) and verify the influence of shear on the modulus of elasticity by comparing destructive and non-destructive tests. The wood tested at work is *Eucalyptus* sp. The non-destructive tests will be carried out with the technique of longitudinal vibration and the destructive ones by the static bending. Based on the results presented it is concluded that: The moisture content of the test bodies is within the stipulated by the standard for the execution of the tests; The mean apparent density presented lower values than those found in literatures. The results obtained from this work provided conditions for the improvement of the projects of wood structures, whose elements are subject to the request of flexion. Only the relations $L / h = 21$ and $L / h = 23$ were adequate when studying the relation $L h$ and the modulus of elasticity. Therefore, the use of test bodies with the L / h ratio below 21 is not indicated.

Keywords: wood structure, non-destructive test, material resistance.

1. INTRODUÇÃO

Considerando a grande diversidade de madeiras existentes no país, bem como das importadas, e frente a sua disponibilidade, tanto provenientes de florestas naturais como plantadas, inúmeros estudos são realizados com o material, devido a suas propriedades físicas, mecânicas e anatômicas favoráveis para o fim estrutural. Segundo Marques (2008) a madeira é um material complexo, heterogêneo, anisotrópico, higroscópico, poroso e de origem biológica. Proporciona uma ótima resistência mecânica e se comparada ao seu peso se torna o melhor dentre os materiais utilizados nas construções.



A madeira é renovável, de características próprias e tem limitações como os demais produtos e matérias primas de mesma origem. É um material de ampla utilização podendo ser empregado na construção civil, combustível para geração de energia, fabricação de móveis e utensílios, suportes, moldes, dentre outros mais. Quanto à utilização de madeira maciça na construção civil apresenta inúmeras restrições, como as dimensões das peças dependerem do tamanho e diâmetro da árvore, além de outras anatômicas. Por essas restrições a madeira maciça tem perdido certa fatia de mercado para os produtos derivados, como os laminados colados, painéis OSB, entre outros. Soluções para muitos problemas práticos já foram obtidas com a utilização racional da madeira (LAHR, 1983).

A madeira, com suas peculiaridades, se torna um material interessante para o emprego no setor de construção. Dentre algumas vantagens principais podemos destacar o seu encaixe no conceito de material ecoeficiente, suas boas propriedades mecânicas, fácil trabalhabilidade de forma que exige ferramentas simples, ótimo isolamento térmico e baixa energia de processamento (REMADE, 2001).

Assim como acontece com todos os materiais empregados na construção civil, a madeira para uso estrutural deve ser classificada pelas suas propriedades físicas e mecânicas (SEGUNDINHO et al., 2012). Atualmente a norma brasileira NBR 7190 (ABNT, 1997) estabelece o uso da madeira pelo sistema de classes de resistência, isto é, a norma prescreve possíveis classes de resistência ao engenheiro, atribuindo a cada uma delas sua resistência característica, módulo de elasticidade e densidades. No projeto de revisão da NBR 7190 que se encontra em análise, a partir de 2011 foram incluídas regras de classificação visual para distribuição da madeira em lotes de uso estrutural, conforme sugerido por Carreira e Dias (2005), a partir da qual poderá ser feita a classificação mecânica. Dessa forma o processo se inicia por meio de métodos não destrutivos, onde é feita uma inspeção visual a fim de examinar algumas características intrínsecas (inclinação das fibras, nós, empenamento, anéis de crescimento, encurvamento, racha anelar e fenda), agrupando-as em lotes menos heterogêneos (FIORELLI; DIAS; COIADO, 2009) e, em seguida, faz-se a classificação mecânica da madeira com equipamentos capazes de quantificar adequadamente o módulo de elasticidade das peças.

Quando se quer avaliar a resistência mecânica de peças estruturais de madeira, deve-se ter em mente que há diversas formas diferentes de ensaiar. De acordo com Segundinho et al. (2012), algumas das técnicas utilizadas podem ser classificadas como não destrutivas, dentre elas podemos citar a de ultrassom, vibração transversal, vibração longitudinal, raio X e stress wave ou ondas de tensão. Uma das principais vantagens de utilização dessa técnica é o reaproveitamento do corpo de prova em outro ensaio. Os métodos não destrutivos são capazes de oferecer rápidas respostas e correlações lineares elevadas, tendo custos de equipamentos baixos, o que torna viável a execução desses ensaios.

Este trabalho teve por finalidade apresentar uma técnica eficiente, no que se refere à confiabilidade de resultados, para determinação do módulo de elasticidade longitudinal, por meio de vibração longitudinal, levando em conta a relação comprimento/altura (L/h) dos corpos de prova, e verificar a influência do cisalhamento no módulo de elasticidade por meio da comparação de ensaios não destrutivos (vibração longitudinal) com ensaios destrutivos (flexão estática).



2. MATERIAL E MÉTODOS

A presente investigação foi conduzida no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro - ES. A madeira utilizada foi o *Eucalyptus* sp abatido de plantios homogêneos. Foram selecionadas seis árvores, de modo aleatório, com bom fuste e grã reta, das quais foram retiradas toras de 1 m de comprimento cada. Com auxílio de uma serra de fita, as toras foram desdobradas em tábuas. Posteriormente, de cada tábua foram retirados os corpos de prova para realização dos ensaios, de acordo com as especificações das normas. Para todos os ensaios foram utilizados entre 8 e 12 corpos de prova, tendo o cuidado em descartar o material que apresentar defeitos, como inclinação acentuada da grã, presença de nós e/ou medula.

Os ensaios mecânicos foram realizados seguindo-se as prescrições da NBR 7190 (ABNT, 1997).

Antecedendo os ensaios, destrutivo e não destrutivo, os corpos de prova foram acondicionados em câmara climatizada (20° C de temperatura e 65 % de umidade relativa) até o momento em que os mesmos apresentaram um teor de umidade de equilíbrio equivalente a 12%, estipulado por norma.

Além do ensaio destrutivo e não destrutivo foi realizada caracterização do material com base nas propriedades físicas.

2.1 Dimensionamento das amostras

As peças de madeira processadas para obtenção dos corpos de prova utilizados para determinar o módulo de elasticidade longitudinal, tiveram dimensões de 30 mm x 30 mm (b x h) e comprimento variável (L) nas seguintes razões de L/h: 23 (T1), 21 (T2), 19 (T3), 17 (T4), 14 (T5), 11 (T6), 8 (T7), 5 (T8), respectivamente, considerando a Figura 1 de cima para baixo. Para cada razão de L/h foram feitas 12 repetições. Todas as peças de madeira foram armazenadas em local coberto e mantidas em equilíbrio higroscópico com o meio.



Figura 1. Esquema de corpos de prova de ensaios de flexão.
Fonte: O autor (2014)

2.2 Caracterização das propriedades da madeira (física e mecânica)

2.2.1 Caracterização física

Os ensaios para a determinação da umidade, densidade e retratibilidade foram realizados no Laboratório Ciência da Madeira (LCM/UFES). Os procedimentos para a determinação da retratibilidade, da densidade e umidade seguiram a NBR 7190 (1997), para tanto, foram utilizadas 12 amostras para cada ensaio.



2.2.2 Caracterização mecânica

- Ensaio Destrutivo

Para caracterização das propriedades mecânicas foi utilizada a norma americana ASTM D 143 – *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber* (ASTM, 2000) para determinar às resistências à compressão paralela às fibras e cisalhamento paralelo às fibras.

- Ensaio de flexão estática

Os ensaios de flexão estática nas peças de madeira foram realizados com o objetivo de se obter o módulo de elasticidade à flexão. O ensaio é feito a três pontos nas peças de madeira, conforme a norma ASTM D 198 (2009). O deslocamento é medido por meio de relógio comparador, resolução 0,01 mm e curso de 50 mm, na face oposta à superfície de aplicação da força até atingir um limite ($L/200$), conforme ABNT NBR 7190 (1997). A força é medida por meio de um anel dinamométrico de capacidade igual a 4,7 kN. O módulo de elasticidade à flexão E_M é dado pela Equação 1.

$$E_M = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot \delta \cdot I} \quad (1)$$

Em que:

E_M = módulo de elasticidade à flexão (MPa);

P = incremento de força (N);

L = distância entre apoios (mm);

δ = deslocamento vertical devido à força aplicada (mm);

I = momento de inércia da seção transversal (mm⁴).



Figura 2. Ensaio de flexão estática.
Fonte: O autor (2014)

- Ensaio não destrutivo

No ensaio de vibração longitudinal, obtém-se uma resposta acústica composta por uma ou mais frequências naturais de vibração a partir das quais é calculado o módulo de elasticidade. O corpo de prova sofre um impacto na direção longitudinal conforme instruções da norma ASTM E 1876 (2007), no qual a direção do movimento da onda ocorre na mesma direção do modo de vibração longitudinal. O cálculo do módulo de elasticidade devido à primeira frequência de ressonância de vibração longitudinal E_I é dado pela Equação 2.



$$E_1 = 4 \cdot \left(\frac{m \cdot f_1^2}{b} \right) \cdot \left(\frac{l}{h} \right) \quad (2)$$

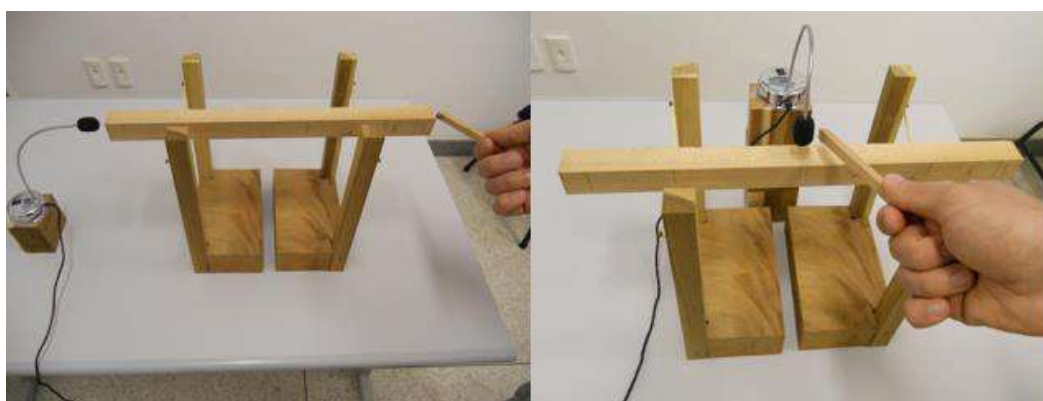
Em que:

E_1 = módulo de elasticidade (MPa);

m = massa (kg);

f_1 = frequência de vibração longitudinal (Hz);

b = largura (mm); h = altura (mm); l = comprimento (mm).



(a)

(b)

Figura 3. Ensaio de vibração longitudinal (a). Ensaio de vibração transversal (b).
Fonte: O autor (2014).

2.3 Análise dos dados

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial (3 x 8), sendo três níveis referentes aos módulos de elasticidades (módulo de elasticidade estático – MOE_{est} , módulo de elasticidade por vibração longitudinal – MOE_{vl} e módulo de elasticidade por vibração transversal – MOE_{vt}) e oito níveis da relação L/h (5, 8, 11, 14, 17, 19, 21 e 23). Sempre que a análise de variância detectou diferenças entre os tratamentos a 95% de probabilidade foi utilizado o teste de Tukey também a 95% de probabilidade para a comparação dos módulos de elasticidade e regressão para a análise do efeito da relação L/h .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Física

Na Tabela 1, são apresentados os valores de densidade aparente (ρ), umidade (U), resistência média à compressão paralela às fibras ($fc_{0,m}$) e resistência média ao cisalhamento paralelo às fibras ($fv_{0,m}$) da madeira em estudo.



Tabela 1. Valores encontrados na caracterização física

<i>Eucalyptus sp.</i>	U(%)	$\rho(g.cm^{-3})$	$fc_{0,m}$ (kgf/cm ²)
Média	12,2	0,42	470,4

(ρ) = Densidade aparente. (U) = Umidade. ($fc_{0,m}$) = Resistência média à compressão paralela às fibras.

Os resultados dos ensaios possibilitaram demonstrar que a madeira encontra-se com umidade média de aproximadamente 12%, conforme especificado pela NBR 7190 como umidade ideal.

Em relação à densidade aparente média, observa-se que o valor obtido foi inferior aos resultados apresentados por diversos autores como Shimoyama e Barrichello (1991), Carmo (1996), Lima(1996) e Oliveira et al. (2005), fato esse justificado pelo fato de estarmos trabalhando com uma árvore jovem com idade de 10 anos, uma vez que é sabido que a relação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* tende a aumentar com a idade em consequência do aumento da espessura da parede celular e diminuição das larguras das células.

3.2 Caracterização mecânica

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios obtidos para o Módulo de elasticidade estático (MOE_{est}), o Módulo de elasticidade por vibração longitudinal (MOE_{vl}) e o Módulo de elasticidade por vibração transversal (MOE_{vt}), pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Valores médios obtidos para o Módulo de elasticidade estático (MOE_{est}), o Módulo de elasticidade por vibração longitudinal (MOE_{vl}) e o Módulo de elasticidade por vibração transversal (MOE_{vt})

Tratamentos (L/h)	MOE_{est} (GPa)	MOE_{vl} (GPa)	MOE_{vt} (GPa)
5	1,44Cb	14,35Aab	8,55Bb
8	4,68Cb	13,02Aab	9,20Bb
11	10,53Ca	17,78Aa	14,31Ba
14	11,44Ba	16,82Aab	14,24ABa
17	12,59Ba	16,47Aab	14,66ABa
19	12,63Ba	17,88Aa	15,31ABa
21	14,52Aa	17,66Aa	15,93Aa
23	14,29Aa	17,36Aa	15,48Aa

(MOE_{est}) = Módulo de elasticidade estático. (MOE_{vl}) = Módulo de elasticidade por vibração longitudinal. (MOE_{vt}) = Módulo de elasticidade por vibração transversal.

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Segundo Carreira (2012), conforme recomendação da norma NBR 7190 (ABNT, 1997), o esforço cortante pode ser desvalido no cálculo do módulo de elasticidade dinâmico pelo ensaio de vibração transversal para valores de L/h = 21.



Para o trabalho em questão, o módulo de elasticidade pelo ensaio de flexão para a relação $L/h=21$ foi de 14,52 GPa. Observa-se que os três tratamentos adotados não apresentaram diferença significativa para a relação $L/h=21$. Fato similar foi observado para relação $L/h=23$. No entanto, as demais relações L/h apresentaram diferença significativa para os três tratamentos estudados.

Segundo Lahr (1983) não há influência da relação vão livre-altura no módulo de ruptura de peças de madeira submetidas a esforços de flexão. Com isto, torna-se indiferente a adoção de corpos de prova com quaisquer valores de L/h para a determinação da resistência da madeira à flexão, podendo ser aproveitados para este objetivo, os mesmos corpos de prova utilizados para se estabelecerem os valores do módulo de elasticidade longitudinal real e o módulo de elasticidade transversal na flexão. No entanto, esse fato não foi observado para o Módulo de elasticidade estático.

O conhecimento destas relações permitirá a previsão, sem ensaios destrutivos, dos parâmetros de ruptura à flexão e à compressão paralela às fibras, possibilitando aproveitamento mais racional da madeira, através da prévia classificação das peças a serem empregadas estruturalmente Lahr (1983).

Ao analisar os valores do Módulo de elasticidade estático (MOEest) pelo método destrutivo, observa-se influência da relação L/h no cálculo do Módulo de elasticidade. Fato similar também foi observado no Módulo de elasticidade por vibração transversal (MOEvt). Exceto para a relação $L/h = 21$ e $L/h = 23$.

Na Figura 4 observa-se o comportamento dos módulos de elasticidade longitudinal (A), transversal (B) e flexão estática (C) em função da relação L/h .

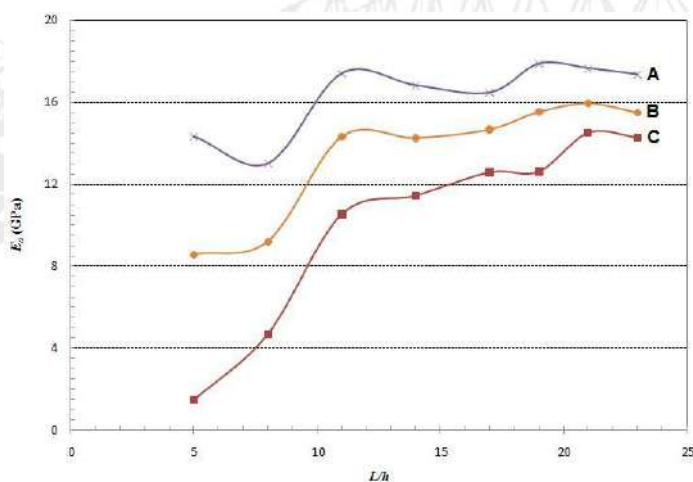


Figura 4. Módulos de elasticidade longitudinal (A), transversal (B) e flexão estática (C) em função da relação L/h .

Observa-se que os três tratamentos estudados apresentaram comportamento semelhante, no entanto, apenas as relações $L/h=21$ e $L/h=23$ apresentaram valores próximos ao valor real (curva B).



4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados conclui-se que:

- O teor de umidade dos corpos de provas estão dentro do estipulado pela norma para a execução dos ensaios;
- A densidade aparente média apresentou valores inferior aos encontrados em literatura, o que pode ser justificado pelo fato de estarmos trabalhando com uma árvore jovem com idade de 10 anos, uma vez que, é sabido que a relação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* tende a aumentar com a idade em consequência do aumento da espessura da parede celular e diminuição das larguras das células;
- Os resultados obtidos a partir desse trabalho proporcionaram condições para o aperfeiçoamento dos projetos de estruturas de madeira, cujos elementos estejam submetidos à solicitação de flexão.
- Apenas as relações $L/h = 21$ e $L/h = 23$ mostraram-se adequados ao estudar a relação L/h e o Módulo de elasticidade. Não sendo, portanto indicado a utilização de corpos de prova com a relação L/h inferior a 21.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo apoio do Programa Institucional de Iniciação Científica (PIIC) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo financiamento da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials. ASTM D 143 – Standard test methods for small clear specimens of timber. Philadelphia, PA, 2000.

American Society for Testing and Materials. ASTM D 198: Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes. Philadelphia: ASTM, 2009.

American Society of Testing and Materials. ASTM E 1876 – Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration. West Conshohocken, Pennsylvania, USA. 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190: 1997 – Projeto de Estruturas de Madeira: 1997. Rio de Janeiro, 1997.



CARREIRA, M. R.; DIAS, A. A. Classificação visual de coníferas: análise da aplicação do método norte-americano às espécies de *Pinus* sp plantadas no Brasil. *Scientia Forestalis*, n.67, p.78-87, 2005.

CARREIRA, M. R. Avaliação da Rigidez à Flexão de Toras de Madeira por meio de Vibração Transversal. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas e Área de Concentração em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.

FIORELLI, J.; DIAS, A. A.; COIADO, B. Propriedades mecânicas de peças com dimensões estruturais de *Pinus* sp: correlação entre resistência à tração e classificação visual. *Revista Árvore*, Viçosa – MG, v.33, n.4, p.741-750, 2009.

LAHR, F. A. R. Sobre a Determinação de propriedades de Elasticidade da Madeira. 1983. 227 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1983.

Madeira de Eucalipto na construção civil. *Revista da Madeira*. Ed. N° 59. Set. 2001. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=7&subject=Constru%E7%E3o%20Civil&title=Madeira%20de%20Eucalipto%20na%20Constru%E7%E3o%20Civil#>. Acesso em: 16 mar. 2013.

MARQUES, L. E. M. M. O papel da madeira na sustentabilidade da construção. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.

SEGUNDINHO, P. G. A. Aplicação do método de ensaio das frequências naturais de vibração para obtenção do módulo de elasticidade de peças estruturais de madeira. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v.36, n.6, p.1155-1161, 2012.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DA MADEIRA

Dianessa Danielli¹
Helena Cristina Vieira²
Rafaela Stange²
Rafael Battisti Archer²
Bruna Lopes da Silva Gonçalves²
Polliana D'Angelo Rios³
Daigard Ricardo Ortega Rodriguez⁴
Mario Tomazello Filho⁴

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC Departamento Engenharia Florestal

² Universidade do Estado de Santa Catarina

³ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

⁴ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / Universidade de São Paulo



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DA MADEIRA

Resumo: Com o emprego de tecnologias alternativas para determinar a densidade aparente, o presente trabalho tem como objetivo comparar dois métodos propostos para determinação da densidade aparente da madeira de 6 espécies com ocorrência natural em Floresta Ombrófila Mista do Planalto Catarinense, sendo eles o método estereométrico e o método por Densitometria de Raios X. Foram coletados três indivíduos das espécies: *Allophylus edulis*, *Inga vera*, *Machaerium paraguariense*, *Ocotea indecora*, *Picrasma crenata* e *Vernonanthura discolor*, de cada indivíduo, foram retirados discos de madeira no DAP. Para a determinação da densidade aparente utilizando a Densitometria de Raios X, os discos foram cortados em amostras diametrais com 10,0 mm de largura e 2,0 mm de espessura. Essas amostras foram expostas à varredura em um feixe colimado de Raios X. Os valores de intensidade de raios X foram transformados em densidade aparente através do software QMS. Para o método estereométrico foram confeccionados 6 corpos-de-prova de cada disco no sentido medula-intermediário-casca, utilizando a norma NBR 7190. Com os resultados, pode-se concluir que os valores médios da densidade aparente do lenho, obtidos pelos dois métodos foram semelhantes quando observados os valores absoluto e a alta correlação obtida.

Palavras-chave: Densidade aparente; Densitometria de Raios X; método estereométrico.

COMPARISON BETWEEN TWO METHODS FOR DETERMINING THE APPLICABLE DENSITY OF MADEIRA

Abstract: With the use of alternative technologies to determine the apparent density, the present work has the objective of comparing two proposed methods to determine the apparent density of the wood of 6 species with natural occurrence in Araucaria Forest of Planalto Catarinense, being the stereometric method and the method by X ray Densitometry. Three individuals of the species: *Allophylus edulis*, *Inga vera*, *Machaerium paraguariense*, *Ocotea indecora*, *Picrasma crenata* and *Vernonanthura discolor* were collected from each individual, wooden discs were removed from the 1,30 meters. For determination of bulk density using X ray densitometry, the disks were cut into 10,0 mm wide and 2,0 mm thick diametrical samples. These samples were exposed to scanning in a collimated X ray beam. X ray intensity values were transformed into bulk density through the QMS software. For the stereometric method, 6 samples were prepared from each disc in the medulla-intermediate-bark direction, in order to determine the density the NBR 7190 standard was used. With the results, it can be concluded that the mean values of the bulk density obtained by the two methods were similar when observed the absolute values and the high correlation obtained.

Keywords: Apparently density; X ray Densitometry; Stereometric method.

1. INTRODUÇÃO

A densidade é uma das mais importantes propriedades e parâmetro de qualidade da madeira e de seus produtos (HUGHES, 1969; BRASIL; LOUSADA *et al.*, 1994; KLOCK,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1989 E 2000; LOUSADA, 2000), relacionando-se com a resistência mecânica, retratibilidade, biodegradação e quantificação do teor de matéria-prima da madeira (PANSIN; DE ZEEUW, 1980; SHIMOYAMA, 1990).

Segundo Spurr Hyvarinem (1954) a densidade do lenho apresenta variabilidade nos sentidos radial e longitudinal no tronco das árvores e entre árvores de uma mesma espécie em função das características anatômicas e da composição química, não existindo um padrão único para todas as espécies.

Na caracterização da madeira, a determinação de sua densidade e principalmente de sua variação dentro da árvore, tanto na direção radial, da medula para a casca, quanto no sentido base-topo, é fundamental como subsídio ao entendimento de sua qualidade (OLIVEIRA et al. 2005).

Conforme Dias (2000) dependendo da condição de umidade da amostra, a densidade pode ser descrita de várias formas. As duas formas mais usuais de determinação são a densidade básica e a densidade aparente. A primeira forma, densidade básica, relaciona a massa da madeira completamente seca em estufa, com o seu respectivo volume saturado, ou seja, acima do ponto de saturação das fibras (PSF). A segunda, que do ponto de vista prático é maior o interesse na sua determinação, devido ao fato desta ter influência da porosidade da madeira, é feita com determinação de massa e volume a um mesmo valor de teor de umidade, que, para as condições internacionais é de 12 %.

A densidade aparente determinada na umidade de equilíbrio expressa de maneira real a característica da madeira, e evidencia a forma correta para a utilização em construções civis, confecções de móveis (REZENDE, 1995).

Existem vários métodos para determinação da densidade aparente da madeira, entre eles estão o método estereométrico descrito pela norma NBR 7190, onde o volume do corpo-de-prova pode ser obtido a partir de medidas com paquímetro, por deslocamento de água ou por deslocamento de mercúrio, sendo que o mais prático e o que apresenta resultados menos discutíveis é o método da medida do corpo-de-prova com paquímetro, conforme afirma Hellmeister (1982).

A técnica de densitometria de raios X, constitui-se em uma acurada ferramenta de análise dos anéis de crescimento, propiciando a determinação dos valores pontuais micrométricos da densidade aparente do lenho, representativas das variações inter e intra-anéis de crescimento (TOMAZELLO FILHO et al., 2005).

Esta metodologia foi implantada no Brasil por Amaral (1994), sendo uma importante ferramenta na avaliação da qualidade do lenho das árvores submetidas aos tratamentos silviculturais e variações climáticas, bem como para a caracterização tecnológica da madeira (HUGHES; SARDINHA, 1975; MOTHE et al., 1998; POLGE, 1965; TOMAZELLO FILHO et al., 2005; ARIZAPANA-ALMOCINAD, 2013).

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo a determinação da densidade aparente de 6 espécies ocorrentes na Floresta Ombrófila Mista do Estado de Santa Catarina, por meio da metodologia de Densitometria de Raios X e compará-la com o Método Estereométrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área e coleta do material para análise

Para as análises, as espécies foram coletadas no estado de Santa Catarina. Abrangendo as cidades de Campos Novos, Brunópolis, Curitibanos, Frei Rogério, São José do Cerrito e Vargem onde está localizada a Usina Hidrelétrica de São Roque (Figura 1).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

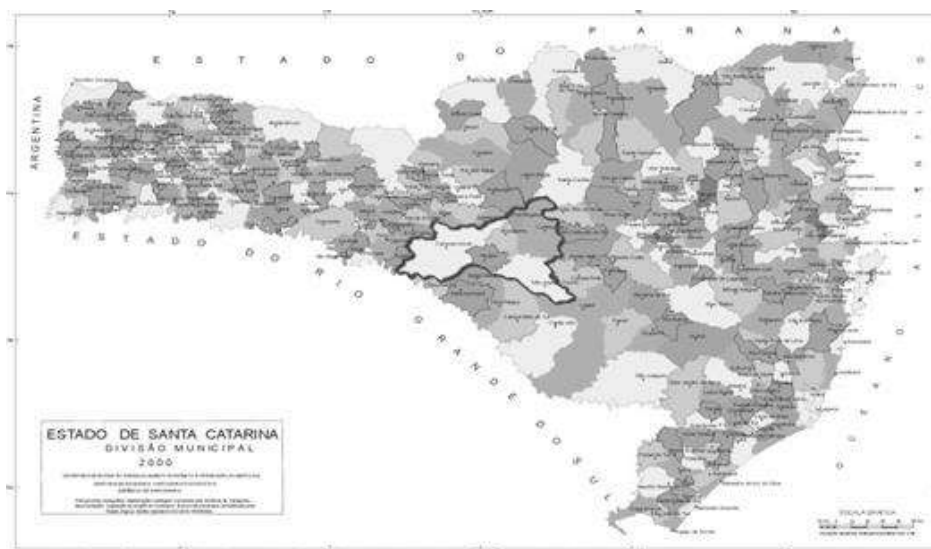


Figura 1. Localização da área de coleta no Estado de Santa Catarina.
Fonte: Adaptado IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014).

As coletas das amostras foram realizadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), no ano de 2014. De cada espécie foram selecionadas aleatoriamente três árvores. Em cada indivíduo foram coletados material botânico para a identificação, registro no Herbário de Lages, da Universidade do Estado de Santa Catarina (LUSC) e um disco de madeira.

Foram utilizadas as madeiras de 6 espécies. A seguir, estão listadas as espécies analisadas com seus respectivos nomes populares e famílias (Tabela 1).

Tabela 1. Nome científico, nome popular e família das espécies que serão analisadas.

Espécie	Nome popular	Família
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl	Vacum	Sapindaceae
<i>Inga vera</i> Willd.	Ingá	Fabaceae
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	Jacaranda-branco	Fabaceae
<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	Canela	Lauraceae
<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.	Pau-amargo	Simaroubaceae
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	Vassourão-preto	Asteraceae

A coleta do material foi feita de forma destrutiva, onde retirou-se um disco de cada indivíduo no Diâmetro a Altura do Peito (DAP – 1,30 m do solo), com espessura de aproximadamente 5 cm cada disco.

2.3 Determinação da densidade do lenho por Densitometria de Raios X

A Densitometria de Raios X foi aplicada com a finalidade de caracterizar a madeira e os anéis de crescimento por esta técnica. A análise foi realizada no Laboratório de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira, do departamento de Ciências Florestais, da Esalq/USP em Piracicaba – SP.

Para a determinação da densidade do lenho, foram demarcadas e cortadas amostras diametrais (1 cm de largura) passando pela medula, coladas em suporte de madeira e seccionadas em serra circular paralela, no sentido transversal (2,0 mm, espessura) e acondicionadas em câmara de climatização (24 h, 20 °C, 50 % de UR) até atingirem 12 % de umidade (Figura 2).

Essas amostras foram fixadas em suporte metálico, transferidas para a câmara de irradiação do equipamento e expostas à varredura em um feixe colimado de raios X. Os valores de intensidade de Raios X que atravessam a amostra do lenho são transformados em densidade aparente através do software Quintek Measurement Systems (QMS). Os valores pontuais de densidade são observados na tela do monitor, simultaneamente ao processo de escaneamento pelo feixe de Raios X, construindo o perfil radial de densidade aparente do lenho juntamente com a imagem da seção transversal do lenho (QMS, 1999) (Figura 3). Os valores radiais de densidade aparente do lenho obtidos pelo software QMS originam um arquivo DAN (relatório da análise com os valores pontuais de densidade aparente do lenho a cada 40 micrometros). Na sequência, o arquivo DAN foi lido pelo software Excel, construindo-se os perfis radiais de densidade aparente do lenho e dos anéis de crescimento que serão relacionados com o crescimento do tronco das árvores. (QUINTEK MEASUREMENT SYSTEMS - QMS, 1999).

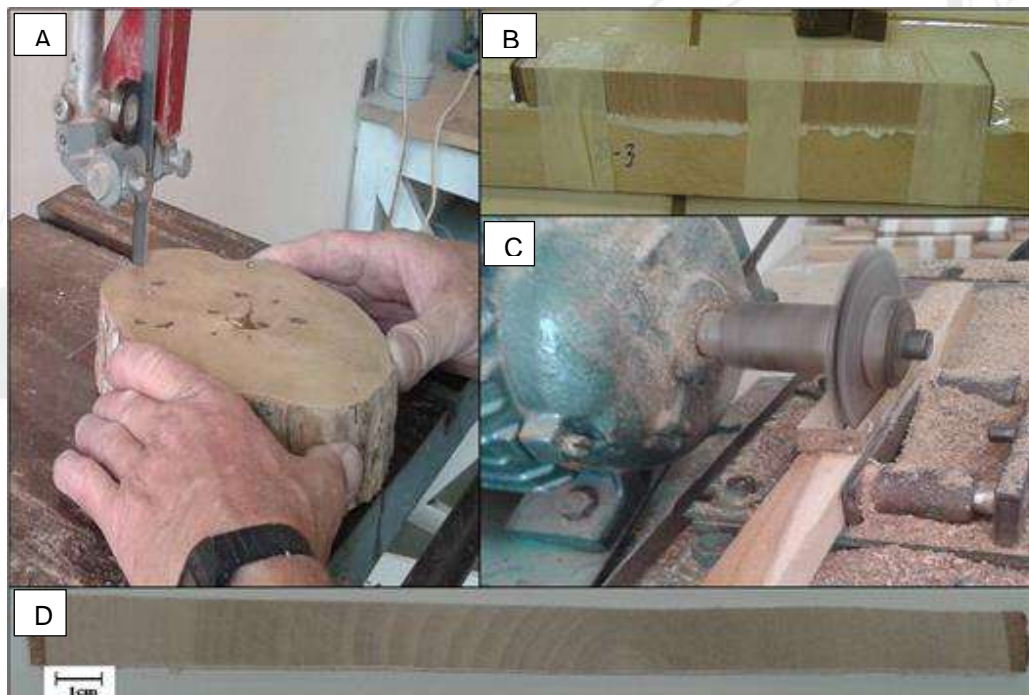


Figura 2. Preparo do material para Densitometria de Raios X. (A) corte dos discos para retiradas da amostra do lenho; (B) colagem da amostra do lenho em suporte de madeira; (C) corte das amostras do lenho em equipamento de dupla serra; (D) amostra diametral do lenho com de 2 mm de espessura.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 3. Obtenção dos perfis de densidade. (A, B) equipamento de Raios X QTRS-01X com o suporte metálico e encaixe com a amostra do lenho no compartimento de análise; (C) seção transversal do lenho e perfil de densidade aparente no monitor.

2.4 Determinação da densidade aparente pelo método estereométrico

Esta análise foi realizada no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV – UDESC) em Lages – SC, de acordo com a adaptação da norma NBR 7190.

Para determinação da densidade aparente foram retirados 6 corpos-de-prova de cada disco no sentido medula-intermediário-casca, obtendo 342 corpos-de-prova no total. Posteriormente, estes foram acondicionados em uma sala de climatização com 20 °C e 65 % de umidade relativa do ar até atingir 12 % de umidade.

A massa foi obtida diretamente em uma balança de precisão e o volume foi determinado pelo método estereométrico que é feito medindo os três planos anatômicos da amostra, utilizando o instrumento paquímetro (Figura 4).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 4. Obtenção da densidade aparente pelo método estereométrico. (A, B) Corpos-de-prova; (C) Obtenção da massa com balança de precisão; (D) Obtenção do volume pelas medidas de todas as dimensões do corpo de prova com auxílio de paquímetro.

A partir da obtenção dos dados de massa e volume a densidade aparente da madeira foi calculada através da seguinte fórmula:

$$\rho = (m \text{ 12 \%}) / (V \text{ 12 \%}) \quad (\text{g/cm}^3)$$

Para determinar as correlações existentes entre a densidade aparente da madeira obtida pela metodologia de Densitometria de raios X e Método estereométrico foi empregado o coeficiente de correlação de Pearson a 5 % de significância, que mede o grau de associação linear entre duas variáveis quantitativas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios para as densidade aparentes obtidas pelo método de Densitometria de Raios X e pelo método estereométrico estão apresentadas na Tabela 2.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 2. Valor médio da densidade aparente do lenho das 6 espécies, obtido pela densitometria de raios X e pelo método estereométrico.

Espécie	Densitometria de raios X (g/cm ³)	Método estereométrico (g/cm ³)
<i>Allophylus edulis</i>	0,682	0,608
<i>Inga vera</i>	0,614	0,557
<i>Machaerium paraguariense</i>	0,713	0,644
<i>Ocotea indecora</i>	0,653	0,559
<i>Picrasma crenata</i>	0,647	0,556
<i>Vernonanthura discolor</i>	0,552	0,465

Os resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estão representados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estudadas neste trabalho.

Espécie	Literatura	Densidade
<i>Allophylus edulis</i>	Sanchotene (1989)	Aparente 0,670 - 0,690 g/cm ³
	Rabelo et al. (2015)	Aparente 0,608 g/cm ³
<i>Inga sp.</i>	Cerqueira Neto et al. (2013)	Básica 0,836 g/cm ³
<i>Machaerium floridum</i>	Oliveira (2014)	Básica 0,798 g/cm ³
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	Mendonça et al. (1998)	Aparente 0,85 e 0,95 g/cm ³
<i>Ocotea indecora</i>	Oliveira (2014)	Aparente 0,663 g/cm ³
<i>Picrasma crenata</i>	-----	-----
<i>Vernonanthura discolor</i>	-----	-----

De acordo com Sanchotene (1989), a madeira de *Allophylus edulis* pode ser caracterizada como macia, de pouca durabilidade em ambientes externos e própria para marcenaria, esteios, moirões, lenha, carvão e cabos de ferramentas. Rabelo et al. (2015), ao estudarem a mesma espécie, encontraram valores de densidade aparente próximo aos deste trabalho.

Considerando as madeiras do gênero *Inga*, Cerqueira Neto et al. (2013), determinaram que a densidade varia entre as diferentes espécies. Por isso, pode ser amplamente utilizada na fabricação de caixotarias, brinquedos, lápis e obras internas.

Oliveira (2014) ao verificar o comportamento geral de espécies arbóreas, frente a diferentes condições ambientais classifica a madeira de *Machaerium paraguariense* como sendo de média densidade. Para Mendonça et al. (1998) a *Machaerium scleroxylon* Tul. mesmo gênero estudado neste trabalho, possui madeira com grande utilização na construção civil para lambris e painéis, por apresentar elevada resistência mecânica. Conforme Ipt, (1989), a madeira desse gênero também é utilizada para moirões e outras finalidades em contato com o solo, pois apresenta alta resistência natural e os vasos são obstruídos por tilos e óleo resinas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Ainda, Oliveira (2014) ao estudar a densidade aparente da *Ocotea indecora* encontrou valores semelhantes ao deste trabalho. As madeiras das espécies do gênero *Ocotea* apresentam boas características físicas e mecânicas (ASSIS, 2009). Segundo Carvalho (1994) *Ocotea puberula*, possui madeira própria para construção interna, construção civil em geral e para fabricação de papel, *Ocotea porosa*, é utilizada para mobiliário de luxo, carpintaria, marcenaria, e construção civil em geral. A *Ocotea odorifera* também é utilizada para móveis, construção civil, embarcações (por ser muito durável na água), marcenaria, portas trabalhadas, esquadrias e caixilhos (REITZ et al. 1979).

As espécies *Picrasma crenata* e *Vernonanthura discolor* obtiveram densidade aparente de 0,647 e 0,552 g/cm³ para o método de densitometria de raios X e 0,556 e 0,465 g/cm³ para o método estereométrico de determinação da densidade aparente da madeira, respectivamente. Para estas espécies não foram encontradas valores de referências na literatura.

A madeira de *Picrasma crenata* é utilizada principalmente como ornamental ou para a arborização urbana de parques e praças (CARVALHO, 2014). E a *Vernonanthura discolor* pode ser utilizada para caixotaria, aglomerados, tacos de sapatos e tamancos (SALOME, 2002).

A fim de se verificar a equivalência de ambos os métodos, a partir dos dados obtidos, foi realizada a Correlação de Pearson, cuja representação gráfica é mostrada na Figura 5.

A correlação de Pearson para os valores médios de densidade aparente do lenho dos indivíduos estudados obtidos pelos métodos de densitometria de raios X e estereométrico se mostrou positiva, com coeficiente de Pearson de 0,92 (Figura 5), indicando assim a correlação entre os valores médios da densidade aparente do lenho.

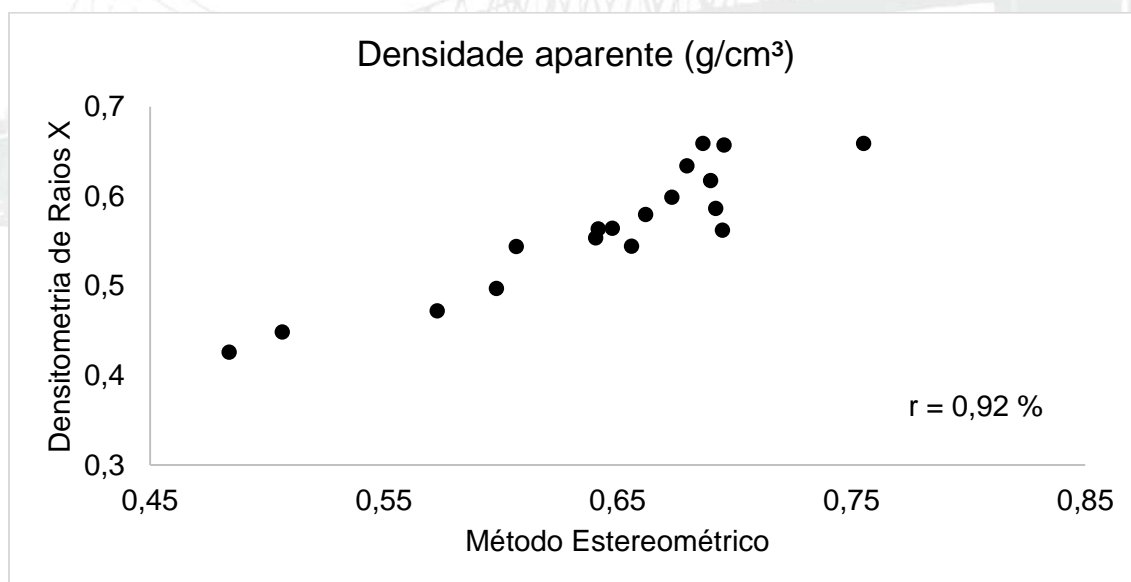


Figura 5. Correlação de Pearson dos valores de densidade aparente do lenho das 6 espécies, obtidos pela Densitometria de Raios X e método estereométrico.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

5. CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que os valores médios da densidade aparente do lenho, obtidos pelos dois métodos foram semelhantes quando observado os valores absoluto e pela alta correlação obtida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.C.B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira**. Piracicaba. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 143p. (1994).

ARIZAPANA-ALMONACID, M. A. **Avaliação do crescimento e da qualidade do lenho de árvores de Eucalyptus urophylla, de 8 anos, de teste de progênies, visando a produção de carvão vegetal**. 2013. 159 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais - Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

ASSIS, L. C. S. **Sistemática e filosofia: filogenia do complexo Ocotea e revisão do grupo Ocotea indecora (Lauraceae)**. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Biociências São Paulo. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cálculo e execução de estruturas de madeira - NBR 7190. Rio de Janeiro, 1982.

BRASIL, M.A.M.; FERREIRA M. Características das fibras de madeira de Eucalyptus grandis Hill exMaiden, aos 3 anos de idade. **IPEF**, Piracicaba, n.19, p.80-97, 1979.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa-Florestas, 1994. 640 p.

CERQUEIRA S. N., J. et al. **Densidade Básica Da Madeira Para Quantificação De Biomassa Em Vegetação De Mata Atlântica**. In: Mudanças climáticas globais: atuação e perspectivas da Engenharia Florestal no Nordeste, 2013, Vitória da Conquista. 2013. p.3.

DIAS, F.M. **A densidade aparente como estimador de propriedades de resistência e rigidez da madeira**. 2000. 146p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos.

HELLMEISTER, J.C. Sobre a determinação das características físicas da madeira. São Carlos, 1982. 119p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

HUGHES J. F.; ESAN D. Variation in some structural feature and properties of Gmelina arborea. **Tropical Science**, Chichester v.11, n.1, p.23-37, 1969.

HUGHES, J. F.; SARDINHA, R. M. A. The application of optical densitometry in the study of wood structure and properties. **Journal of Microscopy**, Oxford, v. 104, n. 1, p. 91-103, 1975.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras.** 2ªed. São Paulo: IPT, 1989. 418p. (publicação IPT Nº 1791).

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de Pinus oocarpa Shiede e Pinus caribaea Morelet var. hondurensis Barr e Golf.** 1989. 132p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

LOUSADA, J.L.P.C. **Variação fenotípica e genotípica em características estruturais na madeira de Pinus pinaster Ait: parâmetros genéticos na evolução juvenil-adulto dos componentes densidade da madeira.** 2000. Vila Real: UTAD, 2010. (Série Didática n.143).

LOUSADA, J.L.P.C.; FONSECA, F.M.A.; SILVA, M.E.C.M. Relações entre componentes da densidade da madeira no lenho juvenil e lenho adulto em Pinus pinaster Ait. In: CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL; 3., 1994, Vila Real. Vila Real: **Anais...** Vila Real: UTAD, 1994. p.393-405.

MENDONÇA, R.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA-JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E.N. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora.** Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1998. p.287-556.

MOTHE, F.; SCIAMA, D.; LEBAN, J. M.; NEPVEU, G. Localisation de la transition bois initial - bois final dans un cerne de chêne par analyse microdensitométrique. **Annales des Sciences Forestières**, Champenoux, Institut national de la recherche agronomique, équipe de recherches sur la qualité des bois, v. 4, n. 55, p. 437 - 449, 1998.

OLIVEIRA, J.T.S.; HELLMEISTER, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.115- 127, 2005.

OLIVEIRA, V. G. M. **Densidade da madeira em Minas Gerais: Amostragem, espacialização e relação com variáveis ambientais.** 2014. 47p. Tese (Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. Structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the U. S. and Canadá. **Textbook of Wood Technology.** 4ed. Boston: McGraw-Hill College, 1980.

POLGE, H. Study of wood density variations by densitometric analysis of X-ray negatives of samples taken with a Presslet Auger. In: SYMPOSIUM OF I.U.F.R.O., 1965, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: IUFRO, 1965. Section 41, 19 p.

QUINTEK MEASUREMENT SYSTEMS. **Tree ring analyzer users guide: model QTRS-01X.** Knoxville, 1999. 72 p.

RABELO, Felipe Rodrigo de Carvalho et al. **Dinâmica da vegetação em um fragmento de Mata Atlântica no nordeste do Brasil.** 2015.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

REITZ, R.; KLEIN, M. R. & REIS, A. **Madeiras do Brasil (Santa Catarina)**. Lunardelli, Florianópolis, 320 p., 1979.

REZENDE, M.A. de.; SAGLIETTI, J.R.C.; GUERRINI, I.A.; **Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do Pinus caribaea var. hondurensis aos 8 anos de idade**. Trabalho de Pesquisa, IPEF, Piracicaba, SP, n.48/49, p.133-141, 1995.

SALOMÈ, J. A. **Levantamento e fenologia de plantas apícolas do estado de Santa Catarina**. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

SANCHOTENE, M.C.C. **Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana**. Porto Alegre: SAGRA, 1989. 306 p.

SHIMOYAMA, V.R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em Eucalyptus sp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo; 1990.

SOUZA, Frederico de et al. **Resistência natural e alteração da cor da madeira de Machaerium scleroxylon Tul. submetida ao ataque de fungos apodrecedores**. 2010.

SPURR, S.H.; HYVARINEN, M.J. Wood fiber length as related to position in tree and growth. **Botanical Review**, Lancaster, v.20, p.561-575, 1954.

TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M. P.; ROQUE, R. M. **Manual de aplicação de densitometria de raios-X em amostras de madeira, CRAD e CERD**. Piracicaba, 2005, 32 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPARAÇÃO ENTRE PLANTIOS DE ANGICO VERMELHO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO

Nicolas Manarim de Brito¹

Carla Talita Pertille²

Francielle Santos Vieira²

Fabiani das Dores Abati Miranda³

Veridiana Padoin Weber³

¹ Universidade Federal do Paraná

² Universidade do Estado de Santa Catarina

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPARAÇÃO ENTRE PLANTIOS DE ANGICO VERMELHO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO

Resumo: O Geoprocessamento é muito utilizado no Brasil em diversas áreas, tendo expandido sua utilização na área florestal. Por possuir diversas ferramentas, dentre elas o Sistema de Informações Geográficas (SIG), seu uso vem se expandindo, pois esta ferramenta consegue unir informações espaciais com atributos, possibilitando uma análise multivariada de informações, que facilitam e indicam as melhores decisões a serem tomadas. Desta maneira o objetivo deste trabalho foi utilizar o SIG para comparar dois talhões de *Parapiptadenia rigida* com diferentes espaçamentos por meio de mapas. O levantamento ocorreu no ano de 2016, onde obteve-se a localização, altura e diâmetro de todas as árvores. Posteriormente os dados foram tabulados em planilha eletrônica, e o volume de cada árvore foi calculado formando-se um banco de dados. Os dados de localização e os dados tabulados foram integrados em ambiente SIG, para que os talhões recebessem as informações do banco de dados e fossem apresentados em forma de mapas. Respeitando as variáveis visuais adequadas conforme as normas cartográficas, foram gerados mapas de classes diamétricas e volumétricas. O volume total e o incremento médio anual por talhão foi calculado e extrapolado para um hectare para melhor comparação. Dessa forma foi possível indicar que o espaçamento de 2,0 x 2,0m (menos adensado) é melhor que o 1,5 x 2,0m (mais adensado) para o desenvolvimento desta espécie.

Palavras-chave: mapeamento, *Parapiptadenia rigida*, dendrometria, hipsometria.

COMPARISON BETWEEN PLANTS OF RED ANGICO IN DIFFERENT SPACES USING GEOPROCESSMENT

Abstract: Geoprocessing is widely used in Brazil in several areas, having expanded its use in the forest area. What is what is what is what is what is what is what is what is what is what is a problem,. In this way or the objective of this work was the use of GIS to compare two plots with different spacings in an area with rigid *Parapiptadenia* planting through maps. The survey took place in the year 2016, where a location, height and diameter of all trees were obtained. Subsequently, the data were tabulated in spreadsheet, the volume of each Scenario and database was formed. Subsequently, the location data and the data of the users integrated in the GIS environment, so that the plots received as information from the database and were in the form of a map. Respecting as appropriate visual variables according to cartographic norms, maps of diametric and volumetric classes were generated. The total volume per plot and the average annual increment of each plot for calculation and extrapolated to one hectare for the better. In this way it was possible to indicate the space of 2,0 x 2,0 m (less densified) is better than the 1.5 x 2,0m (more densely) for the development of this species.

Keywords: mapping, *Parapiptadenia rigida*, dendrometry, hypsometry.

1. INTRODUÇÃO

O Geoprocessamento engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, por meio de programas computacionais. Dentre essas ferramentas, destacam-se o Sensoriamento Remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de sistemas de posicionamento global

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



(GPS) e os sistemas de informações geográficas (SIG) (SANTOS et al., 2000). Esse conjunto de tecnologias engloba vários tipos de sistemas e técnicas para tratamento da informação espacial e permite a visualização em forma de mapas, tabelas e gráficos, constituindo-se ferramenta de análise e subsídio à tomada de decisão (EMMERT et al., 2010).

Uma das ferramentas do Geoprocessamento é o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o qual necessita de um banco de dados para seu funcionamento. Com o banco de dados completo, é possível executar análises, processar os dados e gerar saídas de informações, através de mapas ou relatórios, podendo representar áreas de manejo florestal, estoque ou possíveis ações para a área de interesse (COUTO, 1993). Diante disso, percebe-se que a utilização de ferramentas de Geoprocessamento aplicadas na área florestal podem otimizar os processos administrativos de florestas, pois a partir dados de saída (mapas ou relatórios), serão criadas informações de suporte para tomadas de decisões, como: condução florestal, ações silviculturais ou manejo florestal (COUTO, 1993).

Das inúmeras informações utilizadas na formação de um SIG, para tomada de decisão na condução de plantios florestais, o espaçamento é uma das mais importantes, pois interfere diretamente no estoque de madeira comercial (LIMA et al., 2013). Geralmente, espaçamentos maiores proporcionam maior incremento volumétrico por indivíduo arbóreo e vice-versa, porém no momento que ocorre a mortalidade e/ou o desbaste nos plantios florestais, o espaçamento inicial é desconfigurado podendo ser melhor visualizado em um mapa do que em campo durante um inventário florestal.

Nesse contexto, o estudo objetivou comparar o incremento e o volume de dois talhões em um plantio de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan localizado na cidade de Dois Vizinhos – PR, em função do espaçamento, com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um plantio de 496 indivíduos de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan plantado no ano de 2004 em uma área experimental localizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos (UTFPR/DV), Latitude 25°41'56.65" Sul e Longitude 53° 5'56.89" Oeste, que está localizada na cidade de Dois Vizinhos – PR. O plantio de angico está dividido em duas subáreas com dois espaçamentos iniciais diferentes (1,5 m entre linhas e 2 m entre plantas e o outro de 2 m x 2 m).

Os limites da área foram determinados utilizando receptores GPS, no qual o receptor geodésico TechGeo GTR-G2 foi instalado no ponto base (ponto de coordenadas conhecidas) e o topográfico TechGeo GTR-A BT foi utilizado para levantar a área a partir do método de posicionamento relativo “*stop and go*”, com tempo de ocupação de 10 min. Para o levantamento dos indivíduos, os equipamentos utilizados foram a estação total e um par de receptores GPS geodésicos, a partir da implantação de dois pontos de controle, com coordenadas conhecidas, próximo ao plantio de Angico. Estes pontos tiveram suas coordenadas definidas com uso dos receptores GPS geodésicos. Um dos receptores foi instalado no ponto base, e a outra antena foi fixada por trinta minutos sobre o ponto de controle que se desejava obter as coordenadas, procedimento chamado de método de posicionamento relativo estático.

Por fim, todos os indivíduos arbóreos tiveram suas coordenadas obtidas através do uso de Estação Total e das coordenadas dos pontos de controle. Para isso, foi realizado um transporte de coordenadas por meio de uma poligonal aberta e método de irradiação. Para tanto, instalou-se a Estação Total sobre um dos pontos de controle e fez-se a ré sobre o outro ponto de controle, garantindo assim que os dados obtidos a partir das novas medições tivessem orientação, coordenadas conhecidas e



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

válidas. Com isso, as coordenadas de todos os indivíduos arbóreos foram obtidos. O processamento dos dados geodésicos foi feito nos programas NovateICDU e Util®, GTR PROCESSOR 2.80 e POSIÇÃO.

As variáveis dendrométricas coletadas para esse trabalho foram a altura da árvore e diâmetro à altura do peito (DAP). Já o fator de forma foi obtido por meio de literatura florestal específica, onde o valor considerado foi de 0,58 obtido por Mattos (2002). Para a medição da altura e do DAP foi utilizando o hipsômetro Vertex IV e a suta dendrométrica, respectivamente.

Após a coleta de todos os dados, estes foram tabulados em uma planilha com a identificação de cada indivíduo, bem como suas coordenadas X, Y e Z; DAP e altura. Através dessas informações foram calculadas a área basal e o volume de cada árvore. Posteriormente foi calculado o incremento médio volumétrico para cada área.

Após o processamento dos dados, os mesmos foram importados em ambiente SIG e convertidos para o formato *shapefile*. Para tanto, foi atribuído o sistema de referência SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e sistema de coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*) – fuso 22S. Posteriormente os atributos (DAP, altura e volume) de cada ponto foram complementados com a importação dos dados armazenados nas tabelas do Excel®.

O plantio possuía dois espaçamentos diferentes, e por isso o *shapefile* principal necessitou ser dividido, estabelecendo assim dois novos *shapefiles*. Em seguida, os indivíduos foram distribuídos em classes diamétricas por talhão pela fórmula de Sturges, resultando em nove classes com amplitude de 3 cm, para melhor interpretação e compreensão dos mapas. Com as classes definidas, foram elaborados os mapas Classes Diamétricas e Classes Volumétricas, onde foi possível avaliar os dois talhões num mesmo mapa.

Apesar das árvores pertencerem à mesma espécie, foi utilizado a variável visual de tonalidade de cor para diferenciar uma área da outra quanto ao espaçamento. As diferenças no tamanho do símbolo utilizado foram para demonstrar a diferença entre volume e diâmetro das árvores dentro de uma mesma área.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processamento dos dados resultou em um croqui da área com os pontos da poligonal e dos indivíduos arbóreos, como mostra a Figura 1. A nuvem de pontos apresentada na Figura 1 pode ser explicada pelo número de levantamentos realizados na mesma área, pois fez-se necessária a mudança da Estação Total entre os pontos da poligonal para obtenção de todos as árvores e suas coordenadas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



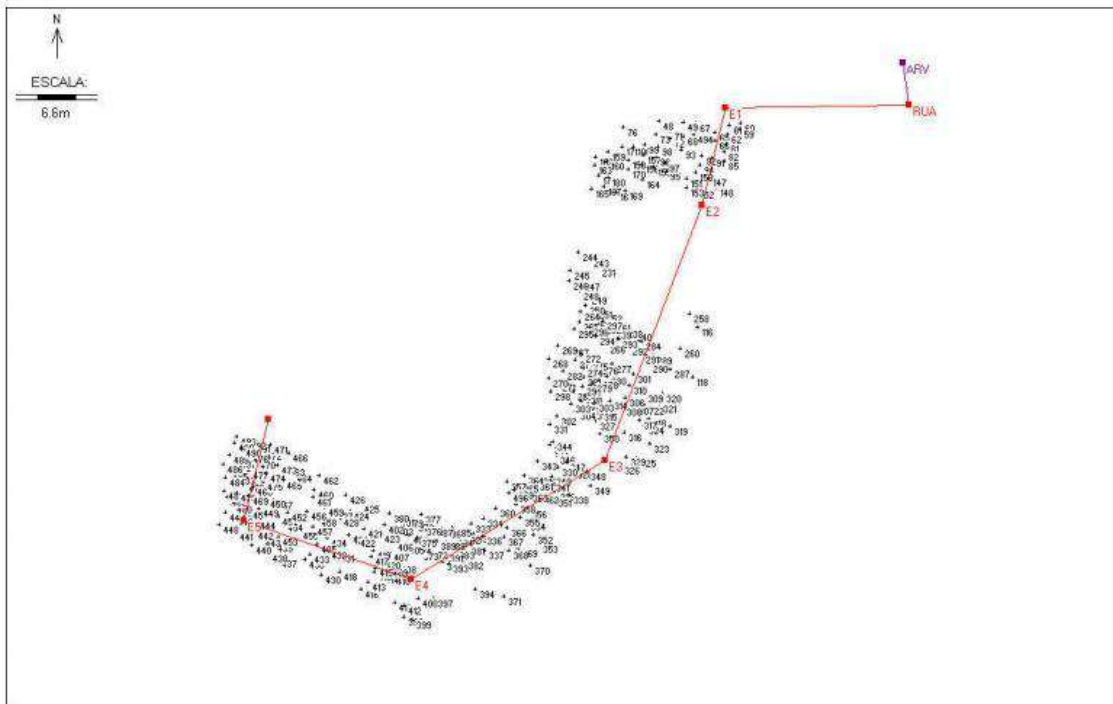


Figura 1: Croqui da área com presença da poligonal e de alguns indivíduos arbóreos.
Fonte: Os autores (2017).

A disposição das árvores em cada talhão é apresentada na Figura 2, onde é possível observar as árvores e a área de cada talhão. Nota-se também que o espaçamento entre as árvores não corresponde mais ao inicial, pois observam-se várias falhas que podem ter ocorrido em função da mortalidade inicial ou até mesmo da mortalidade durante o desenvolvimento da floresta, a qual não tem registros de ter sofrido desbastes.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

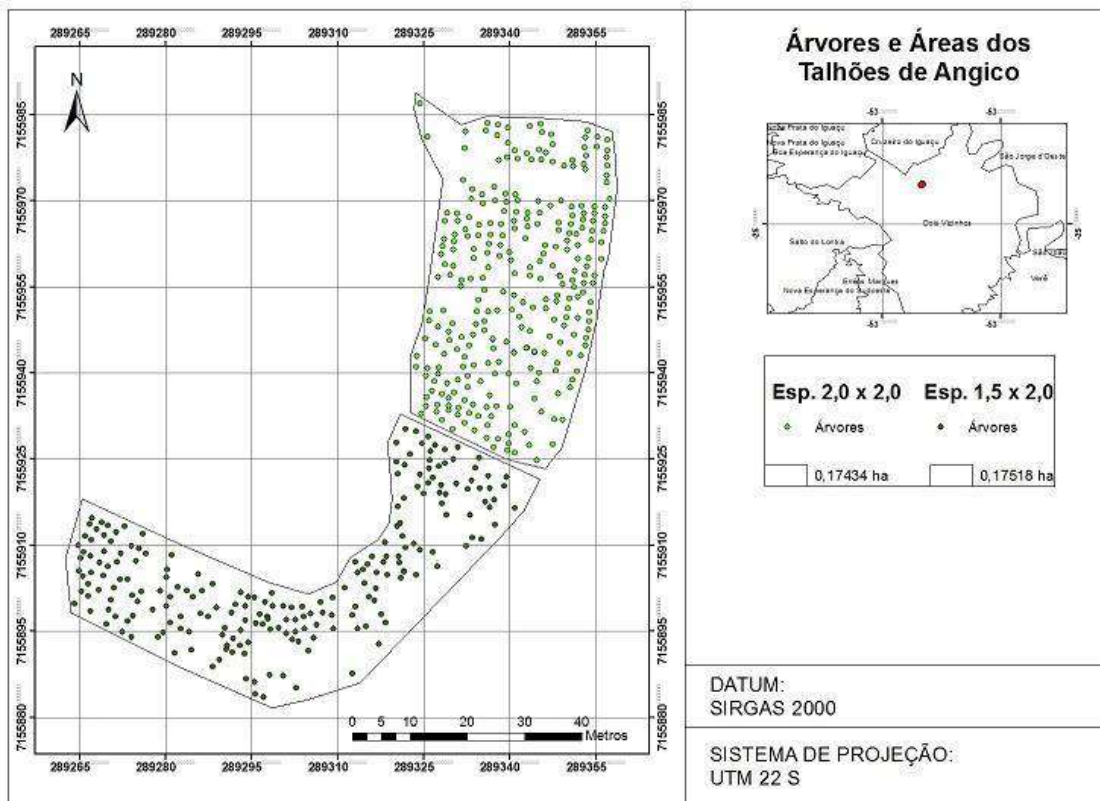


Figura 2: Distribuição das árvores e área dos talhões de Angico Vermelho da UTFPR/DV. Fonte: Os autores (2017)

Observando o mapa de classes diamétricas (Figura 3) pode-se afirmar que a concentração do maior número de indivíduos foi entre as classes 6,0 cm a 18,0 cm de DAP. Os indivíduos com DAP's maiores que 18,0 cm são bem visíveis sendo que alguns despertam a atenção por apresentar diâmetro superior aos outros indivíduos da área. Dessa forma algumas árvores localizadas de forma mais isoladas no mapa com menor competição, tendem a crescer mais, fato observado no canto superior esquerdo do talhão com espaçamento 2,0 x 2,0 m e na curva inferior do talhão com espaçamento 1,5 x 2,0 m onde estão localizadas as árvores com maior DAP.

Este fato das árvores isoladas obterem maiores valores em DAP foi descrito por Larson (1969) e comprovado por Pereira e Tomaselli (2004) onde os ganhos em centímetros nos diâmetros dos fustes de *Pinus elliottii* em áreas onde ocorreram desbastes foi maior que em áreas sem desbaste. Em outras palavras, quando diminuiu a competição entre as árvores, estas puderam crescer mais em diâmetro, enquanto que em áreas com maior competição normalmente ocorre um maior crescimento em altura.

REALIZAÇÃO



APÓDIO



ORGANIZAÇÃO



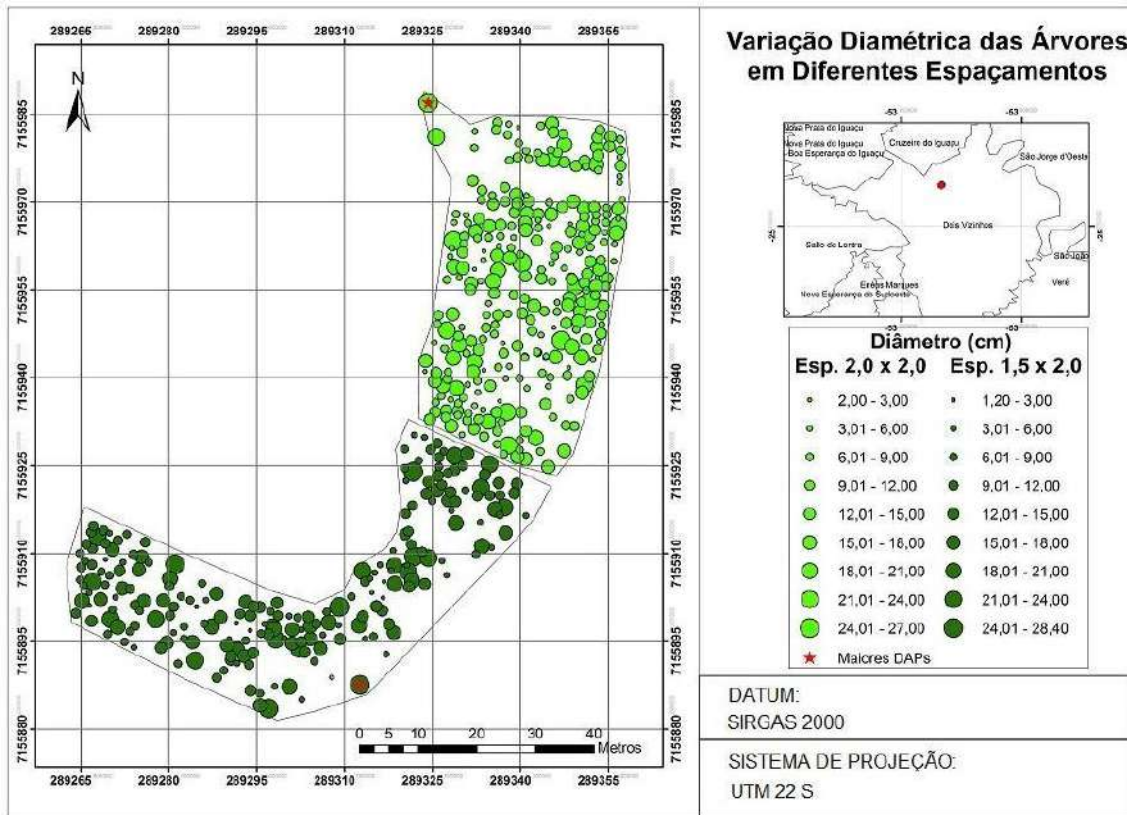


Figura 3: Mapa da variação diamétrica das árvores nos talhões de Angico. Fonte: Os autores (2017).

Na análise visual do mapa de classes volumétricas (Figura 3), pode-se observar que muitas árvores dos diferentes espaçamentos apresentaram pouco volume, ou seja, muitas árvores não apresentaram ganho em altura e as que apresentaram este ganho possuíam um fuste fino, com o diâmetro muito pequeno. Assim, as árvores que apresentaram maior volume são as que se apresentam isoladas no mapa ou aquelas que conseguiram um ganho em altura e apresentaram dominância em relação às árvores ao seu redor.

Este fato das árvores obterem baixa produção volumétrica foi apresentado no trabalho desenvolvido por Pereira e Tomaselli (2004), onde os autores afirmam que desbastes possuem um efeito positivo na produtividade volumétrica de um indivíduo. Portanto, tratos silviculturais nesta área poderiam colaborar para um ganho volumétrico dos indivíduos arbóreos.

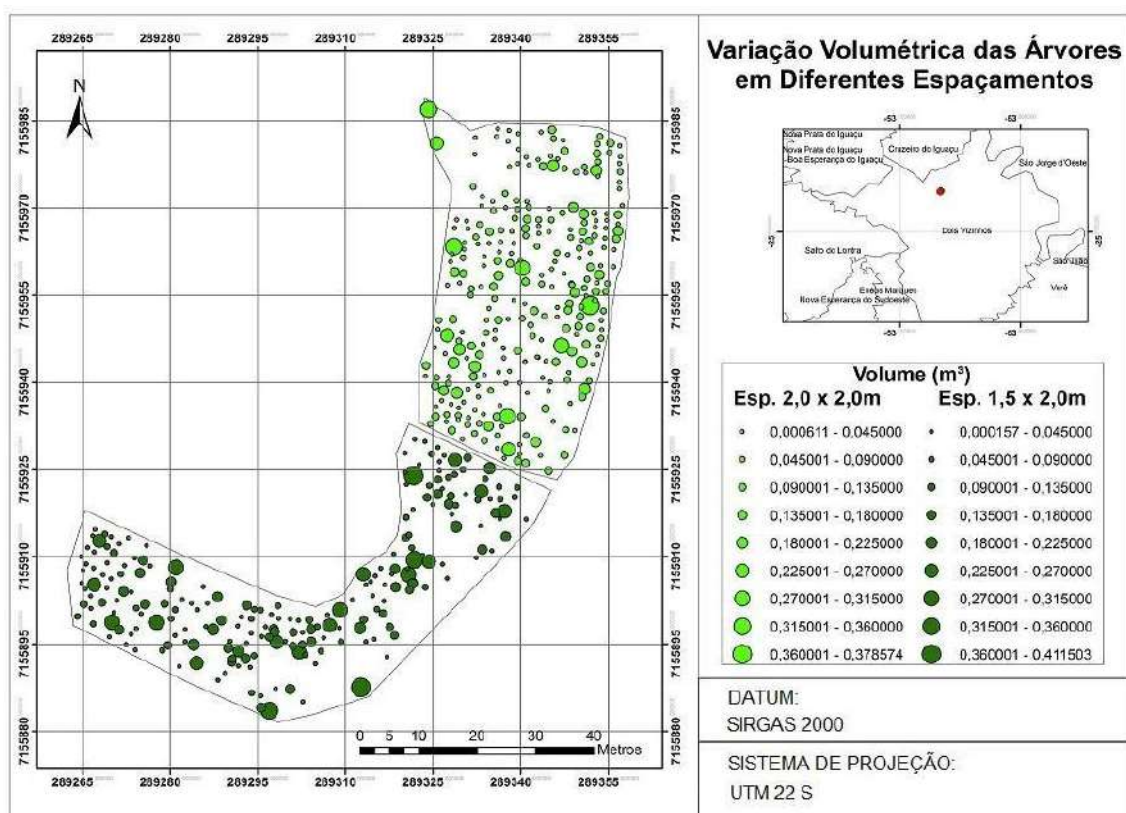


Figura 4: Mapa da variação volumétrica das árvores nos talhões de Angico. Fonte: Os autores (2017).

De posse dos dados de volume e da idade do plantio, foi possível calcular o incremento médio anual para avaliar o potencial produtivo de cada área a fim de comparar os dois talhões com diferentes espaçamentos. Os dados relativos a área de cada talhão, como o volume total, o volume por hectare e o Incremento Médio Anual (IMA) de cada talhão podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Volume com casca por hectare e incremento médio anual volumétrico em dois diferentes espaçamentos iniciais de um plantio de *Parapiptadenia rigida*, Dois Vizinhos, PR.

Espaçamento	Área (ha)	V (m³)	V (m³ha ⁻¹)	IMA (m³.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
1,5 x 2,0 m	0,17518	17,55	100,19	8,35
2,0 x 2,0 m	0,17434	17,80	102,08	8,50

O volume total da área com espaçamento de 2,0 x 2,0 m foi de 17,80 m³ e de 102,08 m³.ha⁻¹. Já o volume apresentado na área mais adensada inicialmente (1,5 x 2,0 m) foi de 17,55 m³ e de 100,19 m³.ha⁻¹. Pode-se observar que a área menos densa possui uma maior quantidade volumétrica em relação a outra área, sendo esta diferença de 1,89 m³ quando avaliada em relação a um hectare destes plantios.

De acordo com a Tabela 1, em 12 anos obteve-se um volume total de 17,55 m³, IMA de 8,35 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ em uma área de 0,17518 ha com espaçamento 1,5 x 2,0 m. Já para o segundo talhão com espaçamento de 2,0 x 2,0 m, com área ligeiramente menor (0,17434 ha), obteve-se um volume total maior, de 17,79 m³ e IMA de 8,50 m³.ha⁻¹.ano⁻¹.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Analisando apenas o IMA dos talhões, pode-se dizer que são valores muito próximos, com uma diferença de $0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, devido a melhor produção do talhão menos denso. O plantio com espaçamento menos adensado tem melhor desempenho que o outro plantio em 1,79%.

Comparando o IMA da área com maior espaçamento ($8,50 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$), onde se obteve o melhor desenvolvimento dentre os talhões, com um trabalho realizado por Jacinto et al. (2009), no qual foi encontrado IMA de $15,33 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ para Angico com idade de 18 anos, pode-se afirmar que o plantio de Angico da UTFPR de Dois Vizinhos está com seu desenvolvimento abaixo do esperado. Isso se deve ao fato de que o povoamento não recebeu quaisquer tratamentos silviculturais após sua implantação, o que prejudicou seu desenvolvimento.

Ao comparar essa pesquisa com estudos realizados por Carvalho (2002) em parceria com a EMBRAPA Florestas, onde foi encontrado num plantio de Angico vermelho com doze anos de idade em Campo Mourão – PR um IMA de $13,40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, é possível perceber o baixo desempenho apresentado nos dois talhões localizados na UTFPR. A produção de Campo Mourão ($13,40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) é $4,90 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ maior que a encontrada no presente estudo em Dois Vizinhos, o que pode ser explicado também pelo maior espaçamento utilizado em Campo Mourão (3,0 x 3,0m) além da falta de condução do plantio de Dois Vizinhos.

4. CONCLUSÕES

Os mapas possibilitaram uma melhor visualização do plantio de Angico vermelho, podendo-se observar o diâmetro, as classes diamétricas e o volume das árvores, além de possíveis conduções do manejo florestal desse plantio. Os resultados dos volumes totais encontrados nos talhões indicam que esses são relativamente próximos, com uma pequena superioridade para o talhão menos adensado inicialmente. Em termos de incremento, o talhão menos adensado foi ligeiramente maior que o talhão mais adensado, não demonstrando superioridade entre talhões.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, P. E. R. Angico-Guracaia. Circular Técnica 58. EMBRAPA Florestas. Colombo, PR, 2002. 14 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42017/1/CT0058.pdf>> Acesso em: 30 mai. 2017.

COUTO, Hilton T. Z. do. Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações Florestais. IPEF Série Técnica. Piracicaba, 1993. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr28/cap01.pdf>> Acesso em: 30 mai. 2017.

EMMERT, Fabiano et. al. (2010). Geoprocessamento como ferramenta de apoio à gerência de pavimentos em estradas florestais. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 81-94, jan.-mar. 2010.

JACINTO, J. M. M.; IMAÑA-ENCINAS, J.; RIBEIRO, G. S.; TEOBALDO, C. C.; IMAÑA, C. R. Análise silvicultural do Angico e da Aroeira na Arborização da Cidade de Brasília/DF. REVSAU, Piracicaba – SP, v. 4, n. 1, p. 79-92, 2009.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

LARSON, P. R. Wood formation and the concept of wood quality. New Haven:Yale University, School of Forestry, 1969. 53 p. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/nrs/pubs/other/1969/nc_1969_larson_001.pdf> Acesso em: 30 mai. 2017.

LIMA, R.; INOUE, M.T.; FILHO, A.F.; ARAUJO, A.J.; MACHADO, S.A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. Floresta e Ambiente, abr./jun.; 20(2):223-230. 2013.

MATTOS, Rodrigo B. de. Características qualitativas e possibilidade de ganho de fuste em espécies euxilóforas nativas da região central do Rio Grande do Sul. 2002. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

PEREIRA, J. C. D.; TOMASELLI, I. A Influência do Desbaste na Qualidade da Madeira de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*. Boletim de Pesquisa Florestal: EMBRAPA Florestas, Colombo, n. 49, p. jul./dez. 2004.

SANTOS, M. S.; PINA, M. F.; CARVALHO, M. S. (Org.). Conceitos de sistemas de informações geográficas e cartografia aplicados à saúde. Brasília: Organização Panamericana de Saúde, 2000.

SILVA, L. B. X.; TORRES, M. A. V. Espécies florestais cultivadas pela COPEL-PR (1974-1991). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1992, São Paulo. Anais. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 585-594. Publicado na Revista do Instituto Florestal, v.4, parte 2, 1992.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e *Eucalyptus spp.*

Sandra Mara Krefta¹
Luana Maria dos Santos²
Kemely Alves Atanazio¹
Sandiane Carla Krefta³
João Vitor Frigeri⁴

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina

² Universidade Federal de Lavras

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Dois Vizinhos



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e *Eucalyptus* spp.

Sandra M. **KREFTA**¹; Luana M. **SANTOS**²; Kemely A. **ATANAZIO**¹; Sandiane C. **KREFTA**³; João V. **FRIGERI**¹;

¹ Departamento da Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil

² Departamento da Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Brasil

³ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Resumo: A madeira é uma matéria-prima importante e versátil em diferentes atividades humanas, podendo ser aplicada a diversas situações. Diante disso, estudos relacionados as propriedades físicas e mecânicas da madeira tornam-se essenciais. Sondas as mesmas importantes para diferenciação do produto no mercado, assim como o uso adequado dos produtos madeireiros. Este trabalho teve como objetivo determinar a contração e o inchamento volumétrico máximo, a contração e inchamento linear e a retratibilidade nos sentidos tangencial, radial e longitudinal e o coeficiente anisotrópico para *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e *Eucalyptus* spp. e comparar entre as espécies. Para isso, foram utilizados corpos de prova com dimensões de 2,5 x 2,5 x 10 cm (espessura, largura e comprimento, respectivamente) que tiveram sua contração e inchamento linear e a retratibilidade nos sentidos tangencial, radial e longitudinal e o coeficiente anisotrópico determinados. Através do presente trabalho conclui-se que a contração volumétrica do eucalipto foi maior que a da araucária, que a contração e inchamento linear foi maior no sentido tangencial do que nos outros sentidos para as duas espécies e que retratibilidade foi maior para o eucalipto e no sentido radial e o coeficiente anisotrópico foi maior também para o eucalipto do que para araucária.

Palavras-chave: Espécie nativa, Espécie exótica, Anisotropia da madeira.

COMPARATIVE OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE WOOD OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze and *Eucalyptus* spp.

Abstract: The wood is an important and versatile raw material in different human activities, being able to be applied to diverse situations. Faced with this, related studies as properties and mechanics of wood become essential. Sondas as important for the differentiation of the product in the market, as well as the proper use of wood products. The objective of this work was to determine a contraction and maximum volumetric pulse, a contraction and a linear pulse and a retractability in the tangential, radial and longitudinal directions and the anisotropic coefficient for *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze and *Eucalyptus* spp. And compare between like species. Radial and longitudinal anisotropic and radiant and anisotropic coefficients The tangential, radial and longitudinal coefficients and anisotropic coefficient The tangential, radial and longitudinal sections and anisotropic coefficient The tangent, radial and longitudinal hedges and anisotropic coefficient. It is concluded that the volumetric contraction of the eucalyptus was greater than that of the araucaria, which is a contraction and the linear swelling to the greater one is not the tangential sense than in the other senses for two species and

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

that shrinkability was greater For eucalyptus and in the radial direction and anisotropic coefficient was higher also for eucalyptus than for araucária.

Keywords: Native species, Exotic species, Anisotropy of wood.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é uma matéria-prima importante e versátil em diferentes atividades humanas, podendo ser aplicada a diversas situações. O fato de suas características serem variáveis constitui o principal obstáculo para compreender o seu uso tecnológico, pois, diferentes amostras de árvores da mesma espécie podem diferir grandemente em termos de propriedades anatômicas, físicas e químicas. Salienta-se que a madeira é um material heterogêneo, na qual, possui diferentes tipos de células adequando-se desempenhos de funções específicas (BRITO e BARRICHELO, 1977).

Sendo assim, como a madeira é um material anisotrópico, existem distinções nas mesmas que permitem que propriedades mecânicas sejam mensuradas, nas direções: longitudinal, radial e tangencial (SILVA e OLIVEIRA, 2003). Em função disso, estudos relacionados as propriedades físicas e mecânicas da madeira tornam-se essenciais. Sendas que essas propriedades auxiliam na diferenciação do produto no mercado, assim como influenciam na indicação para o uso adequado dos produtos madeireiros, diante das condições em que são submetidos.

A espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze é nativa do Brasil, sua madeira é de fácil trabalhabilidade, e seu uso é indicado para, movelaria, laminados, tábuas para forro, marcenaria, compensados entre outros (MATTOS et al., 2006).

A grande utilização da madeira de *Eucalyptus* spp. deve-se ao fato da fácil disponibilidade da mesma e por sua grande variabilidade genética, com propriedades físicas e químicas tão diversas que fazem com que sejam usados para diversas finalidades. Esse gênero foi introduzido no Brasil no início do século XIX, tendo como finalidade ornamentação e servir como quebra vento. Tem como principais finalidades: uso como lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, celulose e papel entre outros (PEREIRA et al., 2000).

O objetivo do trabalho foi determinar e comparar a contração e o inchamento volumétrico máximo, a contração e inchamento linear e a retratibilidade nos sentidos tangencial, radial e longitudinal e o coeficiente anisotrópico para araucária e eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Anatomia e Química da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos. Usou-se para os ensaios experimentais corpos de prova, sendo parte provenientes de *A. angustifolia* e de *Eucalyptus* spp.

Esses corpos de prova possuíam formato retangular e com dimensões de 2,5 x 2,5 x 10 cm, sendo a última medida no sentido longitudinal. Os corpos de prova possuíam superfície lisa, lados paralelos e ausência de fendas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Primeiramente identificaram-se os corpos de prova e marcaram-se nas amostras pontos para facilitar as medições, fazendo com que as mesmas fossem realizadas sempre no mesmo ponto.

Com 12% de umidade, os corpos de prova foram mensurados nos sentidos: tangencial, radial e longitudinal diretamente sobre as marcações nas amostras, com o auxílio de um paquímetro analógico.

Finalizado esse processo, colocaram-se os corpos de prova em água até os mesmos saturarem. Depois que amostras saturaram realizou-se a segunda avaliação, sendo que para tanto se efetuaram as mesmas coletas feitas quando os corpos de prova estavam em equilíbrio a 12%. Posteriormente os corpos de prova foram levados até estufa para secagem dos mesmos.

Por fim a terceira avaliação foi feita com os corpos de prova já secos, nessa avaliação tomou-se o cuidado para que as medições fossem realizadas rapidamente evitando assim que as amostras adquirissem umidade. Nessa avaliação foram tomadas as mesmas medidas das outras duas últimas análises citadas anteriormente.

Finalizada a coleta dos dados, os mesmos foram tabulados em planilhas, e procederam-se os cálculos de contração, inchamento e retratibilidade e coeficiente anisotrópico, tanto do eucalipto como da araucária, bem como a construção de gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, pode-se observar que o valor de contração volumétrica do Eucalipto que foi 11,20% não se assemelha com os valores encontrados por Silva (2002) para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden que possuíam contração de 15,91%. Além disso os valores obtidos para Araucária (10,20%) também não se assemelharam com os valores encontrados na literatura por Oliveira (2003), que foi 13,2%, sendo esse valor maior que o encontrado no presente trabalho. Percebe-se através da Figura 1, que a contração volumétrica do Eucalipto foi maior que a da Araucária.

Referente ao inchamento e contração linear, pode-se perceber que para as duas variáveis e para as duas espécies no sentido tangencial foram encontrados os maiores valores, seguido pelos sentidos radial e longitudinal (Figura 1). Este resultado condiz com resultados da literatura sendo que conforme Resende (1995), essa diferença existe em função da posição e retirada da amostra no disco, sendo que quanto mais perto do centro for colhido à amostra, menor será esta diferença. Além disso, para inchamento em todos os sentidos encontrou-se os maiores valores para o Eucalipto.

Moreschi (2005) ainda ressalta que a diferença nos três planos dos corpos de prova existe em função de estruturas microscópicas e submicroscópicas da madeira, que fazem com que as maiores variações ocorrem no sentido tangencial, pois esse sentido tem mais parede celular o que faz contrair e inchar mais, além de que no sentido radial, os raios funcionam semelhante à travas.

Trabalhos realizados por Silva (2002) demonstraram que *E. grandis* com 10 anos de idade, obtiveram valores de contração linear radial de 5,35%, tangencial de 8,85% e longitudinal de 0,35%, esses valores mostraram-se diferentes dos obtidos no estudo em questão onde obteve-se para contração linear radial de 5,40%, tangencial de 5,84 % e longitudinal de 0%. Para araucária os valores encontrados se aproximaram dos da

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

literatura sendo que Oliveira (2003) encontrou contração radial de 4,0 % e tangencial de 7,8 %, e no presente trabalho encontrou-se para contração radial 3,64 % e tangencial de 6,40 %.

Ainda através da Tabela 1, nota-se que a retratibilidade foi maior no sentido radial, para as duas espécies em questão, contudo quando compara-se as mesmas percebe-se que a retratibilidade do Eucalipto foi maior do que a da Araucária. Através da Figura 1, uma vez que pode-se notar a insignificante alteração na dimensão longitudinal, em relação aos demais sentidos. Essa diferença é devido ao fato de que há menos parede celular nesse sentido, diminuindo o inchamento e a contração longitudinal. Ainda, é possível observar, que além da retratibilidade ser menor no sentido longitudinal, a mesma apresenta-se ínfima em todos os sentidos.

Batista (2010) relata que o coeficiente de retratibilidade de clones de Eucalipto foram: *Eucalyptus saligna* Smith: radial de 0,20%/%, e tangencial de 0,29 %/%. Para o *E. grandis* o coeficiente de retratibilidade radial foi de 0,18%/%, e o tangencial foi de 0,26%/%. Por fim o *E. dunnii* apresentou coeficiente de retratibilidade radial de 0,23%/%, e tangencial de 0,33%/%. O que não confere com o presente estudo em que a retratibilidade foi maior no sentido radial.

Tabela 1. Resultado dos fatores de contração, inchamento e retratibilidade para araucária e eucalipto

Espécie	Fator	Radial (%)	Tangencial (%)	Longitudinal (%)	Volumétrico (%)
Araucária	Contração	3,64	6,4	1	10,2
	Inchamento	2,07	5,93	0,00	9,76
	Retratibilidade (%)	0,16	0,08	0,00	
Eucalipto	Contração	5,40	5,84	0,00	11,20
	Inchamento	7,00	10,00	0,00	6,77
	Retratibilidade (%)	0,28	0,20	0,00	

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

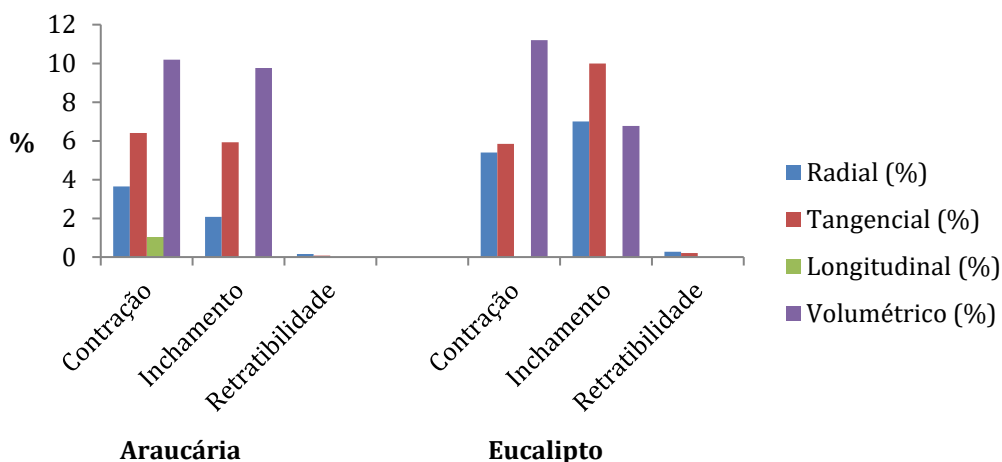


Figura 3 – Fator de Contração, Inchamento e retratibilidade para Araucária e Eucalipto.

O coeficiente anisotrópico indica o potencial de trabalhabilidade da madeira, o valor ideal seria igual a 1, mas isso não ocorreu, sendo que a Araucária possuiu um coeficiente de 0,5 e o Eucalipto de 0,7. Através dos resultados obtidos pode-se dizer que a madeira de eucalipto possui maior potencial de trabalhabilidade quando comparada a madeira de araucária.

4. CONCLUSÕES

- A contração volumétrica do eucalipto foi maior que a da araucária;
- A contração e inchamento linear foi maior no sentido tangencial do que nos outros sentidos para as duas espécies;
- A retratibilidade foi maior para o eucalipto e no sentido radial e o coeficiente anisotrópico foi maior também para o eucalipto do que para araucária.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade Básica e Retratibilidade da Madeira de Clones de Três Espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal; I. Densidade e teor de lignina da madeira de Eucalipto. **IPEF** n. 14, p.9-20, 1977.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MATTOS, P. P.; BORTOLI, C.; MARCHESAN, R.; ROSOT, N. C. Caracterização física, químicas e anatômicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Circular técnica 160**. Embrapa Florestas: Colombo. PR. 4 p. 2006.

MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. p. 1-168. 2005.

OLIVEIRA, A. de S. **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil**. São Paulo, 60 p, 2003.

PEREIRA, J.C.D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Embrapa Florestas: Colombo. PR. 113p. 2000.

SILVA, J. de C. **Caracterização da madeira de *eucalyptus grandis* hill ex. maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. (Tese). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 181 p, 2002.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.27, n.2, p.233-239, 2003.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPENSADOS DE GUAPURUVU (Schizolobium parahyba (Vell.) S. F. Blake)

Hernando Alfonso Lara Palma¹
Jéssica Szkura Moreno¹
Adriano Wagner Ballarin²

¹ Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP/Departamento de Ciência Florestal

² Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP/Departamento de Engenharia Rural



COMPENSADOS DE GUAPURUVU (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake)

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a viabilidade técnica da produção de painéis compensados com madeira de guapuruvu. A madeira foi proveniente de plantios de restauração de ecossistemas florestais da Mata Atlântica, na região de Botucatu-SP, com 16 anos de idade. Foram produzidos três painéis compensados de 7 lâminas, com dimensões nominais de 2440 mm x 1220 mm x 17,5 mm. A espessura nominal das lâminas foi de 2,5 mm com densidade aparente média de 300 kg/m³. Na produção dos compensados foram adotados os parâmetros gerais da produção industrial destes painéis com resina fenol-formaldeído. Os ensaios físicos e mecânicos foram realizados de acordo com as especificações descritas na norma brasileira ABNT. Os compensados apresentaram densidade aparente média de 409 kg/m³. Os valores médios do módulo de elasticidade e da resistência na direção longitudinal e transversal foram 4997 MPa; 1890 MPa; 35,02 MPa e 21,89 MPa. O valor médio da resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento, para os tratamentos, foi acima de 1,0 MPa, valor preconizado pela norma para utilização em condições de ambiente seco e úmido. De acordo com os valores obtidos, os compensados de guapuruvu revelaram bom desempenho, apresentando potencial para uso em movelaria, estruturas leves, paredes internas revestidas, embalagens e caixotaria.

Palavras-chave: guapuruvu, *Schizolobium parahyba*, compensados.

PLYWOOD FROM GUAPURUVU (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake)

Abstract: The main objective of this work was to evaluate the technical feasibility of the commercial production of plywood using guapuruvu wood (*Schizolobium parahyba*). The wood was from a 16 years old plantation at an experimental area of the São Paulo State University in Botucatu - SP. This species has been used in natural regeneration programs, has rapid development, good productivity and low density. Were manufactured three plywood panels with nine veneers and nominal dimensions of 2440 mm x 1220 mm and thickness of 17.5 mm. The nominal thickness of the veneers was 2.5 mm and average density of 300 kg/m³. The plywood production adopted the general variables used in traditional plywood industry with phenol formaldehyde resin. The physical and mechanical properties were analyzed in accordance to the specifications described in ABNT plywood standards. The plywood panels mean value of density was 409 kg/m³. The mean values of the longitudinal and perpendicular MOE and MOR were 3791 MPa and 27.45; 2112 MPa, and 20.88 MPa respectively. The average value of the bonding strength, for the treatments, was above of 1.0 MPa, value recommended by the standard, for use in dry and humid environments. The guapuruvu plywood showed good physical and mechanical performance which indicates potential for furniture, light structures, lined inner walls, packing and box factory.

Keywords: guapuruvu, *Schizolobium parahyba*, plywood.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





1. INTRODUÇÃO

Em 2015 a produção nacional de compensados totalizou um volume de 3,04 milhões de m³, sendo 2,60 milhões fabricados de madeira de *Pinus* (86% da produção nacional) e 0,44 milhões fabricados com madeira de folhosas de origem tropical (14% da produção nacional). No último quinquênio, a produção de compensados de *Pinus* teve um crescimento médio de 9,9% a.a. No mesmo período, a produção de compensado tropical apresentou queda da ordem de 1,6% a.a. (ABIMCI, 2015; IBÁ, 2016).

A redução apresentada na produção dos compensados de origem tropical deve-se, principalmente, pela dificuldade em se obter matéria-prima de qualidade e com origem legal, sobretudo na região norte. Já a produção de compensados de *Pinus* está concentrada na região sul do país.

Assim, a implantação de reflorestamentos com espécies pioneiras típicas da região Amazônica ou da Mata Atlântica, além das exóticas tradicionais visa diminuir o consumo de matéria prima oriunda de florestas tropicais além de diminuir as distâncias de transporte e custos de exploração.

Neste sentido, destaca-se a espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke (paricá) que vem se mostrando uma alternativa economicamente viável na implantação de florestas com espécies nativas de rápido crescimento na região norte do país (TEREZO, 2010). Por este motivo o mercado de compensado tropical tem apresentado acenos positivos no sentido de buscar novas alternativas de matéria prima para a produção de painéis leves para uso na construção civil, confecção de móveis, embalagens e como lâminas para revestimentos de paredes internas de casas de madeira (ABIMCI, 2015).

O paricá é uma variedade do mesmo gênero que o guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake), apresentando características semelhantes, tais como: rápido crescimento, tronco retilíneo, baixa densidade, boa trabalhabilidade, baixa presença de nós, etc. Características interessantes do ponto de vista tecnológico, visando à produção de laminados. Estas duas variedades se diferenciam quanto à área de dispersão, sendo que no Brasil a espécie *S. parahyba* ocorre na Mata Atlântica desde a Bahia até o norte de Rio Grande do Sul e a espécie *S. amazonicum* tem sua ocorrência restrita à Bacia Amazônica (SOUSA; ROSSI; AZEVEDO; VIEIRA, 2003).

A espécie *Schizolobium parahyba* é uma árvore de desenvolvimento rápido, boa produtividade, de baixa exigência quanto à fertilidade do solo e classificada na sucessão florestal como pioneira, secundária inicial ou clímax exigente de luz e apresenta rápido crescimento, motivo pelo qual é uma das espécies muito utilizada na recuperação de áreas degradadas (CARVALHO, 2005). Quando plantada em espaçamento adequado, permite consórcio com cultivos permanentes ou de ciclo curto, sendo recomendado para fins ornamentais, para programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (EMBRAPA, 1998).

Estudos pioneiros sobre o potencial tecnológico da madeira de guapuruvu desenvolvidos no Brasil ressaltam seu rápido crescimento e apontam que a madeira de guapuruvu tem potencial para produção de lâminas e fabricação de compensados de uso interno e intermediário com potencial para uso em móveis, embalagens, revestimentos e caixotaria (RICHTER; TOMASELLI; MORESCHI, 1974 e 1975; BORTOLETTO; BELLINI, 2002).

Portanto, o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas de painéis compensados de madeira de guapuruvu faz-se indispensável com o intuito de caracterizar



novos produtos, visando principalmente um subsídio a futuros usuários, para seu emprego correto em soluções industriais ou decorativas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Neste estudo, foram utilizadas lâminas de 2,5 mm de espessura nominal, provenientes de árvores de guapuruvu (*Schizolobium parayba*) retiradas de plantios de 16 anos de idade do projeto “Restauração da Mata Atlântica em sítios degradados no Estado de São Paulo”, localizados em áreas experimentais do campus da Universidade Estadual Paulista, no município de Botucatu-SP.

De cada árvore, retiraram-se seis toras de aproximadamente 2,50 m de comprimento, tomadas desde a base da árvore de forma sequencial. As lâminas foram retiradas da segunda tora de cada árvore, como mostrado na Figura 1.

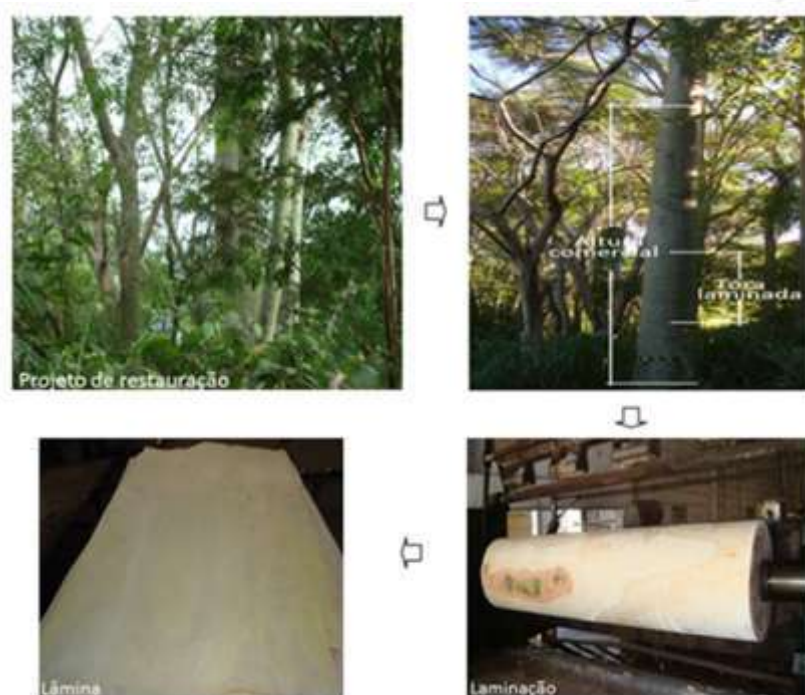


Figura1. Visão geral do projeto de restauração e processo de laminação.

2.2 Produção de compensados

O processo de laminação e confecção dos compensados foi realizado na Indústria de Compensados Caribe S.A. de São Manuel, SP. Para este estudo foram produzidos três painéis compensados de nove lâminas, com dimensões nominais de 2440 mm x 1220 mm x 17,5 mm. A espessura média das lâminas foi de 2,5 mm e densidade aparente de 300 kg/m³.

Na produção dos compensados, foram adotados os parâmetros gerais de produção da empresa (umidade média das lâminas de 6%, adesivo utilizado à base de fenol-formaldeído 380 g/m² por linha dupla de colagem, temperatura e tempo de prensagem de



acordo com as especificações do fabricante da cola - 130°C e um minuto de prensagem por cada mm de espessura nominal do painel e pressão específica de prensagem de 12 kgf/cm²).

A avaliação do desempenho dos painéis compensados foi conduzida com ensaios físicos e mecânicos em corpos de prova deles confeccionados, atendendo-se às prescrições da norma ABNT como indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Ensaios e normas para os painéis compensados.

Ensaio	Propriedade	Norma
Flexão estática (paralela e perpendicular)	E_b - módulo de elasticidade T_r - tensão de ruptura	NBR 9533 (2012)
Qualidade da colagem	τ - tensão de cisalhamento	NBR ISO 12466 -1 (2012) NBR ISO 12466 -2 (2012)
Densidade	M_{ea} - massa específica aparente	NBR 9485 (2011)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Massa específica

Na Tabela 2, são apresentados os resultados médios da massa específica, teor de umidade e os valores médios de cálculo (valores de ensaios) dos módulos de elasticidade e tensão de ruptura longitudinal e transversal dos compensados.

A massa específica aparente média dos painéis foi 409 kg/m³. O coeficiente de variação foi baixo, indicando uma boa homogeneidade do material.

Os valores mensurados nos corpos de prova para a massa específica aparente são muito diferentes àqueles encontrados por mensurações diretas nas lâminas. Os valores médios dos painéis estudados apresentaram densidade superior em 36% a igual parâmetro avaliado para as lâminas originais. Esta diferença indica uma densificação dos painéis durante o processo de fabricação.

De uma forma geral, a densidade final de um painel laminado, como o compensado, depende da densidade da espécie, da predominância de lenho inicial e tardio que apresentam as lâminas, da maior porcentagem de madeira juvenil, da umidade e pressão e temperatura usadas na fabricação. A pressão utilizada de 12 kgf/cm² deve ter contribuído em uma redução excessiva do volume por esmagamento. Sendo assim, a densidade dos painéis foi comandada pela baixa densidade da madeira original.

3.2 Flexão estática

De forma geral, os coeficientes de variação para o módulo de elasticidade e a tensão de ruptura na direção longitudinal (Tabela 2) foram considerados um pouco acima do padrão esperado na prática do laboratório com esse produto. A baixa densidade da madeira pode ter influenciado a dispersão desses resultados.

Os valores médios de módulo de elasticidade e de resistência na direção longitudinal dos compensados atingiram plenamente os limites mínimos referenciais apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira tropical e pinus (Tabela 3).



Tabela 2. Valores médios de densidade e flexão estática dos compensados.

Medida descritiva	Densidade (kg/m ³)	Umidade (%)	Flexão estática (MPa)			
			Longitudinal		Perpendicular	
			E _b	T _r	E _b	T _r
Média	409	10,55	4997	35,02	1890	21,89
desvpad	24,60	0,35	890	6,40	277	2,98
C.V.	6,02	3,32	17,81	18,28	13,48	13,59

Os valores médios de módulo de elasticidade e de resistência na direção longitudinal dos compensados atingiram plenamente os limites mínimos referenciais apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira tropical e pinus (Tabela 3).

Tabela 3. Propriedades de compensados reportados em códigos normativos nacionais.

	Flexão estática longitudinal		Flexão estática perpendicular		Densidade (kg/m ³)	Umidade (%)
	E _b (MPa)	T _r (MPa)	E _b (MPa)	T _r (MPa)		
Pesquisa ¹	4997	35,02	1890	21,89	409	10,55
ABIMCI ²	3433	32,02	3018	28,90	610	8 - 11
	5897	54,25	5502	57,17	653	
ABIMCI ³	3275	28,05	2169	22,08	496	9 - 12
	6413	54,88	4675	47,29	620	
ABIMCI ⁴	4451	22,95	2347	18,53	492	10 - 11
	7980	45,01	4759	40,21	564	
Projeto NBR ⁵	4204	22,89	2928	21,51	491	10 - 11
	7504	41,34	5729	43,22	585	

¹Valores pesquisa; ²(ABIMCI, 2007a): compensado estrutural de madeira tropical uso externo; ³(ABIMCI, 2007b): compensado estrutural de madeira de pinus uso externo; ⁴(ABIMCI, 2002): compensado de pinus de 18 mm de espessura e 7 lâminas; ⁵(ABNT, 2004): painéis de madeira compensada de pinus.

Os valores médios do módulo de elasticidade e da tensão de ruptura na direção perpendicular entre os painéis, tiveram menor variação que no sentido longitudinal. Os valores médios dos coeficientes de variação foram considerados dentro do padrão de normalidade, aceite pela prática do laboratório, indicando boa homogeneidade dos painéis.

Os valores médios do módulo de elasticidade e da tensão de ruptura na direção perpendicular foram inferiores aos valores médios na direção longitudinal.

Segundo a Tabela 3, os valores médios de módulo de elasticidade na direção perpendicular dos compensados não atingiram os limites mínimos referenciais e os da tensão de ruptura atingiram alguns limites mínimos referenciais, com exceção dos valores da ABIMCI (2007a; 2007b). A baixa densidade da madeira parece ter comprometido de maneira mais significativa o desempenho dos compensados à flexão na direção perpendicular às fibras, tanto a deformação na fase elástica quanto a resistência na fase final de ensaio.



3.3 Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento

Na tabela 4 são apresentados os valores médios de resistência da colagem ao esforço de cisalhamento e a porcentagem de falha na madeira na área de ruptura, para os três pré-tratamentos realizados nos corpos de prova.

De acordo com a norma (NBR ISO, 2012) a qualidade de colagem é classificada em três classes com base na resistência dos painéis à umidade e aos pré-tratamentos submetidos. Para todas as três classes de colagem, cada linha de cola ensaiada deve satisfazer dois critérios: a tensão média de cisalhamento e a média de falha na madeira.

O valor da tensão média de cisalhamento nos painéis foi acima de 1,0 MPa, para os três pré-tratamentos.

Com base nos requisitos da norma, os valores obtidos permitem classificar o compensado de guapuruvu na Classe 1 (ambiente seco) e Classe 2 (tropical/ambiente úmido). Apesar do enquadramento dos painéis nestas classes é importante destacar que a durabilidade do painel de madeira compensada depende não somente da qualidade de colagem, mas também de outros fatores, tais como: susceptibilidade ao ataque de insetos, contato com o solo, tempo de exposição em ambientes externos úmidos, etc.

Tabela 4. Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento.

Pré-tratamento	Básico		Adicional			
	24h Imersão ⁽¹⁾		6h Fervura ⁽²⁾		BDB ⁽³⁾	
Medida descritiva	τ (MPa)	FM (%)	τ (MPa)	FM (%)	τ (MPa)	FM (%)
média	1,42	23	1,37	22	1,30	18
desvpad	0,61		0,51		0,54	

⁽¹⁾Imersão por 24h em água fria; ⁽²⁾Imersão por 6h em água em ebulição, seguida de resfriamento em água fria; ⁽³⁾Imersão por 4h em água em ebulição, secagem em estufa por 20h a (60±3°C), imersão em água em ebulição por 4h seguida de resfriamento em água fria.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no programa experimental e atendendo aos objetivos deste trabalho, podem-se extrair as seguintes conclusões:

Os painéis compensados de guapuruvu revelaram bom desempenho na qualidade da colagem, atingindo parcialmente ou ultrapassando os limites mínimos de referência;

As propriedades de flexão estática atingiram total (direção longitudinal) ou parcialmente (direção transversal) os limites mínimos referenciais para os compensados apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira tropical e pinus;

Os compensados de guapuruvu apresentaram a possibilidade de uso em ambientes internos normais e em aplicações externas protegidas a intempéries por períodos curtos;

De uma forma geral, as propriedades dos painéis compensados, de madeira de guapuruvu (*Schizolobium parayba* (Vell.) Blake.) indicam que a espécie tem potencial para a produção de compensados classificados como de uso geral, industrial e decorativo, para uso em movelaria, estruturas leves, paredes internas revestidas, embalagens e caixotaria;



É importante na continuidade dos trabalhos, o desenvolvimento de mais pesquisas com painéis desta espécie, para ajustar variáveis do processo e obter produtos com maior desempenho físico e mecânico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Estudo setorial 2016: ano base 2015. Curitiba, 2016.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ) Relatório ibá 2015. Disponível em: http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf. Acesso em: 24 de setembro de 2016.

TEREZO, R.F. Avaliação tecnológica do paricá e seu uso em estruturas de madeira laminada colada. 2010. 177 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SOUSA, D.B.; ROSSI, L.M.B.; AZEVEDO, C.P.; VIEIRA, A.H. Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby. Amazônia Ocidental: Editora da EMBRAPA, 2003. (Circular Técnica, 18)

CARVALHO, P.E. Guapuruvu. Colombo: Editora da EMBRAPA CNPF, 2005. (Circular Técnica, 104)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina. Curitiba: Editora da EMBRAPA CNPF, 1998 (Documento, 21).

RICHTER, H.G.; TOMASELLI, I.; MORESCHI, J.C. Estudo tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake). Revista Floresta, Curitiba. n. 5, p. 26-30, 1974.

RICHTER, H.G.; TOMASELLI, I.; MORESCHI, J. C. Estudo tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake.) Parte II: fabricação de compensados. Revista Floresta, Curitiba. n. 6, p. 14-23, 1975.

BORTOLETTO, G.J.; BELLINI, U. Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* blake.) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. CERNE, n. 8, p. 16-28, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9533: Compensado - Determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 12466-1: Madeira compensada - Qualidade de colagem Parte 1: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 12466-2: Madeira compensada - Qualidade de colagem Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9485: Compensado - Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Painéis compensados de madeira tropical. Curitiba: Editora da ABIMCI, 2007a. (Catálogo Técnico 1).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Painéis compensados de pinus. Curitiba: Editora da ABIMCI, 2007b. (Catálogo Técnico 2).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Programa Nacional de Qualidade da Madeira - Painéis compensados de pinus. Curitiba: Editora da ABIMCI, 2002. (Catálogo Técnico 1).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto 31:000.05-001/2: Painéis de madeira compensada Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPORTAMIENTO DEL ADHESIVO A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL PEGADO DE PIEZAS DE MADERA DE EUCALIPTO PARA LA FABRICACIÓN DE MUEBLES

Carlos Mario Gutierrez Aguilar¹

Beatriz Elena Angel²

Sandro César³

Julia Silva⁴

Giovanni Barrera⁵

¹ Engenharia Industrial / Escola Politécnica / Universidade Federal da Bahia; Instituto Tecnológico Metropolitano / Medellín / Colombia

² Universidad Pontificia Bolivariana / Medellín / Colombia

³ Universidade Federal da Bahia

⁴ Escola Politécnica / Universidade Federal da Bahia

⁵ Instituto Tecnológico Metropolitano / Medellín / Colombia



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPORTAMIENTO DEL ADHESIVO A TRAVÉS DEL TIEMPO EN EL PEGADO DE PIEZAS DE MADERA DE EUCALIPTO PARA LA FABRICACIÓN DE MUEBLES

Resumen: En este artículo se evalúa la calidad de adhesión con el paso del tiempo de piezas de madera de eucalipto unidas con adhesivo de Acetato de Polivinilo (PVA). Fueron fabricados 36 cuerpos de prueba y ensayados con tres diferentes tiempos de cura, determinando la resistencia al cizallamiento y el porcentaje de falla de la madera en la línea de cola según la norma brasileira NBR1790. Se evidencia una reducción en la resistencia al cizallamiento y en el porcentaje de falla de la madera, en los valores obtenidos en los tres momentos de análisis, demostrando que el comportamiento de la unión en la madera varía con el paso del tiempo.

Palabras-clave: Eucalipto, acetato de polivinilo, cizallamiento, encolado.

BEHAVIOR OF GLUING IN THE TIME FOR THE USE OF EUCALYPTUS WOOD RESIDUES

Abstract: This paper evaluates the adhesion quality over time of eucalyptus wood pieces bonded with polyvinyl acetate (PVA) glue. Thirty-six test bodies were tested at three different times determining the shear strength and the percentage of failure of the wood in the glue line according to the Brazilian standard NBR1790. A reduction in the shear strength and the percentage of failure of the wood in the values obtained in the three moments of analysis is evidenced, showing that the behavior of the union in the wood varies with the passage of time.

Keywords: Eucalyptus, polyvinyl acetate, shearing, gluing.

1. INTRODUCCIÓN

Brasil, con el fin de disminuir la explotación de madera de los bosques nativos, ha venido aumentando las plantaciones forestales en los últimos años, con especies como pino y especialmente eucalipto. Esta situación ha llevado a realizar diferentes estudios buscando producir maderas de mayor calidad con precios más bajos con la finalidad de ser utilizadas para la construcción civil y en la producción de muebles (ALBINO et al., 2012).

Las características de estas maderas están basadas en su rápido crecimiento y corta edad de beneficiamiento, sin embargo, generan desperdicios que pueden llegar hasta 70% desde la tala del árbol, pasando por la transformación, el secado y la producción (CASTILLO & CUETO, 1996; DOBROVOLSKI, 1999; FONTES, 1994; OLADOSKI, 2001). Estos elevados niveles de desperdicios han creado la necesidad de desarrollar mecanismos para un mayor aprovechamiento de la madera, así como la recuperación y utilización de los residuos, no solo por su repercusión en los costos de producción como también por el impacto ambiental que estos generan.

Las nuevas tendencias en el tema han llevado a desarrollar diferentes estudios técnico-científicos sobre varias especies de eucalipto y la utilización de sus maderas. Las principales aplicaciones del eucalipto son la producción de celulosa, papel y carbón, sin embargo, en los últimos años se ha introducido con gran éxito en el sector de la construcción civil y en la fabricación de muebles. Los mayores aportes de las investigaciones en esta área apuntan para que el material sea más fácil de trabajar, pero es importante destacar que la madera de eucalipto contribuye también en los aspectos estéticos y visuales dando posibilidad para nuevas aplicaciones en la industria del mueble (DIAS JÚNIOR et al., 2013).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Como resultado de estas tendencias, se hace necesario minimizar los niveles de desperdicio en los procesos productivos en la industria de la madera de eucalipto y especialmente en la industria de muebles, sin disminuir la calidad de los productos.

Los avances obtenidos en la industria del eucalipto han demostrado la calidad de esta madera por sus características mecánicas, por el corto tiempo de cultivo, por el bajo costo y por su gran abundancia, dejándolo en una posición destacada frente a otras maderas nativas de Brasil (FERREIRA et al., 2008). Aun cuando el eucalipto tenga estas características, su procesamiento puede quedar comprometido debido a una serie de defectos que dificultan su uso en la industria, contribuyendo al desperdicio de material.

Una de las características que se estudian de la madera es la higroscopicidad, la cual le permite absorber y perder humedad equilibrándose con la humedad relativa del medio ambiente en el cual esté; es precisamente esta característica la que hace que algunos productos de madera presenten problemas durante su vida útil como es el caso de las variaciones dimensionales, las rajaduras o el despegado de las piezas, afectando tanto su funcionalidad como su estética.

El objetivo de este trabajo fue analizar el comportamiento del adhesivo en el pegado de piezas de madera con miras hacia la fabricación de muebles de madera de eucalipto, teniendo en cuenta la descripción del procesamiento de la madera de eucalipto para la realización de muebles y los residuos generados en la manufactura.

1.1 Proceso de fabricación de muebles de madera

La industria de muebles de madera incluye un grupo amplio de productos como mesas, sillas, libreros, salas, comedores, base-camas, alacenas, clasificados entre muebles para el hogar, la oficina y la industria. Pero, para garantizar que la fabricación de estos muebles sea de calidad, es importante que la madera esté con el contenido de humedad entre el 10% y el 15%, por esto, la primera operación que debe ser realizada sobre la madera es el secado, que puede hacerse al aire libre y en horno.

Una vez la madera está seca, se da inicio al proceso productivo a través del dimensionamiento de las piezas, rectificando el espesor y la longitud, dando las formas requeridas y luego realizando las perforaciones necesarias para que pueda llevarse a cabo el ensamble.

El proceso de ensamble toma gran importancia, siendo uno de los factores que puede determinar la calidad del producto con el paso del tiempo. En esta etapa se utilizan diferentes adhesivos, así como elementos de sujeción como tarugos de madera y tornillos. Por último, se realiza el proceso de acabado, en donde se prepara la superficie por medio del pulido de las piezas y se cubre la madera para su protección con elementos como tintes, lacas y barnices.

1.2 Residuos

Durante el ciclo de fabricación de los productos de madera, se generan residuos debido a materias primas empleadas parcialmente en el proceso manufacturero. Los residuos,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





al ser descartados, generan gastos de mano de obra, infraestructura, transporte, almacenamiento, que no contribuyen con ningún tipo valor para la empresa (NOLASCO et al., 2013).

Los procesos productivos enfocados a la sustentabilidad presentan como resultado la disminución en la generación de residuos, sin embargo, cuando no se consigue eliminar el residuo en la manufactura, éste es recuperado a través de tecnologías que permiten mayor aprovechamiento de la materia prima obteniendo así beneficios ambientales y económicos (CASAGRANDE et al., 2004).

Cuando un residuo es recuperado, transformado y utilizado efectivamente se constituye en un subproducto. Los subproductos se consideran productos secundarios de un sistema manufacturero que tienen valor de mercado y, por lo tanto, son materiales que pueden ser utilizados en la generación de nuevos productos (NOLASCO et al., 2013)

Para el caso del eucalipto, la utilización adecuada de los residuos ha llevado al desarrollo de diferentes investigaciones enfocadas especialmente hacia la producción de aglomerados y de madera laminada encolada (BOA et al., 2014); (FRANCO et al., 2010), (FRANCO & COTA, 2010); (SCHNEIDER et al., 2003); (TEIXEIRA & CÉSAR, 2006), en todos los casos se busca el mayor aprovechamiento de la materia prima que ha sido denominada como residuo, porque ya no es posible usarlo en piezas de gran tamaño y de medidas uniformes en los muebles de madera.

1.3 Encolado

El proceso de encolado de madera permite reducir el desperdicio toda vez que pueden ser utilizadas piezas pequeñas e incluso defectuosa generando piezas de mayores dimensiones que puede ser empleada en la fabricación de muebles u otros productos. Gran parte del éxito de los productos a base de madera encolada está relacionado con el tipo de adhesivo utilizado, ya que es el encargado de brindar fuerza, estabilidad y durabilidad. Con el encolado de la madera se logra obtener un material homogéneo y de buena estabilidad dimensional, siempre y cuando, sean adoptadas las tecnologías de procesamiento adecuadas (MOTTA et al., 2012).

Según la American Society for Testing and Materials, el adhesivo es una substancia capaz de unir materiales a través del contacto entre sus superficies. Las condiciones físicas y químicas de la superficie durante la adhesión son relevantes para que ella tenga un desempeño satisfactorio, ya que el adhesivo líquido tiene que humedecer y repartirse libremente en las superficies para que se establezca el contacto entre las partes.

Cerca del 70% de los productos de madera tienen algún tipo de adhesivo, por lo tanto, se hace necesario tener informaciones claras sobre los parámetros que intervienen en el proceso de encolado. Algunos de los parámetros que se deben tener en cuenta para obtener un tablero de madera encolado de buenas características son: densidad de la madera, contenido de humedad de la madera, tipo de adhesivo, cantidad de adhesivo utilizado, presión de pegado, tiempo de presión, acabado superficial de las piezas, temperatura ambiente y disposición de las piezas. Comúnmente, se utilizan adhesivos basados en Acetato de polivinilo (PVA), Urea formaldehído, Emulsión polimérica de isocianato (EPI), resorcina-fenol-formaldehído (RFF), poliuretano (PUR) y resina resorcina.

Para la fabricación de muebles es recomendable la utilización de maderas de densidades bajas (hasta 0.65 g/m³) ya que las maderas de densidades mayores son menos

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





eficientes y de difícil adhesión, debido a que no permiten una buena penetración del adhesivo y hay mayor pérdida de este en la línea de cola (BOA, 2011). Al respecto se han realizado un buen número de estudios que han analizado variables como la densidad y cantidad de adhesivo aplicado (BOA et al., 2014); tipos de madera, adhesivos y cantidad de adhesivo aplicado (BILA, 2014); adhesivos y disposición de las piezas (IWAKIRI et al., 2000); adhesivo y presión (LUZ et al., 2011); tipos de madera, adhesivos y contenido de humedad (MOTTA et al., 2012); adhesivos, tiempo y temperatura de prensado (FERREIRA et al., 2012); cantidad de extractivos y posición de la madera en el tronco (ALBINO et al., 2012); adhesivo y sistema de manejo forestal (PLASTER et al., 2012). En todos los casos se tuvo en cuenta la resistencia al cizallamiento y el porcentaje de falla en la madera teniendo en cuenta las recomendaciones de las normas internacionales para estos estudios.

En el caso de la utilización de residuos de madera de eucalipto en la industria de muebles, se han realizado diferentes investigaciones (FRANCO et al., 2010), algunas encaminadas al desarrollo de láminas a partir de pequeñas piezas pegadas con diferentes resultados estéticos y funcionales. Otras investigaciones se centran en la comprobación de la resistencia en las uniones con adhesivo (CRESSONI, 2011); (SILVA, 2013); (GOMES, 2012), aportando información para la utilización de residuos de madera de eucalipto.

Desde Neto (1999) se estudió la adhesión del pegado de las áreas en la madera buscando encontrar las mejores combinaciones de variables, teniendo en cuenta el consumo de adhesivo, la presión del pegado y la aplicación del adhesivo a base de resorcinol formaldeído en una o dos caras y en diferentes direcciones de la fibra. El resultado obtenido evidenció que la resistencia al cizallamiento de las juntas coladas fue afectada por todas las variables, teniendo un efecto significativo para las interacciones del consumo con relación a la presión y el consumo con respecto al pegado.

El contenido de humedad de la madera al momento de ejecutar la pega es uno de los factores que se debe tener en cuenta, siendo recomendado que se encuentre entre el 5% y el 20%. Motta et al. (2012) evaluaron la influencia del contenido de humedad en las propiedades de unión con adhesivo de dos especies comerciales de eucalipto, utilizando adhesivos a base de resina resorcínica y acetato de polivinil PVA; se evaluaron diferentes variables como la especie de la madera, el contenido de humedad al momento de la unión y el tipo de adhesivo utilizado, encontrando que, con menores contenidos de humedad el desempeño del adhesivo de PVA obtuvo resultados satisfactorios.

Sin embargo, para el caso de muebles de madera, no se conocen investigaciones que indiquen desde el diseño, la anticipación de los defectos a lo largo del tiempo que presentan los muebles hechos con madera de eucalipto y que sean atribuidos a las variaciones dimensionales debido a la transferencia de humedad de la madera para el medio ambiente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se documentó el proceso de producción en una fábrica de muebles de madera de eucalipto ubicada al norte de la ciudad de Salvador en el estado de Bahia, Brasil.

El proceso productivo de la empresa está basado en tecnología de pre-encolado con el fin de tener una mayor productividad en la fabricación de muebles de madera y un mayor aprovechamiento del material.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Las pruebas realizadas tuvieron como objetivo evaluar el comportamiento de las uniones coladas en cuerpos de prueba con tres tiempos diferentes de curado

: una semana después de fabricados, dos meses después y tres meses después; para esto, se utilizó madera de eucalipto Uro-Grandis con contenido de humedad del 12%; se realizó la fabricación de los cuerpos de prueba siguiendo las recomendaciones de la norma brasilera NBR1790. Es así como se seleccionaron tablas de espesores de 23 mm y de 32 mm para darles dimensiones finales después de cepillarlas de 20 mm y 30 mm; estas tablas fueron cortadas en longitudes de 1000 mm y después fueron escuadradas y luego cortadas en anchos de 55 mm.

Las piezas de 20 mm fueron pegadas a las piezas de 30 mm aplicando adhesivo con rodillo en las caras a ser unidas en una cantidad de 250 g/m², luego fueron prensadas en máquina de prensado desarrollada en la empresa a una presión de 90 kg/cm² y durante un tiempo de 12 horas. Posteriormente fueron realizados los cuerpos de prueba según especificaciones de la norma NBR1790.

Se utilizó un adhesivo mono componente de emulsión de acetato de polivinilo (PVA) “crosslinking” (reticulable), pre-catalizado, denominado Multibond EZ-1, ya que es un adhesivo recomendado para encolado de maderas en prensas de alta frecuencia, en caliente y en frío, que permite una adhesión resistente a la humedad de acuerdo con la norma DIN EN 204 D3. Este adhesivo es de secado rápido, presenta una línea de cola de coloración clara, así como un alto porcentaje de sólidos (47-50%), de viscosidad estable (3.000-4.000 cps) y un pH entre 2.0 y 3.0.

Los cuerpos de prueba fueron almacenados en el Laboratorio de Maderas de la Escuela Politécnica de la Universidad Federal de Bahía a temperatura ambiente con mínima de 21° C y máxima de 29° C; con humedad relativa del ambiente entre y 78% y 80%.

Con estos cuerpos de prueba se realizaron ensayos de cizallamiento por compresión en la línea de pegue utilizando la maquina universal de ensayos. Como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Cuerpo de prueba en la prensa
Fuente: Elaboración propia

El desempeño fue evaluado por el análisis de la resistencia al cizallamiento paralelo medio presentado, que se evidencia en la Figura 2; y por el porcentaje de falla de la madera ocurrida en las uniones siguiendo la norma NBR1790.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Figura 2. Cizallamiento en la línea de pega
Fuente: Elaboración propia

Los ensayos fueron realizados en tres momentos diferentes: una semana después de elaborados los cuerpos de prueba, dos meses después y tres meses después. Para determinar la resistencia al cizallamiento y el porcentaje medio de falla en la madera, cada grupo de datos fue reunido y sometido posteriormente al análisis estadístico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una semana después de elaborados los cuerpos de prueba, la resistencia al cizallamiento fue de 156.0172 kgf/cm², y el porcentaje de falla del 32%; dos meses después la resistencia al cizallamiento fue de 110.1853 kgf/cm² y el porcentaje de falla del 25%; y tres meses después la resistencia al cizallamiento fue de 71.0213 kgf/cm² y el porcentaje de falla del 18%. Ver Gráfico 1.

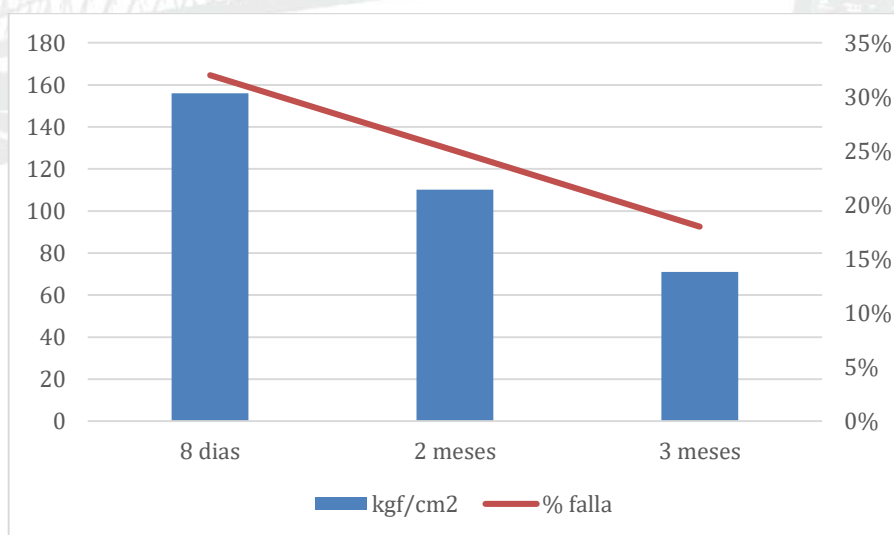


Gráfico 1. Comportamiento de cuerpos de prueba en tres momentos diferentes

Fuente: Elaboración propia



Tanto la resistencia al cizallamiento como el porcentaje de falla medio de la madera disminuye con el tiempo, evidenciados en las pruebas realizadas. Se encontró que el comportamiento de las uniones de madera utilizando adhesivos de PVA es deficiente en el transcurso del tiempo, no siendo recomendable para elementos estructurales.

4. CONCLUSIONES

Al observar los resultados de los ensayos se tiene que la resistencia al cizallamiento en estos cuerpos de prueba disminuye con el paso del tiempo, así como la calidad de adhesión.

Para el caso de los muebles de madera de eucalipto, y teniendo en cuenta las características de la madera como la higroscopicidad y la dirección de las fibras, es posible, a través del diseño formal, desarrollar productos que minimicen los problemas de despegue de las piezas.

A pesar de que muchas variables han sido estudiadas para medir el desempeño de la madera encolada, es necesario que se realicen nuevos estudios que incluyan variables que se afectan con el paso del tiempo, como la variación dimensional de las piezas debido a la humedad relativa del ambiente, con el fin de comprobar cómo influyen dichas variables en la resistencia de la madera encolada. Así como la comparación de diferentes adhesivos evaluados en diferentes momentos en el tiempo.

Las pruebas sobre el comportamiento del adhesivo en el pegado de piezas de madera, como son la resistencia al cizallamiento y el porcentaje de falla medio de la madera, pueden ser utilizados en la industria de muebles de madera de eucalipto para el aprovechamiento de los residuos, con el fin de generar valor dentro de la cadena productiva para el uso de desperdicios tradicionalmente descartados.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, V. C. do S., MORI, F. A., & MENDES, L. M. (2012). Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de eucalyptus Grandis W. Hill ex maiden na qualidade da colagem. *Ciencia Florestal*, 22(4), 803–811.
- BILA, N. F. (2014). *Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da amazonia*.
- BOA, A. C. (2011). *Aproveitamento de residuos madeireiros de eucalipto aderidos com resina urea-formaldeido colados a frio*. Universidade Federal do Espírito Santo.
- BOA, A. C., GONÇALVES, F. G., OLIVEIRA, J. T. D. S., PAES, J. B., & ARANTES, M. D. C. (2014). Resíduos madeireiros de eucalipto colados com resina ureia formaldeído à temperatura ambiente Eucalypts timber wastes glued with urea formaldehyde resin at room temperature. *Scientia Forestalis*, 42(102), 279–288.
- CASAGRANDE, E. F., CORREA DA SILVA, M., CASSILLA, A. C., PODLESK, C. L., & FILIPAK, S. N. (2004). Industria Moveleira e residuos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. *Revista Educação & Tecnologia*, 1–14.
- CASTILLO, J. L. M., & CUETO, E. M.-P. (1996). Características de maquinado de 32



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

especies de madeira. *Madera Y Bosques*, 2(1), 45–62. Retrieved from
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712016000100017

- CRESSONI, A. (2011). *Resistência mecânica de juntas coladas em madeira de Eucalyptus sp.* Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista SP.
- DIAS JÚNIOR, A. F., SANTOS, P. V., PACE, J. H. C., CARVALHO, A. M., & LATORRACA, J. V. F. (2013). Caracterização da Madeira de Quatro Espécies Florestais para Uso em Moveleira. *Revista Ciência Da Madeira - RCM*, 4(1), 93–107.
<http://doi.org/10.12953/2177-6830.v04n01a08>
- DOBROVOLSKI, E. G. (1999). *Problemas, destinação e volume dos resíduos da madeira na indústria de serrarias e laminados da região de Itatu-Pr.* Centro Federal de Educação Tecnológica de Paraná.
- FERREIRA, A. R., JOAO, D. D. M., & GODOY, L. P. (2008). A utilização da matéria prima Eucalipto na indústria moveleira como estratégia para o desenvolvimento sustentável. *IV Congreso Nacional de Excelencia Em Gestao.*
- FERREIRA, B. S., DE CAMPOS, C. I., DA SILVA, M. S., & VALARELLI, I. D. D. (2012). Cisalhamento na Linha de Cola de Compensados de Eucalyptus sp. e Adesivo PVA. *Floresta E Ambiente*, 19(2), 141–146. <http://doi.org/10.4322/floram.2012.016>
- FONTES, P. J. P. (1994). *Auto suficiencia energetica em serraria de Pinus e aproveitamento dos residuos.* Universidade Federal do Paraná, Curitiba PR.
- FRANCO, A., & COTA, L. D. S. (2010). Resíduo de madeira : matéria-prima alternativa usada sob critérios de ecodesign e design estratégico. In *9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design.*
- FRANCO, A., DE SOUZA, L., & DE OLIVEIRA, A. (2010). Resíduo de madeira : limites e possibilidades de seu uso como matéria-prima alternativa. In *9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design* (p. Anais).
- GOMES, P. R. (2012). *Resistência da linha de cola em superfícies lixadas da madeira de eucalipto.* Universidade Estadual Paulista. Universidade Estadual Paulista.
- IWAKIRI, S., DA CRUZ, C. R., OLANDOSKI, D., & BRAND, M. (2000). Utilização de resíduos de serraria na produção de chapas de madeira aglomerada de eucalyptus saligna, eucalyptus citriadora e eucalyptus pilularis. *Floresta E Ambiente*, 7(1), 251–256.
- LUZ, S., BARBOSA, P. P., BORGES, H., CESAR, F., & MARTINS, C. H. (2011). Resíduos Da Indústria Da Madeira : Estado Da Arte. In CESUMAR (Ed.), *VII Encontro Internacional de Produção Científica.* Maringá, Paraná, Brasil.
- MOTTA, J. P., OLIVEIRA, J. T. S., & ALVES, R. C. (2012). Influência do teor de umidade nas propriedades de adesão da madeira de eucalipto. *Construindo*, 4(2), 9.
<http://doi.org/10.13140/RG.2.1.1567.6967>
- NETO, A. B. D. S. S. (1999). *Cisalhamento Em Corpos-De-Prova De Madeira.* Universidade Federal de Santa Catarina.
- NOLASCO, A., RODRIGUES, L., & CERCA, M. (2013). Gerenciamento de resíduos nas indústrias de piso de madeira.
- OLADOSKI, D. P. (2001). *Rendimento, resíduos e considerações sobre melhorias no*

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

processo em indústria de chapas compensadas. Universidade Federal do Paraná. Curitiba PR.

PLASTER, O. B., OLIVEIRA, J. T. D. S., GONÇALVES, F. G., & MOTTA, J. P. (2012). Comportamento de adesão da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* proveniente de três condições de manejo. *Ciencia Florestal*, 22(2), 323–330.

SCHNEIDER, V. E., HILLIG, É., PAVONI, E. T., RIZZON, M. R., & BERTOTTO, L. A. (2003). Gerenciamento ambiental na indústria moveleira – estudo de caso no município de Bento Gonçalves. In *XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*. Ouro Preto.

SILVA, R. S. (2013). *Resistência mecânica da madeira de eucalyptus saligna unidas por adesivo poliuretano para diferentes acabamentos de superfície*. Universidade Estadual Paulista.

TEIXEIRA, M., & CÉSAR, S. F. (2006). Produção de compósito com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial. In *10 Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - EBRAMEM*.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CASCAS DE UM HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla*

Caroline Junqueira Sartori¹

Graciene Mota²

Marina Rates Pires³

Pedro Junqueira Sartori⁴

Fábio Akira Mori⁴

Isabel Miranda⁵

Helena Pereira⁵

¹ IFMG / Instituto Federal de Minas Gerais, Campus São João Evangelista

² Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

³ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais

⁴ Universidade Federal de Lavras

⁵ Centro de estudos florestais / Instituto Superior de Agronomia / Universidade de Lisboa



COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CASCAS DE UM HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla*

Resumo: O objetivo deste trabalho foi determinar a composição química quantitativa nas cascas de um híbrido de *E. urophylla*, tendo em vista a sua valorização numa perspectiva de biorefinaria. As cascas foram secas, trituradas e utilizou-se a fração granulométrica 40-60 mesh para análises químicas. Determinou-se o teor em cinzas, extrativos em diclorometano, etanol e água em extrações sucessivas, suberina utilizando metanólise para despolimerização e lignina por hidrólise ácida. Os polissacarídeos foram quantificados no material hidrolisado como monossacarídeos neutros. A composição química das cascas do clone do híbrido estudado foi de 2,2% de cinzas, 12,1% de extrativos (1,4; 6,6 e 4,1% em diclorometano, etanol e água respectivamente), 1,7% de suberina e 20,4% de lignina (18,1% de lignina Klason e 2,3% de lignina solúvel). O teor em polissacarídeos foi de 50,1%, sendo a glucose o monossacarídeo mais abundante (68%), seguido de xilose (12,7%), galactose e manose, com pequenas quantidades de arabinose e ramnose. O conteúdo de fenóis totais, taninos condensados e flavonóides foram avaliados no extrato alcoólico (etanol água). O teor de fenóis totais foi de 302,8 mg GAE/g de extrato, de flavonóides 125,8 mg de catequina/g de extrato e de taninos de 55,1 mg de catequina/g de extrato. A atividade antioxidante do extrato foi de 512,5 mg de Trolox/g de extrato. A casca deste clone pode ser considerada como uma fonte de produtos extratáveis bioativos. Além disso é também interessante como fonte de celulose, permitindo assim a sua valorização no conceito de uma biorrefinaria.

Palavras-chave: *Eucalyptus urophylla*, cascas, biorefinaria, composição química.

CHEMICAL COMPOSITION OF BARKS OF A *Eucalyptus urophylla* HYBRID

Abstract: The objective of this study was to determine the chemical composition of the bark of an *E. urophylla* hybrid used by a charcoal company towards its valorisation in a biorefinery perspective. The 40–60 mesh fraction was used for chemical analysis and the following determinations were made: ash content, extractives content using dichloromethane, ethanol and water in successive extractions, suberin content in extractive-free material by use of methanolysis for depolymerization and lignin content by acid hydrolysis. The polysaccharides were estimated in the hydrolysis liquor by determining the neutral monosaccharides monomers content. The chemical composition of bark was as follows: ash 2.2 %, extractives 12.1 % (1.4, 6.6 and 4.1%, respectively in dichloromethane, ethanol and water), suberin 1.7 % and lignin 20.4 % (18.1% Klason lignin and 2.3% soluble lignin). The polysaccharides content was 50.1% of dry mass and the composition showed predominance of glucose (68%) followed by xylose (12.7%), galactose and mannose. Arabinose and ramnose were observed in small amounts. Total phenolic, tannins and flavonoids contents were determined in the ethanolic extract (ethanol:water 1:1). Total phenolics corresponded to 302.8 mg gallic acid equivalent/g extract, flavonoids 125.8 mg catechin equivalent/ g extract and tannins 55.1 mg catechin equivalent/ g extract. Antioxidant activities of the extracts corresponded to 51.5 mg Trolox/g of extract. The bark of this clone can be considered as a source of extractable bioactivity. Furthermore, it is also interesting as a source of cellulose, allowing a valorisation within the biorefinery concept.

Keywords: *Eucalyptus urophylla*, bark, biorefinery, chemical composition.



1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus*, predominantemente de ocorrência natural na Austrália, possui cerca de 700 espécies adaptadas às mais diversas condições de clima e solo (MONTAGU et al., 2003). Este gênero é também o que possui a maior área plantada no Brasil para suprir diferentes setores industriais. *Eucalyptus urophylla* é uma espécie que possui boa produtividade e potencialidade em diversas regiões do Brasil, e possui grande tolerância ao ataque do cancro (*Cryphonectria cubensis*), muito comumente encontrado em condições ambientais sob climas tropicais (MORI et al., 1988).

A transformação da madeira para os diferentes produtos gera grandes quantidades de resíduos lignocelulósicos (cascas, galhos e ponteiros). Segundo Foelkel (2005) e Pereira et al. (2010), as cascas correspondem a valores de volume de 10% a 18% em espécies comerciais de *Eucalyptus*. Assim, milhares de toneladas de casca de eucaliptos são geradas anualmente que são utilizadas como fonte de energia, especialmente pela indústria de celulose, ou, na maioria dos casos, simplesmente descartadas.

As cascas possuem em sua composição química os componentes estruturais (celulose, hemiceluloses e lignina) e os componentes não estruturais. A celulose é um polímero formado por unidades de β -D-glucose ligadas glicosidicamente nas posições 1 e 4, originando um polímero linear constituído de regiões cristalinas e amorfas (GARCÍA HORTAL, 2007). As hemiceluloses são polissacarídeos ramificados compostos por diferentes pentoses e hexoses, com um alto número de grupos hidroxilo, apresentando maior polaridade que a celulose, e uma estrutura amorfa (FERRER et al., 2006, citados por BILCATI, 2015). A lignina é um polímero polifenólico, ramificado, tridimensional e amorfo que confere rigidez à parede celular, e atuando como agente de ligação entre as células (GARCÍA HORTAL, 2007).

As cascas são ricas em compostos químicos não estruturais, solubilizáveis com solventes de diferente polaridade, os quais podem constituir matéria prima para diversos segmentos industriais. Os trabalhos atuais salientam o potencial das cascas de *Eucalyptus* spp. como fonte de compostos fenólicos (Mota et al., 2013, Li e Xu, 2012), para tratamento de efluentes (Rajamohan, et al., 2014), para curtimento do couro e como produtos com atividade antioxidante e antibactericida (Boulekbache-Makhlouf et al., 2013, VAZQUEZ et al., 2009), assim como para produção de bioetanol (BRAGATTO, 2010, LIMA et al., 2013), extração de taninos para produção de adesivos (CARNEIRO et al., 2009, 2010, 2012; MORI et al. 1999, 2001 2002; VITAL et al., 2004).

O estudo químico da casca pode ser um bom instrumento para o melhor uso e aplicação deste material, tendo em vista a sua valorização. Levando em conta a grande quantidade de cascas de *Eucalyptus* geradas como resíduo, o objetivo deste trabalho foi a caracterização química e a quantificação de extrativos, suberina, polissacarídeos, lignina e cinzas, presentes nas cascas de um clone comercial da espécie. Foi também determinada a composição em fenóis e a atividade antioxidante de um extrato em etanol/água (1:1) da casca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento das amostras

Foram utilizadas cascas de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* proveniente de uma empresa de carvão vegetal associada à Associação Brasileira de Produtores de Florestas



Plantadas (ABRAF), localizada no município de Paraopeba (19°16'54" S, 44°24'32" W), no estado de Minas Gerais, Brasil.

Após coletadas, as cascas foram secas ao ar livre e trituradas em moinho de martelo com uma peneira de abertura de 1 mm² e separadas granulometricamente por crivagem, restando-se para as análises químicas a fração 40-60 mesh.

2.2 Caracterização química

As análises químicas incluíram a determinação de cinzas, extrativos solúveis em diclorometano, etanol e água, suberina, lignina Klason e lignina solúvel em ácido, assim como a composição monomérica dos polissacarídeos. Foi também determinado o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante de um extrato em etanol/água (1:1) da casca.

2.3 Teor de cinzas

O teor de cinzas foi determinado por incineração de 2,0 g de amostra de cascas a 525 °C durante a noite. Após arrefecimento em dessecador, os resíduos foram pesados e calculados com relação à massa inicial.

2.4 Teor de extrativos

A extração por solventes foi realizada em extrator Soxhlet, utilizando 2 g de amostra. A extração ocorreu sucessivamente com diclorometano, etanol e água, durante 6, 16 e 16 horas, respectivamente. Os resíduos solubilizados por cada solvente foram determinados utilizando a diferença de massa do resíduo sólido, após secagem a 105 °C, e calculado em porcentagem com relação à massa das amostras originais.

2.5 Teor de suberina

O conteúdo de suberina foi determinado com 1,5 g de amostra livre de extrativos, em balão volumétrico de 500 mL com 100 mL de uma solução de CH₃OH com NaOCH₃ a 3% em refluxo durante 3 h (Pereira, 1988). A amostra foi filtrada em bomba de vácuo e cadinho sinterizado de porosidade número 2, lavada com metanol, novamente submetida a refluxo com 100 mL de CH₃OH durante 15 minutos e filtrada. Os cadinhos com o material retido foram secos em estufa a 103 ± 2 °C, e foi determinada a massa seca. Os extratos filtrados foram acidificados até pH 6 com H₂SO₄ 2 M e evaporados até à secura. O resíduo foi suspenso em 50 mL de água e os produtos de alcoólise recuperados com diclorometano em três extrações sucessivas, cada uma delas com 50 mL de diclorometano. Posteriormente foi adicionado sulfato de sódio anidro por 24 h, sendo posteriormente filtrado em papel filtro e evaporado até à secura. O balão e o resíduo foram secos em estufa a 103 ± 2 °C, sendo posteriormente determinada a massa seca de suberina. O rendimento em suberina foi calculado com relação à massa inicial livre de extrativos e em relação à massa inicial da amostra.



2.6 Teor de lignina

A lignina Klason e lignina solúvel em ácido foram determinados com 0,35 g de amostra livre de extrativos e suberina. Adicionou-se 3 mL de ácido sulfúrico (72%) e a mistura foi mantida em banho de água a 30 °C durante 1 h, mexendo frequentemente. Após este período, a amostra foi diluída com 84 mL de água, hermeticamente fechada e colocada em panela de pressão durante 1 h a 120 °C. A amostra foi filtrada através de um cadinho de porosidade número 2 e lavado com água fervente. A lignina Klason foi determinada como a massa do resíduo sólido, após secagem a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ e a lignina solúvel em ácido foi determinada no filtrado através da medição da absorbância a 206 nm usando um cromatógrafo UV/VIS. Lignina Klason e lignina solúvel em ácido foram determinadas em percentagem em relação à massa inicial da amostra. O teor de lignina total foi obtido com o somatório de lignina Klason e lignina solúvel.

2.7 Teor de carboidratos

Os polissacarídeos foram calculados com base na quantidade de monômeros de açúcar neutros libertados por hidrólise total.

O primeiro passo corresponde à neutralização e concentração das amostras. Para isto, do extrato, correspondente à lignina solúvel, foram retiradas alíquotas de 100 mL, em que foi adicionado como padrão 2 mL de inositol e 3 gotas de bromofenol. Posteriormente foi adicionada solução saturada de hidróxido de bário até mudar a cor da solução de amarelo para azul. A mistura foi então centrifugada e transferidas para erlenmeyer.

A segunda etapa corresponde à redução, em que consistiu em adicionar 80 mg NaBH_4 , e deixar a mistura over night e adicionar ácido acético glacial para liberação de gás. A solução foi então concentrada até xarope em rotavapor, e adicionados 10 mL de metanol, evaporado até securo e posteriormente levados em estufa para garantir a completa remoção da água.

A seguinte etapa é a acetilação, em que foram adicionados 7,5 mL de anidrido acético e 0,5 mL de H_2SO_4 (72%), os quais foram tampados e levados em banho maria a 55 °C durante 1 hora. Foi adicionada à mistura 70 mL de água com gelo, os quais posteriormente foram transferidos para ampola de decantação e extraídos sucessivamente com 25, 15 e 10 mL de diclorometano. Os produtos da decantação foram transferidos para balão de 100 mL e concentrados até securo em rotavapor, em que posteriormente foi adicionado 1 mL de água e novamente secos até securo. O resíduo foi então suspenso com 2 mL de diclorometano e armazenados em vial até injeção em cromatógrafo.

O conteúdo dos monossacarídeos neutros foi quantificado por HPLC (sistema Dionex ICS-3000 equipado com um detector electroquímico). A separação foi realizada com armadilha Amino mais CarboPacSA10 colunas de permuta aniônica. A fase móvel utilizada foi uma solução de NaOH a 2 mM aquosa a um fluxo de 1,0 mL/min a 25 °C.

2.8 Teor de compostos fenólicos

Aproximadamente 1 g de casca de casca foi extraído em 10 mL de etanol/água (50/50, v/v), uma relação 1:10 (m/v) durante 60 min a 50 °C utilizando um banho de ultrason. O material foi filtrado e o extrato armazenado a 4 °C. O resíduo sólido foi levado em



estufa para secar e com relação à massa obteve-se o rendimento de extração. Compostos fenólicos totais, flavonóides, taninos e atividade antioxidante foram determinados no extrato de etanol 50%.

Conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método Folin-Ciocalteu utilizando solução de ácido gálico como padrão. Para isto, uma alíquota (100 µL) do extrato foi misturado com 4 mL do reagente de Folin-Ciocalteu e após 6 minutos 4 mL de uma solução de Na₂CO₃ a 7% foi adicionado à mistura.

Após 15 min de incubação num banho a 45 °C foi medida a absorbância a 760 nm das amostras e preparada um solução como branco. Uma curva de calibração foi construída utilizando ácido gálico, como um padrão (0-150 mg/mL). O teor de fenol total foi expresso como miligramas de equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g do extrato da casca seca.

O teor total de flavonóides foi determinado por um ensaio colorimétrico de cloreto de alumínio. Para isto, uma alíquota de 1,0 ml do extrato foi misturada com 4,0 mL de água, seguido por 0,3 mL de uma solução de NaNO₂ 5%. Após 5 min, 0,3 mL de uma solução de AlCl₃ 10% • 6H₂O foi adicionada à mistura. Após 5 min, 2,0 mL de solução 1 M de NaOH foi adicionado, e o volume total foi ajustado para 10,0 ml com água. A absorbância foi medida a 510 nm, e os resultados foram expressos em mg de (+) - catequina equivalentes (CE)/100 g do extrato da casca seca.

Teor de taninos foi determinado pelo método de vanilina-H₂SO₄. Uma alíquota de 1,0 mL do extrato foi misturada com 2,5 mL de vanilina em metanol absoluto a 1,0% (m/v) e depois com 2,5 mL de ácido sulfúrico em metanol absoluto a 25% (v/v) para a reação da vanilina com os polifenóis presentes no extrato. O ensaio em branco foi preparado com o mesmo procedimento sem a vanilina. As absorbâncias foram registados a 500 nm após 15 minutos, e os resultados foram expressos em mg de (+) - equivalentes de catequina (CE)/100 g de extrato de casca seca.

2.9 Teor de compostos fenólicos

A atividade antioxidante dos extratos da casca foi determinada utilizando 2,2-difenil-1-picril-hidrazina (DPPH) e expressa em termos da quantidade de extrato requerida para reduzir de 50% a concentração de DPPH (IC₅₀) e de equivalentes de Trolox (TEAC) em uma base de extrato seco (mg Trolox/mg extrato seco). Em primeiro lugar, diferentes diluições do extrato inicial e do Trolox (0,2 mg/mL) em metanol foram preparados. Uma alíquota de 100 µL de cada solução metanólica do extrato e Trolox foram adicionados a 3,9 mL de uma solução metanólica de DPPH (24 µg/mL). A amostra em branco consistiu em 100 µl de metanol adicionados a 3,9 mL de solução de DPPH. Após uma incubação de 30 minutos à temperatura ambiente, no escuro, a absorbância foi medida a 515 nm.

A atividade de eliminação de radicais de cada amostra foi calculada pela inibição DPPH percentual como se segue: $I\% = [(Abs_0 - ABS_1) / Abs_0] \times 100$, onde Abs₀ corresponde a absorbância do branco e ABS₁ a absorbância na presença do extrato a concentrações diferentes.

A concentração de inibição de IC₅₀, que representa a concentração de uma amostra necessária para sequestrar 50% dos radicais DPPH, foi obtida representando graficamente a percentagem de inibição contra a concentração do extrato.



O efeito de eliminação do radical DPPH do extrato também foi expresso como capacidade antioxidante equivalente Trolox (TEAC) calculado a partir da curva de calibração com solução de Trolox e a percentagem de efeito de eliminação na DPPH radical como:

$TEAC \text{ (mg Trolox equivalente/extrato mg ou casca)} = [(\% \text{ inhibitionsample} + n) / \text{sxm}]$, onde n e s representam a interceptação e a inclinação da curva de calibração Trolox para DPPH e m é a quantidade de amostra em base seca (mg).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de cinzas, extrativos e lignina estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de cinzas (%), Extrativos em diclorometano, etanol e água (%), Lignina Klason (%), lignina solúvel em ácido (%) e açúcares totais

Análises	Rendimento (%)	
Cinzas	2,2	
Extrativos	Diclorometano	1,4
	Etanol	6,6
	Água	4,1
	Total	12,1
Lignina	Klason	18,1
	Solúvel	2,3
Açúcares totais	Total	20,4
		50,1

O teor de cinzas encontrado neste estudo foi em média de 2,2%. Este valor é inferior a alguns valores relatados na literatura, como em *Eucalyptus globulus* com valores de 4,7% (Vázquez et al., 2008) e 4,9% (Yadav et al., 2002), e mais próximo aos encontrados por Miranda et al. (2013) e Mota et al. (2013).

O material não estrutural, obtido por extração sob polaridade crescente, resultou em média de 12,1%. Mais de 50% do total de extrativos foi removido com etanol (6,6%). Compostos polares extraídos por etanol e água, que incluem compostos fenólicos e especialmente polifenóis, corresponderam a uma proporção significativa do conteúdo de extrativos totais (representando cerca de 88% do total de produtos extratáveis), enquanto que a proporção de extrativos solúveis em diclorometano foi de apenas 12%. Miranda et al. (2013) também encontraram maior rendimento de extração com água (4,1%), seguido da extração com etanol (1,3%), diclorometano (0,9%) e metanol (0,2%). Andrade et al. (2010) ao estudar dez clones comerciais de *Eucalyptus*, verificaram que *E. urophylla* possui maior rendimento em extrativos e *E. camaldulensis* menor rendimento, com 9,5 e 3,5% respectivamente; para *E. grandis*, os autores verificaram um rendimento médio de 7% e de 8% em cascas de três clones de *E. urophylla* x *E. grandis*.

O valor médio encontrado de suberina foi de 1,7%, valor semelhante ao encontrado por Miranda et al. (2013) nas cascas de *E. globulus*, que foi de 1.0%. O baixo rendimento em suberina se deve à ausência de ritidoma com tecidos suberizados.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O teor em lignina Klason foi de 18,1% e 2,3 % de lignina solúvel em ácido. Estes valores aproximam-se dos valores encontrados para *E. grandis* x *urophylla* e *E. grandis* de 21,6% e 22,2%, respectivamente (Lima et al., 2013). Andrade et al. (2010) encontraram maiores teores em lignina Klason nas cascas de clones comerciais de *Eucalyptus*: 24% em *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, 23% em *E. grandis*, e 21% em cascas de três clones de *E. urophylla* x *E. grandis*.

Com relação aos carboidratos, a proporção de monossacarídeos encontrados neste estudo estão na Tabela 2.

Tabela 2. Composição de monômeros dos carboidratos nas cascas do híbrido de *Eucalyptus urophylla*

Monossacarídeo	% total de monômeros
Ramnose	0,3
Arabinose	1,5
Xilose	14,7
Manose	1,7
Galactose	2,9
Glucose	78,9

O teor em açúcares totais foi de 50,1% nos quais a glicose representa 78,9% do total dos monossacarídeos neutros e a xilose 14,7%. A razão de glicose para xilose como indicativo da proporção de celulose e hemiceluloses foi 5,4 e a razão de arabinose a xilose foi de 0,10, próximo ao encontrado por Miranda et al. (2013), na casca de *E. globulus* (0,12).

Bragatto (2010) relata também a composição de carboidratos nas cascas de *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. grandis*, respectivamente, como 76,4% e 77,6% de glicose, 18,9% e 16,9% de xilose, 1,8% e 2,3% de galactose, 2,0 % e 2,2% de arabinose, e 0,6% e 0,7% de ramnose.

Lima et al. (2013) encontraram que os principais monossacarídeos na casca de eucalipto foram glicose, aproximadamente 39% e 40% da matéria seca inicial em *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. grandis*, respectivamente, seguindo-se a xilose (aproximadamente 10% da matéria seca inicial em *E. urophylla* x *E. grandis* e 9% da matéria seca inicial em *E. grandis*).

A grande quantidade de cascas de *Eucalyptus* geradas anualmente como um desperdício do sector da energia aconselha a sua utilização. A sua composição química mostra que as cascas podem representar uma importante fonte de açúcares para a produção de bioetanol. No entanto, as cascas de *Eucalyptus* tem propriedades físicas e químicas diferentes dos outros resíduos agrícolas (Zhu et al. 2010). Em geral, a madeira tem um teor consideravelmente menor de açúcares pentose, em comparação com as palhas de cereais ou gramas de biomassa, o que é uma vantagem para a produção de etanol, uma vez que a fermentação das pentoses em etanol é desfavorável quando se utiliza levedura. Outro fato está relacionado com a maior densidade e teor de lignina da madeira e casca de eucalipto, sendo por isso mais recalcitrantes para a ação microbiana e enzimática. Deverão, portanto utilizar-se diferentes condições de pré-tratamento das utilizadas com outros materiais.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Os valores médios de compostos fenólicos, como fenóis totais, flavonóides, taninos e capacidade antioxidante estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição fenólica nas cascas do híbrido de *Eucalyptus urophylla*

Fenóis e Atividade antioxidante	% total de monômeros
Rendimento em extrativos (%)	9,8
Fenol Total (mg GAE/g de extrato)	302,8
Flavonóides (mg catequina/g de extrato)	125,8
Taninos (mg catequina/g de extrato)	55,1
Capacidade antioxidante TEAC (mg Trolox/g de extrato)	512,5
Capacidade antioxidante TEAC (mg Trolox/g de casca)	50,1
Valor IC50 (μg extrato/mL)	6,2
Trolox IC50 em etanol-água (μg Trolox/mL)	2,6

A natureza polifenólica do extrato é apresentada pelos teores elevados de compostos fenólicos, flavonóides e taninos (Tabela 3): 302,8 mg GAE/g extrato de fenóis totais, 55,1 mg CE/g extrato de taninos, e 125,8 mg CE/g extrato de flavonóides.

Estes valores são semelhantes quando comparados com valores encontrados na literatura para fenóis totais em extratos etanólicos de cascas de *Eucalyptus*. Para a casca de *E. globulus*, Luis et al. (2014) referem uma concentração de 253,1 mg GAE/g de extrato em extrato etanólico, e Vázquez et al. (2008) 223 mg GAE/g de extrato em etanol:água (50%).

A concentração de flavonóides totais foi superior aos valores encontrados na literatura: Luis et al. (2014) relataram para extratos etanólicos de cascas *E. globulus* 8,8 mg quercetina/g de extrato.

O teor de taninos também foi superior quando comparado com os valores encontrados na literatura: Luis et al. (2014) verificaram rendimentos em extratos etanólicos a 75% de cascas de *E. globulus* na ordem de 39,0 mg de extrato GAE/g.

Estes resultados confirmam claramente o potencial da casca de híbridos de *E. urophylla* como fonte de taninos e outros compostos fenólicos.

A atividade eliminadora de radical-livre do extrato de casca do híbrido de *E. urophylla* foi expressa em termos da quantidade de extrato necessários para reduzir em 50% a concentração de DPPH (IC50) e também em termos de equivalentes de Trolox (TEAC). Os resultados mostram que a casca tem uma atividade moderada com um valor de IC50 médio de 6,2 $\mu\text{g}/\text{mL}$, em comparação com o padrão Trolox (IC50 de 2,6 $\mu\text{g}/\text{mL}$). No entanto, esta atividade antioxidante foi semelhante à relatada para extratos metanólicos de cascas de *E. grandis*, *E. urograndis* e *E. maidenii* em que os valores de IC50 foram, respectivamente, 6,3 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 6,1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ e 8,2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ em comparação com 2,2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ para o ácido ascórbico e 18,2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ para o BHT (3,5-di-terc-4-butil-hidroxitolueno) (Santos et al 2012). Luis et al. (2014) determinaram a atividade antioxidante de extrato etanólico de cascas de *E. globulus* e mostraram uma atividade antioxidante menor, com um valor de IC50 de 11,3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (em comparação com 2,2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ para o ácido gálico e 4,3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ para a quercetina).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A atividade antioxidante, expressa em mg de Trolox/g de casca (50,1 mg Trolox/g de casca, correspondendo a 512,5 mg Trolox/g de extrato) também mostram valores significativamente superiores aos relatados para extratos da casca de *E. grandis*. e *E. maidenii* expressos em termos de equivalentes de ácido ascórbico (AAE), que foram de 36,7 e 34,5 mg AAE/g casca respectivamente, e próximos dos 53,2 mg AAE/g para a casca de *E. urograndis* (Santos et al., 2012).

4. CONCLUSÕES

A proporção de extrativos foi elevada, com uma quantidade maior dos compostos polares com propriedades antioxidantes, que destacam neste contexto os flavonoides e taninos.

As cascas desse híbrido de *E. urophylla*, portanto, pode ser considerada como uma matéria-prima para biorrefinarias, incluindo a valorização dos extrativos com base em suas funcionalidades químicas e bioatividade, tendo em vista o grande volume de cascas que são consideradas como resíduos, ou sub utilizadas em caldeiras.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, à CAPES - Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior, ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e ao Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. C. N., MINHONI, M. T. A., SANSÍGOLO, C. A., ZIED, D. C. Análise química da madeira e casca de diferentes tipos de eucalipto antes e durante o cultivo de shiitake em toras. Revista Árvore 34(1), p.165-175. 2010.

BILCATI, G. K. Produção de painéis de cimento portland reforçados com fibra de curauá (*Ananas erectifolius*). 2015. 100p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Tecnológica do Paraná. 2015.

BOULEKBACHE-MAKHLOUF, L.; SLIMANI, S.; MADANI, K. Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities of fruits of *Eucalyptus globulus* cultivated in Algeria. Industrial Crops and Products, v. 41, p.85–89. 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BRAGATTO, J. Avaliação do potencial da casca de *Eucalyptus* spp. para a produção de bioetanol. 2010. 154p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; ANDRADE, B. G. Determinação da massa molar de taninos vegetais através da técnica da cromatografia de permeação em gel. *Sci. For.*, v. 38, n. 87, p.419-429, 2010.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; FREDERICO, P. G. U.; SANTOS, R. C.; SOUSA JÚNIOR, V. P. Efeito da hidrólise ácida dos taninos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden nas propriedades dos adesivos tânicos. *R. Árvore*, v.33, n.4, p.733-739, 2009.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; CASTRO, A. F. N. M.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; PINHEIRO, M. A. Parâmetros cinéticos de adesivos produzidos a partir de taninos de *Anadenanthera peregrina* e *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*. v.36, n.4, p.767-775, 2012.

FOELKEL, C. Casca da árvore de eucalipto. *Eucalyptus online Book & Newsletter*. 2005. Obtido em 2015, de <http://www.eucalyptus.com.br>

GARCÍA HORTAL, J. A. *Fibras papeleras*. Barcelona: UPC, 2007. 243 p.

LI, J.; XU, H. Bioactive compounds from the bark of *Eucalyptus exserta* F. Muell. *Industrial Crops and Products*. v. 40. p. 302– 306. 2012.

LIMA, M. A.; LAVORENTE G. B.; SILVA, H. K. P.; BRAGATTO, J. REZENDE, C. A.; BERNARDINELLI, O. D.; AZEVEDO, E. R.; GOMEZ, L. D.; MCQUEEN-MASON, S. J.; LABATE, C. A.; POLIKARPOV, I. Effects of pretreatment on morphology, chemical composition and enzymatic digestibility of eucalyptus bark: a potentially valuable source of fermentable sugars for biofuel production. *Biotechnology for Biofuels*, v. 6, n.5. p.17, 2013.

MIRANDA, I., GOMINHO, J., MIRRA, I., PEREIRA, H., Fractioning and chemical characterization of barks of *Betula pendula* and *Eucalyptus globulus*. *Industrial Crops and Products* 41, p.299–305. 2013.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





MONTAGU, K. D.; KEARNEY, D. E.; SMITH, R. G. B. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production: a review. *Forest Ecology and Management*, v.179, n.1, p.1-13, 2003.

MORI, E. S.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Variação genética e interação progênies x locais em *Eucalyptus urophylla*. IPEF, n.39, p.53-63, 1988.

MORI, F. A. ; VITAL, B. R. ; LUCIA, R. M. D. ; PIMENTA, A. S. . Utilização de resinas à base de taninos da casca de *E. grandis* W. Hill ex Maiden na produção de painéis compensados. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 23, n.4, p.455-461, 1999.

MORI, F. A. ; VITAL, B. R. ; PIMENTA, A. S. ; FERRAZ, V. P. . Estudo de taninos da casca de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake para produção de adesivos. *Revista Árvore*, v. 25, n.2, p. 257-263, 2001.

MORI, F. A.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; TRUGILHO, P. F.; JAHM, G. N.; DELLA LUCIA, R. M. Análise cinética da cura de adesivos de taninos das cascas de três espécies de *Eucalyptus* por calorimetria diferencial exploratória (DSC) R. *Árvore*. v.26, n.4, p.493-497, 2002.

MOTA, M. I. F.; PINTO, P. C. O. R.; NOVO, C. C.; SOUSA, G. D. A.; GUERREIRO, O. R. F. N.; GUERRA, A. C. R.; DUARTE, M. F. P.; RODRIGUES, A. E. *Eucalyptus globulus* bark as A source of polyphenolic compounds with biological activity. *O PAPEL* v. 74, n. 1, p. 57 – 64, 2013.

PEREIRA, H., MIRANDA, I., TAVARES, F., GOMINHO, J., QUILHÓ, T., GRAÇA, J., Qualidade e utilização tecnológica do eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Lisboa: Centro de Estudos Florestais, 2010, 377p.

RAJAMOHAN, N.; RAJASIMMAN, M.; RAJESHKANNAN, R.; SARAVANAN, V. Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on the removal of Aluminum by modified *Eucalyptus camaldulensis* barks. *Alexandria Engineering Journal*. 53, p.409–415, 2014.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SANTOS, S. A. O.; VILLAVERDE, J. J.; FREIRE, C. S. R.; DOMINGUES, M. R. M.; PASCOAL NETO, C.; SILVESTRE, A. J. D. Phenolic composition and antioxidant activity of *Eucalyptus grandis*, *E. urograndis* (*E. grandis* × *E. urophylla*) and *E. maidenii* bark extracts. *Industrial Crops and Products*. v.39, p.120-127, 2012.

VÁZQUEZ, G., FONTENLA, E., SANTOS, J., FREIRE, M.S., GONZÁLEZ-ALVAREZ, J., ANTORRENA, G., Antioxidant activity and phenolic content of chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial Crops and Products* 28(3), p.279–285, 2008

VÁZQUEZ, G.; GONZÁLEZ-ALVAREZ, J.; SANTOS, J.; FREIRE, M.S.; ANTORRENA, G. Evaluation of potential applications for chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial crops and products*, v.29, p.364–370, 2009.

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; PIMENTA, A. S.; DELLA LUCIA, R. M.; Adesivos à base de taninos das cascas de duas espécies de eucalipto para produção de chapas de flocos. *R. Árvore*, v.28, n.4, p.571-582, 2004.

YADAV, S.S., GALIB, PRAJAPATI, P.K., HARISHA, C.R. Pharmacognostical and physico-chemical investigations of *Albizia lebbeck* benth. flower. *IJPBA International Journal of Pharmaceutical & Biological Archive*. v. 2, n. 5, p.1434-1438, 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPOSIÇÃO QUÍMICA ESTRUTURAL DA MADEIRA DO CRUZAMENTO ENTRE *Corymbia citriodora* e *Corymbia torelliana*

Breno Assis Loureiro¹
Paulo Fernando Trugilho²
Taiana Guimarães Arriel¹
Rebeca Lima¹
Tais Regina Lima Abreu Veiga¹
Luciano Junqueira Costa³
Luiz Mendes Takarada¹
Ana Flávia Cunha Fernandes de Oliveira¹

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

³ Universidade Federal de Viçosa



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPOSIÇÃO QUÍMICA ESTRUTURAL DA MADEIRA DO CRUZAMENTO ENTRE *Corymbia citriodora* e *Corymbia torelliana*

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar os constituintes químicos da madeira de híbridos entre *Corymbia citriodora* e *Corymbia torelliana* para fins energéticos industriais. Foram utilizados seis clones aos 6,42 anos de idade provenientes de plantios localizados no município de Dionísio, MG. O estudo da química estrutural da madeira foi realizado a partir da amostra composta do material que estavam localizados a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% em relação à altura comercial da árvore, utilizou-se a fração de madeira que passou pela peneira de 40 mesh e ficou retida na peneira de 60 mesh. Os resultados mostraram que existe variabilidade da madeira analisada, embora todos os clones tenham evidenciado propriedades satisfatórias para produção de carvão vegetal, as madeiras dos híbridos de *C. citriodora* x *C. torelliana* mostraram desempenho inferior por seus clones apresentarem maior estimativa de holocelulose e menor teor de extrativos totais. O híbrido *C. torelliana* x *C. citriodora* apresentou maior teor médio de cinzas. Observou-se que não houve efeito do material genético apenas para a o teor de lignina.

Palavras-chave: química da madeira, *Corymbia* e híbridos.

STRUCTURAL CHEMICAL ANALYSIS OF CROSSINGS BETWEEN *Corymbia citriodora* and *Corymbia torelliana*

Abstract: This study was conducted with the aim to assess the chemical constituents of wood from hybrids between *Corymbia citriodora* and *Corymbia torelliana* for industrial energy purposes. Six 6.42-month old clones from plantations in the municipality of Dionísio (Minas Gerais state) were used. The study of wood structural chemical was conducted from the composite sample of material located at 0%, 25%, 50%, 75% and 100% the commercial height of each tree. The samples were ground and sieved, and the fraction that passed through the 40-mesh sieve and was retained in the 60-mesh sieve was used. The results showed that there is variability of wood in the evaluated genetic material. Although all clones presented satisfactory properties for charcoal production, the wood of hybrids *C. citriodora* x *C. torelliana* had the worst performance, since its clones presented higher estimated holocellulose content and lower total extractive content. The *C. torelliana* x *C. citriodora* hybrid had the highest average ash content. There was not an effect of genetic material over lignin content.

Keywords: Wood Chemistry, *Corymbia*, hybrid.

1. INTRODUÇÃO

A heterogeneidade da madeira causa uma série de transtornos para a sua indústria de transformação e processamento. A variabilidade química desse material dá-se devido a vários fatores: espécie, tratos silviculturais e principalmente estrutura anatômica da madeira (SEVERO et al., 2006).

Durante muito tempo, a seleção de árvores-matrizes dentro dos programas de melhoramento florestal no Brasil foi baseado em valores fenotípicos das características de crescimento; mais especificamente, preocupava-se com a produção volumétrica da floresta. Isso, contudo, não assegura a qualidade da árvore selecionada para a sua melhor utilização. Torna-se, assim, necessário incluir índices de qualidade com base

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

nas características físico-químicas e anatômicas da madeira nos programas de melhoramento florestal, visando a obtenção de genótipos superiores para determinadas finalidades.

Estudos que envolvem a qualidade da madeira a partir das suas características físico-químicas e anatômicas com o propósito energético são necessários para otimizar a produção de carvão vegetal e, assim, aliviar a pressão sobre os desmatamentos predatórios das florestas nativas.

Isto posto, o entendimento da composição química da madeira é importante para a escolha do seu uso. Os seus constituintes químicos são holocelulose, lignina, extrativos e minerais.

Para os componentes fundamentais destaca-se o maior teor de lignina para que se obtenha carvão de maior densidade e mais resistente, já às propriedades físico-mecânicas não se desejam elevados teores de holocelulose, quando o produto final for o carvão vegetal, pois apresentam maior instabilidade à degradação térmica (SANTOS, 2010).

Logo, o objetivo do presente estudo foi avaliar os constituintes da química estrutural da madeira de híbridos entre *Corymbia citriodora* e *Corymbia torelliana* visando a produção de carvão vegetal industrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, foram avaliadas 30 árvores, aos 6,42 anos, da empresa ArcelorMittal BioFlorestas, no município de Dionísio, no estado de Minas Gerais, plantadas em latossolo vermelho amarelo e procedente do cruzamento do *Corymbia citriodora* com o *Corymbia torelliana*, sendo três híbridos do *Corymbia citriodora* x *Corymbia torelliana* e três do *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora*.

No município de Dionísio, a precipitação média anual é de 1450 mm, sendo o clima úmido-subtropical, média anual de 20-23°C e estação chuvosa de dezembro a fevereiro (SILVA JÚNIOR; SCARANO; CARDEL, 1995).

Foram selecionadas cinco árvores de cada clone, evitando efeito de borda e escolhendo árvores sadias com o objetivo de representar da melhor forma os híbridos do estudo. Retirou-se discos que estavam localizados a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% em relação à altura comercial da árvore. A altura comercial foi definida até a circunferência de 9,4 cm. Posteriormente, esses discos foram seccionados em cunhas passando pela medula, duas cunhas opostas destinou-se para a análise química estrutural da madeira. Coletaram -se amostras com uma plaina elétrica manual, na forma de serragem, em posições longitudinais de amostragem, formando uma amostra composta. Utilizou-se a fração de madeira que passou pela peneira de 40 mesh e ficou retida na peneira de 60 mesh.

O teor de extrativos totais foi obtido, conforme a norma TAPPI 204 om-88 (TAPPI, 2001), substituindo o etanol/benzeno por etanol/tolueno.

O teor de lignina insolúvel foi determinado pelo método Klason modificado, conforme o procedimento recomendado por Gomide e Demuner (1986). O teor de lignina solúvel foi obtido de acordo com o procedimento proposto por Goldschimid (1971). O teor de lignina total representa a soma do teor de lignina solúvel mais a lignina insolúvel.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A porcentagem de cinzas na madeira foi determinada, de acordo com a norma NBR 8112 (ABNT, 1986), substituindo-se o cadinho de platina por cadinho de porcelana.

O teor de holocelulose foi obtido por meio da análise somativa dos componentes químicos (Equação 1).

$$\text{HOLO} = 100 - (\text{Tlig} + \text{Tet} + \text{Tcz}) \quad (1)$$

Em que HOLO: teor de holocelulose (%); Tlig: teor de lignina total (%); Tet: teor de extrativos totais (%); Tcz: teor de cinzas (%).

Na avaliação do experimento, foi considerado o Delineamento Inteiramente Casualizado, com seis tratamentos (clones), utilizando-se de cinco repetições. Para comparação múltipla de médias, foi utilizado o teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR 5.6.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da composição química estrutural das madeiras dos materiais genéticos estão apresentados na Tabela 1. A análise de variância indicou que o efeito de clone foi significativo, para os extrativos totais, holocelulose e minerais, sendo não significativo para o teor de lignina.

Tabela 1 - Valores médios de extrativos (EXT), lignina (LIG), holocelulose (HOLO) e minerais (MIN) da madeira dos diferentes clones, em porcentagem

Clones	Cruzamento	EXT	LIG	HOLO	MIN
1	Cc x Ct	4,03 B	28,35 A	67,18 A	0,44 A
2	Cc x Ct	2,12 A	28,26 A	69,24 B	0,38 A
3	Cc x Ct	2,09 A	26,47 A	71,18 B	0,27 A
Média Cruzamento		2,75	27,69	69,20	0,36
4	Ct x Cc	4,84 B	28,42 A	66,12 A	0,62 B
5	Ct x Cc	4,50 B	27,45 A	67,68 A	0,38 A
6	Ct x Cc	4,81 B	28,15 A	66,66 A	0,39 A
Média Cruzamento		4,72	28,01	66,82	0,46
Média Geral		3,73	27,85	68,01	0,41
CVe (%)		28,43	4,43	2,44	31,49

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott.

CVe: coeficiente de variação experimental.

Cc x Ct = *C. citriodora* x *C. torelliana*; Ct x Cc = *C. torelliana* x *C. citriodora*.

Pode-se observar que os clones 2 e 3 apresentaram menores teores de extrativos totais, 2,12% e 2,09%, respectivamente, não diferindo, estatisticamente, entre si. O clone 4 (4,84%) apresentou maior teor de extrativos, entretanto não apresentou diferenças significativas em relação aos clones 1, 5 e 6. O teor de holocelulose foi o inverso do que ocorreu com os extrativos totais, já que os clones 2 e 3 apresentaram os maiores valores de holocelulose, diferindo, estatisticamente, dos demais. O clone 3, também, teve o menor valor médio de lignina. O teor de lignina total ficou entre 26,47% e 28,42%.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O teor de extrativos totais no cruzamento *C. torelliana* x *C. citriodora* (4,72%) foi maior que no *C. citriodora* x *C. torelliana* (2,75%). Segura (2015), estudando os mesmos híbridos, obteve maiores teores de extrativos para o cruzamento *C. torelliana* x *C. citriodora*, com 9,8%. Couto (2014) encontrou 8,37% de extrativos totais no *C. citriodora* aos sete anos. Os resultados encontrados são menores que os da literatura para o *Corymbia*; porém são semelhantes ao de *Eucalyptus*, por exemplo, Oliveira et al. (2010) e Castro et al. (2013) encontraram teores de extrativos totais variando de 2,37% a 4,77% com idades entre três a sete anos.

Em relação à composição química da madeira, a presença de elevado teor de substâncias de natureza aromática tais como, extrativos e lignina, tem como consequência carvão com maior densidade e mais resistente mecanicamente (Brito & Barrichelo, 1977). Frederico (2009) ressalta que, dependendo da natureza química, os extrativos podem favorecer ao aumento do poder calorífico do carvão e ao maior rendimento em carbono fixo.

O teor de lignina apresentou valor médio de 27,85%. O baixo teor de lignina em espécies de *Corymbia* comparado ao teor de lignina de espécies de *Eucalyptus* é exposto por vários autores. Esse valor é superior ao encontrado por Couto (2014) e Pereira et al. (2000) para o *C. citriodora*. Ao contrário dos autores citados anteriormente, Castro (2011) e Pereira (2012) obtiveram valores superiores que variaram entre 28,8% a 33,8% para *Eucalyptus* spp. com idades de três, quatro, cinco e sete anos.

É desejável a madeira possuir altos valores de lignina, pois contribui para o maior rendimento gravimétrico do carvão vegetal devido à maior resistência à degradação térmica das ligninas (PEREIRA, 2012).

Os materiais genéticos apresentaram variação de 66,12% a 71,18%, para o teor de holocelulose, com média de 68,01%. Esses valores são maiores que os encontrados por Santos (2010), para híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. camaldulensis* x *E. grandis*, aos sete anos e maiores que Couto (2014), com *Corymbia citriodora*, aos sete anos. Entretanto, está dentro do encontrado por Pereira (2012) com *Eucalyptus* spp. aos 7,5 anos e Soares (2011) com madeiras de *E. urophylla* x *E. grandis* aos sete anos, que foram de 69,93% e 72,42%, respectivamente.

Entre os cruzamentos, a diferença foi pequena no teor de holocelulose, mesmo que o *C. torelliana* x *C. citriodora* tenha apresentado maiores valores de lignina e menores de holocelulose. Resultado interessante do ponto de vista do uso energético da madeira.

É desejável que o material apresente baixo teor de holocelulose, uma vez que a degradação desses componentes resulta em produção de maiores porcentagens de gases não condensáveis e condensáveis em detrimento da formação do produto sólido, o carvão vegetal (SANTOS, 2010).

O clone 4 foi, estatisticamente, diferente dos outros clones para a presença de minerais. Esses materiais apresentaram variação de 0,27% a 0,62% com média de 0,41%. Couto (2014), para o *Corymbia citriodora*, aos sete anos, observou valores em torno de 0,42%, próximo à média encontrada para o material deste estudo. Segura (2015) encontrou que o *C. citriodora* x *C. torelliana* (0,59%) obteve maior teor de cinzas quando comparado ao *C. torelliana* x *C. citriodora* (0,46%). Pereira (2012) analisou *Eucalyptus* sp. com 7,5 anos obtendo variação entre 0,10% a 0,18%.

A presença de altos teores de minerais na madeira não é interessante, visto que os minerais não são degradados na carbonização. A faixa ideal de cinzas no carvão vegetal para uma boa performance dos altos fornos é menor que 1% (RAAD; MELO, 2014).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O teor de lignina é considerada a característica mais importante dentro dos constituintes da química estrutural da madeira, neste trabalho não apresentou diferença significativa na análise de variância;
- Os clones 2 e 3 apresentaram maior valor de holocelulose entre os materiais genéticos, fator não desejável para a madeira com finalidade energética, além de apresentarem os menores teores de extrativos;
- O clone 4 apresentou o maior teor de minerais dentro os materiais avaliados.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CNPq, FAPEMIG e CAPES pela ajuda financeira e a empresa ArcelorMittal BioFlorestas pela disponibilidade do material utilizado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112**: carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 8 p.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I., densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 14, p. 9-20, 1977.

CASTRO, A. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. Na madeira e carvão vegetal**. 2011. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. C. O.; LIMA, J. E.; SANTOS, R. C.; PEREIRA, B. L. C.; ALVES, I. C. N. Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 627-635, jun. 2013.

COUTO, A. M. **Influência das propriedades anatômicas, químicas e físicas da madeira de *Eucalyptus* e *Corymbia* na qualidade do carvão para uso siderúrgico**. 2014. 173 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

FREDERICO, P. G. U. **Influência da densidade e composição química da madeira sobre a qualidade do carvão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWING, C. H. (Ed.). **Lignins**. New York: Wiley Interscience, 1971. p. 241-266.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, São Paulo, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, set. 2010.

PEREIRA, B. L. C. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

PEREIRA, J. C. D. et al. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2000. 113 p. (EMBRAPA Florestas. Documentos, 38).

RAAD, T. J.; MELO, V. F. **Mapeamento de ações institucionais para sustentabilidade da produção de ferro-gusa a partir de carvão vegetal**. Brasília: CGEE, 2014. 26 p.

SANTOS, R. C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto**. 2010. 173 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SEGURA, T. E. S. **Avaliação das madeiras de *Corymbia citriodora*, *Corymbia torelliana* e seus híbridos visando à produção de celulose kraft branqueada**. 2015, 198 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2015.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Composição química da madeira de *Eucalyptus citriodora* em funções das direções estruturais. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 14, n. 1, p. 113-126, 2006.

SILVA JÚNIOR, M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. S. Regeneration of Atlantic forest formation in understorey of a *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 11, p. 147-152, 1995.

SOARES, V. C. **Comportamento térmico, químico e físico da madeira e do carvão de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em diferentes idades**. 2011. 108 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI test methods T204 om-88**: solvent extractives of wood and pulp. Atlanta, 2001. 1 CD-ROM.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPOSIÇÃO QUÍMICA ESTRUTURAL DA MADEIRA PARA FINS ENERGÉTICOS

Alanna Barishinikov Silva¹
Breno Assis Loureiro¹
Paulo Fernando Trugilho²
Ana Flávia Cunha Fernandes de Oliveira¹
Rebeca Lima¹
Thomaz Aurelio Bastos¹
Jonas Zefanias Massuque¹
Ana Clara Caxito de Araújo³

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais

³ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPOSIÇÃO QUÍMICA ESTRUTURAL DA MADEIRA PARA FINS ENERGÉTICOS

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os constituintes químicos da madeira de híbridos entre *Corymbia citriodora* e *Corymbia torelliana*, além do *Eucalyptus urophylla*, para fins energéticos industriais. Foram utilizados cinco clones aos 6,42 anos de idade provenientes de plantios localizados no município de Dionísio, MG. O estudo da química estrutural da madeira foi realizado a partir da amostra composta do material que estavam localizados a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% em relação à altura comercial da árvore, utilizou-se a fração de madeira que passou pela peneira de 40 mesh e ficou retida na peneira de 60 mesh. Os resultados mostraram que existe variabilidade da madeira analisada. Embora todos os clones tenham evidenciado propriedades satisfatórias para produção de carvão vegetal, as madeiras do *E. urophylla* mostraram desempenho superior por apresentar maiores valores de extrativos totais e lignina e menor teor de holocelulose.

Palavras-chave: análises químicas, energia da biomassa, clones.

STRUCTURAL CHEMICAL COMPOSITION OF WOOD FOR ENERGY PURPOSES

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the chemical constituents of wood from hybrids between *Corymbia citriodora* and *Corymbia torelliana*, besides the *Eucalyptus urophylla*, for industrial energy purposes. Five 6.42-month old clones from plantations in the municipality of Dionísio (Minas Gerais state) were used. The study of wood structural chemical was conducted from the composite sample of material located at 0%, 25%, 50%, 75% and 100% the commercial height of each tree. The samples were ground and sieved, and the fraction that passed through the 40-mesh sieve and was retained in the 60-mesh sieve was used. The results showed that there is variability of wood in the evaluated genetic material. Although all clones presented satisfactory properties for charcoal production, the wood of *E. urophylla* had the higher performance, since it clone presented higher estimated lignin content, higher total extractive content and lower holocellulose content.

Keywords: chemical analyzes, biomass energy, clones.

1. INTRODUÇÃO

A principal fonte de energia no mundo é a queima de combustíveis fósseis, o que acentua o efeito estufa. Diante disso, a produção de carvão vegetal é uma possibilidade para reverter esse quadro devido a qualidade do produto e de seu caráter renovável (ZANUNCIO et al., 2014).

O Brasil destaca-se no setor mundial como maior produtor e consumidor de carvão vegetal, sendo o único país no mundo no qual este insumo tem uma aplicação industrial em grande escala, com a finalidade principal produção de ferro gusa e aço e ainda ferro ligas e silício metálico (OLIVEIRA et al., 2010).

As espécies do gênero *Eucalyptus* e *Corymbia* se destacam no âmbito de fornecer biomassa florestal, levando em conta seu crescimento rápido, uma massa energética alta, tolerância a condições extremas e possibilidade de adensamento em plantios. Esse bom desempenho da cultura é em grande parte resultante do intenso melhoramento genético

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





realizado e do manejo adequado dos povoamentos, entretanto, é necessário novas pesquisas para possibilitar o aprimoramento contínuo das espécies (CASTRO et al., 2013).

Com o aumento da competitividade do mercado, as empresas florestais buscam por materiais genéticos mais produtivos e com propriedades da madeira adequadas para os diversos fins (CASTRO, 2011). Devido a heterogeneidade da madeira há uma série de obstáculos para a sua indústria de transformação e processamento. A variabilidade química desse matéria prima dá-se por vários aspectos: espécie, idade, tratos silviculturais e estrutura anatômica da madeira (SEVERO et al. 2006).

Os constituintes químicos da madeira estão relacionados com suas propriedades, logo, o conhecimento de sua composição química é importante para a definição do uso do material. O conhecimento da composição química da madeira é importante para a definição do uso do material (SEVERO et al., 2006). A produção de carvão vegetal necessita de matéria de qualidade. Pretendendo maximizar o aproveitamento de energia e diminuir o desperdício, as empresas estão investindo em tecnologia no cultivo e manejo de plantações, na avaliação da qualidade da madeira, na avaliação de sua qualidade e na transformação em carvão vegetal (TRUGILHO et al., 2005). Madeira com altos teores de lignina e extrativos e baixa umidade são mais propícias para o uso energético. (VALE et al., 2010).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi analisar os constituintes químicos estruturais da madeira de híbridos entre *Corymbia citriodora* e *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus urophylla* para a produção de carvão vegetal industrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Nesse estudo avaliaram-se cinco árvores dos clones entre *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Corymbia torelliana* (F. Muell.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson, além do clone *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake aos 6,42 anos de idade com espaçamento de 3,0 x 2,5 metros (Tabela 1).

O plantio estava localizado no município de Dionísio, Minas Gerais, que apresenta latossolo vermelho amarelo, precipitação média anual de 1450 mm, sendo o clima úmido-subtropical, média anual de 20-23°C e estação chuvosa de dezembro a fevereiro (SILVA JÚNIOR et al., 1995).

Tabela 1. Informações gerais sobre os materiais genéticos utilizados no estudo

Clones	Material Genético
1	<i>Eucalyptus urophylla</i>
2	<i>Corymbia torelliana</i> x <i>Corymbia citriodora</i>
3	<i>Corymbia torelliana</i> x <i>Corymbia citriodora</i>
4	<i>Corymbia citriodora</i> x <i>Corymbia torelliana</i>
5	<i>Corymbia citriodora</i> x <i>Corymbia torelliana</i>

Foram selecionadas cinco árvores de cada clone, evitando efeito de borda e escolhendo árvores sadias com o objetivo de representar da melhor forma os híbridos do estudo. Retirou-se discos que estavam localizados a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% em relação à altura comercial da árvore. A altura comercial foi definida até a circunferência de 9,4 cm. Posteriormente, esses discos foram seccionados em cunhas passando pela medula, duas cunhas opostas destinou-se para a análise química estrutural da madeira. Coletaram -se



amostras com uma plaina elétrica manual, na forma de serragem, em posições longitudinais de amostragem, formando uma amostra composta. Utilizou-se a fração de madeira que passou pela peneira de 40 mesh e ficou retida na peneira de 60 mesh.

O teor de extrativos totais foi obtido, conforme a norma TAPPI 204 om-88 (TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY - TAPPI, 2001a), substituindo o etanol/benzeno por etanol/tolueno.

O teor de lignina insolúvel foi determinado pelo método Klason modificado, conforme o procedimento recomendado por Gomide e Demuner (1986). O teor de lignina solúvel foi obtido de acordo com o procedimento proposto por Goldschimid (1971). O teor de lignina total representa a soma do teor de lignina solúvel mais a lignina insolúvel.

A porcentagem de cinzas na madeira foi determinada, de acordo com a norma NBR 8112 (ABNT, 1986), substituindo-se o cadinho de platina por cadinho de porcelana.

O teor de holocelulose foi obtido por meio da análise somativa dos componentes químicos (Equação 1).

$$\text{HOLO} = 100 - (\text{Tlig} + \text{Tet} + \text{Tcz}) \quad (1)$$

Em que:

HOLO = teor de holocelulose (%)

Tlig = teor de lignina total (%)

Tet = teor de extrativos totais (%)

Tcz = teor de cinzas (%).

Na avaliação do experimento, foi considerado o Delineamento Inteiramente Casualizado, com cinco tratamentos (clones), utilizando-se de cinco repetições (árvores). Para comparação múltipla de médias, foi utilizado o teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR 5.6 (Build 86) (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da composição química estrutural das madeiras dos materiais genéticos estão apresentados na Tabela 2. A análise de variância indicou que o efeito de clone foi significativo para todos os constituintes analisados.

Tabela 2. Valores médios de extrativos (EXT), lignina (LIG), holocelulose (HOLO) e minerais (MIN) da madeira dos diferentes clones, em porcentagem

Clones	Material	EXT	LIG	HOLO	MIN
1	URO	5,64 a	31,99 a	62,18 b	0,19 b
2	Ct x Cc	4,49 a	28,08 b	67,09 a	0,34 b
3	Ct x Cc	3,28 b	28,27 b	68,18 a	0,26 b
4	Cc x Ct	2,80 b	28,59 b	68,27 a	0,35 b
5	Cc x Ct	3,33 b	29,56 b	66,62 a	0,49 a



Média Geral	3,91	29,30	66,47	0,33
CVe (%)	24,22	7,09	4,01	31,03

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott.

CVe: coeficiente de variação experimental.

URO = *Eucalyptus urophylla*; Cc x Ct = *C. citriodora* x *C. torelliana*; Ct x Cc = *C. torelliana* x *C. citriodora*.

Segundo Silva (2011), a composição química da madeira é bastante complexa e varia entre espécies, entre árvores da mesma espécie e ainda entre diferentes posições de uma mesma árvore. Pode-se observar que o clone 1, *Eucalyptus urophylla*, apresentou maiores teores de extrativos totais (5,64%) e de lignina (31,99%), além de menor teor de holocelulose (62,18%), diferindo de forma significativa dos clones restantes. O teor de minerais do clone 5 foi estatisticamente diferente dos demais materiais estudados.

O teor de extrativos totais no cruzamento *C. torelliana* x *C. citriodora* (3,89%) foi maior que no *C. citriodora* x *C. torelliana* (3,07%). Loureiro (2016), estudando os mesmos híbridos, obteve teores de extrativos próximos para os cruzamentos *C. torelliana* x *C. citriodora*, com 4,72% e 2,75% para o *C. citriodora* x *C. torelliana*. Os resultados também são próximos ao de *Eucalyptus*, por exemplo, Pereira et al. (2013), estudaram seis clones de eucalipto para produção de carvão vegetal e obtiveram valores médios entre 3,1 e 5,0%. O material de *E. urophylla* desse estudo foi maior que o de Pereira et al. (2013) e que Neves et al. (2013) que avaliaram a qualidade da madeira de quatro clones de *Eucalyptus*, com idades entre 55 e 67 meses para produção de bioenergia e encontraram valor médio de 3,2%, inferior ao observado neste trabalho.

Segundo Pereira et al. (2013) os extrativos podem ou não colaborar com rendimento gravimétrico em carvão vegetal. Alguns tipos de extrativos, como por exemplo, os ácidos graxos e esteroides, que são degradados em temperaturas inferiores à temperatura final de carbonização, não contribuem para o rendimento e propriedades do carvão vegetal. Contudo, Rowell e Levan-Green (2005) salientam que os extrativos fenólicos comumente presentes em madeiras adultas influenciam no aumento do poder calorífico da madeira e do carvão vegetal por causa dos seus altos teores de carbono.

Os teores de lignina dos clones de *Corymbia* apresentaram valores que variaram de 28,08% a 29,56%, esses valores são inferiores ao verificado no *E. urophylla* (31,99%). O baixo teor de lignina em espécies de *Corymbia* comparado ao teor de lignina de espécies de *Eucalyptus* é exposto por vários autores. Castro (2011) e Pereira (2012) obtiveram teores de lignina que variaram entre 28,8% a 33,8% para *Eucalyptus* spp. com idades de três, quatro, cinco e sete anos.

Para a produção de carvão vegetal é necessário madeiras que possuam altos valores de lignina, já que a lignina é o componente da madeira mais estável termicamente. Diversos autores dizem que a estabilidade térmica apresentada pela lignina afeta positivamente o rendimento gravimétrico da carbonização, o teor de carbono fixo, a densidade relativa aparente e o poder calorífico do carvão vegetal (TRUGILHO et al., 1997; VALE et al., 2010).

Para o teor de holocelulose os materiais genéticos obtiveram variação de 62,18% a 68,27%. Destaca-se estatisticamente o material de *E. urophylla*, pois apresentou o menor teor de holocelulose e diferiu significativamente dos clones restantes. Esses valores são inferiores aos encontrados por Soares (2011) com madeiras de *E. urophylla* x *E. grandis* aos sete anos, que foram de 69,93% e 72,42%, respectivamente. O aumento nos teores de holocelulose pode contribuir negativamente na produção carvão vegetal, pelo motivo de



apresentarem decomposição térmica entre 200 e 350°C sendo completamente degradados durante o processo de carbonização que atinge temperaturas acima de 450°C, resultando em maiores porcentagens de gases não condensáveis e gases condensáveis.

O clone 5 foi estatisticamente diferente dos outros clones para o teor de minerais. Esses materiais apresentaram variação de 0,19% a 0,49%. Loureiro (2016) encontrou valores superiores de minerais para os cruzamentos de *C. citriodora* x *C. torelliana* e *C. torelliana* x *C. citriodora*, 1,51% e 1,71%, respectivamente. Pereira (2012) analisou *Eucalyptus* sp. com 7,5 anos obtendo variação de 0,10% a 0,18%, valor semelhante ao *E. urophylla* estudado nesse trabalho (0,19%). Altos teores de minerais na madeira é indesejável, em virtude dos minerais não serem degradados na carbonização. A faixa ideal de cinzas no carvão vegetal para uma boa performance dos altos fornos é menor que 1% (RAAD & MELO, 2014).

4. CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O clone 1 diferiu dos outros clones significativamente pelo teste de médias para o teor de lignina, sendo a característica mais importante dentro dos constituintes da química estrutural da madeira para o uso energético;
- Verificou-se no clone 1 maior teor de extrativos totais e menor teor de holocelulose;
- O clone 5 apresentou o maior teor de minerais dentro os materiais avaliados;
- O material de *Eucalyptus urophylla* para a química estrutural da madeira apresentou melhores resultados do que os híbridos de *Corymbia* para a finalidade energética.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CNPq, FAPEMIG e CAPES pela ajuda financeira e a empresa ArcelorMittal BioFlorestas pela disponibilidade do material utilizado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112**: carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 8 p.

CASTRO, A. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. Na madeira e carvão vegetal**. 2011. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. C. O.; LIMA, J. E.; SANTOS, R. C.; PEREIRA, B. L. C.; ALVES, I. C. N. Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 627-635, jun. 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.



GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWING, C. H. (Ed.). **Lignins**. New York: Wiley Interscience, 1971. p. 241-266.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, São Paulo, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

LOUREIRO, B. A. **Análise energética da madeira e do carvão de híbridos entre *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Corymbia torelliana* (F. Muell.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

NEVES, T. A. et al. Qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* em diferentes idades para a produção de bioenergia. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 2, p. 139-148, abr./jun. 2013.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITA, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARODOS, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell.. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, set. 2010.

PEREIRA, B. L. C. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

PEREIRA, B. L. C. et al. Influence of chemical composition of Eucalyptus wood on gravimetric yield and charcoal properties. **BioResources**, v. 8, n. 3, p. 4574-4592, Aug. 2013.

RAAD, T. J.; MELO, V. F. **Mapeamento de ações institucionais para sustentabilidade da produção de ferro-gusa a partir de carvão vegetal**. Brasília: CGEE, 2014. 26 p.

ROWELL, R. M.; LEVAN-GREEN, S. L. Thermal properties. In: ROWELL, R. M. (Ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Florida: Taylor & Francis, 2005.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Composição química da madeira de *Eucalyptus citriodora* em funções das direcções estruturais. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 14, n. 1, p. 113-126, 2006.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características do eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 15, n. 92, p. 82-88, 2005.

SILVA, M. G. **Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada**. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2011.

SILVA JÚNIOR, M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. S. Regeneration of Atlantic forest formation in understory of a *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 11, p. 147-152, 1995.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SOARES, V. C. **Comportamento térmico, químico e físico da madeira e do carvão de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em diferentes idades.** 2011. 108 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI test methods T204 om-88:** solvent extractives of wood and pulp. Atlanta, 2001. 1 CD-ROM.

TRUGILHO, P. F. et al. Aplicação da análise de correlação canônica na identificação de índices de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 259-267, mar./abr. 1997.

VALE, A. T.; DIAS, I. S.; SANTANA, M. A. E. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 20, n. 1, p. 137-145, 2010.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; TRUGILHO, P. F.; MONTEIRO, T. C.; Extractives and energetic properties of wood and charcoal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 369-374, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CONCENTRAÇÃO DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE CELULOSE

Thaís de Sousa Selvatti¹

Luiz Moreira Coelho Junior²

Daniela Letícia Nones¹

José Luiz Pereira Rezende³

Antônio Donizette de Oliveira³

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - Departamento de Engenharia Florestal

² Centro de Energias Alternativas e Renováveis / Universidade Federal da Paraíba

³ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

CONCENTRAÇÃO DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE CELULOSE

Resumo: Este trabalho analisou a concentração mundial da produção de celulose, no período de 1961 a 2014. Para mensurar e analisar a concentração foram usados a Razão de Concentração [CR(k)], Índice de Herfindahl – Hirschman (HHI) e o Coeficiente de Gini (G). Para condições realizadas neste estudo, conclui-se que: Embora a produção mundial de celulose tenha apresentado um crescimento significativo no período em estudo, a concentração seguiu uma tendência de redução da concentração pelo CR(4) e CR(8). O CR(20) mostrou que a concentração da produção mundial está nas mãos do 20 países maiores produtores. O HHI indicou tendências de desconcentração. O HHI ajustado mostrou que a produção mundial de celulose é um mercado não concentrado. O índice de Gini mostrou que mesmo com a redução da concentração, a desigualdade entre os países produtores ainda é considerada forte. Contudo, é possível afirmar que a produção mundial de celulose vem se desconcentrando, mas é preciso utilizar mais indicadores para uma análise mais acurada.

Palavras-chave: Economia florestal, *market share*, indicadores de concentração.

CONCENTRATION OF WORLD PULP PRODUCTION

Abstract: This study analyzed the world concentration of pulp production, from 1961 to 2014. In order to measure and analyze the concentration, the Concentration Ratio [CR (k)], Herfindahl - Hirschman Index (HHI) and the Gini Coefficient were used to measure and analyze the concentration. (G). For conditions performed in this study, it is concluded that: Although the world production of cellulose showed a significant growth in the period under study, the concentration followed a tendency of reduction of the concentration by CR (4) and CR (8). The CoR (20) showed that the concentration of world production is in the hands of the 20 largest producer countries. The HHI indicated devolution tendencies. Adjusted HHI has shown that world pulp production is a non-concentrated market. The Gini index showed that even with the reduction in concentration, inequality among producing countries is still considered strong. However, it is possible to state that world pulp production is becoming deconcentrated, but more indicators need to be used for a more accurate analysis.

Keywords: Forest economics, market share, concentration indicators.

1. INTRODUÇÃO

A celulose é um polissacarídeo encontrado na parede celular das plantas. Sua classificação varia de acordo com a sua origem (fibra curta ou longa) o que resulta em diferentes características físicas e químicas da celulose; definindo assim a sua utilização. A produção de celulose visa atender os diversos setores industriais que a utilizam como matéria-prima, com destaque para a indústria de papel e de embalagens.

No ano de 2012, Estados Unidos, Canadá e Brasil foram responsáveis por quase metade do total produzido. De um total de 174 milhões de toneladas produzidas, mais de

50 milhões de toneladas foram produzidas pelos Estados Unidos, enquanto Canadá produziu pouco mais de 17 milhões e o Brasil com quase 17 milhões de toneladas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2016).

Coelho Júnior et. al. (2013) verificaram que o setor de celulose foi o mais significativo no agregado de produtos florestais, no período de 1961 a 2008; e que existe um alto grau de concentração de exportação de produtos florestais no mercado mundial. Semelhante ao que fora encontrado por Soares et. al. (2014) que estudaram as importações norte-americanas de celulose no período entre 2001 e 2012. Embora o setor de celulose ocupe uma posição de destaque entre os produtos florestais, não existe, contudo, estudos que relatem esta questão. Logo, este trabalho analisou o grau de concentração da produção mundial de celulose, no período de 1961 a 2012.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados utilizados

Os dados utilizados na mensuração da concentração das produções mundiais de celulose, para o período de 1961 a 2014, foram obtidos do website da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimento), FAOSTAT.

2.2 Índices de concentração e desigualdade

A utilização de índices de concentração permite que seja analisada a estrutura de uma determinada indústria, bem como o poder de competitividade e de concorrência de cada país ou de cada empresa envolvidos nas exportações (ou produção) (RESENDE; BOFF, 2002).

Os índices de concentração podem ser classificados em parciais ou sumários. Os primeiros levam em conta apenas parte dos países (ou empresas) que atuam em determinada indústria, o segundo, porém, utiliza os dados de todos os países que compõem o mercado. O índice de desigualdade, porém mensurará a diferença entre o tamanho e o poder econômico dos países analisados. Os índices utilizados neste trabalho serão caracterizados a seguir.

2.2.1 Razão de Concentração (CR)

No cálculo deste índice é considerada apenas a participação dos maiores países de uma indústria, ou seja, k (sendo $k = 1, 2, \dots, n$). Sua forma algébrica pode ser compreendida por:

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k s_i \tag{1}$$

Onde:

$CR(k)$ = Razão de concentração de k países produtores;

s_i = *Market share*, em porcentagem, do país i na produção.

Serão calculados os índices considerando quatro [CR(4)], oito [CR(8)] e 20 [CR(20)] maiores países produtores.

Quanto à classificação dos graus de concentração será utilizado o proposto por Bain (1959). Segundo o autor o grau de concentração é considerado muito alto quando apresentar um CR(4) igual ou superior a 75% ou um CR(8) igual ou superior a 90%; para CR(4) entre 65%-75% ou CR(8) entre 85-90% temos uma concentração alta; moderadamente alta apresenta um CR(4) entre 50-65% ou CR(8) entre 70-85%. Concentrações moderadamente alta e baixa apresentam, respectivamente CR(4) e CR(8) entre 35-50% e 45%-70%, igual ou inferior a 35% e igual ou inferior a 45%.

2.2.2 Índice de Herfindahl – Hirschman

O Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) proposto Herfindahl (1950) e Hirschman (1945) é um índice sumário e sua fórmula é dada por:

$$HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2 \quad (2)$$

Em que: n = nº de nações participantes na produção; s_i = *Market share*, do país i na produção.

Ao se elevar ao quadrado a participação de cada um dos países integrantes da indústria os pesos relativos da participação de cada país ficam evidentes e assim atribui-se um maior peso aos que têm maior participação.

Seus limites vão de $1/n$ (limite inferior) a 1 (limite superior). No primeiro limite, tem-se a situação todos os países apresentando o mesmo tamanho, enquanto na segunda ocorre uma situação de monopólio, ou seja, máxima concentração.

Neste trabalho também foi utilizado a fórmula ajustada de HHI sugerido por Resende (1994) que permite análises comparativas quando ocorrer uma variação no número de países em dada indústria. O intervalo de variação do índice agora será entre zero e um, sendo um a máxima concentração. Neste caso, a fórmula será:

$$HHI' = \frac{1}{n-1}(nHHI - 1); n > 1 \quad (3)$$

O índice ajustado pode ser classificado da seguinte maneira: valores de $HHI' < 0,15$ indicará um mercado não concentrado. Entre um intervalo $0,15 \leq HHI' \leq 0,25$, a concentração será moderada. Para valores de $HHI' > 0,25$, a concentração será considerada alta.

2.2.3 Coeficiente de Gini (G)

Esse índice pode ser considerado como uma ferramenta acessória aos coeficientes de concentração. Gini (1912), em sua obra "*Variabilità e mutabilità*", desenvolveu originalmente este índice para mensurar a desigualdade de renda. Porém,

ele também pode ser usado para medir o grau de desigualdade existente nas produções de países. Uma vez que uma concentração elevada implica em uma desigualdade maior. Sua expressão é dada por:

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (s_{ij} + s_i) \right]}{n} \quad (4)$$

Sendo G = Índice de Gini; n = nº de países produtores; s_{ij} = participação cumulativa das produções em ordem crescente; s_i = *Market share*, em porcentagem, do país i na produção.

O índice apresenta um limite de entre zero e um, sendo o primeiro uma situação de desigualdade nula no mercado e o segundo onde ocorre a desigualdade absoluta. Sua classificação ocorre da seguinte forma: 0,101 – 0,250 desigualdade nula a fraca; 0,251 – 0,500 desigualdade fraca a média; 0,501 – 0,700 desigualdade média a forte; 0,701 – 0,900 desigualdade forte a muito forte; 0,900 – 1,000 desigualdade muito forte a absoluta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 traz a produção mundial de celulose, no período entre 1961 e 2014. Durante o período analisado, houve significativo aumento na produção mundial de celulose, sendo a taxa média de crescimento de 2 % ao ano. Foi possível verificar a ocorrência de algumas quedas de produção, como as ocorridas nos anos de 1976, 1992 e 2009. A Guerra Fria, que ocorreu no período entre o final da Segunda Guerra Mundial (1945) e a extinção da União Soviética (1991), fez com que os países produtores de celulose e economicamente afetados reduzissem suas produções; além disso, a demanda pelo produto também foi afetada neste período. Já a última queda coincidiu com a crise econômica mundial que afetou diversos países e, assim, tanto a produção da celulose, quanto a sua comercialização no mercado mundial foram reduzidas.

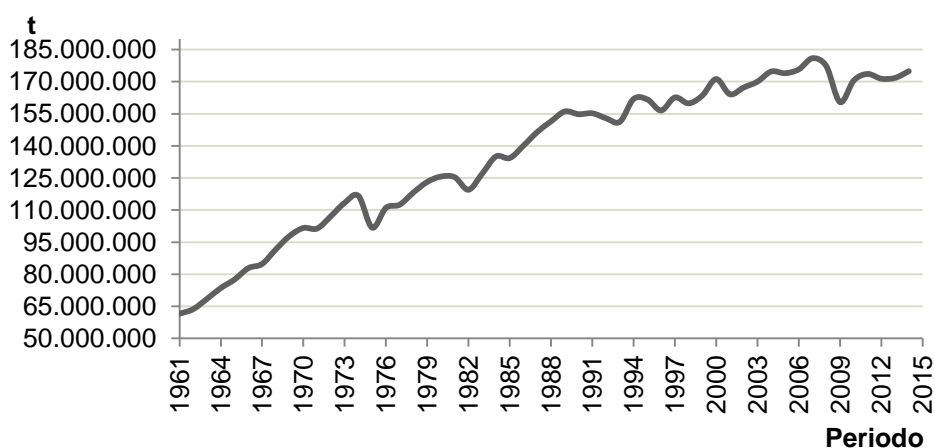


Figura 1. Evolução da produção mundial (ton.) de celulose, no período de 1961 a 2014.
Fonte: FAO (2016).

Dentre os maiores produtores de celulose, o destaque é para Estados Unidos e Canadá que se mantiveram como os maiores produtores, durante todo o período em estudo (maior e segundo maior produtor, respectivamente). O Brasil, que em 1961 ocupava a décima sexta posição entre os maiores produtores de celulose, ganhou posições durante os anos, passando à sétima posição em 1980, sexta posição em 2000 e, em 2012 passou a ocupar a terceira posição entre os maiores produtores (permanecendo até 2014). Esta evolução do país como grande produtor mundial é resultado dos avanços tecnológicos industriais e silviculturais que favoreceram a celulose brasileira no mercado internacional. Em 2014, a produtividade média dos plantios brasileiros de eucalipto atingiu 39 m³/ha.ano enquanto a produtividade dos plantios de pinus foi de 31 m³/ha.ano, garantindo ao Brasil a liderança no ranking global de produtividade global (IBÁ, 2015).

A Figura 2 apresenta a evolução da concentração, considerando a Razão de Concentração dos quatro, oito e vinte maiores produtores de celulose, no período de 1961 a 2014. Considerando os três índices analisados, foi observada uma redução na concentração de produção mundial de celulose.

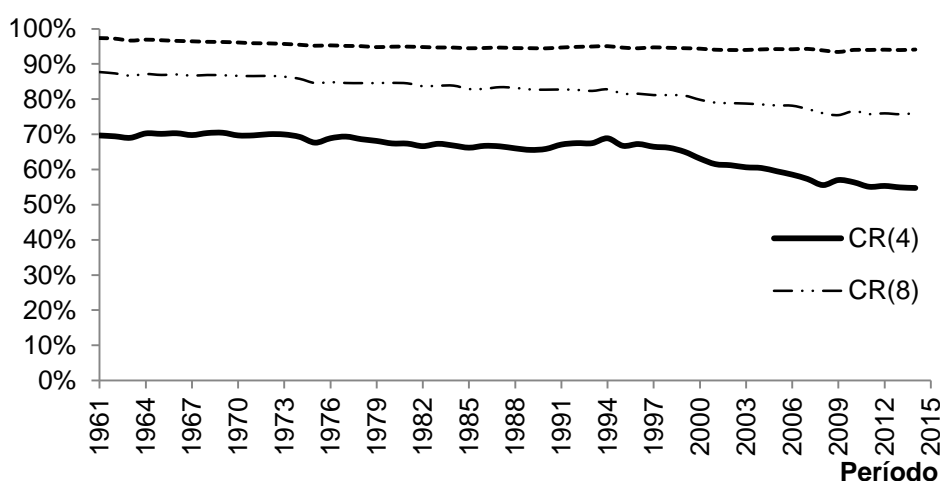


Figura 2. Evolução da Razão de Concentração considerando os quatro [CR(4)], oito [CR(8)] e vinte [CR(20)] maiores produtores

Segundo a classificação de Bain (1959), a concentração da produção mundial de celulose, considerando os quatro maiores produtores foi de alta, até o ano de 2000, à moderadamente alta nos anos posteriores. Essa classificação não alterou ao se considerar os oito maiores produtores, alterando apenas a ocorrência de transição de alta para moderadamente alta, em 1975.

Considerando os vinte maiores produtores mundiais de celulose ainda segundo a mesma classificação proposta por Bain (1959), a concentração é classificada como muito forte, durante todo o período do estudo, porém existindo uma pequena redução da participação dos vinte maiores produtores, porém, estes países ainda responsáveis por mais de 90% da produção mundial de celulose.

Ao se relacionar o aumento do número de países produtores com a sua participação no mercado, notou-se que embora este aumento tenha ocorrido a participação efetiva na produção mundial ainda se concentra em poucos países devido às

suas características ambientais e econômicas que favorecem a indústria de celulose e acabam a torna-la altamente concentrada, como o domínio tecnológico restrito exigente, a especificidade e irreversibilidade do capital investido, grande volume de investimentos fixos iniciais necessários e o longo tempo de maturação do projeto, além da oferta e demanda inelásticas da celulose (REZENDE; COELHO JÚNIOR; BORGES, 2008).

A Figura 3 mostra o índice de Herfindahl-Hirschman da produção mundial de celulose, no período de 1961 a 2014. A concentração da produção mundial de celulose também apresentou uma tendência de queda. Para o índice ajustado, o comportamento foi muito semelhante, ou seja, com uma tendência de queda, no período em estudo (Figura 4). Entre os anos de 1961 a 1999, o índice ajustado permaneceu entre 0,15 e 0,25, o que permite concluir que a concentração foi moderada no período. Entre 2000 e 2014, o índice ajustado foi o inferior a 0,15, o que classifica o mercado como não concentrado.

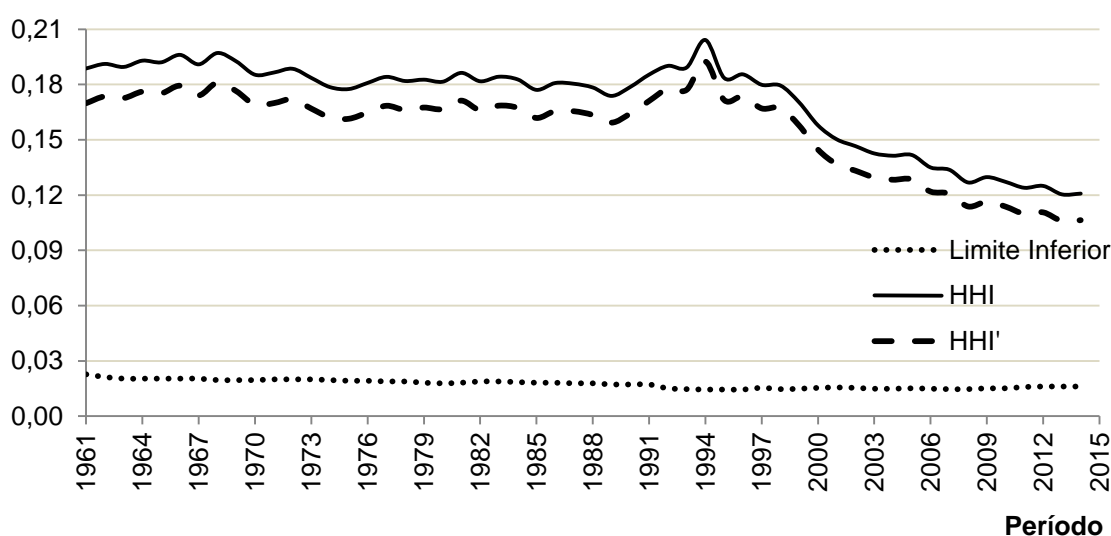


Figura 3. Evolução do Índice de Herfindahl – Hirschman (HHI), Índice de Herfindahl – Hirschman ajustado (HHI') e Limite Inferior das produções mundiais de celulose, no período de 1961 a 2014.

A evolução da desigualdade entre os países, verificada pelo coeficiente de Gini, pode ser encontrada na Figura 6. Durante o período analisado, a desigualdade foi classificada como forte. Apenas entre os anos de 1992 a 1999, houve uma desigualdade considerada muito forte.

Enquanto a menor desigualdade foi encontrada no ano de 1961, devido a uma menor quantidade de países produtores, a maior desigualdade coincide com o ano em que ocorreu o maior número de países produzindo celulose, 1994 (Figura 6). Diante disso, constatou-se que, mesmo com o aumento no número de países produtores, poucos foram aqueles que apresentam uma produção significativa na produção, assim tem-se uma redução na concentração, porém um aumento da desigualdade.

A Figura 4 destaca ainda que, após 2008, período em que o número de países sofreu uma pequena redução, a desigualdade também seguiu o mesmo comportamento. Muitos países não recuperaram suas economias após a crise econômica mundial,

ocorrida entre 2008 e 2009, o que fez com que a participação dos maiores produtores também fosse afetada.

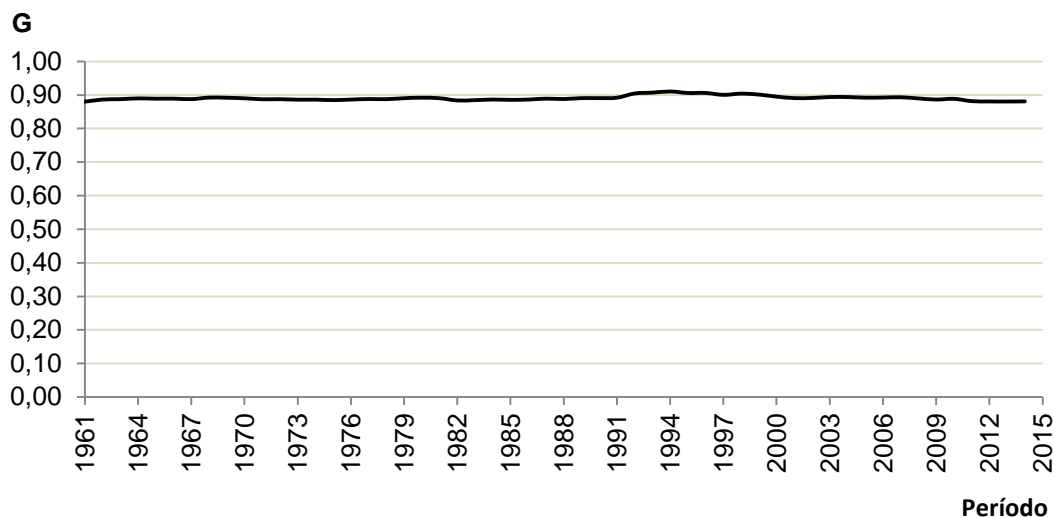


Figura 4. Evolução do Coeficiente de Gini (G) das produções mundiais de celulose, no período de 1961 a 2014.

4 CONCLUSÕES

Para condições analisadas neste estudo, conclui-se que:

Embora a produção mundial de celulose tenha apresentado um crescimento significativo no período em estudo, a concentração seguiu uma tendência de redução da concentração pelo CR(4) e CR(8). O CR(20) mostrou que a concentração da produção mundial está nas mãos do 20 países maiores produtores.

O HHI indicou tendências de desconcentração. O HHI ajustado mostrou que a produção mundial de celulose é um mercado não concentrado.

O índice de Gini mostrou que mesmo com a redução da concentração, a desigualdade entre os países produtores ainda é considerada forte.

Contudo, é possível afirmar que a produção mundial de celulose vem se desconcentrando, mas é preciso utilizar mais indicadores para uma análise mais acurada.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012. Brasília, 2012. 146 p.

BAIN, J. Industrial organization. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.

COELHO JUNIOR, L. M. et al. Analysis of the Brazilian cellulose industry concentration:

1998 at 2007. *Cerne*, Lavras, v. 16, n. 2, p. 209-216, abr./jun. 2010.

COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Concentração das exportações mundiais de produtos florestais. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 691-701, out./dez. 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO statistics division. Rome, 2014. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/F/*/E>. Acesso em: 14 set. 2016.

GINI, C. Variabilità e mutabilità. In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). Reprinted in *memorie di metodologica statistica*. Rome: E. V. Veschi, 1912.

HERFINDAHL, O. C. Concentration in the steel industry. 1950. 175 p. Thesis (Ph.D.) - Columbia University, Ney York, 1950.

HIRSCHMAN, A. O. National power and the structure of foreign trade. Berkley: University of California, 1945. 172 p.

HORVARTH, J. Suggestion for a comprehensive measure of concentration. *Southern Economic Journal*, Chapel Hill, v. 36, p. 446-452, 1970.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Relatório anual: ano base 2014. Brasília, 2015. 80 p.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. *Revista Análise Econômica*, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, mar./set. 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JÚNIOR, L. M.; BORGES, L. A. C. Madeira e derivados: oportunidades do Brasil no mercado internacional. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). *Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III*. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. p. 11-42.

SOARES, P. R. C.; CARDOSO, M. V.; DE ALMEIDA; A. N.; DA SILVA; J. C. G. L.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R.; ANGELO; R. Concentração e desigualdade nas importações norte-americanas de celulose. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 42, n. 102, p.173-179, jun. 2014.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CONCENTRAÇÃO DAS EXPORTAÇÕES MUNDIAIS DE CELULOSE

Luiz Moreira Coelho Junior¹

Thaís de Sousa Selvatti²

Daniela Letícia Nones³

José Luiz Pereira Rezende⁴

Antônio Donizette de Oliveira⁴

Yuri Rommel Vieira Araujo¹

¹ Centro de Energias Alternativas e Renováveis / Universidade Federal da Paraíba

² Universidade do Estado de Santa Catarina

³ Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - Departamento de Engenharia Florestal

⁴ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

CONCENTRAÇÃO DAS EXPORTAÇÕES MUNDIAIS DE CELULOSE

Resumo: Este trabalho analisou o grau de concentração das exportações mundiais de celulose, no período de 1961 a 2012. Para mensurar e analisar a concentração das exportações de celulose foram usados os indicadores: Razão de Concentração, o Índice de Herfindahl – Hirschman, o Índice de Entropia de Theil, o Índice de Hall e Tideman, o Índice de Concentração Compreensível, além do Coeficiente de Gini. No período considerado a concentração das exportações mundiais de celulose foi classificada como alta, porém com tendência de redução. O aumento no número de países exportadores não reduziu a desigualdade, reduzindo apenas a participação dos maiores exportadores. Com o alto número de países exportadores de celulose torna-se importante que os países, para melhorarem sua competitividade, apresentem uma celulose diferenciada e de qualidade para que possa garantir altas exportações e uma melhor participação no mercado.

Palavras-chave: economia florestal, market share, indicadores de concentração.

CONCENTRATION OF WORLD PULP EXPORTS

Abstract: This study analyzed the degree of concentration of the world's pulp exports in the period from 1961 to 2012. To measure and analyze the concentration of pulp exports were used the indicators: Concentration Ratio, the Herfindahl - Hirschman Index, the Theil Entropy Index, the Hall and Tideman Index, the Comprehensive Concentration Index, plus the Gini Coefficient. During the considered period the concentration of world pulp exports was classified as high, but with a downward trend. The increase in the number of exporting countries was not sufficient to reduce the inequality, but the participation of the largest exporters was reduced. With the high number of pulp exporting countries it is important for countries to improve their competitiveness.

Keywords: forest economics, market share, concentration indicators.

1. INTRODUÇÃO

A celulose é a principal matéria-prima na produção de papéis. Há celulose de fibra curta e de fibra longa e, de acordo com o processo de fabricação de cada tipo de papel utiliza-se uma fibra diferente, pois apresentam características mecânicas diferenciadas (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ, 2014).

De acordo com Montebello e Bacha (2013), a celulose pode ser vendida no mercado doméstico e externo (celulose de mercado) ou usada na produção de papel pela própria empresa que a produz (celulose de integração). Alguns países produtores de celulose apenas abastecem seu mercado interno, exportando apenas o excedente, como é o caso dos Estados Unidos que, em 2012, produziram 50,2 milhões de toneladas (t) de celulose e apenas 11% foram exportados. Já o Brasil, a produção é voltada para o mercado externo e, em 2012, exportou 8,9 milhões de t, ou seja, 62% da produção nacional (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2013).

Nos últimos 50 anos, o aumento populacional e a crescente demanda por produtos à base de celulose contribuíram para o incremento de países exportadores de celulose. Em 1961, o mercado mundial de celulose era composto por apenas 20 países exportadores, atingindo a cifra de US\$ 342 bilhões. Em 2012, o número de países exportadores aumentou em cinco vezes e chegou a 117 países, exportando o montante de US\$ 34 trilhões. Canadá, Estados Unidos e Brasil foram, respectivamente, os maiores exportadores de celulose em 2012. Juntos eles exportaram quase a metade de toda a quantia exportada nesse ano (FAO, 2013).

No cenário internacional de produtos florestais a indústria de celulose é a mais significativa, com mais de 82% do total de exportações realizadas, em 2008. Além disso,

países que apresentam expressiva participação nas exportações de celulose, como o Brasil, vêm buscando estratégias para reter as vantagens competitivas adquiridas, principalmente, aquelas advindas da barreira à entrada (COELHO JUNIOR et al., 2013).

A indústria de celulose apresenta um alto grau de concentração devido à suas características industriais como exigência de alto grau de domínio tecnológico, a especificidade e irreversibilidade do capital investido, grande volume de investimentos fixos iniciais, longo tempo de maturação do projeto, além da oferta e demanda inelásticas da celulose (RESENDE e BOFF, 2002; REZENDE et al. 2008).

No setor florestal, há estudos de concentração no mercado internacional efetivados por Noce et al. (2005) para a madeira serrada, Noce et al. (2007) para o compensado, Noce et al. (2008) para o aglomerado, Coelho Junior et al. (2013) para os produtos florestais e Soares et al. (2014) para importações norte americana de celulose. Porém, não há estudos que analisaram a concentração das exportações mundiais de celulose. Portanto, este trabalho analisou a concentração das exportações mundiais de celulose, no período de 1961 a 2012.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados na mensuração da concentração das exportações mundiais de celulose para o período de 1961 a 2012 foram obtidos do website da FAO. A base de dados de exportações mundiais fornecidos por esta organização se iniciaram no primeiro ano do período em estudo.

Os índices de concentração podem ser parciais ou sumários. Os índices parciais levam em conta apenas parte dos países que atuam em determinada indústria. Os índices sumários utilizam os dados de todos os países que compõem o mercado. Já o índice de desigualdade mensura a diferença entre o tamanho e o poder econômico dos países analisados.

Os índices de concentração utilizados neste trabalho foram a Razão de Concentração [$CR(k)$]; o Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI); o Índice de Entropia de Theil (E); o Coeficiente de Gini (G) O Índice de Hall e Tideman (HTI) e o Índice de Concentração Compreensível (CCI) que serão caracterizados a seguir.

A Razão de Concentração [$CR(k)$] considerada a participação dos maiores países de uma indústria, ou seja, k (sendo $k = 1, 2, \dots, n$). Sua forma algébrica pode ser compreendida por:

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k s_i \quad (1)$$

Em que:

$CR(k)$ = Razão de concentração de k países exportadores;

s_i = market share, em porcentagem, do país i nas exportações.

Foram calculados os índices considerando quatro [$CR(4)$], oito [$CR(8)$] e 20 [$CR(20)$] maiores países exportadores. Bain (1959) propõe a seguinte classificação para $CR(4)$ e $CR(8)$ conforme a Tabela 1.

O Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) proposto HERFINDAHL (1950) e HIRSCHMAN (1945) é um índice sumário e dado pela fórmula:

$$HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2, \quad (2)$$

Em que:

$n = n^\circ$ de nações participantes nas exportações;

$s_i = market\ share$, do país i nas exportações.

Tabela 1. Classificação do grau de concentração dos maiores países produtores

Grau de Concentração	CR (4)	CR (8)
Muito Alto	75% ou mais	90% ou mais
Alto	65% - 75%	85% - 90%
Moderadamente Alto	50% - 65%	70% - 85%
Moderadamente Baixo	35% - 50%	45% - 70%
Baixo	35% ou menos	45% ou menos

Fonte: Bain (1959).

O limite inferior do índice em $1/n$, e o superior igual a um. Na primeira situação todos os países apresentarão o mesmo tamanho enquanto na segunda, ocorrerá uma situação de monopólio, ou seja, a concentração será máxima. O Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI') sugerido por Resende (1994) serve para análises comparativas, quando ocorre variação no número de países em uma série histórica, dadas pela expressão:

$$HHI' = \frac{1}{n-1}(nHHI - 1); n > 1 \quad (3)$$

Para o HHI' valores de $HHI' < 0,15$ indica um mercado não concentrado. Entre um intervalo $0,15 \leq HHI' \leq 0,25$ possui concentração moderada. Para valores de $HHI' > 0,25$ têm concentração alta.

O Índice de Entropia de Theil (E) mede o inverso da concentração, ou seja, quanto menor o valor do índice mais concentrada são as exportações de determinado produto em estudo. Em casos onde o índice seja igual a zero há um monopólio, ou seja, concentração máxima. O limite superior é igual à $\ln(n)$ e nesta situação, as empresas possuem parcelas iguais de mercado, onde a concentração é mínima (RESENDE & BOFF, 2002). Sua fórmula é dada por:

$$E = - \sum_{i=1}^n s_i \ln(s_i), \quad (4)$$

Em que:

$n = n^\circ$ de nações participantes nas exportações;

$s_i = market\ share$ do país i nas exportações;

$\ln =$ logaritmo neperiano.

O Índice de Entropia de Theil ajustado (E'), proposto por Resende (1994), para que o mesmo pudesse variar entre zero (concentração máxima) e um (mínima concentração) para análises intertemporais também foi utilizado. A fórmula ajustada é da seguinte forma:

$$E' = - \frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n s_i \ln(s_i). \quad (5)$$

O Coeficiente de Gini (G) proposto Gini (1912) em sua obra "*Variabilità e mutabilità*" desenvolveu esse índice originalmente para medir a desigualdade de renda, porém ele também pode ser usado para medir o grau de desigualdade das exportações. Sua expressão é:

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (s_{ij} + s_i) \right]}{n} \quad (6)$$

Em que:

n = nº de países exportadores;

s_{ij} = participação cumulativa das exportações em ordem crescente;

s_i = *market share* do país i nas exportações.

O índice varia entre zero e um, sendo o primeiro a situação de desigualdade nula no mercado e limite superior onde ocorre a desigualdade absoluta. Pode ser classificado da seguinte forma: 0,101 – 0,250 desigualdade nula a fraca; 0,251 – 0,500 desigualdade fraca a média; 0,501 – 0,700 desigualdade média a forte; 0,701 – 0,900 desigualdade forte a muito forte; 0,900 – 1,000 desigualdade muito forte a absoluta.

O Índice de Hall e Tideman (*HTI*) é calculado, a participação de cada país recebe um peso igual ao seu ranking na construção do índice e assim a ênfase passa a ser o número total de países na indústria. O *HTI* atinge um valor de unidade, no caso de alta concentração. Já onde existe a perfeita igualdade o índice será igual a $1/n$. Para o cálculo do *HTI* utiliza-se a expressão:

$$HTI = (2 \sum_{i=1}^n i S_i - 1)^{-1} \quad (7)$$

Em que:

i = posição ocupada pelo país em ordem decrescente;

S_i = *market share* do país i nas exportações.

Proposto por Horvarth (1970) o Índice de Concentração Compreensível (*CCI*) mensura tanto a dispersão relativa quanto à magnitude absoluta, resolvendo algumas deficiências de outros índices estudados anteriormente. Ele representa a soma do *market share* do país líder com a soma dos quadrados dos tamanhos proporcionais de cada país, ponderada por um multiplicador, o que reflete o tamanho proporcional do resto da indústria. Os países restantes são usados para ajustar s_1 de acordo com a fórmula:

$$CCI = s_1 + \sum_{i=2}^n s_i^2 (1 + (1 - s_i)) \quad (8)$$

Em que:

s_1 = maior *market share* dentre os países organizados em ordem decrescente;

s_i = *market share* do país i nas exportações.

O índice será igual a um em caso de monopólio, alta concentração.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a evolução das exportações mundiais de celulose (US\$ Bilhões), no período de 1961 a 2012. Durante o período analisado, as exportações mundiais de celulose cresceram a uma taxa média de 9,85% ao ano. O número de países exportadores passou de 20, em 1961, para 117 países, em 2012.

Em 1961, o principal exportador foi a Suécia seguida dos Estados Unidos, Canadá, Noruega, Finlândia. Esses países figuraram como os principais exportadores, apenas alterando as posições até a segunda metade da década de 70, quando União Soviética e Brasil começaram a figurar entre os maiores exportadores. Na década de 60, Canadá ocupava a terceira posição e já na década seguinte se tornou o maior exportador de celulose e assim permaneceu até o final do período analisado. Já os Estados Unidos foi o segundo maior exportador durante quase todo o período, apenas no ano 1971 perdeu sua posição para Suécia.

A Figura 1 mostra ainda a existência de algumas quedas nas exportações de celulose, como as verificadas nos anos de entre de 1989 e 1993, período de pós Guerra Fria, onde muitos países ainda se recuperavam suas economias abaladas pela guerra, com isso as exportações de celulose do mundo todo foram afetadas. Já no ano de 2009 a redução nas exportações foi consequência da crise americana que atingiu diversos países.

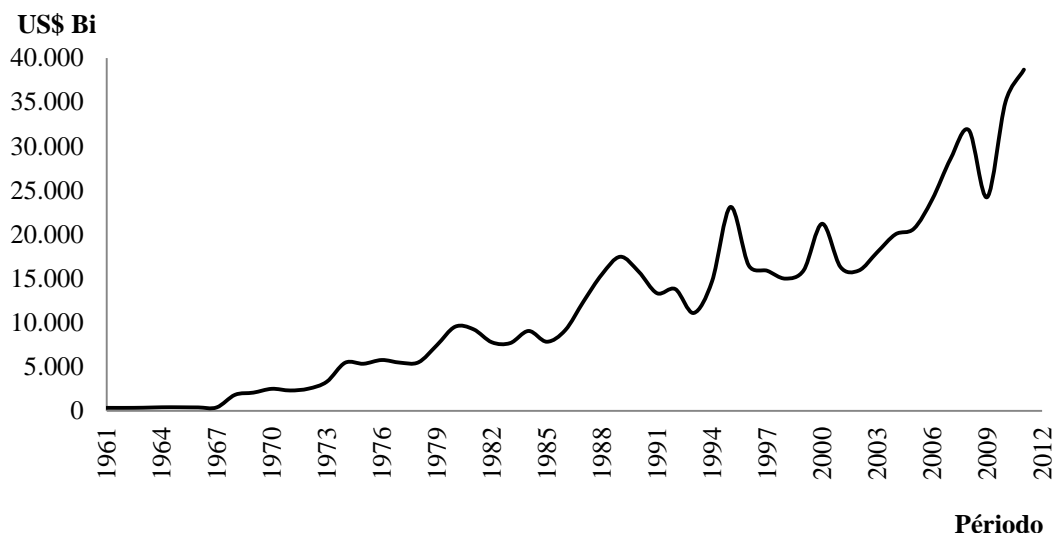


Figura 1. Evolução das exportações mundiais de celulose (US\$ Bilhões) de 1961 a 2012.
Fonte: FAO, 2014.

A Figura 2 apresenta os indicadores de concentração e desigualdade, no período de 1961 a 2012. A Figura 2 (a) mostra que houve desconcentração mundial das exportações de celulose ao se considerar os quatro [CR(4)] e oito [CR(8)] maiores países exportadores. De acordo com a classificação de Bain (1959), durante o período a concentração das exportações mundiais de celulose se apresentou de muito alta a moderadamente alta. Para o [CR(4)] os quatro maiores exportadores, a concentração foi muito alta até 1981, passando a alta do ano seguinte até 1997. Após este ano, chegou a moderadamente alta e onde permaneceu até o ano de 2012. O [CR(8)], os oito maiores exportadores, foi de muito alta entre 1961 e 1977, alta de 1978 até 1984 e moderadamente altas entre 1985 e 1986, retornando a alta entre 1987 e 1989 e, no período de 1990 a 2012 foi moderadamente alta.

Já o CR(20) permaneceu relativamente constante em todo o período analisado (Figura 2 (a)). Os vinte principais países foram responsáveis por 100% das exportações de 1961 até 1967. Nos anos seguintes as participações oscilaram, porém não menores que a apresentada no ano de 2000 [CR(20) igual a 96,42%]. Como a participação desses maiores exportadores permaneceu alta durante todo o período, enquanto a participação dos quatro e oito maiores exportadores sofreram reduções, mesmo com o aumento das exportações no período e com aumento de países exportadores houve apenas uma reorganização das participações dos vinte maiores exportadores, com estes responsáveis pela maior parte das exportações de celulose mundial.

Observa-se na Figura 2 (b) que os valores de HHI tenderam a se aproximar de seus limites inferiores, confirmando assim esta tendência de redução da concentração também indicada pela razão de concentração [CR(k)]. Em 1961, o valor do índice HHI foi de 0,1877, porém o ponto de máximo só ocorreu no ano de 1976 (0,2154), e após este ano os valores dos índices sofreram reduções até o ano de 1983. Entre 1983 e 1994 pequenas oscilações ocorreram. Em 1995, porém, o índice atingiu novamente um pico com o valor de 0,1758 e após isto ocorreram pequenas oscilações até atingir, em 2012, o menor valor, 0,1027.

O HHI' médio para o período em estudo foi de 0,1429. Para o índice ajustado também foi verificada uma redução da concentração das exportações. Para os valores de HHI' entre os anos de 1961 e 1967 o mercado se comportou como não concentrado, o que

se se repetiu nos períodos entre 1983 e 1987, no ano de 1991 e entre 1996 e 2012; apenas a partir de 2007 o índice ajustado atingiu valores inferiores a 0,1; o que caracteriza um mercado competitivo. Nos demais anos do período, a concentração se apresentou como moderada.

A Figura 2 (c) mostra o índice de Entropia de Theil. O menor valor encontrado no período analisado foi de 1,8154 no ano de 1964. Já o maior valor encontrado foi no ano de 2012 (2,4553). O valor médio de entropia encontrado no período foi de 2,188. O ano de 1965 foi o ano que apresentou um maior índice ajustado (0,6745), e também o ano com uma menor diferença entre E e seu LS (0,8815), ou seja, nesse ano a concentração foi menor. Entre os anos de 1987 a 1993 houve um aumento na concentração das exportações mundiais de celulose. Entre 1991 e 1992 o número de países exportadores passou de 35 para 63 países exportadores. Esse aumento no número de países ocorreu principalmente devido ao desmembramento dos países pertencentes à União Soviética. Diante disso, tanto o limite superior quanto a sua diferença com o índice sofreram aumentos e, embora o índice tenha permanecido estável, houve um aumento na concentração das exportações [Figura 2 (c)].

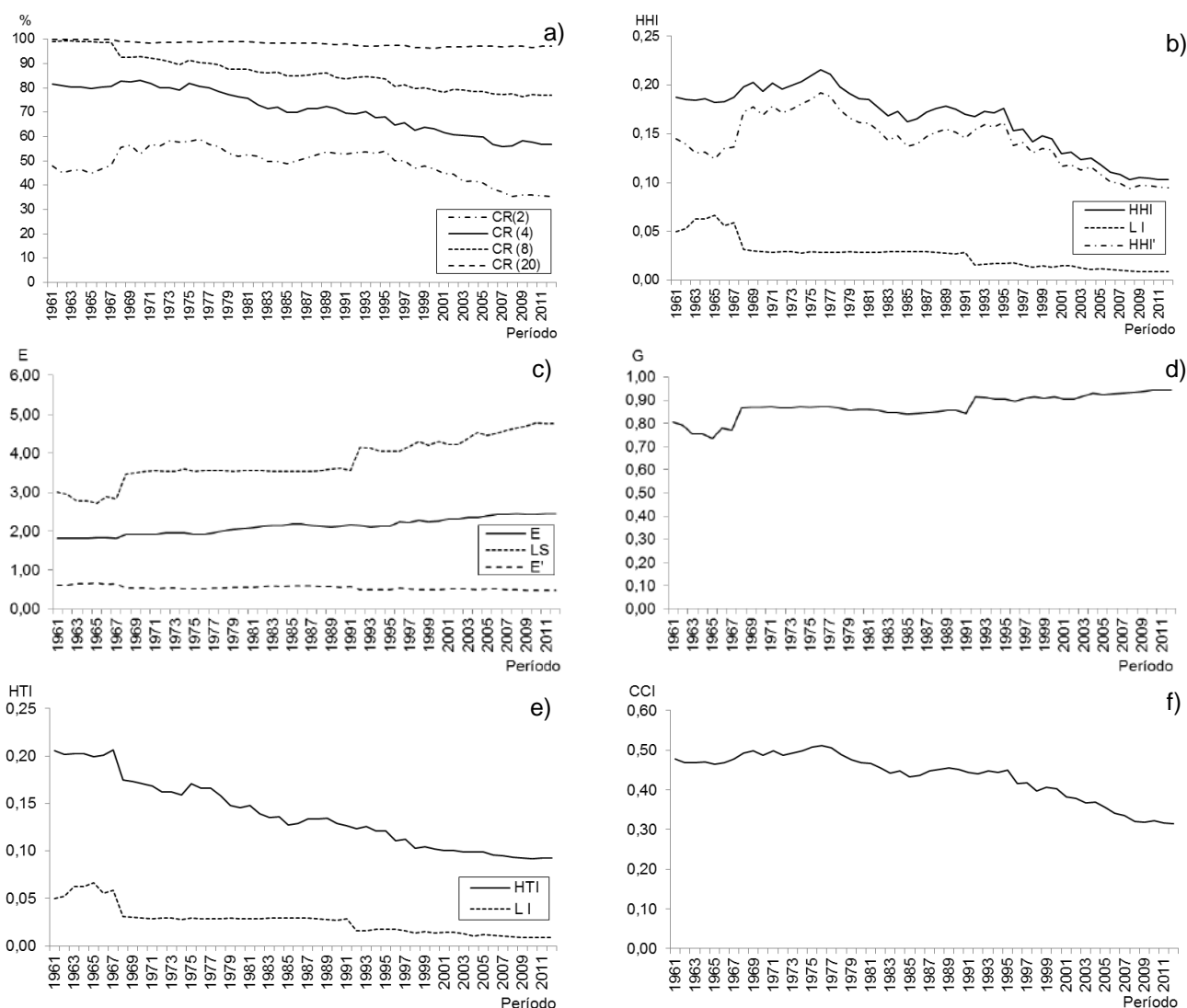


Figura 2 – Evolução dos indicadores de concentração das exportações mundiais de celulose, no período de 1961 a 2012. a) Razão de Concentração dos quatro [CR(4)], oito [CR(8)] e vinte [CR(20)] maiores exportadores celulose; b) Índice de Herfindahl–Hirschman (HHI), o Índice de Herfindahl–Hirschman ajustado (HHI'); c) Índice de Entropia de Theil (E),

e Entropia de Theil ajustado (E'); d) Índice de Gini (G); e) o Índice de Hall e Tideman (HTI) e o Limite Inferior (L I); f) Comprehensive Concentration Index (CCI).

Entre os anos de 1994 e 2001 embora o índice de Theil tenha permanecido estável, a concentração das exportações sofreu oscilações. Os anos de 1998 e 2000 foram anos de aumento do número de países exportadores seguidos de queda no ano posterior, o que contribuiu com o aumento da concentração nestes anos. Entre 2002 e 2004 número de países exportadores cresceu em todos os anos, e embora o índice tenha permanecido estável, houve um aumento na diferença entre o índice e o seu limite superior, assim como uma redução no índice ajustado, caracterizando assim um aumento da concentração das exportações. No ano seguinte, 2005, com a queda do número de empresas a concentração foi reduzida.

De 2006 a 2010 o número de países exportadores foi superior em relação ao ano anterior, isto, porém, não permitiu que a concentração fosse reduzida, a participação dos maiores exportadores permaneceu alta no total de exportações e assim a concentração das exportações aumentou. Em 2010 foi verificado o menor valor de entropia ajustado (0,4758); bem como a maior diferença entre o índice e seu limite superior (2,3522). Nos dois anos seguintes, a concentração das exportações seguiu uma tendência de desconcentração devido as economias de diversos países já apresentarem comportamento de recuperação após a crise econômica do ano de entre os anos de 2008 e 2009.

A Figura 2 (d) mostra a desigualdade nas exportações mundiais de celulose segundo o Coeficiente de Gini. Durante o período, embora algumas reduções da desigualdade tenham ocorrido (como as ocorridas em 1965 e 1991), houve uma tendência de aumento da desigualdade. A maior desigualdade foi encontrada no ano de 2010 (0,9413) e a menor desigualdade foi encontrada em 1965 (0,7326). O aumento do número de países exportadores e, principalmente, os países após a extinção da União Soviética não garantiram a redução da desigualdade. Muitos países ainda não apresentavam uma competitividade forte no mercado aumentando assim a desigualdade durante todo o período em estudo.

A desigualdade, segundo o Coeficiente de Gini, durante o período em estudo pode ser classificada como sendo de forte a absoluta. De 1961 a 1991 a desigualdade foi classificada como de forte a muito forte; passando a muito forte a absoluta entre 1992 e 1995. No ano seguinte a desigualdade retornou a ser classificada como de forte a muito forte. De 1997 a 2012, com o aumento significativo do número de países a desigualdade foi classificada como de muito forte a absoluta.

A Figura 2 (e) mostra o comportamento da concentração de acordo com o índice de Hall e Tideman para o período em estudo. Observa-se uma tendência de redução na concentração de exportações de celulose. De 1961 até 1967 os valores apresentavam oscilações até atingir o valor mais alto (0,2063) de todo o período do estudo, em 1967. Após este ano os valores oscilaram até atingir o menor valor em 2010 (0,0921). A redução da concentração ainda pode ser verificada pela redução da distância entre os valores de HTI e suas condições de perfeita igualdade. No ano de 1961 essa distância era de 0,1559 e no já no ano de 2009 esse valor chegou a 0,0834; as maiores e menores diferenças respectivamente.

A Figura 2 (f) destaca que também pelo Índice de Concentração Compreensível houve redução da concentração das exportações de celulose no período analisado. Pode-se observar que a participação do maior país exportador foi decrescendo no decorrer dos anos. O índice atingiu um maior valor em 1976 (0,5122) e o menor valor no ano de 2012 (0,3144). Embora tenham ocorrido algumas variações durante o período, esse índice corrobora todos os demais índices anteriormente estudados que confirmam uma redução da concentração das exportações mundiais de celulose.

A alta concentração verificada principalmente entre os vinte principais países exportadores permite que estes exerçam no mercado internacional o seu poder de mercado, e assim os principais importadores acabam adquirindo celulose daqueles que apresentam um produto de melhor qualidade e preço.

A indústria de celulose por suas características contribuem para a concentração entre as empresas que a compõem, acabam por limitar que países possam desenvolvê-la. Além disso, a limitação quanto a existência ou não da matéria-prima no país acaba por limitar a instalação de novas empresas em diversos países no mundo, favorecendo assim o comércio dos diferentes países exportadores.

O Brasil ocupa uma ótima posição entre os principais exportadores (terceira posição em 2012) apresenta condições de expandir suas exportações nos próximos anos. As condições edafoclimáticas, aliadas a alta produtividade e tecnologias de silvicultura e melhoramento, principalmente para o Eucalipto, permitirão que a celulose aqui produzida possa chegar a diferentes mercados. Porém, é necessário que as políticas governamentais e as relações internacionais permitam que estas vantagens comparativas possam ser validadas e a celulose chegue cada vez mais a diferentes mercados.

4. CONCLUSÕES

Durante o período analisado houve uma tendência de crescimento das exportações mundial de celulose.

Os índices de concentração e desigualdade mostraram uma tendência de desconcentração das exportações mundiais durante o período analisado, porém, mesmo com pequenas oscilações existentes, esta ainda é classificada como alta.

A desigualdade entre os países exportadores é forte e o aumento do número de países exportadores não foi suficiente para reduzir a desigualdade.

5. REFERÊNCIAS

BAIN, J. Industrial organization. New York: John Wiley and Sons, 1959. 274p.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Concentração das exportações mundiais de produtos florestais. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 691-701, out.-dez., 2013.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO Statistics Division. Rome, 2013. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/F/*/E>. Acesso em: 15 de dez. 2013.

GINI, C. Variabilità e mutabilità. 1912. Reprinted in *Memorie di metodologica statistica*. Rome, Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1955.

HERFINDAHL, O.C. Concentration in the Steel Industry. 1950. Ph.D. Thesis, Columbia University, New York.

HIRSCHMAN, A.O. National power and the structure of foreign trade. Berkeley: University of California Press 1945.

HORVARTH, J. Suggestion for a Comprehensive Measure of Concentration. *Southern Economic Journal*, 36, 446-452 (1970).

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ, 2014. Disponível em: <
http://www.iba.org/shared/iba_2014_pt.pdf. Acesso em 09 de mar. 2015.

MONTEBELLO, A. E. S.; BACHA, C. J. C. Impactos da reestruturação do setor de celulose e papel no Brasil sobre o desempenho de suas indústrias. *Estudos Econômicos*, São Paulo, SP, v. 43 n. 1, p. 109-137, jan./mar. 2013.

NOCE, R.; SILVA, M. L.; CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S. Concentração das exportações no mercado internacional de madeira serrada. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 431-437, mai./jun. 2005.

NOCE, R.; CARVALHO, R. M. M. A.; CANTO, J. L.; SILVA, M. L.; MENDES, L. M. Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. *Cerne*, v. 13, n. 1, p. 107-110, jan./mar. 2007.

NOCE, R. et al. Competitividade do Brasil no mercado internacional de aglomerado. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 245-250, mar./abr. 2008.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. *Revista Análise Econômica*, Porto Alegre, v.12, n.21, p. 24-33, mar./set. 1994.

RESENDE, M. & BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D. & HASENCLEVER, L. (Org.). *Economia industrial: Fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; BORGES, L. A. C. Madeira e derivados: oportunidades do Brasil no mercado internacional. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.) *Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III*. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. P. 11-42.

SOARES, P. R. C; et al. Concentração e desigualdade nas importações norte-americanas de celulose. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 173-179, jun. 2014.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CONCENTRAÇÃO MUNDIAL DA PRODUÇÃO DE MEDIUM DENSITY FIBERBOARD - MDF

Thaisa de Sousa Selvatti¹

Luiz Moreira Coelho Junior²

José Luiz Pereira Rezende³

Daniela Letícia Nones¹

Antônio Donizette de Oliveira³

Yuri Rommel Vieira Araujo²

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - Departamento de Engenharia Florestal

² Centro de Energias Alternativas e Renováveis / Universidade Federal da Paraíba

³ Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras

CONCENTRAÇÃO MUNDIAL DA PRODUÇÃO DE *MEDIUM DENSITY FIBERBOARD* - MDF

Resumo: Este trabalho analisou a produção mundial de MDF e seu o grau de concentração entre os anos de 1995 e 2012. Para mensurar e analisar esta concentração foram usados a Razão de Concentração, o Índice de Herfindahl – Hirschman e o Índice de Gini. A partir das análises realizadas neste estudo, conclui-se que: a produção mundial de MDF é crescente e o principal produtor, desde 2001, é a China. A Razão de Concentração mostrou tendência de aumento de concentração, principalmente, nos quatro maiores países produtores de MDF e os vinte maiores países participam em média de 93% do mercado. O índice de Herfindahl-Hirschman apresentou comportamento semelhante da Razão de concentração. O HHI' mostrou que, de 1995 a 2004 a classificação foi não concentrada, de 2005 a 2008 foi moderadamente concentrada e a partir de 2009 indicou concentração alta. O Coeficiente de Gini inferiu desigualdade em forte a muito forte a durante todo o período. De acordo como apontamento dos indicadores que mostram alta concentração, os órgãos mundiais de regulação devem criar mecanismos de regulação para o mercado de MDF e também criar programas de fomentos para os países que se inseriram neste possam ter condições de sobrevivência e de concorrência.

Palavras-chave: Economia florestal, *Market share*, Indicadores de concentração.

WORLD CONCENTRATION OF PRODUCTION OF MEDIUM DENSITY FIBERBOARD - MDF

Abstract: This work analyzes the world production of MDF and its degree of concentration between the years 1995 and 2012. To measure and analyze this concentration were used Concentration Ratio, the Herfindahl - Hirschman Index and the Gini Index. From the analysis carried out in this study, it is concluded that: a world production of MDF is increasing and the main producer, since 2001, is a China. The Concentration Ratio showed a tendency to increase concentration, especially in the four countries with the highest MDF and other countries, on average 93% of the market share. The Herfindahl-Hirschman index showed similar behavior of the Concentration Ratio. The HHI' showed that from 1995 to 2004 a classification was not concentrated, from 2005 to 2008 it was moderately concentrated and from 2009 it indicated a high concentration. The Gini coefficient inferred the inequality in strong a very strong throughout the period. According to the indicators that show high concentration, the global regulatory organizations create regulatory mechanisms for the MDF market and also create programs of support for countries that are in the conditions of survival and competition.

Keywords: Forest economics, market share, concentration indicators.

1. INTRODUÇÃO

Em 2012, China, Estados Unidos, Rússia, Alemanha e Canadá foram responsáveis por 62% da produção mundial de painéis de madeira (186 milhões de m³). A China respondeu com

39% da produção mundial (2012) e no período entre 2008 e 2012, passou de 79 milhões de m³ para 117 milhões de m³. Já os Estados Unidos, a Alemanha e o Canadá apresentaram uma queda de 9%, 17% e 10% na produção, respectivamente, no mesmo período (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2014a).

Os painéis de madeira são divididos em dois principais grupos: os painéis de madeira reconstituída e painéis compensados. A principal diferença entre os grupos é a matéria-prima do painel: no primeiro caso são utilizadas fibras ou partículas de madeira, enquanto no segundo caso são utilizadas lâminas de madeira. O Medium Density Fiberboard (MDF) está inserido no primeiro grupo e este tipo de painel é produzido sob a ação de calor e pressão com adição de adesivo sintético (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ, 2014).

Dentre os diversos tipos de painéis existentes encontra-se o MDF. Estes painéis apresentam excelentes propriedades físicas que garantem boa trabalhabilidade e alta usinabilidade. Graças a estas características e ao fato de o mesmo ser um produto homogêneo, uniforme e estável, a o produto é amplamente utilizado pelas indústrias de móveis e gabinetes, além de ser utilizado em painéis estruturais (CAMPOS e LAHR, 2004, 2007).

Embora a produção de todos os tipos de painéis tenha apresentado crescimento desde o ano de 2009, a produção de MDF foi a que veio apresentando um maior crescimento, cerca de 10% ao ano. A maior parte deste crescimento ocorreu devido a grande participação do MDF chinês no mercado internacional (FAO, 2014b).

A utilização de índices de concentração permite que seja analisada a estrutura de uma determinada indústria bem como o poder de competitividade e de concorrência de cada país ou de cada empresa envolvido nas exportações (ou produção) (RESENDE e BOFF, 2002). Dentre os trabalhos, no setor florestal, que analisaram concentração de mercado de painéis de madeira foram por Noce et al. (2007) que analisaram o mercado internacional de compensado, e Noce et al. (2008) o mercado de aglomerado, porém, não há registros de trabalhos que tenham analisado o mercado de MDF a nível mundial.

Diante do crescimento da produção e utilização desse tipo de painel no mundo e da necessidade da realização de trabalhos deste mercado, o objetivo deste trabalho foi analisar a produção mundial de MDF e estimar o seu grau de concentração, no período de 1995 a 2012.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados utilizados

Os dados utilizados para análise da produção mundial e o grau concentração da produção mundial de MDF, no período de 1995 a 2012, foram obtidos do website da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimento), FAOSTAT.

2.2 Índices de concentração e desigualdade

Os índices de concentração podem ser classificados em parciais e sumários. Os primeiros levam em conta apenas parte dos países (ou empresas) que atuam em determinada indústria, o segundo, porém, utiliza os dados de todos os países que compõem o mercado. Já índice de desigualdade mensura a diferença entre o tamanho e o poder econômico dos países analisados. Os índices utilizados neste trabalho serão caracterizados a seguir.

2.2.1 Razão de Concentração (CR)

A Razão de concentração considera a participação de k (sendo $k = 1, 2, \dots, n$) maiores países produtores de MDF. Sua forma algébrica pode ser compreendida por:

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k s_i \quad (1)$$

Em que:

$CR(k)$ = Razão de concentração de k países produtores de MDF;

S_i = *Market share*, em porcentagem, do país i na produção de MDF.

Foram calculados os índices para quatro [CR(4)], oito [CR(8)] e 20 [CR(20)] maiores produtores mundiais. Bain (1959) propõe a seguinte classificação para CR(4) e CR(8) conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do grau de concentração dos maiores países produtores

Grau de Concentração	CR (4)	CR (8)
Muito Alto	75% ou mais	90% ou mais
Alto	65% - 75%	85% - 90%
Moderadamente Alto	50% - 65%	70% - 85%
Moderadamente Baixo	35% - 50%	45% - 70%
Baixo	35% ou menos	45% ou menos

Fonte: Bain (1959).

2.2.2 Índice de Herfindahl – Hirschman

O Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) proposto Herfindahl (1950) e Hirschman (1945) de forma simultânea. O HHI é um índice sumário e pode ser mensurada da seguinte forma:

$$HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2 \quad (2)$$

Em que:

n = nº de nações participantes na produção de MDF;

S_i = *Market share*, do país i na produção de MDF.

O fato de elevar o *market share* da produção de MDF ao quadrado evidencia cada país, ou seja, atribui um maior peso aos que têm maior participação. O limite inferior do índice em $1/n$, e o superior igual a 1. Na primeira situação todos os países apresenta mesmo tamanho de produção enquanto na segunda, ocorre um monopólio, ou seja, concentração será máxima.

O Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado (HHI') sugerido por Resende (1994) serve para análises comparativas, quando ocorre variação no número de países em uma série histórica, dadas pela expressão:

$$HHI' = \frac{1}{n-1}(nHHI - 1); n > 1 \quad (3)$$

O intervalo do HHI' varia entre 0 e 1, facilitando a análise do HHI , a sendo 0 concorrência perfeita e 1 monopólio (concentração máxima). Para o índice ajustado valores de $HHI' < 0,15$ indicará um mercado não concentrado. Entre um intervalo $0,15 \leq HHI' \leq 0,25$ a concentração será moderada. Para valores de $HHI' > 0,25$ a concentração será considerada alta.

Neste trabalho serão calculados ambos (HHI e HHI') para comparações tanto em anos específicos, bem como em intervalos de tempo.

2.2.3 Coeficiente de Gini (G)

O coeficiente de Gini é uma medida de desigualdade e pode ser considerado como uma ferramenta acessória aos coeficientes de concentração. Gini (1912) em sua obra "*Variabilità e mutabilità*" desenvolveu esse índice originalmente para medir a desigualdade de renda, porém ele também pode ser usado para medir o grau de desigualdade existente entre os países produtores de MDF. Uma vez que há uma desigualdade alta implica em uma concentração elevada. Sua expressão é dada por:

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i) \right]}{n} \quad (4)$$

Em que:

G = Índice de Gini

n = nº de países produtores de MDF;

S_{ij} = participação cumulativa das produções de MDF, em ordem crescente;

S_i = *Market share*, em porcentagem, do país i na produção de MDF.

O índice Gini varia entre 0 e 1. Sendo 0 (zero) situação de desigualdade nula no mercado e 1 (um) te superior onde ocorre a desigualdade absoluta. Pode ser classificado da seguinte forma: 0,101 – 0,250 desigualdade nula a fraca; 0,251 – 0,500 desigualdade fraca a média; 0,501 – 0,700 desigualdade média a forte; 0,701 – 0,900 desigualdade forte a muito forte; 0,900 – 1,000 desigualdade muito forte a absoluta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a evolução da produção mundial de MDF, no período entre 1995 e 2012. Durante o período houve um aumento da produção. Em 1995, a produção mundial foi de 7,88 milhões de m³ de MDF e 2012 chegou a 82,80 milhões de m³, ou seja, um crescimento de dez vezes da quantidade em termos correntes.

O crescimento internacional da produção de MDF se deu por diversos motivos e um deles foi aumento da demanda por países em desenvolvimento. Os últimos anos do estudo coincidem com os incrementos da produção Chinesa de MDF, em que sua economia não foi tão afetada pela crise mundial entre 2008 e 2009, chegando líder mundial. O mercado interno chinês viveu bons momentos, bem como utilizou parte da produção para atender exportações. De 2009 a 2012, a produção mundial de MDF cresceu cerca de 10% ao ano e sendo a China o maior responsável por este crescimento (FAO, 2014a).

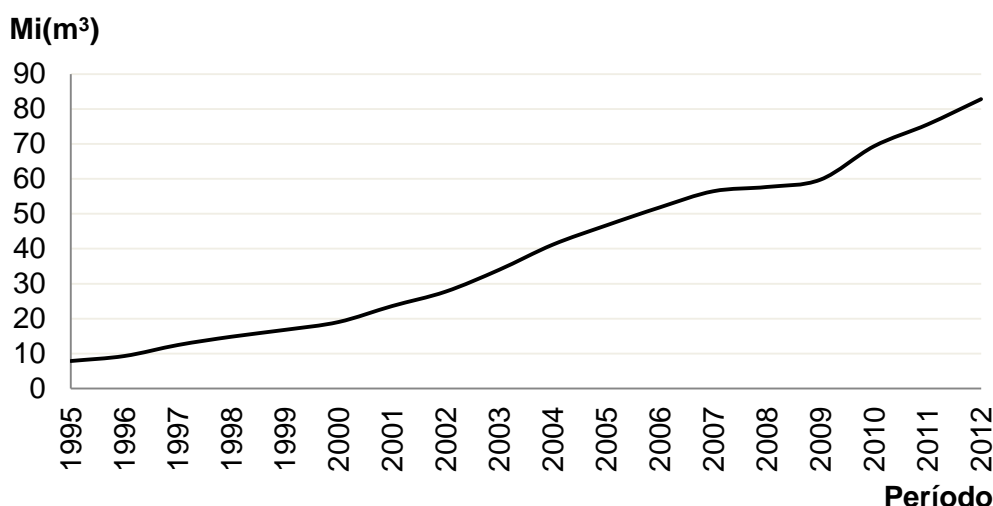


Figura 1 Evolução da produção mundial de MDF no período de 1995 a 2012.

Fonte: FAO (2014a).

Quanto aos maiores produtores, a China ganhou destaque a partir de 2001 quando passou a ocupar a primeira posição do ranking mundial. De 1995 a 2000, os Estados Unidos ocupou essa posição e no período entre 2001 e 2005 passou a ocupar a terceira posição, ficando a Alemanha na vice-liderança. Os Estados Unidos chegou à segunda posição em 2006 e 2009. Em 2009, a produção turca ocupou a terceira posição e em 2010 ocupou a segunda posição e permaneceu.

A produção brasileira de MDF começou a ser registrada em 1997 e ficou na 25ª posição entre os 28 países produtores. Com a produção crescente, em 2002, O Brasil chegou à 10ª posição do ranking mundial. Em 2006, conquistou à 5ª colocação e a partir de 2010 ocupou o 3º lugar. Este crescimento deve ser observado pelo efeito substituição das madeiras maciças e painéis de madeira.

A Figura 2 mostra evolução da Razão de Concentração [CR(k)] mundial da produção de MDF, no período de 1995 a 2012. A fabricação de MDF a nível internacional apresentou tendências de concentração nos 17 anos estudados.

Esse crescimento na produção mundial de MDF também foi reflexo da utilização do produto em diversos setores, como o moveleiro, que substituiu a madeira maciça por MDF na fabricação de diversos itens devido à escassez de madeira e o progresso tecnológico dos painéis de madeira. Esta produção internacional se deve, basicamente, às vantagens comparativas dos países produtores detêm, como condições edafoclimáticas favoráveis, disponibilidade de matéria-prima (floresta plantada), domínio tecnológico de produção frente ao consumo doméstico em plena expansão. A estrutura de mercado à produção de MDF tem

características de oligopólio. Possui barreiras a entradas naturais, principalmente, o tamanho das empresas e a economia de escala, exigindo elevada intensidade de capital. Logo, o número de empresas nos países produtores são poucas.

Segundo Bain (1959) a foi classificada como concentração moderadamente baixa (1995 a 2000) e em 1998 o CR(4) atingiu seu menor índice (40,54%). De 2001 a 2008, foi moderadamente alta e crescente nos anos seguintes e a partir de 2009, passou a ser alta, atingindo o maior valor em 2012 (73,24%).

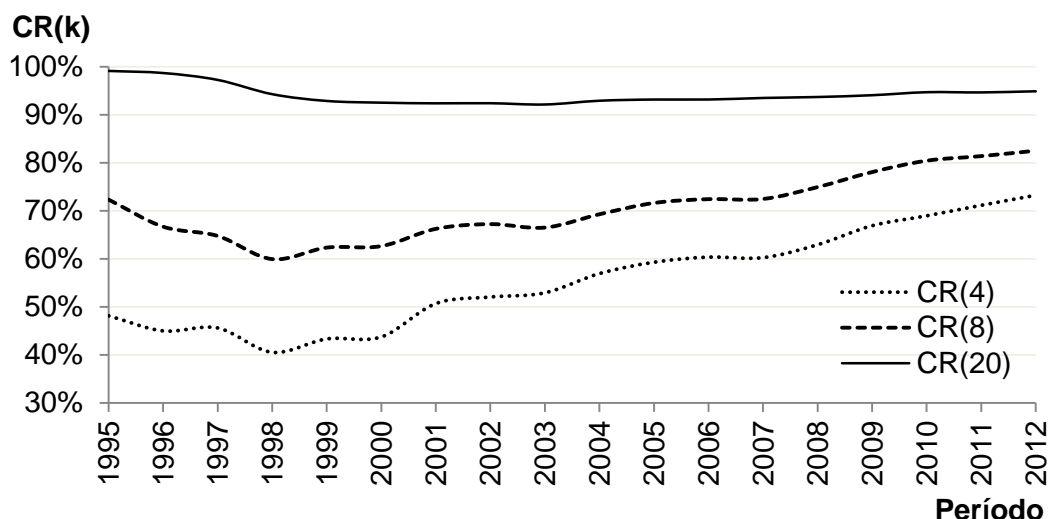


Figura 2. Evolução da Razão de Concentração das produções mundiais de MDF do período de 1995 a 2012, considerando os quatro [CR(4)], oito [CR(8)] e vinte [CR(20)] maiores produtores.

Os valores encontrados para a Razão de Concentração utilizando os oito maiores produtores mundiais de MDF [CR(8)] mostram uma concentração moderadamente alta no primeiro ano do estudo. A partir de 1996 houve uma redução CR(8) até 1998 (59,94%) e com isso passou a ser moderadamente baixa. Já no ano seguinte houve um aumento dos valores do índice, porém sem alteração da classificação. Com pequenas oscilações nos valores do índice nos anos seguintes, a participação dos oito maiores produtores voltou a subir no ano de 2005, e novamente ser moderadamente alta em todos os anos seguintes até atingir o maior valor em 2012 (82,51%).

O CR(20) apresentou concentração alta e estável, porém mesmo com o aumento do número de países este indicador permaneceu superior a casa dos 90% (Figura 1), os seja, uma média de 94% da produção do MDF no mundo é produzido pelos 20 maiores países produtores. No ano de 1995, com 28 países, foi o índice mais alto (99,12%) e o menor com 92,14%, em 2003. Após este ano o índice aumentou, assim como participação do número de países produtores que chegou a 48, em 2012.

A Figura 3 que mostra a evolução do Índice de Herfindahl – Hirschman, no período de 1995 a 2012. Os valores do índice reduziram no início do período e a partir do ano de 2001 houve um aumento da concentração das produções mundiais de MDF. Como pode ser verificado na Figura 3, durante os primeiros anos houve uma redução na concentração e uma aproximação do limite inferior, situação onde não há diferença entre as produções dos vários países. A partir de 2001, porém, há um maior distanciamento do limite inferior com concentração crescente nos demais anos, atingindo o maior valor em 2012.

O HHI' também mostrou tendências de aumento na concentração mundial da produção de MDF, no período analisado. Porém, a classificação do HHI' do período entre 1995 e 2004 foram inferiores a 0,15, caracterizando um mercado não concentrado. De 2005 a 2008 a concentração passou a ser moderada e, A partir de 2009, o HHI' teve classificação na concentração em alta; principalmente em 2012, onde o HHI' atingiu 0,3677.

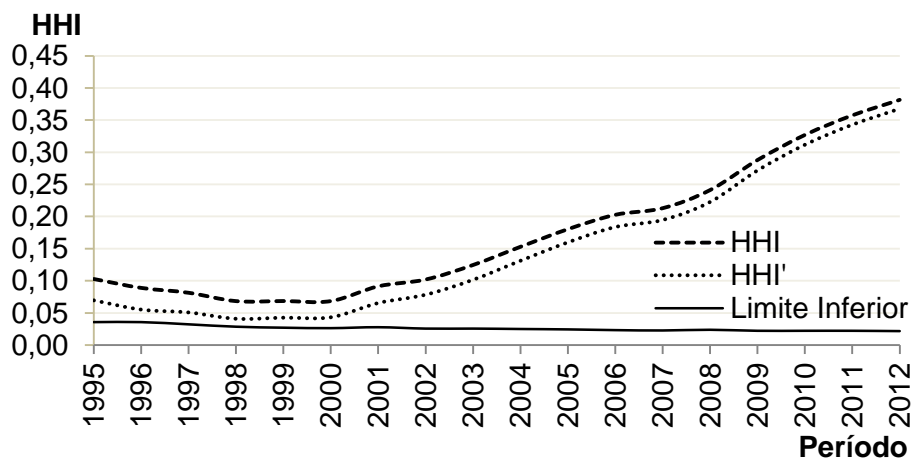


Figura 3. Evolução do Índice de Herfindahl - Hirschman (HHI), Índice de Herfindahl - Hirschman ajustado (HHI') e do Limite Inferior para as produções mundiais de MDF no período de 1995 a 2012

A desigualdade da produção mundial de MDF, segundo o Coeficiente de Gini, representada na Figura 4 pôde ser classificada em forte a muito forte durante todo o período. A menor desigualdade foi encontrada no ano de 1996 (0,7239), já a maior foi no ano de 2012 (0,8780).

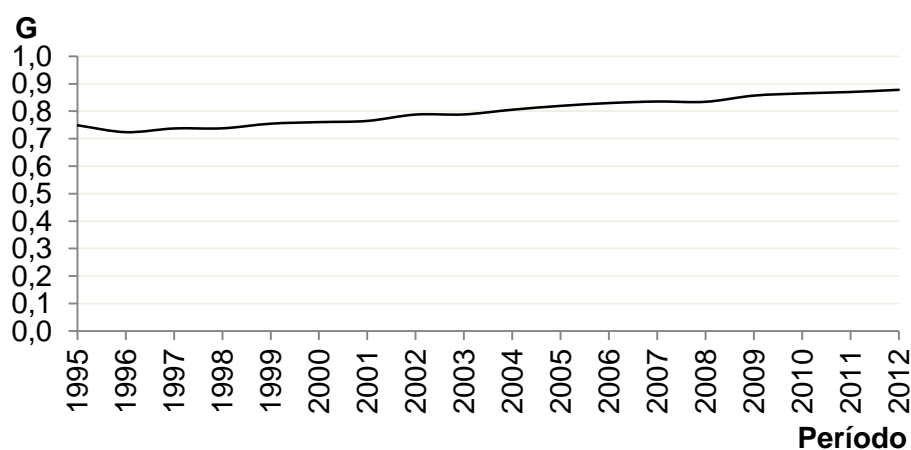


Figura 4. Evolução do Coeficiente de Gini (G) das produções mundiais de MDF no período de 1995 a 2012

O aumento do número de países produzindo MDF não foi suficiente para que a desigualdade reduzisse no período, pelo contrário, a desigualdade aumentou. Apesar da

inserção de novos países na produção mundial de MDF os principais produtores, como observado na Figura 1, também aumentaram suas produções. A causa desse aumento é proveniente do aumento significativo das produções apenas dos principais países, e mesmo que outros países iniciassem estas ainda não foram suficientes para reduzir a desigualdade frente os maiores produtores. Estes principais países produtores transformaram vantagens comparativas em vantagens competitivas.

Como consequência deste aumento da concentração e da desigualdade os principais países que produzem MDF exercem cada vez mais seu poder de mercado no mercado internacional. Seus produtos sejam para a alimentação do consumo interno, seja para exportação, acabam por alimentar o setor de MDF e cabe à eles também melhores condições de competitividade frente aos demais produtores.

No Brasil, o MDF passou a ser produzido apenas em 1997 e embora recente a indústria esta já apresentava posição de destaque no cenário internacional, principalmente após o ano de 2001, onde era o 13º maior produtor e já no fim do período do estudo se tornou o terceiro maior produtor. O país apresenta vantagens comparativas que a produção do MDF, como a formação florestal principalmente de eucalipto e pinus, além das condições edafo-climáticas que favorecem a produção de madeira para abastecer a produção de MDF. Além disso, a demanda do mercado interno também representa um alto impacto na produção de MDF.

Novos estudos devem ser conduzidos para uma melhor análise deste setor em expansão principalmente aqueles que visem estudar o aspecto econômico deste material que cada vez mais ganha destaque em diferentes setores. Visto que outros tipos de painéis e produtos à base de madeira já apresentam seu mercado tanto internacional, quanto nacional, bem caracterizados (NOCE, et. al. 2008 e 2009).

4. CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas analisadas neste estudo, conclui-se que:

A produção mundial de MDF é crescente e o principal produtor, desde 2001, é a China.

A Razão de Concentração mostrou tendência de aumento de concentração, principalmente, nos quatro maiores países produtores de MDF e os vinte maiores países participam em média de 93% do mercado;

O índice de Herfindahl-Hirschman apresentou comportamento semelhante da Razão de concentração. O HHI' mostrou que, de 1995 a 2004 a classificação foi não concentrada, de 2005 a 2008 foi moderadamente concentrada e a partir de 2009 indicou concentração alta.

O Coeficiente de Gini inferiu desigualdade em forte a muito forte a durante todo o período.

De acordo como apontamento dos indicadores que mostram alta concentração, os órgãos mundiais de regulação devem criar mecanismos de regulação para o mercado de MDF e também criar programas de fomentos para os países que se inseriram neste possam ter condições de sobrevivência e de concorrência.

5. REFERÊNCIAS

BAIN, J. Industrial organization. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.

CAMPOS, C. I.; LAHR, F. A. R. Painéis produzidos com pinus. Revista da Madeira, São Paulo,

n. 83,ago. 2004. Disponível em:

<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=614&subject=Pain%E9is&title=Pain%E9is%20produzidos%20com%20pinus>. Acesso em: 10 nov. 2014.

CAMPOS, C. I.; LAHR, F. A. R. Pinus e eucalipto para produção de painéis. Revista da Madeira, São Paulo, n. 103,mar. 2007. Disponível em:

<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1054&subject=Paineiss&title=Pinuseeucaliptoparaproducaodepaineis>. Acesso em: 10 nov. 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO statisticsdivision. Rome, 2014. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/F/*/E>. Acesso em: 20 mar. 2014a.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Global forest products facts and figures. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/35445-06bb3283bef3163fab71492f6e3cfd8c5.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2014b.

GINI, C. Variabilità e mutabilità. In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). Reprinted in memorie di metodologica statistica. Rome: E. V. Veschi, 1912.

HERFINDAHL, O. C. Concentration in the steel industry. 1950. 175 p. Thesis (Ph.D.) - Columbia University, New York, 1950.

HIRSCHMAN, A. O. National power and the structure of foreign trade. Berkley: University of California, 1945. 172 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORE. Relatório anual 2014. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2014.

NOCE, R. et al. Competitividade do Brasil no mercado internacional de aglomerado. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 245-250, mar./abr. 2008.

NOCE, R. et al. Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. Cerne, Lavras, v. 13, n. 1, p. 107-110, jan./mar. 2007.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. Revista Análise Econômica, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, mar./set. 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CONSTRUÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO EXPERIMENTAL EM X-LAM (MADEIRA LAMINADA CRUZADA)

Daiane Darosci¹
Rafael Lessa¹
Priscila Kollross¹
Jackson Roberto Eleotério¹

¹ Universidade Regional de Blumenau



CONSTRUÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO EXPERIMENTAL EM X-LAM (MADEIRA LAMINADA CRUZADA)

Resumo: A madeira possui um papel secundário na construção civil, servindo principalmente para usos temporários. Com a mudança de perspectiva e demanda de sustentabilidade por parte da população, novos métodos construtivos são necessários e um em particular chama a atenção por utilizar a madeira, na forma de X-lam, como elemento estrutural. O objetivo deste estudo é disseminar a técnica construtiva com esses painéis, que é rápida na execução, mas que ainda não possui muitos fornecedores no Brasil. O trabalho apresenta a execução de uma edificação protótipo de 200 m² em X-lam na cidade de Blumenau (SC). Cada etapa de execução foi registrada para a criação de um detalhamento construtivo, totalizando 13 dias de trabalho. A edificação recebeu sensores de temperatura, luminosidade e umidade e será monitorada nos próximos dois anos, sendo desenvolvidas diversas pesquisas quanto às técnicas utilizadas e servirá de modelo para as próximas edificações.

Palavras-chaves: CLT, construção, protótipo.

CONSTRUCTION OF AN EXPERIMENTAL BUILDING IN X-LAM (CROSS LAMINATED TIMBER)

Abstract: Wood has played a secondary role in civil construction, serving mainly for temporary uses. With the changing perspective and demand of sustainability by the population, new constructive methods are needed and one in particular draws attention to using wood, in the form of X-lam, as a structural element. The objective of this study is to disseminate the constructive technique with these panels, which is fast in execution but does not yet have many suppliers in Brazil. The work presents the execution of a building prototype of 200 m² in X-lam in the city of Blumenau (SC). Each execution stage was registered to create a constructive detail, totaling 13 work days. The building received temperature, luminosity and humidity sensors and will be monitored in the next two years, being developed several researches on the techniques used and will serve as a model for the next buildings.

Keywords: CLT, construction, prototype.

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil a madeira é utilizada de diversas formas, em usos temporários como fôrmas para concreto, andaimes e escoramentos e de forma definitiva como nas estruturas de cobertura, nas esquadrias (portas e janelas), nos forros e nos pisos (ZENID, 2009).

No âmbito de construções em si, tanto Meirelles et al. (2007) como Zenid (2011) apresentam como vantagens a utilização da madeira por suas boas características quanto ao isolamento térmico e acústico, a sua resistência específica, além de ser um material com baixo consumo de energia e que apresenta uma excelente trabalhabilidade, facilitando assim o seu uso.



Meirelles et al. (2007) conclui que, em virtude de aplicações de técnicas construtivas inadequadas, criou-se uma relação de que construções em madeira são para sub-habitacões e que não possuem muita durabilidade. Mas em virtude dos novos parâmetros de sustentabilidade e com a mudança de perspectiva de construção que a sociedade vem passando, a relação citada acima deverá ser revista.

O CLT (Cross Laminated Timber) ou X-Lam, por exemplo, vem mudando o cenário das casas de madeira. Ele pode ser compreendido como sendo uma tecnologia inovadora para a construção sustentável de edifícios residenciais e até industriais. Para Silva et al. (2016, p. 01) “a tecnologia construtiva que emprega CLT é constituída por painel pré-fabricado, estrutural, composto por três ou mais camadas de pranchas de madeira, ligadas por adesivos estruturais à base de poliuretano”.

De acordo com Cunha et al (2012, p. 01) “a madeira laminada colada cruzada (CLT) é composta por lâminas com espessura máxima de 20 mm, colados transversalmente com um adesivo estrutural. Como as lâminas são coladas com as fibras intercaladas, as características mecânicas ficam homogeneizadas”. Pelo intercalamento das fibras, pode-se dizer que o CLT possui um ganho de resistência estrutural pelo aumento da homogeneidade.

“A técnica, ainda não disseminada no Brasil, possui origem europeia. Tratando-se somente de CLT, de 1996 a 2008, sua produção cresceu 860% na Europa” (SILVA et al., 2016, p. 3).

Uma das vantagens desta técnica construtiva é a obra seca e limpa em todas as fases de execução. A utilização da tecnologia do CLT para reabilitação de edifícios apresenta vantagens como peso próprio da estrutura reduzido; compatibilidade com outros materiais e componentes construtivos; estrutura esbelta, proporcionando ganho na área e altura disponíveis; obra seca e pré-fabricada; capacidade de contraventamento do edifício para esforços horizontais; além da rapidez de intervenção (SILVA et al., 2016).

Ainda sobre as vantagens é possível dizer que a madeira usada na construção, retém dióxido de carbono ao invés de liberá-lo para o meio ambiente, como acontece com a maioria dos materiais tradicionalmente utilizados na construção civil. Comparando o cimento e madeira para a construção de edifícios, percebe-se que a madeira auxilia na preservação do meio ambiente enquanto a construção em concreto e alvenarias libera poluentes. Segundo Stachera (2008) a construção civil possui uma enorme parcela de contribuição na utilização intensa de recursos naturais e na geração de resíduos e poluição, contribuindo para o efeito estufa. Segundo Shuzo (2005, apud STACHERA, 2008, p. 3) “No Japão as emissões de CO₂ referente as construções residenciais e não residenciais correspondem a 7,8% do total daquele país”. De acordo com Albano et al (2011) o cimento libera entre 0,53 a 0,70 kg de CO₂ a cada kg produzido.

Portanto, este artigo tem por finalidade mostrar o método construtivo de uma edificação experimental em X-lam/CLT, localizada em Blumenau -SC, destacando os aspectos positivos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A edificação localiza-se na cidade de Blumenau, Santa Catarina e foi construída no período de 13 a 27 de fevereiro de 2017, totalizando efetivamente 13 dias trabalhados.

Esta construção possui área construída de 200 m², compreendendo uma sala de conferência, recepção e show room, escritório, dois lavabos, sendo um deles para cadeirante,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





e duas salas de manutenção. A mão de obra utilizada no empreendimento, veio da Itália de forma a garantir que o padrão construtivo fosse mantido.

Este projeto é uma parceria entre o Instituto Italiano HABITECH, SINDUSCON - Blumenau, FIESC/SENAI e FURB, de forma a promover novos métodos construtivos. O principal objetivo é disseminar o conhecimento das tecnologias empregadas na edificação, principalmente ao que se refere a construções em X-lam, tendo em vista o grande potencial brasileiro.

As fases de execução da edificação foram acompanhadas constantemente, e fotografadas, para a criação de um detalhamento construtivo, de forma a facilitar a comparação com as técnicas já empregadas no país e assim sugerir melhorias, bem como, é claro, fornecer informações quanto a construções em X-lam.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Componentes Estruturais

3.1.1 Paredes

Os painéis que compõem as paredes da edificação vieram numerados de forma a facilitar a montagem. Os mesmos receberam na sua parte inferior, a qual ficará em contato direto com o concreto, uma fita vedante para garantir a estanqueidade (Figura 1).



Figura 1. Identificação dos painéis (a) e fita vedante (b).

Com o auxílio de guindaste as placas foram elevadas até suas posições. A fixação entre placas na parte superior é através de parafusos e internamente são colocadas tábuas para auxiliar na ligação. A fixação dos painéis nas vigas baldrame se dá através de conectores metálicos (Figura 2).



Figura 2. Fixação entre placas (a) e fixação dos painéis nas vigas baldrame (b).

3.1.2 Cobertura

A estrutura de cobertura é composta por um painel de X-lam entre placas de OSB (Oriented Strand Board). Esta estrutura, é direcionada para sua posição com auxílio de guindaste e fixada nas paredes com o auxílio de parafusos. A vedação entre painéis é através de fita vedante. Neste momento são realizadas todas as aberturas necessárias, como por exemplo para passagem de tubulações.

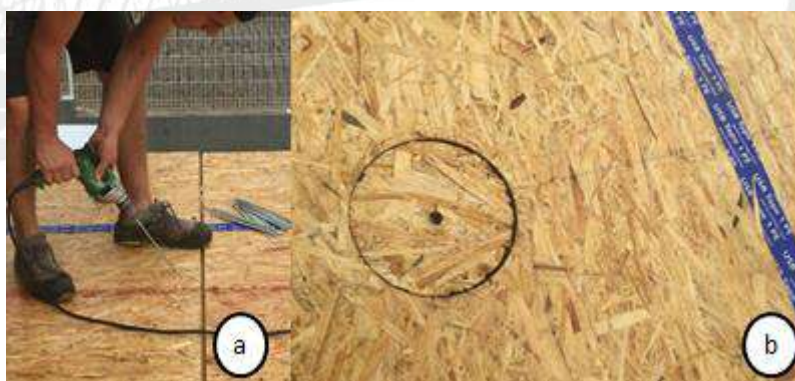


Figura 3. Fixação dos painéis de cobertura (a), detalhamento da fita de vedação e corte de abertura necessária (b).

Após, realiza-se a colocação de manta vedante. Coloca-se os caibros com inclinação de 1%, e entre eles preenche-se o espaço com poliestireno expandido XPS para melhorar o isolamento térmico. Acima são colocadas placas de OSB e posteriormente manta asfáltica. Por fim, colocam-se os suportes para os painéis fotovoltaicos e realiza-se a concretagem, no caso o concreto escolhido foi o usinado (Figura 4).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

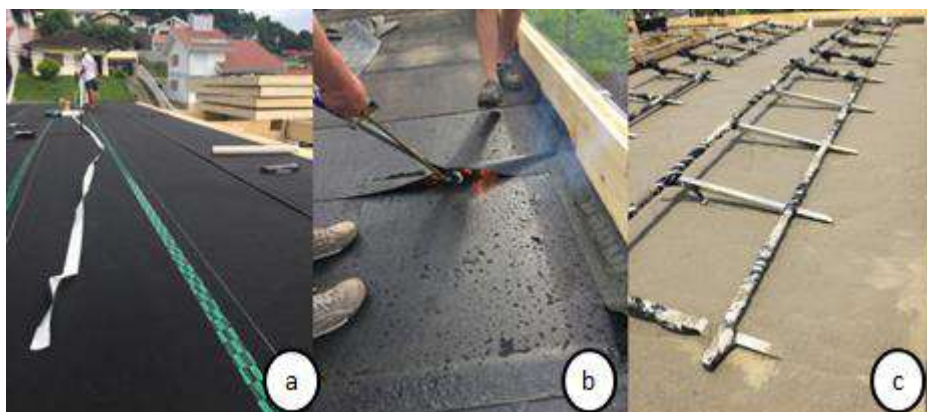


Figura 4. Vedação inicial (a), Colocação de manta asfáltica (b) e Suportes dos painéis fotovoltaicos na laje já concretada (c).

3.2 Acabamento interno

Para melhorar o isolamento térmico e acústico, optou-se pela utilização de drywall na parte interna, sendo utilizados perfis metálicos, lã de rocha e duas placas sobrepostas de gesso acartonado (Figura 5).



Figura 5. Colocação das placas de gesso acartonado (a), Ambiente preparado para fase de pintura (b).

As instalações hidrossanitárias foram realizadas na fase estrutural pois tanto as caixas acopladas de descarga, como os próprios canos, deveriam estar embutidas nas paredes. A edificação conta com sistema de água fria e quente (Figura 8).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Figura 6. Caixa acoplada de descarga (a), Instalação dos canos (b), Lavabo concluído (c).

Quanto às instalações elétricas foram inseridos os dutos na fase estrutural, de forma a já instalar as caixas de passagem elétrica nas placas de gesso acartonado. Previamente a colocação dos pisos, realizou-se a passagem dos fios na parte inferior (Figura 9).



Figura 7. Instalação dos dutos elétricos (a), Controles da edificação (b).

A edificação recebeu um sistema de monitoramento através de sensores que captam a intensidade de luz, realizando assim o ajuste da luminosidade do ambiente tanto pelas lâmpadas quanto pelas persianas. Estas que, juntamente com a temperatura do local, podem ser ajustadas através de aplicativo no smartphone.

Na cobertura da edificação encontram-se diversas placas fotovoltaicas, com a finalidade de captar energia para o funcionamento de alguns componentes do imóvel.



3.3 Revestimento externo

Na parte externa, foram colocadas placas de poliestireno expandido XPS, seguidas de placas de fibrocimento, e por fim, duas camadas de massa com aditivo colante, utilizando tela de fibra de vidro estrutural entre estas camadas (Figura 6).



Figura 8. Colocação das placas de poliestireno expandido (a), Colocação de tela estrutural

3.4 Pavimento

A preocupação com a estanqueidade da edificação foi um fator importante durante a construção, por isso utilizou-se manta asfáltica em toda a área a pavimentar, criando assim uma camada isolante. Posteriormente foram acomodados blocos de concreto estrutural de forma a evitar o contato direto da próxima estrutura com o piso de concreto. Para nivelar o pavimento, colocou-se placas de OSB (Figura 7).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

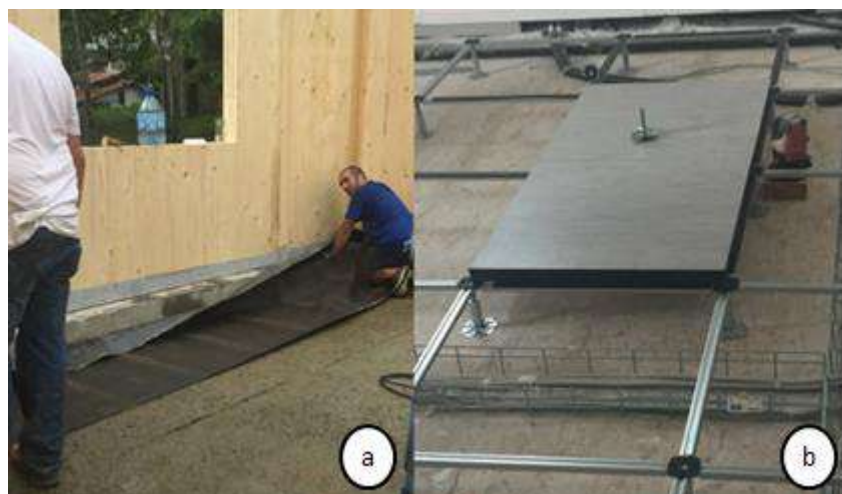


Figura 9. Colocação da manta asfáltica (a). Instalação dos pisos elevados.

O tipo de pavimento escolhido foi pisos elevados com placas de partículas orientadas, de forma que, com a utilização dos pedestais criou-se uma área livre para a passagem internas dos fios e canos que fossem necessários.

3.5 Esquadrias

As esquadrias utilizadas na edificação são de PVC (Policloreto de Vinila), e em conjunto com vidros triplos, auxiliam no isolamento térmico e acústico dos ambientes. As portas são do tipo correr e giro, e as janelas são do tipo oscilobatentes, ou seja, podem realizar o movimento de abrir e tombar (Figura 10).

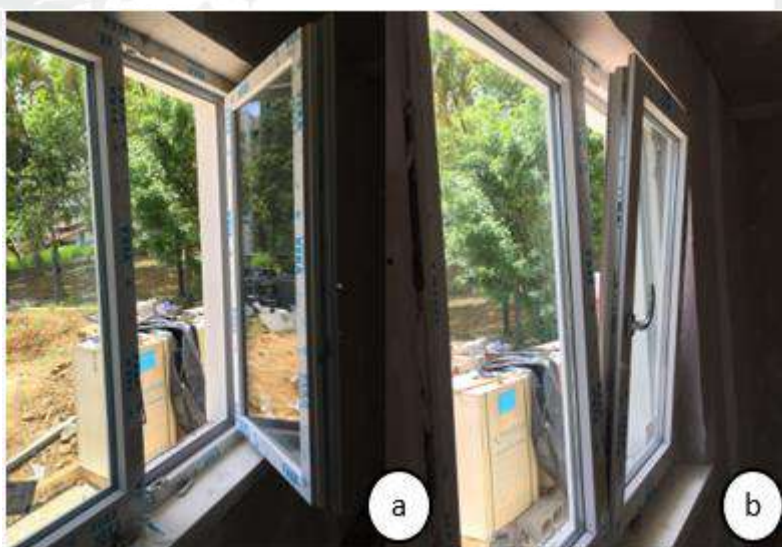


Figura 10. Detalhes das esquadrias.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





3.6 Sistema de Climatização

A edificação possui um sistema de climatização chamado de HVAC (heating, ventilating and air conditioning), que consiste em retirar o ar do ambiente e introduzir ar renovado, garantindo assim a troca de ar constante. Utiliza-se sistemas de troca térmica para aquecer e resfriar a água que circula por serpentinas de forma a possuir controle de temperatura e umidade. As bombas de calor são utilizadas para regularizar a temperatura da água, bem como o chiller para controlar a umidade.



Figura 11. Colocação das placas com serpentinas embutidas (a), Sistema Chiller (b).

4. CONCLUSÕES

A construção da edificação se torna agora, um impulsionador para novos passos do desenvolvimento da técnica no Brasil e também na América Latina tendo em vista, que esta edificação, é a primeira da região.

Levando em consideração os aspectos apresentados, podemos observar o quão importante é a utilização de técnicas de construção a seco, não apenas como uma medida para redução de geração dos resíduos na obra, mas, pensando também no bem-estar dos trabalhadores e no meio ambiente.

Deste ponto, entregue a edificação, será realizado o acompanhamento da estrutura por dois anos, de forma que as informações diárias serão encaminhadas para a Universidade de Trento na Itália. No Brasil, serão desenvolvidos projetos de pesquisa, trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado, referente a partes específicas de tecnologias empregadas na edificação.



5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto italiano HABITECH, SINDUSCON Blumenau, FIESC/SENAI e FURB pela oportunidade ofertada ao município de Blumenau, de sediar uma construção em X-LAM da América Latina.

6. REFERÊNCIAS

ALBANO, L. T.; KIRST, M. G.; DIZ, P. F.. Estimativa de Geração de dióxido de carbono por uma obra de alvenaria estrutural em blocos de concreto. 2011. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/d/dd/Tfc_2011_Luisa_Mariana_Priscila.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

CUNHA, J.; CARRASCO, E. V. M; BRANCO, J. M.; LOURENÇO, P. B.. Ligações estruturais de madeira laminada colada cruzada (CLT) utilizando parafusos autoperfurantes. 2012. Disponível em: <[https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/21153/1/LIGAÇÕES ESTRUTURAIS DE MADEIRA LAMINADA COLADA CRUZADA \(CLT\) UTILIZANDO PARAFUSOS AUTOPERFURANTES.pdf](https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/21153/1/LIGAÇÕES ESTRUTURAIS DE MADEIRA LAMINADA COLADA CRUZADA (CLT) UTILIZANDO PARAFUSOS AUTOPERFURANTES.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2017.

MEIRELLES, C. R. M.; DINIS, H.; SEGALL, M.L.;SANT'ANNA, S.S. Considerações sobre o uso da madeira no Brasil em construções habitacionais. FÓRUM DE PESQUISA FAU MACKENZIE, v. 3, 2007.

SILVA, Carla A.; CHIRINÉA, M. L. B.; BARROS, M. M. S. B.. Cross Laminated Timber (CLT): Uma tecnologia construtiva viável no Brasil ? 2016. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_99.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

STACHERA, T. Jr.. Avaliação de emissões de CO2 na construção civil: Um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_090_554_12351.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

ZENID, G. J.. MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. IPT. 2011.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CONSTRUÇÕES VERNACULARES EM MADEIRA DOS IMIGRANTES NO ALTO URUGUAI GAÚCHO

Natália Biscaglia Pereira¹
Ângela do Valle²
Bárbara Ribeiro da Costa¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina

² Engenharia Civil / Universidade Federal de Santa Catarina / UFSC



CONSTRUÇÕES VERNACULARES EM MADEIRA DOS IMIGRANTES NO ALTO URUGUAI GAÚCHO.

Resumo: A partir da conjugação de diversas culturas e etnias que imigraram para a região do Alto Uruguai Gaúcho, no Rio Grande do Sul, no início do século XX, foi construída nesta região uma arquitetura em madeira que pode ser chamada de vernacular, por utilizar materiais oriundos da antiga mata de *Araucaria angustifolia*, e a partir da sua tradição construtiva, passada de geração em geração, como ato cultural. Neste trabalho será apresentada uma compilação das principais técnicas construtivas em madeira geralmente relacionadas às três etnias majoritárias na região: italiana, alemã e polonesa, conforme revisão de literatura, comparando com a ocorrência de tais técnicas no Alto Uruguai Gaúcho. O objetivo deste trabalho é entender, por meio desse comparativo, como se desenvolveram as técnicas-construtivas em madeira, sua abrangência local, e investigar uma possível influência entre as etnias, durante o período das três primeiras décadas do século XX. Entende-se que este trabalho justifica-se em função de que estas construções vernáculas em madeira carecem de estudos do seu significado histórico construtivo, que são de fundamental importância para qualquer intervenção nestas edificações históricas.

Palavras-chave: arquitetura em madeira, técnicas construtivas, construções vernaculares, imigração, Alto Uruguai Gaúcho.

VERNACULAR CONSTRUCTIONS IN WOOD OF IMMIGRANTS IN THE ALTO URUGUAI GAÚCHO.

Abstract: From the conjugation of diverse cultures and ethnic groups that immigrated to the region of the Alto Uruguai Gaúcho, in the Rio Grande do Sul, in the early twentieth century, was built in this region a wooden architecture that can be called vernacular, using materials from the old woodland of *Araucaria angustifolia*, and from its constructive tradition, passed from generation to generation, as a cultural act. This paper will present a compilation of the main wood building techniques generally related to the three major ethnic groups in the region: Italian, German and Polish, according to literature review, comparing with the occurrence of such techniques in the Alto Uruguai Gaúcho. The objective of this work is to understand, through the comparative, how it is known as constructive techniques in wood, its local scope, and to investigate a possible influence among ethnic groups, during the period of the first three decades of the twentieth century. It is understood that this work is justified by the fact that these vernacular constructions in wood, according to their constructive historical meaning, which are of fundamental importance for any intervention in these historic buildings.

Keywords: Architecture in wood, building techniques, vernacular constructions, immigration, Alto Uruguai Gaúcho.

1. INTRODUÇÃO

Na região do Alto Uruguai Gaúcho, localizada no extremo norte do Estado do Rio Grande do Sul, são encontrados remanescentes de construções em madeira, que podem ser consideradas vernáculas, por resultarem de um processo histórico de um povo e refletirem o lugar e ambiente em que foram formadas.

Estas edificações em madeira, construídas por imigrantes de múltiplas etnias que



chegaram ao início do século XX na região, majoritariamente italianos, alemães e poloneses, imprimem conhecimentos trazidos por estes imigrantes e a necessidade de adaptação destas tecnologias aos poucos recursos e materiais disponíveis no meio.

Pretende-se neste trabalho demonstrar as principais técnicas construtivas em madeira utilizadas pelos imigrantes na região, construídas até a década de 1930, o período áureo das construções em madeira. Para seu desenvolvimento, traça-se um comparativo, analisando a ocorrência de técnicas construtivas em madeira comuns vinculadas aos três grupos étnicos: italianos, alemães e poloneses, conforme revisão de bibliografia e iconografia, na região específica que compreende o Alto Uruguai Gaúcho, antiga colônia Erechim, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Entende-se que este trabalho de investigação sobre as técnicas construtivas relacionadas aos imigrantes pode ser importante para auxiliar na compreensão destas antigas estruturas em madeira, colaborando em uma possível intervenção futura nestas edificações históricas.

1.1. Aspectos históricos da fundação da Colônia e diversidade étnica

A região fisiográfica do Alto Uruguai Gaúcho, no extremo Norte do Rio Grande do Sul, abrange a antiga colônia Erechim, que compreende hoje 32 municípios. Entre estes municípios, a cidade pólo é Erechim. Esta região integra a AMAU (Associação dos municípios do Alto Uruguai Gaúcho) e o Conselho Regional de Desenvolvimento do Rio Grande do Sul COREDE Norte (FEE, 2013).

O local onde se constituiu a Colônia Erechim, em 1908, foi povoado primeiramente por indígenas, caboclos, negros vindos da região Sul do Estado, posseiros e fugitivos (CASSOL, 1979). A partir da instauração da Lei de Terras, no período de substituição do trabalho escravo pela da mão-de-obra livre, no ano de 1850, o Estado passou a regulamentar a cessão do uso das terras, consideradas devolutas, e subsidiar as vendas por meio de companhias colonizadoras estatais ou particulares (CARON, 2009).

Como esta região era considerada ainda inexplorada até o final do século XIX, foi implantada a política de colonização por imigrantes e migrantes europeus da 2ª geração, oriundos de antigas colônias superpovoadas do Estado, localizadas no vale do Rio dos Sinos, fundadas em 1824, e na Serra Gaúcha, a partir de 1875 (PIRAN, 2015). Conforme Brum (1985), as colônias novas, como a Colônia Erechim, foram fundadas para evitar posseiros, incentivar a exploração agrícola do território com essa mão-de-obra, manter intocável a exploração latifundiária do Sul do Rio Grande do Sul, além de evitar tensões de demanda por terras nas colônias antigas.

De acordo com Neis (1968), os imigrantes que vinham das antigas colônias eram principalmente descendentes de alemães e italianos, enquanto que, do estrangeiro, vieram, os poloneses e os russos até 1914. Neste ano, foi extinto o acordo que o Estado tinha com a União e iniciou-se a 1ª Grande Guerra Mundial. Após a extinção do acordo, segundo o autor, aumentou ainda mais o êxodo das colônias antigas, sendo que os colonos de origem étnica italiana superaram em quantidade as outras origens.

Os primeiros núcleos populacionais originaram-se a partir de 1904, segundo Cassol (1979), desenvolvendo-se principalmente em torno das estações férreas instaladas, na primeira década do século XX, pela implantação da ferrovia Tronco Norte, que ligava o centro do Rio Grande do Sul a São Paulo, permitindo o escoamento de produtos agrícolas e o transporte de pessoas e de madeiras.



Fig. 1. Estação Férrea de Capoeirê, distrito de Erechim, inaugurada em maio de 1910, hoje desativada. Fonte: Arquivo Municipal Juarez Miguel Illa Font, 2000.

A madeira era uma das principais fontes econômicas da região, sendo explorada, sobretudo, desde o início da colonização até a década de 1930. Beneficiada em serrarias, era transportada pela ferrovia ou por balsas que atravessavam o Rio Uruguai, a madeira de “pinho” (*Araucaria angustifolia*) abastecia a construção de casas e estabelecimentos na própria região e também no mercado externo, até chegar a São Tomé ou Libres, na Argentina (DUCATTI NETO, 1981).



Fig. 2. Serraria em frente à Estação Paiol Grande, no ano de 1917.
Fonte: Arquivo Municipal Juarez Miguel Illa Font, 2000.

Assim, a confluência da colonização da região por diferentes grupos étnicos, vindos diretamente do exterior ou de colônias mais antigas no Estado do Rio Grande do Sul, e a exploração da madeira disponível no local proporcionou a construção de uma arquitetura em madeira original, que abarca conhecimentos da sua múltipla povoação e adapta às condições locais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, procurou-se introduzir o tema do estudo a partir de dados históricos sobre a colonização da região do Alto Uruguai Gaúcho, apresentando aspectos acerca da



formação da colônia e a diversidade étnica que a constitui.

Após, se apresentam as técnicas construtivas tradicionais que podem ser atreladas às adaptações das construções das etnias italiana, polonesa e alemã no contexto brasileiro, de acordo com registros bibliográficos, que são os três maiores grupos na região de estudo. Confrontou-se, em seguida, a ocorrência destas técnicas comumente utilizadas por imigrantes destas etnias na região de estudo, no Alto Uruguai Gaúcho. Esta comparação foi realizada com base em acervo de documentação, bibliografia e iconografia, disponível principalmente no acervo do Arquivo Histórico de Erechim Juarez Miguel IIIa Font.

De modo a concluir, investigou-se um possível intercâmbio técnico-construtivo entre os grupos étnicos de imigrantes.

Como há uma grande diversidade cultural em cada um dos países de origem dos imigrantes, aqui neste trabalho as técnicas relatadas serão as mais comuns contempladas pela bibliografia encontrada, não pretendendo esgotar este amplo assunto.

3. CULTURA DE CONSTRUÇÃO EM MADEIRA NO ALTO URUGUAI GAUCHO

A primeira paisagem regional foi originalmente toda construída em madeira. O relatório da Comissão de Terras do Estado de 1911 aponta que havia vários engenhos de serra em funcionamento (DUCATTI NETO, 1981). Em 1910, a sede da Colônia na atual cidade de Getúlio Vargas possuía 50 casas edificadas e 22 em construção, todas de madeira, inclusive o chalé do escritório da Comissão de Terras (Fig. 3), além de dois barracões para hospedagem dos imigrantes, enfermaria e depósito de materiais, nove casas comerciais, uma barbearia, uma alfaiataria, três sapatarias e um açougue (IBGE, 1970).



Fig. 3. Antiga sede da comissão de terras em Erechim, hoje cidade de Getúlio Vargas, em 1910. Fonte: CHIAPARINI, 2012.

Segundo Peyable (1971), a casa rural do Alto Uruguai é dividida entre um meio local instável e as tradições europeias. O material mais empregado é a madeira, e a casa do pioneiro era construída sobre estacas e cobertura em madeira. As casas construídas entre 1925 e 1940 demonstram que ainda era possível distinguir a origem étnica a partir das construções. O autor destaca que a casa italiana possuía subsolo e, às vezes, mais um andar, o que contrastava com os planos retangulares e as varandas das casas alemãs térreas.



Percebe-se, dessa forma, que a cultura construtiva em madeira dos imigrantes pode ser compreendida como vernacular, por utilizar fundamentalmente materiais e recursos do próprio local de implantação, e englobar tradicionalmente a expressão de um povo. Convém expor a ampla definição de “vernacular” conceituada recentemente por Teixeira (2017, p. 7).

“uma arquitetura tradicional, resultante do desenvolvimento histórico de um determinado povo. Ela prescinde tanto do arquiteto como do projeto, na sua concepção contemporânea. Não cabe nas classificações estilísticas da arquitetura convencional. Origina-se ou é mais frequente em área rural. Respeita e se adapta bem às diversas limitações tecnológicas e físico-ambientais. A tecnologia é autóctone, primitiva, rudimentar, quando comparada à tecnologia formal. Ela permite variações ao nível da língua, mas não da palavra. A arquitetura vernacular é fundamentalmente a expressão de um povo, e, portanto, um ato cultural”.

Para melhor compreender estas construções vernaculares do Alto Uruguai Gaúcho, apresentam-se, abaixo, as tecnologias construtivas tradicionais relacionadas aos imigrantes de origens italiana, polonesa e alemã no contexto brasileiro, correlacionando com a ocorrência destas técnicas na região de estudo.

3.1. Construção italiana

As primeiras edificações de colonos italianos eram construídas em madeira possuíam o telhado com inclinação acentuada, baseada na prática construtiva de origem europeia, onde existe precipitação de neve. As telhas eram de tabuinhas lascadas em madeira denominadas scandole. As paredes geralmente eram construídas com tábuas de 30 cm de largura dispostas verticalmente, com sistema de tábua e mata-junta (Fig. 4). Posenato (2005) indica que as tábuas nas paredes e no piso serviam para a vedação e também atuavam como forma de contraventamento, não necessitando o uso de elementos diagonais. A ossatura de pilar e viga em madeira, em conjunto com o fechamento por tábuas pregadas na estrutura principal, garantia a estabilidade necessária à construção.



Fig.4. Casa em área rural de Erechim em tipologia típica italiana. Fonte: autores, 2016.

Ainda de acordo com Posenato (1984), a tipologia arquitetônica típica dos imigrantes italianos no Rio Grande do Sul contava com um sótão e um porão alto, construído em



alvenaria de pedras ou tijolos cerâmicos, que solucionava o nivelamento do terreno da edificação ao acesso principal da fachada e servia ao armazenamento de alimentos e bebidas.

Detoni (1989) afirma que os imigrantes que chegaram à região do Alto Uruguai eram descendentes dos italianos que se estabeleceram nas antigas colônias do Estado, o que denota já a experiência construtiva das soluções europeias no novo ambiente.

3.2. Construção polonesa/ polaca

Segundo Wenczenovicz (2010), em geral, foi o colono que edificou sua casa, utilizando-se de material encontrado na propriedade: barro, madeira, palha e pedra. Os pregos, segundo a autora, não foram utilizados na arquitetura polonesa, pois foi usado, sobretudo, o sistema de encaixes de troncos de madeira na horizontal, o blocause, que foi usado na Polônia durante vários séculos, sobretudo na área rural.

O blocause é constituído de paredes com troncos roliços sobrepostos e encaixados, levemente falquejados nas faces opostas. Por extensão, entende-se por blocause a construção em madeira maciça com encaixe de linhas falquejadas ou serradas (WEIMER, 2005). Vale destacar que esta técnica também era utilizada por outras etnias, como os alemães, principalmente os vindos da região da Pomerânia, os russos e os ucranianos.

Iarochinski (2010) aponta que este sistema de troncos encaixados pertence a uma tradição do Sul da Polônia, enquanto que o sistema de tábuas e mata-junta, também utilizado pelos poloneses, se relaciona a uma tradição da região leste da Polônia. Na região do Alto Uruguai, se encontrou até o momento, apenas uma fotografia histórica de uma residência construída em 1915 na técnica blocause (Fig. 5). WEIMER (2005) assinala que a técnica do blocause (que remete originalmente à população centro-europeia) pressupõe a abundância de troncos retos e lisos, o que sugere o uso de árvores de coníferas. O abandono da técnica pode ser relacionado ao alto consumo de madeira. O mesmo autor relata que, no contexto da imigração no Rio Grande do Sul, esta técnica é pouco encontrada. Por estes fatores, acredita-se que na região do Alto Uruguai Gaúcho, a técnica construtiva com tábuas verticais e mata-junta foi mais difundida que o blocause.



Fig.5. Primeira casa de dois pisos em Paiol Grande (atual cidade de Erechim), inaugurada em 1915, que pertenceu à família Noal. Fonte: Delazeri, 2000.

Segundo Detoni (1989), alguns poloneses vieram da antiga colônia de São Marcos, a qual também era povoada por italianos. Assim, tanto um grupo de italianos quanto um grupo



de poloneses vieram da mesma região, e na mesma época. Assim, conforme a autora é possível que tenha havido um intercâmbio de soluções, o que se justifica na semelhança das construções das duas etnias na região.

A partir do relato do Sr. Miguel Mikoanski, imigrante de origem polonesa que chegou em Paiol Grande (atual cidade de Erechim) em 1913, vindo da colônia de São Marcos, e que concedeu entrevista a Detoni (1989), é possível descobrir que as primeiras construções polonesas na região se diferenciavam das italianas pelo fato de utilizarem cunhas e encaixes de madeira como ligações, dispensando os pregos.

3.3. Construção alemã

Os povos de origem alemã que imigraram para o Rio Grande do Sul, vieram, segundo WEIMER (2012), de uma cultura florestal, com uso corrente da madeira nas construções. A técnica construtiva alemã em madeira mais mundialmente difundida é o enxaimel (fachwerk). Essa técnica se difundiu nas regiões onde anteriormente se utilizava a técnica do blocause. Weimer (2005) explica que a técnica se constitui por um baldrame, um frechal e dois cunhais, que formam um requadro. Neste se encaixam os esteios secundários que definem os vãos, limitados horizontalmente por verga e peitoril. Estes requadros são então preenchidos com materiais diversos, como taipa, adobe, pedra ou tijolos cerâmicos. A estrutura se apoiava sobre fundações em pedra, a fim de evitar a umidade na madeira. Na Europa Central, todas as peças estruturais em madeira ficavam aparentes e eram normalmente pintadas com alcatrão para fins de impermeabilização e para contrastar com a alvenaria, que quase sempre era caiada (WEIMER, 2012). Cabe ressaltar que esta estrutura independente também foi utilizada por outros povos, inclusive o polonês, mas com menor frequência do que na região aqui em estudo.

Apesar da profusão desta técnica em colônias antigas no estado do Rio Grande do Sul, situadas principalmente no Vale dos Sinos, Vale do Caí e no Taquari, nas novas, como no caso do Alto Uruguai, não se verificou seu uso em nenhuma fonte bibliográfica ou iconográfica consultada até então. Weimer (2012) constata que, no período de guerra do Brasil contra a Alemanha, houve um declínio do uso da técnica do enxaimel, que era fortemente atrelada à etnia alemã. Talvez esse fator tenha interferido na escolha da técnica implantada na região estudada, pois não há nenhum registro do uso do enxaimel.

Retomando as considerações de Peyable, sobre a colônia do Alto Uruguai (1971) as casas alemãs em geral eram térreas, e possuíam os planos retangulares e varandas (Fig. 6).



Fig.6. Casa construída para sediar o consulado alemão (na atual cidade de Erechim), inaugurada em 1924, construtor João Korner. Fonte: Delazeri, 2000.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi o de fazer uma análise da ocorrência de técnicas construtivas em madeira comuns vinculadas a grupos étnicos específicos, notadamente imigrantes italianos, poloneses e alemães, conforme revisão de bibliografia e iconografia, na região específica que compreende o Alto Uruguai Gaúcho, nas três primeiras décadas do século XX.

Como a região possui uma grande diversidade étnica e cultural, é importante investigar se essa diversidade se reflete em termos de tipologia e técnicas construtivas, na cultura arquitetônica regional, e com que extensão.

Este trabalho não pretendeu esgotar o tema, que envolve certa complexidade. Pelo contrário, acredita-se que a partir deste, é possível vislumbrar caminhos ou pressupostos a serem investigados minuciosamente, a fim de chegar a um entendimento mais conclusivo. Cabe ressaltar que o tema é componente de pesquisa de uma Tese que está em andamento.

Foi possível demonstrar, até o presente momento, que a grande maioria das construções, independentemente da origem étnica utilizou o sistema construtivo do tipo tábua vertical e mata-junta, com ossatura de pilar e viga em madeira. Não se constatou a utilização da técnica enxaimel, geralmente associada à etnia alemã, e apenas uma referência iconográfica mostrou o uso do blocause, associado geralmente à etnia polonesa.

Um pressuposto que pode ser levantado é o de que, apesar de algumas diferenças tipológicas e formais, é possível que tenha havido uma influência mútua de conhecimento técnico do sistema construtivo em madeira entre as etnias, adaptando o conhecimento adquirido nas colônias antigas do estado.

Neste intercâmbio cultural e técnico, e de adaptação ao novo meio, a etnia que se tornou majoritária em população (a de origem italiana), e que já possuía um domínio construtivo nas antigas colônias, pode ter tido maior influência na implantação da técnica construtiva em madeira na região.

Foi visto que, apesar de haver indícios que apontem para soluções comuns entre as etnias, há também sinais de diferenças tipológicas e no uso de detalhes construtivos e de ligações na madeira, por exemplo, que podem ser investigadas a partir de relatos de autores como Detoni (1989) e Pébayle (1971).

Por último, entende-se que estas construções podem ser abarcadas na classificação de construções vernaculares, pois, apesar de partirem de soluções técnicas vindas de outras nações com materiais e condições geográficas e tecnológicas totalmente distintas das encontradas no Rio Grande do Sul, de modo geral elas sofreram adaptações condizentes com o meio em que foram implantadas, respondendo tecnicamente de uma forma satisfatória às condições impostas no novo local.

Com efeito, o próprio suposto “intercâmbio técnico” entre as etnias, sugerido por este trabalho, demonstra a adequação e evolução das técnicas iniciais, de modo a sobreviverem às limitações tecnológicas e físico-ambientais da região.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa PIBIC - UFSC, o apoio institucional do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (PósARQ), o Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira (GIEM), a Universidade Federal da Fronteira Sul, e o Arquivo Histórico Municipal de Erechim Juarez Miguel Illa Font.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUM, Argemiro Jacob. Modernização da agricultura: trigo e soja. Ijuí: FIDENE, 1985.

CARON, Márcia dos Santos. Mapear, demarcar, vender... a ação da empresa colonizadora Luce Rosa & Cia Ltda. no Alto Uruguai Gaúcho-1915/1930. Dissertação (mestrado) Programa de Pós Graduação em História, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

CASSOL, Ernesto. Histórico de Erechim. Erechim: Cese, 1979.

CHIAPARINI, E.J. *et al.* Erechim: retratos do passado, memórias no presente Erechim: Graffoluz, 2012.

DELAZERI, Jaci. Álbum fotográfico da História de Erechim. Erechim: EDELBRA, 2000.

DETONI, M. G. Erechim e sua Arquitetura antiga, 1989. Disponível em: <<http://arquivohistoricoerechim.blogspot.com.br/2011/07/arquitetura.html>> Acesso em 30 de maio de 2017.

DUCATTI NETO, Antônio. O grande Erechim e sua história. Porto Alegre: Escola Superior de Teologia, 1981

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA DO GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL (FEE). Perfil socioeconômico RS- COREDES, 2013. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/>. Acesso em 01 de março de 2017.

IAROCHINSKI, Ulisses. Saga dos Polacos: A Polônia e seus descendentes no Brasil, Curitiba, U. Iarochinski, 2000.

IBGE CIDADES- Erechim Rio Grande do Sul Monografia - nº 483, 1970. Disponível em: <http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/historico.php?codmun=430700&search=rio-grande-do-sul%7Cerechim%7Cinphographics:-history&lang=_ES>. Acesso em 30 de maio de 2017.

NEIS, Ruben. Cinquentenário de Erechim, Correio do Povo, 1968.

PÉBAYLE, Raymond. Geografia Rural das Novas Colônias do Alto Uruguai (Rio Grande Do Sul – Brasil). Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, n. 14, p.12-19, jan.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

dez. 1971. Semestral. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/boletim-geografico-rs/index>>. Acesso em: 30 de maio de 2017.

POSENATO, Júlio. Arquitetura da Imigração italiana no Rio Grande do Sul, Est- Educ, 1984.

POSENATO, Júlio. A arquitetura do Norte da Itália e das colônias italianas de pequena propriedade no Brasil, In: Turbulência cultural em cenários de transição: o século XIX Ibero-americano p. 51 a 88. Marcondes, N; Bellotto, M. (org.) Edusp, 2005.

TEIXEIRA, Rubenilson Brazão. Arquitetura vernacular. Em busca de uma definição. Arqtextos, São Paulo, ano 17, n. 201.01, Vitruvius, fev. 2017. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/17.201/6431>>. Acesso em 30 de maio de 2017.

WEIMER, Günter. Arquitetura popular da imigração alemã, Porto Alegre, UFRGS editora, 2005.

WEIMER, Günter. Arquitetura popular brasileira. Martins fontes, São Paulo, 2012.

WENCZENOVICZ, T.J. Pequeninos Poloneses: Cotidiano Das Crianças Polonesas (1920-1960), Simplíssimo Livros Ltda, 2010.

PIRAN, N. Contribuição à caracterização do Alto Uruguai (RS): Breve Releitura E Novos Desafios. Perspectiva, Erechim. v. 39, Especial 40 Anos, p. 53-64, setembro/2015

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COR DA MADEIRA DE ANDIROBA DE FLORESTAS DE TERRA FIRME E VÁRZEA, AMAPÁ, BRASIL

Anderson Vasconcelos Firmino¹
Graziela Baptista Vidaurre Dambroz²
Marcelino Guedes³
João Gabriel Missia da Silva⁴
José Clailson Franco Coelho⁵
Alice Soares Brito⁶
Sofia Maria Gonçalves Rocha⁷
Isabela Dias Reboleto⁸

¹ Centro de Ciências Agrárias e Engenharias / Universidade Federal do Espírito Santo

² UFES Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

⁴ Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

⁵ Universidade Federal do Acre

⁶ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

⁷ Centro de Ciências Agrárias / Universidade Federal do Espírito Santo

⁸ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira / Centro de Ciências Agrárias e Engenharias / Universidade Federal do Espírito Santo



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COR DA MADEIRA DE ANDIROBA DE FLORESTAS DE TERRA FIRME E VÁRZEA, AMAPÁ, BRASIL

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a cor da madeira de andiroba proveniente de dois diferentes ambientes naturais de crescimento, floresta de terra firme e de várzea. Foram colhidas oito árvores da espécie, quatro em cada ambiente, na Reserva Extrativista do Rio Cajari, Amapá, Brasil. Do tronco de cada árvore foi retirado um disco acima da região que finalizava as raízes adventícias. Em cada disco, foram marcadas e seccionadas uma seção diametral para a retirada de corpos de prova de 2x2x2 cm no sentido medula-casca, para avaliação da cor da madeira pelos parâmetros colorimétricos do sistema CIEL*a*b. A madeira de andiroba, em ambos os ambientes naturais de crescimento foi caracterizada pela coloração marrom-claro. A madeira proveniente da floresta de várzea apresentou maior claridade e tonalidade amarela, e a análise do plano de corte radial demonstrou uma maior tonalidade amarela em relação ao plano tangencial.

Palavras-chave: *Carapa guianensis*, ambientes de crescimento, colorimetria, qualidade da madeira.

WOOD COLOR OF ANDIROBA FROM FIRM GROUND AND LOWLAND FORESTS, AMAPÁ, BRAZIL

Abstract: The aim of this work was to evaluate the color of andiroba wood from two different natural growth environments, firm ground and lowland forests. Eight trees of the species were harvested, four in each environment, at the Cajari River Extractive Reserve, Amapá, Brazil. From the trunk of each tree was removed a disk above the region that finished the adventitious roots. In each disk, diametric section was marked and sectioned to remove 2x2x2 cm specimens in the pith-bark direction, to evaluate the color of the wood by the colorimetric parameters of the CIEL*a*b system. Andiroba wood, in both natural growth environments was characterized by light brown coloration. The wood from the lowland forest presented greater clarity and yellow tonality, and analysis of the radial cut plane showed a greater yellow tonality in relation to the tangential plane.

Keywords: *Carapa guianensis*, growth environments, colorimetry, wood quality

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Carapa guianensis* Aubl., conhecida vulgarmente como andiroba, pertence à família Meliaceae, é uma espécie nativa da Amazônia (LOUREIRO e SILVA, 1968; PENNINGTON et al., 1981). Suas árvores são de médio a grande porte, possuem tronco reto, com a presença de sapopemas e copa média a densa. As andirobeiras possuem potencial para exploração madeireira e não madeireira, sendo a madeira moderadamente pesada, de fácil trabalhabilidade e de bom acabamento (FERRAZ et al., 2002).

No Brasil, a espécie ocorre na bacia Amazônica, nas florestas de terra firme, áreas de vegetação localizadas em regiões mais elevadas que não sofrem inundações pela cheia dos rios (OLIVEIRA e AMARAL, 2004), e com maior frequência nas florestas de várzea (KENFACK, 2011), que ocorrem ao longo dos rios e das planícies inundáveis e são adaptadas às condições hidrológicas sazonais (JUNK, 1982).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os diferentes ambientes de crescimento exercem uma pressão seletiva sobre as árvores, pois podem provocar alterações de caráter morfológico e estrutural, levando os indivíduos e por fim as espécies, a se adaptarem ao ambiente. E a ação de fatores como temperatura, luz, água e nutrientes são determinantes na variabilidade e modificações das propriedades da madeira (RIZZINI, 1997; PINHEIRO, 1999).

Uma das propriedades da madeira que pode ser alterada pelas condições ambientais é a cor, que é uma característica importante para identificação das espécies, na indicação do seu uso e na definição do valor comercial, principalmente, quando associada aos aspectos de textura e desenho (MORI et al., 2005; BARROS et al., 2014).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a cor da madeira de andiroba proveniente de dois ambientes naturais de crescimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta do Material e amostragem

As árvores foram provenientes da Reserva Extrativista do Rio Cajari, situada no extremo sul do Estado do Amapá (0°15' S e 52°25' O e 1°5' S e 51°31' O). A área da reserva é de 501.771 ha, abrangendo os municípios de Laranjal do Jari, Mazagão e Vitória do Jari.

Foram colhidas oito árvores, sendo quatro provenientes de floresta de terra firme com diâmetro entre 50 a 53 cm e quatro em floresta de várzea com diâmetro entre 50 a 70 cm, contemplando o diâmetro mínimo de corte de 50 cm, exigido pela legislação brasileira para o corte das espécies florestais por meio do manejo florestal na Amazônia.

Do tronco de cada árvore foi retirado um disco acima da região que finalizava as raízes adventícias. Em cada disco, foi marcada e seccionada uma seção diametral para a retirada de corpos de prova de 2x2x2 cm no sentido medula-casca, para avaliação da cor da madeira (Figura 1).

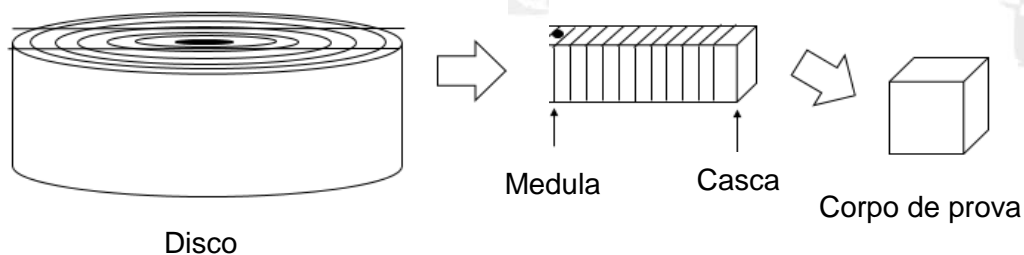


Figura 1. Esquema da retirada dos corpos de prova no sentido medula-casca para o estudo da cor da madeira de andiroba.

2.2 Cor da madeira

Para avaliação da cor da madeira utilizou-se o sistema CIEL*a*b (1976), pelos parâmetros colorimétricos luminosidade ou claridade (L^*) no eixo preto e branco, a qual varia de 0 a 100, matiz do eixo verde-vermelho (a^*) e azul-amarelo (b^*), ambos variando entre -60 a +60 (BARROS et al., 2014; GARCIA et al., 2014).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A saturação (C), com variação de 0 a 60, e o ângulo de tinta (h^*) compreendido entre 0 e 360° foram calculados pelas Equações 1 e 2, respectivamente. A variação total da cor da madeira com os ambientes de crescimento das árvores e planos de corte (tangencial e radial) foi calculada pela Equação 3, conforme Konica e Minolta (1998). Adicionalmente foi realizada a classificação da variação total da cor com base em níveis de percepção visual (Tabela 1).

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5} \quad (1) \quad h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2) \quad \Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

Em que:

C= saturação;

h^* = ângulo de tinta;

ΔE^* = variação total da cor da madeira;

a^* = coordenada cromática do eixo verde - vermelho;

b^* = coordenada cromática do eixo azul - amarelo;

ΔL^* , Δa^* e Δb^* = variação das coordenadas L^* , a^* e b^* .

Tabela 1. Classificação da variação total da cor (ΔE^*) da madeira

Variação Total da Cor (ΔE^*)	Classificação
Desprezível	0,0 - 0,5
Ligeiramente perceptível	0,5 - 1,5
Notável	1,5 - 3,0
Apreciável	3,0 - 6,0
Muito Apreciável	6,0 - 12,0

Fonte: Adaptado de Hikita et al. (2001).

Utilizou-se um espectrofotômetro portátil (KONICA MINOLTA, 1998) para a obtenção dos parâmetros da cor da madeira, mediante a três leituras diretas em 160 amostras do sentido medula-casca dos discos, nos planos tangencial e radial, totalizando 480 observações. As superfícies das amostras foram previamente lixadas com lixa de granulometria 60.

O diâmetro de abertura da área de iluminação do aparelho foi de 3 mm ("SAV – Small Area View"). O iluminante utilizado foi o padrão D65 e o ângulo de observação de 10°. Para as leituras, o equipamento foi calibrado com o padrão preto e branco, e para a calibração do padrão branco foi utilizada uma placa de calibração específica.

2.3 Análise estatística dos dados

O experimento foi conduzido sob o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 2 x 2. Os fatores analisados foram o ambiente (terra firme e várzea) e os planos de corte (tangencial e radial). As pressuposições de homogeneidade de variância e normalidade dos dados foram verificadas pelos testes de Bartlett e Shapiro - Wilk, respectivamente.

Foi realizado o teste t de Student para as médias dos fatores ambiente de crescimento das árvores e planos de corte.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da cor da madeira de andiroba

A predominância do pigmento amarelo (b^*), que compõe a cor mais clara, foi característica marcante da madeira da espécie nos dois ambientes de crescimento das árvores. No entanto, o pigmento vermelho (a^*) exerce forte influência na consolidação da cor original, explicando a coloração marrom. A variável C caracteriza a andiroba como de baixa saturação, evidenciando a cor amarela e vermelha em tons mais acinzentados. Os valores de ângulo de tinta (h^*) confirmam a influência do pigmento amarelo na madeira de andiroba, por estar mais próximo ao eixo b^* no sistema CIEL a^*b^* (1976).

Resultados semelhantes foram encontrados para a madeira de andiroba plantada na Costa Rica, que apresentou valores médios de L^* : 47,16; a^* : 15,86; e b^* : 31,84 (sentido tangencial de observação). Esses dados evidenciam que a cor do lenho da espécie é uma combinação de tons de branco, vermelho e amarelo (VALVERDE e MOYA, 2010).

Pela tabela de cores proposta por Camargos e Gonçalez (2001), a madeira de andiroba proveniente de florestas de terra firme e de várzea foi caracterizada pela coloração marrom-claro. Além disso, a mesma pode ser classificada em luminosidade média, como as espécies tauari [*Cariniana micrantha* Ducke (L^* : 63,04)] e pequiarana [*Caryocar glabrum* (L^* : 64,04)] da floresta Amazônica (BARROS et al., 2014).

Não ocorreu interação entre os fatores ambientes de crescimento e planos de corte (radial e longitudinal), o que evidencia a independência dos fatores. Entretanto, quando considerados isoladamente, os mesmos apresentaram diferenças significativas no teste “t” de Student para os parâmetros colorimétricos.

3.2 Cor da madeira de andiroba proveniente de florestas de terra firme e de várzea

O lenho da andiroba proveniente de floresta de várzea caracterizou-se por maior luminosidade e tonalidade amarela e ângulo de tinta mais próximo a coloração amarela em comparação a madeira oriunda de floresta de terra firme. A variação total da cor da madeira de andiroba entre os ambientes, classificada em função da percepção visual, foi notável (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros colorimétricos e perfis da madeira de andiroba proveniente de floresta de terra firme e de várzea, Amapá, Brasil.

Ambiente	L	a^*	b^*	C	h^*	ΔE^*
Várzea	62,50**	11,29 ^{ns}	19,65 **	22,23 ^{ns}	61,00**	2,14 ¹
Terra firme	60,47	10,90	19,09	22,50	59,66	

Perfis das amostras no sentido medula-casca



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Madeira de andiroba de floresta de terra firme

Madeira de andiroba de floresta de várzea

Em que: L^* = luminosidade; a^* e b^* = coordenadas cromáticas; C = saturação; h^* = ângulo de tinta; ΔE^* = variação total da cor da madeira. ** e **ns**= as médias diferem ou não entre os ambientes pelo teste t de Student, significativamente a 1%. ¹Diferença de cor classificada pela percepção visual.

As árvores das florestas de várzea estão fisiologicamente adaptadas ao regime diário de entrada e saída de água dos rios. A formação do lenho nessa tipologia florestal resulta na variação da cor entre os lenhos de andiroba de floresta de terra firme e de várzea.

As adaptações fisiológicas das árvores ao excesso de água no solo consistem em aumento da resistência estomática, declínio da fotossíntese e condutância hidráulica da raiz, e a redução da translocação de fotoassimilados (KOZLOWSKI, 1997; PARENT et al., 2008; STRIKER, 2012), o que afeta o crescimento e formação das suas estruturas anatômicas (SHANKLIN e KOZLOWSKI, 1985; PEZESHKI, 2001). A inundação também altera o equilíbrio dos elementos e dos compostos no solo, resultando em importantes mudanças químicas, físicas, biológicas e mineralógicas nas áreas de floresta alagada (TAIZ e ZEIGER, 2004; LIMA et al., 2005; MARTINEZ et al., 2011). E, como as respostas fisiológicas das árvores estão associadas ao seu habitat, essas variações são refletidas na formação do xilema das espécies (DICKISON, 2000). Portanto, essas variações que ocorrem no lenho exercem influência na formação da cor da madeira das espécies florestais presentes nesses ambientes.

Outro fator essencial nessa variação dos parâmetros colorimétricos pode estar relacionada com a quantidade e tipo de extrativos presentes na madeira de andiroba. Em um estudo da relação dos parâmetros colorimétricos e extrativos da madeira de teca, ocorreram correlações positivas e negativas, evidenciando a influência dos extrativos na cor da madeira (GARCIA e MARIMÔNIO, 2016).

3.3 Cor da madeira de andiroba nos planos de corte radial e tangencial

Os maiores valores médios dos parâmetros colorimétricos b^* , C e h^* (Tabela 3) foram observados para a madeira no plano de corte radial, caracterizando-se por tonalidade amarela mais saturada, comprovada também pelo ângulo de tinta, mais próximo do eixo da coordenada azul – amarelo (b^*). Pela classificação por percepção visual proposta por Hikita et al. (2001) a diferença da cor da madeira entre os planos de corte foi notável.

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros colorimétricos nos planos de corte radial e tangencial da madeira de andiroba

Planos de corte	L^*	a^*	b^*	C	h^*	ΔE^*
-----------------	-------	-------	-------	-----	-------	--------------

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Radial	62,18 ^{ns}	11,06 ^{ns}	19,82 ^{**}	22,72 ^{**}	60,98 ^{**}	1,7 ¹
Tangencial	60,78	11,13	18,92	22,00	59,68	

Em que: L*= luminosidade; a* e b*= coordenadas cromáticas; C= saturação; h*= ângulo de tinta; ΔE^* = variação total da cor da madeira. ** e ns= as médias diferem ou não entre os planos de corte pelo teste “t” de Student, significativamente a 1%.
¹Diferença de cor classificada pela percepção visual.

Estudos microscópicos revelaram que produtos químicos descoloridos na madeira estão concentrados nas células de parênquima radial, justificando a maior luminosidade e tonalidade amarelada de baixa saturação encontrada no plano radial (MÖTTÖNEN e KÄRKI, 2007).

Assim como para a madeira de andiroba, maiores valores médios de luminosidade e saturação da cor foram observados no plano de corte radial na madeira de pequiariana (*Caryocar glabrum*) (BARROS et al., 2014). Já AuTRAN e Gonçalez (2006) não encontraram diferenças significativas de luminosidade e saturação entre os planos tangencial e radial das madeiras de muirapiranga (*Brosimum rubescens*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*).

Portanto, destaca-se a importância da cor na escolha do sistema de desdobro para a madeira de andiroba. Caso a preferência de mercado seja por peças serradas com tonalidade mais amarela, as toras devem ser desdobradas no plano radial, já que os valores de (b*) são mais elevados nesse plano. Já, para a aquisição de lotes de madeiras mais escuras, o desdobro tangencial é o mais adequado. Em adição a caracterização da cor, devem ser considerados os parâmetros de desempenho da produção como rendimento em madeira serrada e a eficiência operacional para cada sistema de desdobro.

4. CONCLUSÕES

A madeira de andiroba foi caracterizada pela coloração marrom - claro tanto nas árvores oriundas de floresta de terra firme quanto nas de várzea.

No ambiente de crescimento das florestas de várzea a madeira foi mais clara e amarelada que a de floresta de terra firme.

A madeira no plano de corte radial exibiu uma maior tonalidade amarela em relação ao plano de corte tangencial.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA-AP, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTRAN, C. S.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização colorimétrica das madeiras de Muirapiranga (*Brosimum rubescens* Taub.) e de Seringueira (*Hevea brasiliensis*, clone Tjir 16 Müll Arg.) visando à utilização em interiores. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 16, n. 4, p. 445-451, 2006.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BARROS, S. V. et al. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. CERNE, v. 20 n. 3, p. 337-342, 2014.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. BRASIL FLORESTAL, n. 71, p. 30-42, 2001.

DICKISON, W. Integrative plant anatomy. Carolina do Norte: Academic press. 2000, 533p.

FERRAZ, I. D. K. et al. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera*, D.C): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. ACTA AMAZÔNICA, v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002.

GARCIA, R. A. et al. Colorimetria de madeiras dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e sua correlação com a densidade. CERNE, v. 20, n. 4, p. 509-517, 2014.

GARCIA, R. P, MARINONIO, G. B. Variação da Cor da Madeira de Teca em função da densidade e do teor de extrativos. Floresta e Ambiente, v. 23, n.1, p. 124-134, 2016.

HIKITA, Y. et al. Weathering testing of timber: discoloration. In: High performance utilization of wood for outdoor. Ed. Imamura, Y. 2001.

JUNK, W. J. Amazonian floodplains: their ecology, present and potential use. HYDROBIOLOGY TROPICAL, v. 15, n. 1, p. 285-301, 1982.

KENFACK, D. Resurrection in *Carapa* (Meliaceae): a reassessment of morphological variation and species boundaries using multivariate methods in a phylogenetic context. BOTANICAL JOURNAL OF THE LINNEAN SOCIETY, v. 165, n. 2, p. 186-221, 2011.

KONICA MINOLTA SENSING Inc. Comunicação precisa da cor: Controle de qualidade da percepção à instrumentação. 1998, 59p.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. TREE PHYSIOLOGY, v. 1, n. 7, p. 1-29, 1997.

LIMA, H. N. et al. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. ACTA AMAZÔNICA, v. 35, n. 3, p. 317-330, 2005.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. Catálogo das madeiras brasileiras. Belém: Ministério do Interior – SUDAM. 1968, 233p.

MARTINEZ, G. B. et al. Respostas morfofisiológicas de plantas de açacu (*Hura crepitans* L.) provenientes de várzeas do rio Amazonas: efeito da anoxia do solo. REVISTA ÁRVORE, v. 35, n. 6, p. 1155-1164, 2011.

MORI, C. L. S. O. et al. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. CERNE, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MÖTTÖNEN, V.; KÄRKI, T. Effect of drying force on birch wood colour change during high temperature drying. BALTIC FORESTRY, v. 13, n. 1, p. 126-130, 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta. ACTA AMAZONICA, v. 34, n. 1, p. 21–34, 2004.

PARENT, C. et al. An overview of plant responses to soil waterlogging. PLANT STRESS, v. 2, n. 1, p. 20-27, 2008.

PENNINGTON, T. D. et al.. Meliaceae. Flora Neotropica, New York.1981, 470p.

PEZESHKI, S. R. Wetland plant responses to soil flooding. ENVIRONMENTAL AND EXPERIMENTAL BOTANY, v. 46, n. 3, p. 299-312, 2001.

PINHEIRO, A. L. Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, qualidade da madeira. Viçosa, Minas Gerais: SIF. 1999, 144p.

RIZZINI, C. T. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições. 1997, 748p.

SHANKLIN, J.; KOZLOWSKI, T. T. Effect of flooding of soil on growth and subsequent responses of *Taxodium distichum* seedlings to SO₂. ENVIRONMENTAL POLLUTION SERIES A ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL, v. 38, n. 3, p. 199-212, 1985.

STRIKER, G. G. Flooding Stress on Plants: Anatomical, Morphological and Physiological Responses. In: Botany. Ed. Mworira, J. K. p. 3-28. 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed. 2004, 719p.

VALVERDE, J. C.; MOYA, R. Efectos de la intemperie en el color de dos acabados aplicados en madera de *Cedrela odorata* y *Carapa guianensis*. MADERAS CIENCIA Y TECNOLOGÍA, v. 12, n. 3, p. 171-180, 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CORRELAÇÃO ENTRE A ANATOMIA E A DENSIDADE DO CAULE E DOS GALHOS DE STRYPHODENDRON ADSTRINGENS

Krisnara Mairinck¹
REGINALDO ARTHUR GLORIA MARCELINO²
Camila Barbosa Alves¹
Renato Vinicius Oliveira Castro¹
Ana Flávia Neves Mendes Castro¹
Anne Laura Silva³
Maria luiza¹
Lucas Barbosa Ramos¹

¹ Universidade Federal de São João del-Rei

² INTERDISCIPLINAR EM BIOSSISTEMAS / Universidade Federal de São João del Rei MG / Universidade Federal de São João del-Rei

³ Campus Sete Lagoas / UFSJ / Universidade Federal de São João del-Rei



CORRELAÇÃO ENTRE AS FIBRAS E A DENSIDADE DO FUSTE E DOS GALHOS DE *Stryphnodendron adstringens*

Resumo: O estado de Minas Gerais apresenta riquezas de formações vegetais das mais relevantes do Brasil, entre elas se destaca o Cerrado com inúmeras espécies de poder ornamental, medicinal, produtivo, entre outros. Dentre essas espécies se encontra o *Stryphnodendron adstringens*, conhecido popularmente como barbatimão e apresenta grande potencial econômico na área farmacêutica, além de valor ornamental, que pode ser utilizada para paisagismo e arborização urbana, sendo também recomendada para plantios em áreas degradadas. Sendo assim o presente trabalho objetivou comparar as densidades e as características anatômicas de galhos e fustes em busca de semelhança. Foram coletados de 4 indivíduos, o fuste no DAP e galhos finos, médios e grossos próximos a sua inserção a fim de comparar as características anatômicas das fibras (comprimento, espessura do lume, espessura da parede e largura da fibra) e de densidade dos galhos com o fuste. Foi possível observar forte relação da densidade e do espaçamento de parede com todos os galhos, no entanto os galhos grossos se aproximaram mais das médias do fuste ainda que não estatisticamente igual em todos os parâmetros.

Palavras-chave: características anatômicas, densidade, cerrado.

CORRELATION BETWEEN THE FIBERS AND THE DENSITY OF THE CAUSE AND THE BRANCHES OF *Stryphnodendron adstringens*

Abstract: The state of Minas Gerais presents riches of vegetal formations of the most outstanding of Brazil, among them stands the Cerrado with innumerable species of ornamental, medicinal, productive power, among others. Among these species, *Stryphnodendron adstringens*, popularly known as barbatimão, has great economic potential in the pharmaceutical area, as well as ornamental value, which can be used for landscaping and urban planting, and is also recommended for plantations in degraded areas. Therefore, the present work aimed to compare the densities and anatomical characteristics of branches and stems in search of similarity. Four individuals were collected, the stem in the DAP and thin, medium and thick branches close to their insertion in order to compare the anatomical characteristics of the fibers (length, lumen thickness, wall thickness and fiber width) and branch density With the shaft. It was possible to observe a strong relation of density and wall spacing with all branches, however, the thick branches approached more than the averages of the stem, which were not statistically equal in all parameters.

Keywords: Anatomical characteristics, density, cerrado.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





1. INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais apresenta riquezas de formações vegetais das mais destacadas do Brasil, devido às suas diversas condições geológicas, topográficas e climáticas (MELLO-BARRETO, 1942). Com uma rica cobertura vegetal no estado são encontrados três biomas: o Cerrado, que cobre 60%, a Mata Atlântica (32%) e a Caatinga (8%) (DRUMMOND ET AL., 2005).

O cerrado é um bioma brasileiro que ocupa uma área maior que 200 milhões de hectares do território nacional e possui espécies endêmicas, grande reserva da biodiversidade, podendo estar ameaçado de destruição, o que o torna um dos hotspots mundiais de biodiversidade (MYERS ET AL., 2000). Mas com o decorrer dos anos o mesmo vem sofrendo com o desmatamento, ameaçando assim diversas espécies endêmicas.

O *Stryphnodendron adstringens*, conhecido popularmente como barbatimão é uma espécie típica do Cerrado com grande potencial econômico na área farmacêutica e na indústria de curtimento de couro, devido à grande quantidade de taninos produzidos em sua casca (RIZZINI & MORS, 1976). O barbatimão é uma espécie com valor ornamental, que pode ser utilizada para paisagismo e arborização urbana, sendo também recomendada para plantios em áreas degradadas (LORENZI, 1992).

A variabilidade estrutural do lenho das árvores reflete na variação das suas propriedades físicas, químicas e mecânicas (RICHTER & BURGER, 1991). O conhecimento dessas propriedades possibilita a classificação e o agrupamento das espécies, permitindo a preconização dos usos da madeira (ARAÚJO, 2007).

Dentre as características mais relevantes da madeira, destacam-se a sua anatomia, a densidade e a composição química (OLIVEIRA, 1988; RICHTER & BURGER, 1991). O valor da densidade da madeira é influenciado pela sua estrutura anatômica (dimensões celulares) e composição química (PANSWIN & ZEEUW, 1980). Os autores ainda afirmam que a densidade pode afetar outras propriedades da madeira por isso é um parâmetro importante.

Levando em consideração a importância florestal e dos produtos não madeireiros do barbatimão, e como o mesmo é de grande relevância para o bioma cerrado objetiva-se com o presente trabalho comparar as densidades e as características anatômicas de galhos e fustes em busca de semelhança.

2. MATERIAL E METODOS

Em um fragmento de Cerrado pertencente à UFSJ, localizado no município de Sete Lagoas, coletou-se quatro indivíduos de *Stryphnodendron adstringens* com preferência em indivíduos bifurcados para o não abatimento dos mesmos. Retirou-se toretes de aproximadamente 30 cm de comprimento de cada árvore, na altura do DAP (1,3 m). Foram coletados os galhos com porções de aproximadamente 30 cm de comprimento a partir da sua conexão com o tronco.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Os toretes foram descascados e seccionados em discos de 10 cm, sendo utilizados os mais próximos ao DAP e dos galhos os discos de 10 cm mais próximos à incisão no tronco.

Mediu-se os diâmetros dos discos dos galhos e do fuste (FU) em dois sentidos (perpendicularmente) com auxílio de um paquímetro e fita métrica, e os galhos se enquadraram, de acordo com sua espessura, em três classes: galhos finos (GF), médios (GM) e grossos (GG). As médias das medições feitas são observadas na Tabela 1:

Tabela 1. Diâmetro (mm) do fuste e do galho de *Stryphnodendron adstringens*

Árvore	FU	GF	GM	GG
B1	87.35	20.1	23.82	30.9
B2	135.09	19.87	30.61	48.9
B4	107.54	17.56	28.80	56.48
B5	89.08	0.75	20.85	38.07

FU = Fuste. GF = Galho fino. GM = Galho médio. GG = Galho grosso.

Seccionaram-se os discos do fuste em cunhas, sendo utilizadas para a obtenção das fibras somente uma das cunhas, enquanto que duas cunhas opostas se destinaram ao procedimento de densidade.

2.1. Análise das fibras

Retiraram-se filetes em toda a extensão das cunhas e dos discos dos galhos. Os macerados foram preparados de acordo com o método descrito por Ramalho (1987). Uma solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético glacial na proporção (1:1). Em seguida se destinaram para uma estufa do modelo SOLAB com circulação e renovação de ar SL 102, com temperatura de 60°C (+2°C), por um período de 48 horas.

Posteriormente fez-se a lavagem das amostras em água destilada para retirar a solução. Procedeu-se então a coloração, utilizando como corante a fucsina básica a 0,05%. Em seguida, foi realizada a montagem das lâminas para a observação dos aspectos anatômicos das fibras. Com auxílio do microscópio óptico acoplado à câmera de modelo (AxionCam ERc5s, Zeiss), obteve-se imagens, nas quais foram realizadas medições das dimensões das fibras, utilizando o software Axion Vision Documentation do Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) do campus de Sete Lagoas (CSL).

A medição das dimensões das fibras foi feita de acordo com a norma IAWA (1989), sendo que a medição do comprimento foi realizada com a objetiva de 10 vezes já o diâmetro do lume e largura das fibras foi realizada com a objetiva de 40 vezes.

Para cada dimensão foram avaliadas 90 fibras. A ANOVA foi realizada através do teste F seguido do teste de Dunnett, quando houve significância pelo teste F, sendo o Fuste utilizado como testemunha (controle), isso, com $\alpha=0,05\%$ para os dois testes respectivamente. A espessura da parede das fibras, não foi mensurada e sim estimada, através da seguinte fórmula (Equação 1).



$$\text{Eq1: } EP = \frac{L-DL}{2} \quad (1)$$

Em que:

EP- espessura da parede
(μm); L- largura (μm);
DL- diâmetro do lume (μm).

2.1. Análise de densidade

Para determinação da densidade foram utilizadas cunhas opostas dos discos dos fustes. Dos galhos, foram usados discos de 10 cm, mais próximos à inserção no fuste. A casca foi retirada completamente de todas as amostras e submetidas à determinação da densidade. Os procedimentos utilizados para determinação da densidade básica da madeira e da casca estão de acordo com o método de imersão em água, descrito por Vital (1984).



Figura 1. Método de imersão em água.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de fibras

As médias observadas de comprimento, largura de fibra, espessura do lume e de parede estão representadas na tabela abaixo:



Tabela 2. Representação média de todas as classificações (μm) das Fibras no *Stryphnodendron adstringens* pertencente aos indivíduos B1, B2, B4 e B5

Média Geral das Fibras dos Indivíduos (μm)				
Classificação	Galhos finos	Galhos médios	Galhos grossos	Fuste
Comprimento	552.14	440.83	554.57	527.62
Largura	21.80	17.96	18.28	17.15
Diâmetro do Lume	13.21	10.38	10.00	9.97
Espessura da Parede	4.30	3.79	4.14	3.59

Observou-se que os comprimentos das fibras variaram entre 200 e 800 μm , a largura entre 5 e 20 μm , o diâmetro do lume entre 4 e 16 μm e a espessura da parede entre 2 e 7 μm , com os desvios padrões iguais a 131.5, 4.8, 3.8, 1.7 respectivamente calculado para toda a população presente nas repetições, dos indivíduos do Barbatimão da região de Sete Lagoas (MG), fibras estas que podem ser vista na Figura 2. De acordo com Sonsin et al. (2012) a madeira da maioria das plantas do Cerrado, entre elas a subfamília da espécie em questão (Mimosoideae), possui fibras mais compridas e com paredes mais espessas, e vasos mais estreitos, em maior frequência, com menores pontuações intervasculares e maior ocorrência de tilos e depósitos. Tal fato pode ser observado nas fibras obtidas a partir dos exemplares coletados em Sete Lagoas.



Figura 2. Fibras de *S. adstringens*

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Goulart (2010) avaliou espécies de barbatimão no Cerrado do Município de Lavras e encontrou valores médios de comprimento de fibra do tronco iguais a 719.77 e de galho 678.58, divergindo dos observados, tal alteração pode ser associada à diferença dos diâmetros das matrizes, que variaram de 9.5 a 18 cm no fuste e da idade dos indivíduos. Para diâmetro do lume e espessura de parede, no entanto, os valores observados foram 13.42, 4.14 respectivamente, apresentando-se em consonância com o presente trabalho indicando que para essa espécie, tais características são pouco sensíveis a variação local.

A ANOVA dos espécimes B1, B2, B4 e B5 indicou diferença estatística para todos os parâmetros avaliados com exceção da espessura da parede, deste modo o teste de Dunnett foi aplicado (tabela 3) indicando que para o comprimento dos indivíduos galhos grossos e médios não se diferem do fuste, enquanto que os finos foram considerados diferentes e detentores da menor média, este fato pode ser explicado pelo desenvolvimento da madeira presente nas diferentes espessuras dos galhos, sendo que o mais fino apresentará em sua maioria madeira juvenil com fibras conseqüentemente menos desenvolvidas e com menor comprimento, enquanto que os médios serão constituídos de madeira em transição e os grossos de madeira adulta, o que justifica sua maior semelhança ao fuste. A figura 3 mostra a tendência das médias e p-valor das variáveis em questão.

Tabela 3: Comparações entre as médias dos indivíduos do *S. adstringens* de tratamentos pelo teste de Dunnett, onde a média de fuste é o controle, com $\alpha=0,05\%$.

Comprimento das Fibras			
	Grosso	Médio	Fino
Fuste	554.5736 n.s	527.6248 n.s	440.8306*
Largura das Fibras			
	Grosso	Médio	Fino
Fuste	18.28202*	17.96137*	17.15367*
Diâmetro do Lume das Fibras			
	Grosso	Médio	Fino
Fuste	10.37882*	9.999286*	9.999286*
Espessura da Parede das Fibras			
	Grosso	Médio	Fino
Fuste	4.141369 n.s	3.589747 n.s	3.791275 n.s

Obs.: O asterisco (*) denota-se significativo e o (n.s) não significativo.

REALIZAÇÃO



APOIO



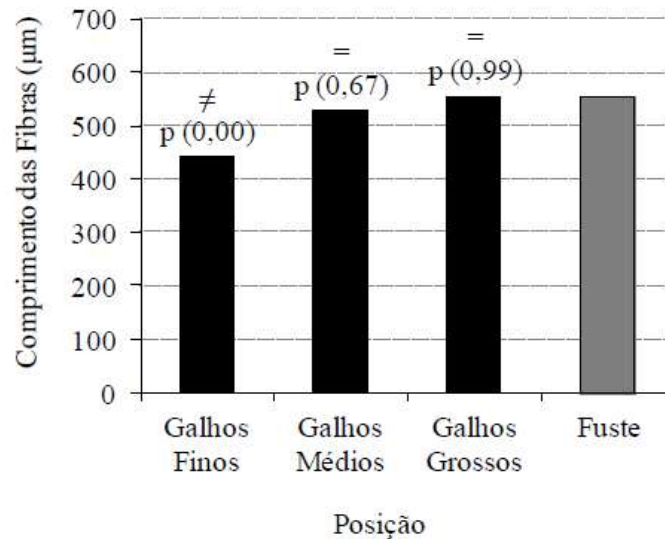
ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

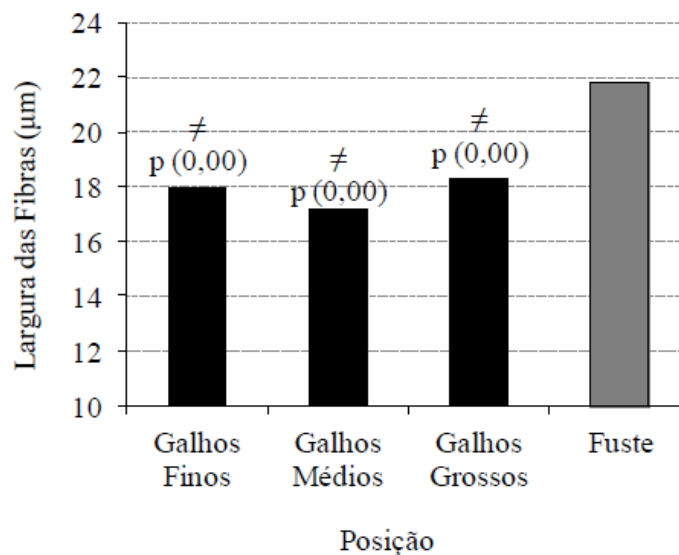
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



“=” indica igualdade da variável em relação ao fuste e “≠” indica diferença em relação ao fuste, ambos a 5% de significância pelo teste Dunnett.

Figura 3: Comprimento médio dos indivíduos em função da posição de coleta da amostra.

Quanto à largura das fibras e a espessura do lume o teste Dunnett indicou que nenhum dos galhos coletados se assemelha ao fuste. No entanto, é possível notar a partir das figuras 4 e 5, que, apesar de diferentes, o galho do qual a largura de fibras e a espessura do lume mais se aproxima da observada no fuste é o grosso.



“=” indica igualdade da variável em relação ao fuste e “≠” indica diferença em relação ao fuste, ambos a 5% de significância pelo teste Dunnett.

Figura 4: Comprimento médio dos indivíduos em função da posição de coleta da amostra.

REALIZAÇÃO

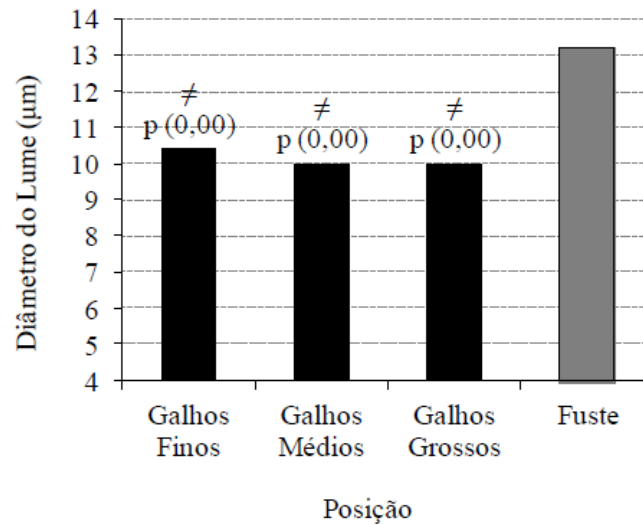


APOIO



ORGANIZAÇÃO





“=” indica igualdade da variável em relação ao fuste e “≠” indica diferença em relação ao fuste, ambos a 5% de significância pelo teste Dunnett.

Figura 4: Espessura do lume em função da posição de coleta da amostra.

Por fim a espessura de parede não demonstrou diferença significativa entre fuste e galho indicando que para fins de obtenção dessa característica ao fuste pode ser poupado em detrimento de galhos finos, médios e grossos da árvore.

Contrariamente ao observado, Goulart (2010) encontrou diferença para espessura das paredes das fibras nos indivíduos de *Stryphnodendron adstringens*, sendo que o galho fino apresentou a menor espessura, identificando mais uma vez que as características da madeira dependem de fatores externos.

3.2. Análise de densidade

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de densidade básica da madeira para o fuste e os galhos:

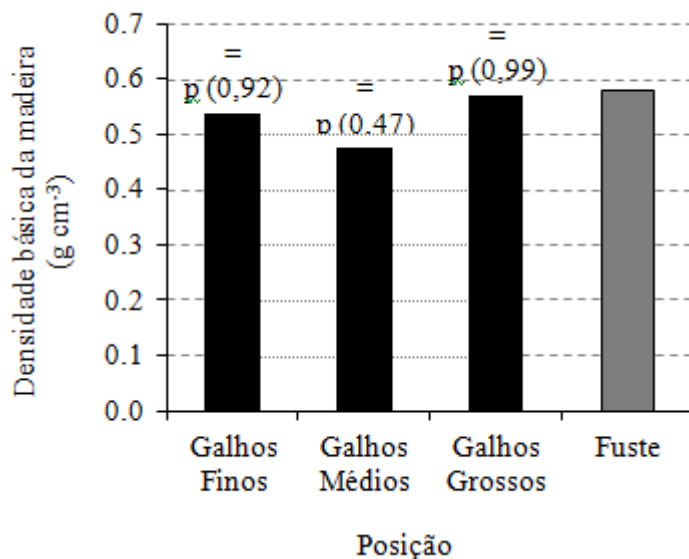
Tabela 4: Densidade básica de fuste e galho.

Árvore	FU	GF	GM	GG
B1	0.54	-	0.64	0.56
B2	0.66	0.64	-	0.56
B4	0.57	0.53	0.54	0.57
B5	0.53	0.43	0.24	0.57

FU = Fuste. GF = Galho fino. GM = Galho médio. GG = Galho grosso.



Détienne e Jacquet (1983), afirmam que para o gênero *Stryphnodendron* a densidade básica se encontra entre 0,45 e 0,65 g/cm³, no entanto, Souza et al. (2008) encontraram para a espécie *S. adstringens* (barbatimão), em diferentes regiões do estado de Minas Gerais, entre 0,265 a 0,605 g/cm³ e, segundo os autores, os fatores ambientais influenciam nas características da densidade básica. Os valores de densidade obtidos se encontram dentro das faixas apresentadas pelos autores, porém apresentam variações entre os indivíduos e a posição em foram coletados, como representado na figura 5.



“=” indica igualdade da variável em relação ao fuste e “≠” indica diferença em relação ao fuste, ambos a 5% de significância pelo teste Dunnett.

Figura 5: Densidade em função da posição de coleta da amostra.

O gráfico apresentado mostra que não foi possível observar diferença estatística entre as densidades do fuste do galho o que indica que existe forte relação entre eles para essa variável. A densidade é uma das propriedades da madeira mais importante e mais estudada, podendo e está diretamente relacionada ao volume vazio dos poros e, conseqüentemente, com outras propriedades físicas e mecânicas (BURGER e RICHTER, 1991). Sendo assim, torna-se possível definir a densidade da madeira sem a sua supressão, a partir da utilização dos galhos.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesse trabalho foi possível concluir que o *Stryphnodendron adstringens* não apresenta em sua totalidade de características relevantes alguma correlação com galhos. No entanto para alguns parâmetros como densidade e espessura de parede essa relação existe e considerando que os galhos grossos se aproximaram mais das médias do fuste esse é o mais recomendado para o fim de estimativa.



5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre as propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. *Floresta*, Curitiba, v.37, n.3, p. 399-416, 2007.

DÉTIENNE, Pierre; JACQUET, Paulette. Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et des régions voisines. 1983.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI Y. (Org.). Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. 2. Ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, p. 222, 2005.

GOULART, S. L. Características anatômicas, químicas e densidade do barbatimão, 2010.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, V. 1, p. 352, 1992.

MELLO-BARRETO, H. L. Regiões fitogeográficas de Minas Gerais. *Boletim Geográfico*, v. 4, p. 14-28, 1942

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A., & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853, 2000.

OLIVEIRA, E. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão de *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex-Maiden). 1988, 47p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. de. Textbook of wood technology. 3. Ed. New York: Mcgraw Hill, 1980. 722 p.

RICHTER, H.G.; BURGER, L.M. Anatomia da Madeira. 2ed. Curitiba: UFPR, 1991. 78p.

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. Botânica econômica brasileira. São Paulo: EDUSP, 229 p, 1976.

SONSIN, J. O., Gasson, P. E., Barros, C. F., & Marcati, C. R. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two cerrado habitats (cerrado ss and adjacent gallery forest). *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 170, n. 2, p. 257-276, 2012.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SOUZA, F. N. de; RUFINI, A. L.; SCOLFORO, J. R. S. Análise da variação da densidade para *Anadenanthera colubrina* (ANGICCO), *Stryphnodendron adstringens* (BARBATIMÃO) e *Kielmeyera coriacea* (PAU SANTO) no estado de Minas Gerais. In: Encontro brasileiro em madeira e estruturas de madeira, p. 11, 2008, Londrina, Anais, Embrapa 2008, 1- CD-ROM.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapemig pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA DA MADEIRA DE Eucalyptus camaldulensis E Eucalyptus globulus

CAMILA SANICK LEAL¹
Bárbara Luísa Corradi Pereira²
Aylson Costa Oliveira³
Ana Carolina Silva Costa⁴

¹ Universidade Federal de Mato Grosso / Departamento de Engenharia Florestal

² Universidade Federal de Mato Grosso

³ Departamento de Engenharia Florestal / Faculdade de Engenharia Florestal / Universidade Federal de Mato Grosso

⁴ Universidade Federal de Mato Grosso / Departamento de Engenharia Florestal / Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais



DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus camaldulensis* E *Eucalyptus globulus*

Camila Sanick Leal¹
Bárbara Luísa Corradi Pereira²
Aylson Costa Oliveira²
Ana Carolina Silva Costa³

¹Universidade Federal de Mato Grosso / Faculdade de Engenharia Florestal

²Universidade Federal de Mato Grosso / Departamento de Engenharia Florestal

³Universidade Federal de Mato Grosso / Departamento de Engenharia Florestal / Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

Resumo: A análise termogravimétrica é uma importante ferramenta para determinar a resistência térmica da madeira, seus rendimentos gravimétricos e a sua aptidão para a produção de energética. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição térmica de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus globulus*, relacionando os resultados obtidos com a composição química da madeira e suas destinações finais. Foram selecionadas três árvores de cada espécie, das quais foram retirados discos a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial até o diâmetro mínimo de 7 cm, conforme metodologia adotada em trabalhos encontrados na literatura. As amostras foram transformadas em serragem para a determinação da composição química da madeira e procederam-se as análises termogravimétricas sob atmosfera de gás nitrogênio. As curvas termogravimétricas foram obtidas e realizaram-se cálculos de perda de massa nas faixas de 50-100°C, 100-200°C, 200-300°C, 300-400°C, e 400-500°C, sendo também quantificada a massa residual na temperatura de 500°C. Dentre as espécies, o *E. camaldulensis* apresentou maiores valores de lignina e menores de holocelulose. O *E. globulus* obteve perdas de massa significativamente superiores nas faixas de temperatura estudadas e a massa residual foi significativamente maior para o *E. camaldulensis*. Dessa maneira, pode-se concluir que o *E. camaldulensis* apresentou condições satisfatórias para a produção de carvão vegetal, ao passo que o *E. globulus* demonstrou não ser apropriado para fins energéticos.

Palavras-chave: composição química, carvão vegetal, celulose e papel.

Abstract: Thermogravimetric analysis is an important tool used to determine the thermal resistance of wood, its gravimetric yields and its ability to produce energy. In this sense, the objective of this study was to evaluate the thermal decomposition of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus globulus*, relating the results obtained with the chemical composition of the wood and its final destinations. Three trees of each species were selected, from which there were removed disc at 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height, with the minimum diameter of 7 cm, according to methodology adopted in literature. The samples were transformed into sawdust to determine the chemical composition of the wood and the thermogravimetric analyzes were carried out under nitrogen gas atmosphere. The thermogravimetric curves were obtained and mass loss calculations were performed in the ranges of 50-100°C, 100-200°C, 200-300°C, 300-40°C, and 400-500°C, and also there was quantified the residual mass of the samples at a temperature of 500°C. Among the species, the *E. camaldulensis* presented higher values of lignin and lower values of holocellulose. The *E. globulus* obtained significantly higher mass losses in the ranges of temperature studied and the residual mass was significantly higher for the *E. camaldulensis*. Thus, it can be concluded that the *E. camaldulensis* presented satisfactory



conditions to produce charcoal, whereas the *E. globulus* did not showed to be an appropriate specie for energy purposes.

Keywords: chemical composition, charcoal, pulp and paper.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui a segunda maior área florestal do mundo, atrás apenas da Rússia (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO , 2010). O *Eucalyptus* é o gênero mais empregado como matéria-prima em diversos segmentos do setor florestal brasileiro atualmente, por apresentar características como rápido crescimento, boa adaptação às variadas condições edafoclimáticas, e por possuir grande diversidade de gêneros e espécies, com diferentes propriedades da madeira, o que garante a sua ampla versatilidade (SANTAROSA et al., 2014).

Devido à sua importância e utilização diversificada, muitos estudos referentes ao gênero *Eucalyptus* são desenvolvidos no Brasil. Uma espécie que constantemente tem sido alvo de pesquisas voltadas à produção de carvão vegetal é o *E. camaldulensis*. Esta espécie se destaca das demais no segmento de carvão vegetal, por possuir elevada densidade básica e alto poder calorífico superior (CASTRO et al., 2013), características extremamente relevantes e desejáveis para esse fim.

O *Eucalyptus globulus*, por sua vez, é uma espécie que está historicamente associada à indústria de papel e celulose e apresenta diversas propriedades de interesse para essa indústria, como a presença de elevados valores de celulose e baixo teor de lignina (FONSECA et al., 2010).

A análise termogravimétrica (TGA) da madeira consiste em um registro constante da perda de massa de uma amostra dentro de um intervalo estipulado de temperatura. Por meio dessa técnica, é possível analisar o comportamento da madeira quando submetida à ação de calor, além identificar as faixas de temperatura onde ocorrem as taxas de decomposição mais acentuadas (SANTOS et al., 2012).

Assim, a análise termogravimétrica se constitui em uma importante ferramenta, auxiliando na definição do uso potencial de diferentes materiais genéticos, principalmente quando se pretende determinar a resistência térmica da madeira, seus rendimentos gravimétricos e a sua aptidão para a produção de energia.

Nesse sentido, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as espécies de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus globulus* por meio da análise termogravimétrica, relacionando os resultados obtidos com a composição química da madeira e suas destinações finais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram estudados os clones de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus globulus*. Os dados referentes ao *E. globulus* são provenientes de uma amostragem realizada em um plantio comercial localizado na Província Biobío, no sul do Chile. Quarenta indivíduos apresentando 13 anos de idade foram selecionados aleatoriamente e cortados. Desses indivíduos, três foram coletados para realização das análises.

O clone de *E. camaldulensis*, por sua vez, provém de um teste clonal pertencente a uma empresa florestal, localizada no município de Lassance, Minas Gerais, apresentando 7,5 anos de idade. Para a amostragem do *E. camaldulensis* também foram selecionadas três árvores de diâmetro médio.

De cada árvore foram retirados seis discos de 10 cm de espessura, correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do tronco até o diâmetro mínimo de 7 cm.



Essa foi a metodologia adotada em alguns trabalhos encontrados na literatura, como por exemplo nos trabalhos de Santos et al. (2012) e Costa et al. (2017).

As amostras de madeira foram transformadas em serragem utilizando o moinho de laboratório tipo Wiley, de acordo com a norma TAPPI 257 cm-85 (TAPPI, 2001). Foram obtidas amostras compostas de cada árvore, as quais foram classificadas na fração granulométrica encontrada entre as peneiras de 200 e 270 mesh para a análise termogravimétrica, e entre as peneiras de 40 e 60 mesh para a composição química.

Os teores de extrativos da madeira foram determinados em duplicatas de acordo com a norma TAPPI 204 om-88 (TAPPI, 2001), por meio do método de determinação de extrativos totais, sendo substituído o etanol/benzeno, pelo etanol/tolueno.

Os teores de lignina insolúvel foram obtidos em duplicata baseando-se no método Klason, modificado por Gomide e Demuner (1986). A lignina solúvel foi quantificada por espectrometria, conforme Goldschimid (1971), a partir da diluição do filtrado proveniente do procedimento para obtenção da lignina insolúvel. O teor de lignina total foi definido por meio da soma dos valores de lignina solúvel e insolúvel.

Para determinação dos teores de celulose e hemiceluloses foram calculadas as porcentagens de carboidratos (açúcares), conforme Wallis et al. (1996), utilizando a solução filtrada obtida no processo de extração de lignina insolúvel. O teor de celulose foi obtido considerando a porcentagem de glicose e excluindo uma porcentagem igual ao teor de mananas, cujos monômeros de glicose compõem as glicomananas, na proporção 1:1 (ROWELL et al., 2005).

A porcentagem de hemiceluloses foi calculada por diferença, onde somou-se os valores de celulose e lignina total e posteriormente retirou-se de 100, considerando-se a madeira livre de extrativos. Para a análise estatística da composição química das duas espécies foi realizado o teste F a 5% de significância.

Para análise termogravimétrica da madeira foi utilizado o aparelho DTG-60H, Shimadzu. As análises foram realizadas sob atmosfera de gás nitrogênio, a uma vazão constante de 50 ml.min⁻¹, utilizando aproximadamente 2mg de serragem em cápsula de alumina aberta. As curvas termogravimétricas foram obtidas a partir de 50°C até temperatura máxima de 500°C, com taxa de aquecimento de 10°C.min⁻¹. A curva termogravimétrica (TG) foi obtida para avaliar a perda de massa em função da temperatura.

A partir dos dados obtidos, foram calculadas as de perda de massa nos seguintes intervalos de temperatura: 50-100°C, 100-200°C, 200-300°C, 300-400°C, e 400-500°C. Além disso, foi quantificada a massa residual na temperatura de 500°C. Foi procedida a análise estatística por meio do teste F a 5% de significância para verificar se houve diferenças significativas entre os valores de perda de massa obtidos na decomposição térmica das duas espécies nos diferentes intervalos de temperatura e também em termos de massa residual.

Para representar os componentes químicos da madeira na análise termogravimétrica, foram utilizados:

- Celulose em pó microcristalina ALDRICH.
- Xilana em pó SIGMA da madeira de bétula (90% de resíduos de xilose), componente básico das hemiceluloses da madeira de folhosas.
- Lignina em pó, na forma alcalina ALDRICH (97%).

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (clones), em três repetições (árvores), totalizando 6 unidades amostrais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontra-se a composição química da madeira dos dois materiais genéticos utilizados no estudo. A partir desses dados, pode-se inferir que o *Eucalyptus camaldulensis*



apresentou maior quantidade de lignina em relação ao *Eucalyptus globulus*, cuja porcentagem encontrada foi de 30,3% e 26,4%, respectivamente, diferindo-se estatisticamente entre si. Os valores de holocelulose, por outro lado, foram inferiores para o *E. camaldulensis* quando comparado ao *E. globulus*, sendo de 69,7% e 73,6%, respectivamente.

Tabela 1 – Valores médios de celulose, hemiceluloses, lignina e extrativos da madeira de *E. camaldulensis* e *E. globulus*.

Material	Celulose*	Hemiceluloses*	Lignina*	Extrativos
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	47,6**	22,1	30,3**	4,3**
<i>Eucalyptus globulus</i>	50,1**	23,5	26,4**	1,8**

* Madeira livre de extrativos.

** Diferença significativa a 5% de significância, pelo teste F, em cada coluna.

Os valores estão de acordo com o trabalho de Bassa et al. (2007), em um estudo realizado com o híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos sete anos de idade, cujo teor de lignina total foi de 28,5%, enquanto a holocelulose correspondeu a 68,9% da madeira. Em um outro estudo com clones de *Eucalyptus*, foram obtidos teores de lignina total variando entre 27,5% e 31,7% e de holocelulose variando entre 64,5% e 70,2% (GOMIDE et al., 2005).

Na Figura 1 estão representadas as curvas termogravimétricas (TG) para a celulose, as xilanas e a lignina (Figura 1A), assim como para os dois clones de *Eucalyptus* entre as temperaturas de 50 a 500°C (Figura 1B).

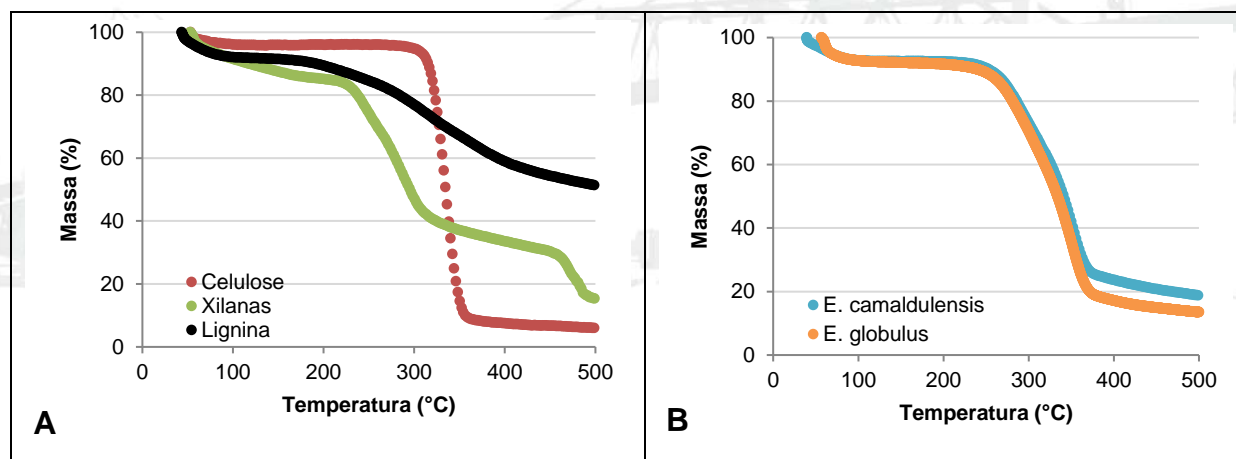


Figura 1 – Termogramas (A e B) dos principais componentes da madeira (amostras comerciais) e da madeira de *Eucalyptus* sp.

As curvas TG foram elaboradas considerando todas as medições, as quais foram realizadas tomando-se dados a cada 11 segundos. Pelo curto intervalo utilizado nessa análise, os pontos obtidos encontram-se muito próximos uns dos outros, formando linhas. Por meio delas, estão representadas as perdas de massa, em porcentagem, em função da temperatura dos dois clones e também dos componentes químicos da madeira. Não se objetivou por meio desse trabalho, desenvolver equações para explicar o comportamento da madeira durante sua decomposição térmica, e sim apenas analisar os processos nela envolvidos.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Com base na Figura 1A é possível observar que os perfis de degradação térmica dos principais componentes da madeira foram distintos entre si. No início do aquecimento, ou seja, até temperaturas próximas a 100°C, ocorreu o processo de secagem da madeira com perda de água de seus componentes.

A celulose se manteve termicamente estável entre as temperaturas próximas de 100 e 300°C. A partir dessa temperatura, sua decomposição ocorreu de maneira drástica e em uma curta faixa de temperatura, degradando-se quase completamente a aproximadamente 370°C. Este padrão de degradação térmica pode ser explicado tendo em vista a formação molecular da celulose, a qual é composta por cadeias lineares de β -D-anidroglicopiranosose (SJÖSTRÖM, 1992; ROWELL et al., 2005).

A partir deste ponto até a temperatura final avaliada o estudo, este componente foi termicamente estável. A massa residual da celulose, considerando-se a massa de madeira absolutamente seca, foi de 6,15% a 500°C. Nota-se, dessa maneira, uma baixa contribuição da celulose no rendimento em carvão vegetal, mesmo sendo o componente majoritário da madeira. Alguns autores constataram que a massa residual de celulose em temperatura de 450°C variou entre 5 e 10% (DI BLASI, 1998; YANG et al., 2007; SHEN et al., 2010), resultados esses semelhantes aos obtidos nesse trabalho.

A decomposição térmica da xilana teve início em temperaturas inferiores à dos outros dois componentes analisados. Isso ocorre porque as hemiceluloses são menos tolerantes à ação do calor e mais vulnerável às reações químicas de degradação, devido à condição amorfa e à existência de hidroxilas expostas conectadas à sua cadeia principal, conforme afirmou Oliveira (2009). A maior perda de massa ocorreu, principalmente, entre as temperaturas de 200 a 300°C, sendo de aproximadamente 38,14%. Um novo pico de degradação foi observado no intervalo de temperatura entre 400 e 500°C, cuja perda de massa foi de 18,27%. A massa residual da xilana na temperatura de 500°C foi de 16,71%. Os valores obtidos foram inferiores aos constatados por Shen et al. (2010), os quais encontraram rendimentos de 26% para resíduos sólidos de hemicelulose a 450°C.

A lignina é o componente da madeira que apresentou a menor decomposição térmica, apresentando reações lentas, que se iniciaram em 160°C e alcançaram temperaturas superiores a 450°C. A perda de massa mais expressiva desse componente ocorreu entre as temperaturas de 300 e 400°C, sendo de 17,85%. A 500°C o resíduo sólido da lignina correspondeu a 55,75%. Essa elevada resistência à degradação térmica da lignina, quando comparada à celulose e às hemiceluloses, pode ser atribuída ao alto nível de aromaticidade que apresenta e também devido ao tamanho e ao arranjo de sua estrutura (HAYKIRI-ACMA et al., 2010). O comportamento citado acima, também foi observado por Yang et al. (2007), os quais trabalharam com temperaturas superiores às do presente estudo, chegando próximas a 900°C. A massa residual que a lignina apresentou está de acordo com o trabalho de Yang et al. (2007), que obtiveram 60% de resíduo sólido de lignina a 450°C, e 45,7% a 900°C. Dessa forma, observa-se que a lignina é o componente químico da madeira que mais contribui para o rendimento em carvão vegetal, mesmo quando submetida a temperaturas extremamente elevadas.

Os perfis de degradação térmica da madeira do *E. camaldulensis* e *E. globulus* estão ilustrados na Figura 1B. Para verificar se houve diferenças significativas entre as duas espécies nos intervalos de temperatura e também em termos de massa residual, foi procedido o teste F, a 5% de significância, conforme consta na Tabela 2.

Apesar das curvas de decomposição térmica das duas espécies terem se apresentado aparentemente semelhantes, comprovou-se haver diferenças significativas na perda de massa para os dois clones nos diferentes intervalos de temperatura, bem como na massa residual a 500°C.

A faixa de temperatura de 50-100°C corresponde à secagem da madeira, sendo influenciada, portanto, pelas condições de umidade em que o material se encontrava no

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





momento antecedente às análises. Os valores de perda de massa nessa faixa não foram considerados no cálculo de massa residual.

Tabela 2 – Análise estatística para a perda de massa das duas espécies em cada intervalo de temperatura.

Material	Faixas de Temperatura (°C)					Massa Residual*
	50-100	100-200	200-300	300-400	400-500	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6,60**	0,33**	18,91**	50,82**	4,37**	20,27**
<i>Eucalyptus globulus</i>	7,31**	1,13**	21,13**	53,30**	3,65**	14,54**

*Massa residual, considerando-se a massa de madeira absolutamente seca (a.s.).

** Diferença significativa a 5% de significância, pelo teste F, em cada coluna.

Nas demais faixas de temperatura foram observadas diferenças significativas entre as perdas de massa das duas espécies. As maiores perdas, tanto para o *E. camaldulensis*, quanto para o *E. globulus*, ocorreram nas faixas de temperatura de 200-300°C e 300-400°C. De acordo com a literatura, a pirólise da madeira ocorre em etapas. O primeiro componente a se degradar são as hemiceluloses, na temperatura de 200 a 260°C; seguida da celulose, principalmente entre as faixas de 240 a 350°C; e por fim, tem-se a degradação da lignina, que se inicia a 150°C, e se mantém estável até 500°C (BYRNE & NAGLE, 1997). Sabe-se também que a soma dos teores de hemicelulose e celulose, denominada holocelulose, é a principal porção de carboidratos da madeira, representando cerca de 65-70% do seu peso seco (ROWEEL et al., 2005). Esses fatores justificam a elevada perda de massa observada nesses dois intervalos de temperatura para os dois clones estudados.

A perda de massa foi superior para o *E. globulus* nas faixas de 100-200°C, 200-300°C, 300-400°C. Esse clone apresentou uma quantidade significativamente superior de celulose e inferior de lignina quando comparado ao *E. camaldulensis*, como está apresentado na Tabela 1, e por essa razão, obteve uma decomposição térmica mais expressiva. A perda de massa só foi superior para o clone *E. camaldulensis* na faixa de temperatura de 400-500°C.

Por fim, foi efetuado o cálculo da massa residual para ambos os clones, sendo observadas diferenças significativas entre os valores encontrados. A massa residual do *E. camaldulensis*, que correspondeu a 20,27%, foi significativamente maior do que a obtida pelo *E. globulus*, cujo valor foi de 14,54%.

4. CONCLUSÕES

O *Eucalyptus camaldulensis* apresentou maior quantidade de lignina e menores valores de celulose e hemiceluloses em relação ao *Eucalyptus globulus*.

O *E. globulus* obteve perdas de massa significativamente superiores nas faixas de 100-200°C, 200-300°C, 300-400°C, quando comparado com o *Eucalyptus camaldulensis*.

Dentre as espécies, a massa residual foi significativamente maior para o *E. camaldulensis*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

BASSA, A. G. M. C.; SILVA JUNIOR, F. G. da; SACON, V. M. Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose Kraft através do Processo Lo-Solids®. 2007.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BYRNE, C. E.; NAGLE, D. C. Carbonization of wood for advanced materials applications. 1997. Carbon, Elmsford, v. 35, n. 2, p. 259-266, 1997.

CASTRO, A. F. N. M. et al. Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA, Brasília, v.48, n.6, p.627-635, 2013.

COSTA, A. C. S., LEAL, C. S., SANTOS, L. C., CARVALHO, A. M. M. L., OLIVEIRA, A. C., & PEREIRA, B. L. C. (2017). Propriedades da madeira de cerne e alburno de *Eucalyptus camaldulensis*. Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), 8(1).

DI BLASI, C. D. Comparison of semi-global mechanisms for primary pyrolysis of lignocellulosic fuels. JOURNAL OF ANALYTICAL AND APPLIED PYROLYSIS, New York, v. 47, n. 1, p. 43-64, 1998.

FONSECA, S. M. et al. Manual prático de melhoramento genético do eucalipto. Viçosa: Editora UFV, 2010. 200p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO. Global Forest Resources. Assessment 2010: main report. FAO Forestry Paper 163. Rome, 2010. 340p.

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWING, C. H. (Eds) Lignins. New York: Wiley Interscience, 1971. p. 241-266.

GOMIDE, J. L. et al. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* no Brasil. REVISTA ÁRVORE, Viçosa, v.29, n.1, p.129-137, 2005.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. O Papel, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

HAYKIRI-ACMA, H.; et al. Comparison of the thermal reactivities of isolated lignin and holocellulose during pyrolysis. Fuel Processing Technology, v.91, p. 759-764, 2010.

JUNIOR J. E. P. et al. Aspectos socioeconômicos, ambientais e legais da eucaliptocultura. 4ª edição. Embrapa Florestas. Sistema de Produção, 4. ISSN 1678-8281, 2014.

LIN, S. Y.; DENCE, C. W. Methods in lignin chemistry. Berlin: Springer Verlag, 1992. 578 p.

OLIVEIRA, R.M. Utilização de técnicas de caracterização de superfícies de madeiras tratadas termicamente. 2009. 123p. Tese (Doutorado) – Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ROWELL, R.M., S. LEVAN-GREEN, 2005. Thermal properties. In: Hand book of wood chemistry and wood composites, Rowell, R.M. (Ed.). Boca Raton: CRC Press, p.121-138.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, ICG dos R. Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. Embrapa Florestas-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E). 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

SANTOS, R. C. D. et al. Análise termogravimétrica em clones de eucalipto como subsídio para a produção de carvão vegetal, 2012.

SHEN, R.; GU, S.; BRIDGWATER, A.V. The thermal performance of the polysaccharides extracted from hardwood: Cellulose and hemicelluloses. Carbohydrate Polymers, v.82, p. 39-45, 2010.

SHIMIZU, J. Y. et al. Variações entre procedências de *Eucalyptus globulus* subsp. maidenii em Guaíba, RS. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 18/19, p.11-16. 1989.

SJÖSTRÖM, E. Wood Chemistry – Fundamentals and applications. Academic Press, Inc. 1992, 293p.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test methods T 257 cm-85: sampling and preparing wood for analysis. In: TAPPI Standard Method. Atlanta, USA. Cd-Rom, 2001.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test methods T 204 om-88: solvent extractives of wood and pulp. In: TAPPI Standard Method. Atlanta, USA. Cd-Rom, 2001.

WALLIS, A.; et al. Analytical characteristics of plantation eucalypt woods relating to kraft pulp yields. Appita Journal, v. 49, n. 5, p. 427-432, 1996.

YANG, H.; et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. Fuel, v. 86, p. 1781-1788, 2007.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS EM ÁRVORES DE *Corymbia citriodora* PROPENSAS À FORMAÇÃO DE LENHO DE TRAÇÃO

Áureo Aparecido Abreu Júnior¹

Carolina Nogueira Xavier¹

José Sánchez¹

Poliane Pereira de Souza¹

Joice Aparecida de Assis¹

Anna Carolina de Almeida Andrade²

José Tarcísio Lima¹

¹ Universidade Federal de Lavras

² Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais - Ciência e Tecnologia da Madeira



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS EM ÁRVORES DE *Corymbia citriodora* PROPENSAS À FORMAÇÃO DE LENHO DE TRAÇÃO

Resumo: Tensões de crescimento são resultantes de esforços mecânicos naturais que agem nas árvores, para sustentação das mesmas. Porém, quando se realiza o corte da árvore essas tensões são liberadas e, dependendo de sua magnitude e distribuição ao redor do fuste, podem ocorrer defeitos como empenamentos e rachaduras; diminuindo assim a qualidade da madeira serrada. Em árvores que crescem inclinadas, a distribuição das tensões no tronco tende a ser mais desequilibrada devido à formação do lenho de tração. Neste contexto, objetivou-se o estudo das tensões de crescimento em árvores eretas e inclinadas de *Corymbia citriodora* com idade aproximada de sessenta anos. Para tal foi utilizada a metodologia de avaliação indireta das tensões, medindo-se a deformação residual longitudinal (DRL) em quatro pontos em volta do fuste por meio do extensômetro. Observou-se diferenças no padrão da distribuição periférica da DRL entre árvores inclinadas e eretas, obtendo-se maior heterogeneidade da distribuição da DRL ao redor do fuste de árvores inclinadas, com maior magnitude no lenho oposto, indicando a presença de lenho de tração.

Palavras-chave: tensões de crescimento, lenho de tração, qualidade da madeira.

GROWTH STRESS INDICATORS OF *Corymbia citriodora* TREES PRONE TO TENSION WOOD FORMATION

Abstract: Growth stresses are resulted of natural mechanical stresses that act on trees regarding to stand them in the upright position. However, when the tree is harvested, the tensions are released and depending on their magnitude and distribution around the trunk, defeats can occur as cracks; This reduces the quality of the lumber. In trees that are leaning the trunk, the distribution of stresses in the trunk tends to be more unbalanced due to the formation of reaction wood. In this context, the objective was to study the growth stresses in straight and bent trees of *Corymbia citriodora*, about sixty years old. For this, an indirect stress evaluation methodology was used, measuring growth stress indicators (GSI) at four points around the trunk periphery utilizing an extensometer. It was observed that there is no pattern of the peripheral distribution of GSI between bent and straight trees, obtaining greater heterogeneity of the GSI distribution around the trunk of inclined trees, and also greater magnitude in the opposite wood, indicating the presence of tension wood.

Keywords: growth stresses, tension wood, wood quality.

1. INTRODUÇÃO

As tensões de crescimento são características intrínsecas das árvores, especialmente quando elas estão em pleno desenvolvimento em altura, no qual são produzidos alguns esforços mecânicos que resultam no acúmulo de tensões no lenho em conjunto com o proceso de maturação celular. Essas tensões são também conhecidas como deformações residuais, ocorrendo dentro dos fustes e nos galhos (THIBAUT e GRIL, 2003).

As árvores só conseguem se manter na posição vertical devido ao equilíbrio dinâmico entre forças de tração e compressão distribuídas ao longo do fuste, tanto longitudinal quanto radialmente (WILSON e ARCHER, 1979). Ao receber esforços mecânicos externos, como a incidência de ventos e a própria ação da gravidade sobre sua

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





massa total, as árvores conseguem flexionar seus troncos e galhos sem romperem sua estrutura até determinado limite (WILSON e ARCHER, 1977; LIMA et al., 2004).

Quando os esforços são muito intensos e persistentes, eles se acumulam no lenho e a árvore desenvolve um certo tipo de madeira denominado lenho de reação, que recebe o nome de lenho de tração quando ocorre em angiospermas, e lenho de compressão em gimnospermas. A formação do lenho de reação é induzida basicamente pelo estado de tensão que é gerado pelos novos anéis de crescimento localizados próximos ao câmbio quando acontece uma estimulação ambiental (BARNETT, 2003).

Esta característica é percebida principalmente em galhos e fustes de árvores inclinadas, os quais desenvolvem uma certa excentricidade da medula, modificando a qualidade da madeira nessas regiões. Geralmente, para fins tecnológicos essa madeira não apresenta boas características pois as toras podem apresentar rachaduras de topo e distorções nas tábuas quando serradas (KÜBLER, 1987; BAILLÈRES et al., 1996), diminuindo consideravelmente o rendimento no desdobro.

A medição da intensidade das tensões de crescimento podem ser aferidas com o uso de métodos indiretos que podem avaliar as deformações residuais longitudinais (DRL) na periferia dos fustes das árvores, por exemplo, com o auxílio de um extensômetro (Lima et al. 2004). Uma relação equilibrada entre DRL medidas em um único indivíduo, nas quatro posições cardeais em volta do tronco, antes do corte da árvore, fornecem indícios de uma boa caracterização da madeira para fins tecnológicos.

Os efeitos destas tensões são observados após o abate, com manifestações de empenamentos e rachaduras na tora e, principalmente, nas tábuas, durante operações de desdobro em serraria. Caso as árvores apresentem elevados valores de DRL, uma possível minimização dos potenciais defeitos, ocasionados pela liberação dessas tensões após a colheita e início da secagem da tora, seria a utilização de determinados métodos de desdobros, como por exemplo, o uso de serras múltiplas no desdobro, o qual permite uma liberação consecutiva das tensões nas linhas de corte ao longo de toda extensão da tora (YANG e WAUGH, 2001).

Com essas considerações, o objetivo deste trabalho foi avaliar, em árvores de *Corymbia citriodora*, o comportamento das deformações residuais longitudinais em troncos eretos e em troncos inclinados propensos à formação de lenho de tração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas seis árvores de *Corymbia citriodora* plantadas com espaçamento de 3 x 2 m, com aproximadamente 60 anos de idade, localizadas em um terreno de topografia ondulada do campus da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG, latitude 21° 14' 4" sul e a uma longitude 44° 59' 5" oeste.

Foi observada a inclinação das árvores, selecionando três com o fuste ereto e três com fuste inclinado. Para a medição da inclinação dos indivíduos contou-se com o auxílio de um prumo. Também foram marcadas as posições cardinais em volta do tronco e a orientação da inclinação das árvores com auxílio de uma bússola.

Foram medidos os DAPs e a Deformação Residual Longitudinal (DRL) nas árvores em pé a 1,30 m de altura do solo. Para a DRL foram feitos quatro painéis de formato retangular, retirando-se a casca, nas quatro posições cardeais (norte, sul, leste e oeste) em volta do fuste de cada árvore ereta e nas respectivas posições ortogonais segundo a orientação da inclinação de cada árvore inclinada.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A DRL foi medida por meio do extensômetro, fixando dois pinos metálicos a 45 mm de distância entre si seguindo a orientação da grã. Após apoiar o equipamento no fuste foi feita a perfuração (com aproximadamente 2,5 cm) entre os pinos metálicos com o auxílio do arco de pua, e assim as tensões foram liberadas e registradas, como apresentado na Figura 1.



Figura 1. Extensômetro utilizado na mensuração das deformações residuais longitudinais (DRL).

Para a análise dos resultados, os dados foram agrupados em uma tabela contendo os valores respectivos ao DAP, orientação cardinal, ângulo de inclinação das árvores e os respectivos valores de DRL nas quatro posições cardeais. Posteriormente, os dados de DRL foram organizados em gráficos para permitir a comparação entre indivíduos respectivos às árvores eretas e árvores inclinadas, permitindo uma avaliação do padrão de comportamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores de DAP, orientação e o ângulo de inclinação das árvores, assim como os valores de DRL. Os DAPs das árvores estudadas encontram-se entre 35,49 e 60,79 cm. Os ângulos de inclinação das árvores variaram de 8,11 a 14,67°, sendo que a árvore inclinada 3 (13) apresentou o maior valor, direcionada no sentido nordeste.

Nota-se que as árvores inclinadas eram voltadas predominantemente nos sentidos norte e nordeste, prováveis de maior ação dos ventos. Além disso, devido a característica ondulada do terreno, fatores genéticos e fototropismo podem ter contribuído com os fenótipos das árvores que apresentavam tortuosidade das copas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Tabela 1. Valores de DAP, orientação, ângulo de inclinação da árvore e Deformação Residual Longitudinal (DRL)

Árvore	DAP (cm)	Orientação do fuste	Ângulo de inclinação (°)	DRL (µm)			
				Norte	Leste	Sul	Oeste
Ereta 1 (E1)	45,19			48	84	77	82
Ereta 2 (E2)	35,49			43	57	53	42
Ereta 3 (E3)	60,79			-46	53	87	63
Inclinada 1 (I1)	60,31	N	8,11	29	-112	189	-42
Inclinada 2 (I2)	42,65	N	8,67	31	75	145	-424

Árvore	DAP (cm)	Orientação do fuste	Ângulo de inclinação (°)	DRL (µm)			
				Noroeste	Nordeste	Sudeste	Sudoeste
Inclinada 3 (I3)	45,51	NE	14,67	21	7	173	174

DAP = Diâmetro a altura do peito (1,30 m do solo).

O maior valor de DRL encontrado para árvores eretas foi de 87 µm na face sul da árvore E3 que apresentava o maior DAP (60,79 cm) dentre os três indivíduos eretos analisados, e o menor valor de DRL foi de -46 µm também encontrado na árvore E3, na face norte. Para as árvores inclinadas, o menor valor de DRL encontrado foi de -424 µm na árvore I2 que apresentava o DAP de 42,65 cm dentre os três indivíduos inclinados analisados, e o menor valor de DRL foi de 7 µm encontrado na árvore I3 com DAP de 45,51 cm (Tabela 1). Valores positivos de DRL indicam que naquela face o lenho encontrava-se sob tensões de tração, enquanto valores negativos indicam que o respectivo lenho encontrava-se sob tensões compressivas.

Em um estudo realizado por Lima *et al.* (2015) com árvores eretas de nove espécies de eucaliptos aos 37 anos de idade, *Corymbia citriodora* apresentou DRL variando entre 281 e 51 µm, sendo que esta espécie apresentou maior valor médio de DRL (106,38 µm) dentre as espécies analisadas. Os resultados encontrados para as três árvores eretas (Tabela 1) estão dentro do intervalo de valores de DRL encontrados por Lima *et al.* (2015), apesar de algumas DRL encontrarem-se abaixo de 51 µm.

Quando consideramos o DAP das árvores, observamos que com o aumento do diâmetro nas árvores eretas há uma tendência de aumento dos valores de DRL nos quatro pontos cardeais, que pode ser observado da árvore E2 (DAP de 35,49 cm) para árvore E1 (DAP de 45,19 cm). Porém, esse comportamento não foi observado entre a árvore E1 e a árvore E3 (DAP de 60,79 cm), destacando-se ainda um valor negativo de DRL (-46 µm) na face Norte, o que indica que essa porção do lenho está sujeita à compressão (Figura 2). É possível que mesmo árvores eretas possuíam copas assimétricas, o que poderia originar desuniformidades nas distribuições de DRL e, mesmo, lenho de tração.

Em um estudo realizado por Carvalho *et al.* (2010) correlacionando os valores de DRL com diferentes classes diamétricas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, foi encontrada uma correlação negativa entre DRL e os diâmetros de classe, ou seja, uma tendência de decréscimo de valores de DRL com o aumento do diâmetro das árvores. O mesmo comportamento foi encontrado entre E2 e E1, as quais possuem diâmetros diferentes, porém entre E1 e E3, com o aumento do valor de DAP, não ocorreu essa tendência de comportamento das DRL analisadas.

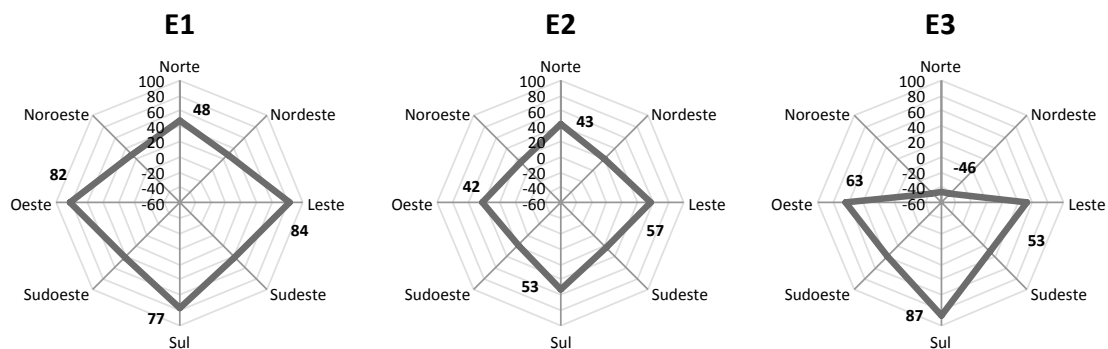


Figura 2. Distribuição periférica das deformações residuais longitudinais (μm) nas árvores eretas de *Corymbia citriodora*.

Na Figura 3, verifica-se que para as árvores inclinadas os maiores valores de DRL, 189 μm (I1), 145 μm (I2) e 173 μm (I3), foram aqueles medidos na face tracionada do tronco inclinado, ou seja, nas faces Sul e Sudeste, face superior da inclinação da árvore (Figura 3), fato explicado pela tração exercida nessa porção do tronco. Esses valores de DRL são, aproximadamente, 6, 4 e 8 vezes maiores, respectivamente, aos valores encontrados na face inferior da inclinação dos troncos (faces Norte e Nordeste). Na intenção de redirecionar a árvore ao estado ereto, a mesma desenvolve o lenho de tração, típico das angiospermas, como em *Corymbia citriodora*.

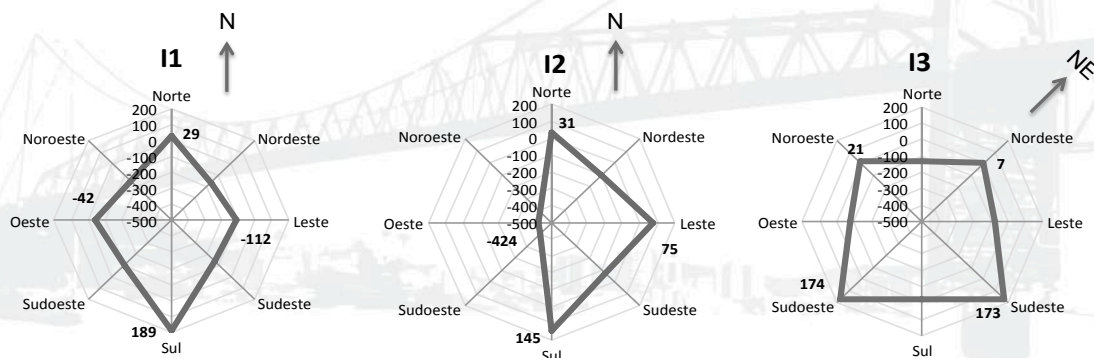


Figura 3. Distribuição periférica das deformações residuais longitudinais (μm) nas árvores inclinadas de *Corymbia citriodora*. As setas indicam a orientação da inclinação das árvores.

Nota-se ainda que, para as árvores inclinadas, não houve um padrão na distribuição das DRL nas quatro posições cardiais analisadas (Figura 3), impossibilitando verificar uma tendência no comportamento da DRL conforme o diâmetro da árvore analisada. Isso pode ser notado para as árvores I2 e I3, que mesmo apresentando diâmetros próximos, 42,65 e 45,51 cm, respectivamente, resultaram em distintos valores de DRL. Porém, deve ser ressaltado que mesmo possuindo um diâmetro aproximado, os valores de angulação de inclinação dessas árvores foram diferentes, possuindo uma amplitude de 6° , o que provavelmente foi um fator determinante para os distintos resultados de DRL.

Em termos do processamento da madeira, os valores de DRL podem ser relacionados, por exemplo, com índices de rachadura de topo (IRT) e retratibilidade da madeira. Vários trabalhos têm demonstrado que a madeira de *Eucalyptus* apresenta maior IRT quando seus troncos são mais tensionados, ou seja, apresentam maiores valores de



DRL (SOUZA, 2003; TRUGILHO, 2005; BELTRAME, 2015). Silva et al. (2016) também encontraram relação semelhante para mogno africano (*Khaya ivorensis* e *K. senegalensis*).

Com base nesses resultados, é esperado que a árvore Ereta 2 (Tabela 1), de menor diâmetro, seja entre todas as estudadas a que será menos propensa ao surgimento de rachaduras. Por outro lado, todas as árvores inclinadas apresentarão alta propensão a rachaduras, não somente por apresentarem altas DRL, mas também pela assimetria entre esses valores observados ao redor do tronco.

É esperado que a árvore I2 se destaque na intensidade desse defeito, considerando-se o módulo dos valores. Entretanto, deve-se ressaltar que apenas o valor de deformação residual não é suficiente para definir a propensão de uma madeira a sofrer rachaduras. Entre outras características, é importante considerar a resistência mecânica específica dessa madeira, ao fendilhamento, por exemplo. O comportamento das tábuas dessas árvores frente ao desdobro está em avaliação. Características como empenamentos e rachaduras serão oportunamente publicados.

4. CONCLUSÕES

Existe diferença no comportamento padrão na distribuição periférica da deformação residual longitudinal (DRL) entre árvores eretas e inclinadas de *Corymbia citriodora*, tendendo a ser mais homogêneo nas árvores eretas e, heterogêneo e com maior magnitude do lado tracionado do fuste inclinado. Porém, o comportamento das DRLs quando relacionado aos diâmetros das árvores analisadas foi variável, não permitindo definir uma tendência.

Alguns resultados indicam a presença de lenho de tração nas árvores analisadas e com isso o uso do extensômetro como método indireto de medição da tensão de crescimento, é uma ferramenta útil para identificar madeira de reação em árvores em pé. Com essa ferramenta foi possível observar valores negativos para uma das árvores eretas, que aparentemente não apresentava nenhuma inclinação do fuste, mas após medição com extensômetro denotou presença de lenho comprimido em um dos pontos analisados.

Dessa forma, os dados obtidos pelo extensômetro em campo, antes do abate das árvores, facilita a tomada de decisão dos melhores métodos de desdobro a serem utilizados na serraria a fim de se aumentar o rendimento no desdobro da tora.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILLÈRES, H.; FOURNIER-DJIMBI, M.; GÉRARD, J.; THIBAUT, B. Growth stresses, end splitting and sawing distortions in Eucalypts from plantation, in *International Conference on Wood Mechanics* (ed. S. Aicher), FMPA-Otto-Graf-Institut, Stuttgart, pp. 483–494. 1996.

BARNETT, J.; JERONIMIDIS, G. Wood quality and its biological basis. In Blackwell London, UK:Blackwell, 2003, 226 p.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BELTRAME, R. et al. Tensão de crescimento e sua relação com as rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus spp.* *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 63-74, 2015.

CARVALHO, A. M. et al. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. *Revista Árvore*, Viçosa - MG, v.34, n.2, pp. 323-331, 2010.

DELUCIS, R. de A.; MISSIO, A. L.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A. Predição da deformação residual longitudinal por meio de propriedades dendrométricas e físicas de acácia negra. *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 05, n. 01, pp. 42-57, 2014.

KÜBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. *Forest Products Abstracts*, v. 10, pp. 61–119, 1987.

LIMA, J. T. et al. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. *Revista Árvore*, v.28, n.1, p.107-116, 2004.

LIMA, J. T. et al. Deformações residuais longitudinais em *Eucalyptus sp.* e *Corymbia sp.* In: *II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira - Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015*.

SILVA, J. G. M, DA; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; BATISTA, D. C.; SORANSO, D. R.; BILLO, D. F. Qualidade da madeira de mogno africano para a produção de serrados. *Scientia Forestalis*, v. 44, n.109, 2016.

SOUZA, M. A. M. de; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J.T.; ROSADO, S. C. da S. Deformação residual longitudinal e sua relação com algumas características de crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus*. *Revista Floresta*, v.33, n.3, p. 275-284. 2003.

THIBAUT, B.; GRIL, J. Wood Quality and its Biological Basis: Chapter 6 - Growth stresses. 2003, 226 p.

TRUGILHO, P. F. Tensão de crescimento em árvores vivas de clones de *Eucalyptus spp.* e de *Eucalyptus dunnii* Maiden e propriedades de sua madeira. 2005. 123 p. Tese (Pós Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

WILSON, B. F.; ARCHER, R.R. Reaction wood – Growth stresses and strains. *Annu. Rev. Plant Physiol.* v. 28, pp. 23-43, 1977.

WILSON, B.F.; ARCHER, R.R. Tree design: some biological solutions to mechanical problems. *Bioscience*, v. 29, n. 5, pp. 293–298, 1979.

YANG, J.; WAUGH, G. Growth stress, its measurement and effects. *Australian Forestry*, v. 64, n. 2, pp.127-135, 2001.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DEGRADAÇÃO NATURAL DAS MADEIRAS Cupressus lusitanica, Cryptomeria japonica E Pinus taeda EXPOSTAS A CAMPO DE APODRECIMENTO

Gláucia Nunes¹
Évelyn Grosskopf¹
Magnos Alan Vivian¹
Mário Dobner Júnior¹
Ugo Leandro Belini²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DEGRADAÇÃO NATURAL DAS MADEIRAS *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* E *Pinus taeda* EXPOSTAS A CAMPO DE APODRECIMENTO

Resumo: A madeira, por ser um material heterogêneo e orgânico, é suscetível a deterioração, especialmente em condição extremas, como em contato com o solo. A durabilidade da madeira em serviço varia entre espécies, bem como dentro da mesma espécie, e uma das melhores ferramentas para avaliar tal característica são os ensaios em campo de apodrecimento, que proporcionam as condições naturais e reais de deterioração da madeira. Com base nisto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a durabilidade natural das madeiras de *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* e *Pinus taeda* em ensaio de apodrecimento a campo, através da perda de massa e do índice de deterioração. Para isso, foram confeccionados corpos de prova seguindo o padrão IUFRO, com as dimensões de 2,5 x 5,0 x 50,0 cm, de espessura, largura e comprimento, respectivamente. O ensaio foi instalado a campo aberto, com avaliações sendo realizadas a cada 6 meses através do índice de deterioração e da perda de massa. A *Cryptomeria japonica* foi a espécie que apresentou madeira com menor perda de massa (2,80%), seguida do *Cupressus lusitanica* (3,69%). Já o *Pinus taeda* apresentou perda de massa de 4,92% e 9,04%, para madeira com 15 e 43 anos, respectivamente. Para utilizar as espécies deste estudo em ambientes externos e em contato com o solo há necessidade da realização de estudos mais aprofundados e com maior tempo de exposição a campo, uma alternativa para prolongar a vida útil destas seria o uso de tratamento preservante.

Palavras-chave: Apodrecimento; biodeterioração, durabilidade natural.

NATURAL DEGRADATION OF *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* AND *Pinus taeda* WOODS EXPOSED IN DECAY FIELD

Abstract: The wood, being a heterogeneous and organic material, is susceptible to deterioration, especially in extreme conditions, such as in contact with the soil. The durability of the wood in service varies between species, as well as within the same species, and one of the best tools to evaluate such characteristic is rotting field trials, which provide the natural and real conditions for wood deterioration. Based on this, the objective of this work was to evaluate the natural durability of *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* and *Pinus taeda* wood in field rot, through mass loss and deterioration index. For that, IUFRO test specimens measuring 2.5 x 5.0 x 50.0 cm, thickness, width and length, respectively, were made. The test was installed in the open field, with evaluations performed every 6 months through the index of deterioration and mass loss. *Cryptomeria japonica* was the species that presented wood with lower mass loss (2.80%), followed by *Cupressus lusitanica* (3.69%). The *Pinus taeda* presented mass loss of 4.92% and 9.04% for wood with 15 and 43 years, respectively. In order to use the species of this study in contact with the soil, it's necessary to carry out more detailed studies and with a longer time of exposure to the field, an alternative to prolong the useful life of these would be the use of preservative treatment.

Keywords: Rotting; Biodeterioration, natural durability.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





1. INTRODUÇÃO

A escassez de espécies madeireiras de alta durabilidade natural provenientes de florestas nativas, em parte pela questão ambiental restritiva, bem como pela lei da oferta e demanda das espécies comercializadas, elevam o valor comercial dessas inviabilizando economicamente seu uso. Com base nessa perspectiva torna-se necessária a substituição por espécies plantadas que apresentem rápido crescimento e disponibilidade de mercado (ARAÚJO et al., 2012).

O uso da madeira para diversos fins é limitada pela sua baixa durabilidade natural. Sendo assim, o seu conhecimento é importante para melhor aproveitamento de cada madeira, de modo a evitar desperdícios e gastos com substituição das peças (SILVA et al., 2004; MELO et al., 2010).

De acordo com Costa et al. (2005), testes realizados a campo reproduzem com precisão situações em que a madeira é utilizada em contato direto com o solo, pois expõe a mesma a períodos irregulares de radiação solar, secagem, lixiviação, ao contato com os agentes químicos que encontram-se no solo e com os xilófagos presentes no ambiente, estes geralmente atuando em conjunto causando desgaste na madeira.

Segundo Jesus et al. (1998), as informações obtidas em ensaios de durabilidade natural complementam o estudo de outras propriedades tecnológicas da madeira, fornecendo informações mais completas sobre o uso de determinadas espécies, bem como fornecer subsídios para a indústria madeireira.

Entre as espécies utilizadas no setor madeireiro, especialmente de madeira serrada, destacam-se as do gênero *Pinus*, que são a base do setor na região Sul do país. Estas apresentam madeira com boas características de trabalhabilidade e usinagem, sendo que se enquadram nas chamadas “madeiras macias” ou “softwood”, ou seja, coníferas que tendem a apresentar madeira de baixa densidade (REMADE – REVISTA DA MADEIRA, 2004).

Outras espécies de coníferas que apresentam madeira de boa qualidade e trabalhabilidade são a *Cryptomeria japonica* e o *Cupressus lusitanica*. A *Cryptomeria japonica* é conhecida popularmente como pinheiro-japonês, e tem origem nas regiões temperadas do Japão onde as altitudes variam de 600 e 1.800m, com clima caracterizado por invernos frios e ocorrência de neve, e verões de moderados a quentes. Pertence à família Cupressaceae e apresentam ótimo crescimento em regiões com temperatura média anual entre 12° e 14°C, e com índice pluviométrico médio anual de 3.000 mm (EMBRAPA, 1988; SOUZA; LORENZI, 2008). Segundo Capaldi (2002), a madeira é muito utilizada na confecção de móveis, pisos e casas. É também utilizada pela indústria farmacêutica por apresentar características medicinais. O mesmo autor cita que no Brasil o seu cultivo é para fins ornamentais, paisagísticos e reflorestamento, principalmente em regiões com clima ameno.

Já a espécie *Cupressus lusitanica* é nativa da América Central, sendo conhecida como Cipreste do México, Cedro de Goa e Cedro de Portugal. A espécie apresenta rápido crescimento e produtividade média de 30 m³/ha/ano, também pertencendo à família Cupressaceae (AMARAL, 2009; EMBRAPA, 1988). A madeira é empregada em caixotarias, postes, moirões, em alguns tipos de móveis, na carpintaria. Em usos que necessitam de alta



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

resistência mecânica essa madeira não é indicada (KOTHIYAL et al., 1998 apud PEREIRA; HIGA, 2003).

As espécies *Cryptomeria japonica* e *Cupressus lusitanica* são coníferas que se adaptam bem ao clima frio da região Sul do Brasil e devido ao seu rápido crescimento podem ser uma alternativa ao uso do *Pinus*, que atualmente é o gênero mais utilizado na região (DOBNER JUNIOR et al., 2013; PEREIRA; HIGA, 2003).

Devido à escassez de informações técnicas sobre a resistência natural das espécies em estudo, é difícil saber onde empregar a madeira e prever o comportamento nas mais diversas condições de uso.

Diante disto o objetivo do presente trabalho foi avaliar a degradação natural das madeiras de *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* e *Pinus taeda* em ensaio de apodrecimento a campo através da perda de massa e do índice de deterioração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O experimento foi instalado na Área Experimental Florestal (AEF), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizada nas coordenadas 27° 18' 52" latitude Sul e longitude 50° 42' 35" Oeste, com altitude de 987 m, em dezembro de 2015. O clima na região segundo Köppen é Cfb, temperado mesotérmico úmido, com verão ameno e sem estação seca. As classes de solos predominantes do tipo Cambissolos, Argissolos e Neossolos (EPAGRI; CEPA, 2003).

2.2. Coleta e preparo do material

Foram utilizadas toras das espécies *Cupressus lusitanica* e *Cryptomeria japonica* ambas com 16 anos, e *Pinus taeda* com 15 e 43 anos, que foram obtidas junto a empresa Florestal Gateados, do município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina.

As toras foram retiradas da base da árvore e destas foram confeccionados corpos de prova de acordo com o padrão sugerido pela IUFRO citado por Lepage (1970) nas dimensões 2,5 x 5,0 x 50,0 cm de espessura, largura e comprimento, respectivamente. Para um melhor acabamento, foram lixados com lixa de grã 80.

Na sequência os corpos de prova foram submetidos a secagem em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 60 °C, até massa constante, para serem então pesados (obtenção da massa inicial) e medidos (para obtenção do volume). A partir destes calculou-se a densidade aparente de cada espécie. A massa inicial foi utilizada para cálculo da perda de massa após a exposição a campo. Para determinação da densidade aparente foi utilizada a Equação 1.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





$$D_a = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Em que:

D_a = densidade aparente, g/cm³;

m = massa, g;

v = volume, cm³.

2.3. Instalação e avaliação do ensaio de campo de apodrecimento

O campo de apodrecimento foi instalado em campo aberto na Área Experimental Florestal da Universidade Federal de Santa Catarina (Figura 1).



Figura 1. Campo de apodrecimento instalado na Área Experimental Florestal da UFSC.

O experimento foi instalado e conduzido em delineamento com blocos casualizados (DBC), utilizando parcelas subdivididas no tempo, sendo 5 blocos com 10 corpos de prova de cada espécie por bloco, conforme apresentado no croqui (Figura 2). Os corpos de prova foram instalados no solo equidistantes 30 cm entre a mesma espécie e 100 cm entre espécies, que foram enterrados na metade do seu comprimento, ou seja, 25 cm, região conhecida como zona de afloramento.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

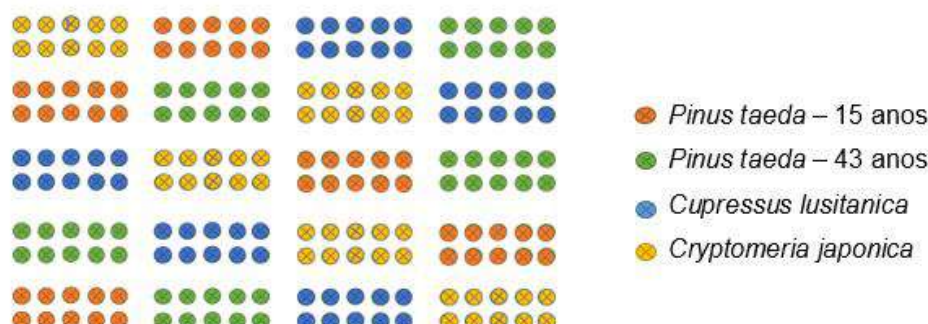


Figura 2. Croqui de instalação do campo de apodrecimento.

As avaliações foram realizadas a cada 6 meses, retirando um corpo de prova por espécie por bloco, totalizando cinco repetições por período. Os dados apresentados avaliam a deterioração ocorridas nas madeiras durante o período de um ano (6 e 12 meses).

Após a retirada do campo, os corpos de prova são limpos com auxílio de uma escova para retirada do solo aderido. Em seguida são submetidos em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C (mesma condição pré-ensaio), até obtenção da massa constante. Para obtenção da perda de massa utilizou-se a Equação 2.

$$PM(\%) = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

PM = perda de massa, %;

M_i = massa inicial, g;

M_f = massa final, g.

A perda de massa foi classificada com base na norma ASTM D 2017 (2005) que é utilizada para ensaios de apodrecimento acelerado conduzidos em laboratório, em classes de resistência, de acordo com o percentual de perda de massa (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de resistência, segundo a norma ASTM D 2017 (2005).

Classe de Resistência	Perda de Massa (%)	Massa Residual (%)
Altamente Resistente (AR)	0 – 10	90 – 100
Resistente (R)	11 – 24	76 – 89
Moderadamente Resistente (MR)	25 – 44	56 – 75
Não-Resistente (NR)	> 45	> 55

Para a análise visual utilizou-se o índice de deterioração, no qual são atribuídas notas, onde avalia-se a sanidade da madeira conforme sugerido por Lepage (1970), Tabela 2.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Tabela 2. Classificação da deterioração da madeira (LEPAGE, 1970).

Estado de sanidade	Nota	Índice de deterioração
Sadio, nenhum ataque	0	100
Ataque leve ou superficial de fungos e térmitas	1	90
Ataque evidente mas moderado de fungos e térmitas	2	70
Apodrecimento intenso ou ataque intenso de térmitas	3	40
Quebra, perda quase total de resistência	4	0

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas em campos experimentais apresentam variações de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação. Os dados climáticos do local de estudo durante o período em que o experimento esteve instalado foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde a temperatura média foi de 16,3 °C, a umidade relativa média do ar foi de 80 % e a precipitação do período foi 1.910 mm, indicando que foi um ano em que houve grande quantidade de precipitação.

3.1 Densidade aparente

A densidade aparente das madeiras de *Pinus taeda* com 15 e 43 anos, *Cupressus lusitanica* e *Cryptomeria japonica* encontra-se na Figura 3.

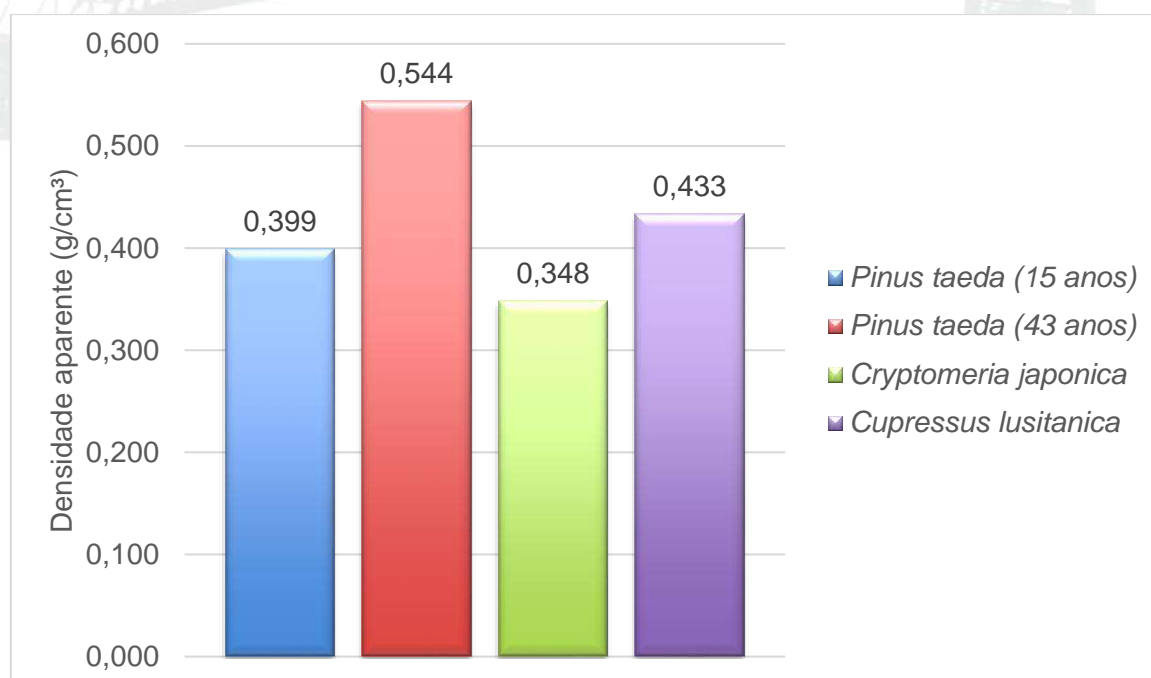


Figura 3. Densidade aparente das espécies

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

O valor médio de densidade aparente para a madeira de *Pinus taeda* com 43 aos encontrado nesse trabalho é inferior ao citado Ballarin e Palma (2003) que encontraram um valor de 0,674 g/cm³ para a mesma espécie com 37 anos. Os mesmos autores encontraram um valor de 0,536 g/cm³ para a madeira Jovem de *Pinus taeda*, sendo um valor superior ao descrito nesse trabalho.

Segundo Trendelenbrug e Meyer Wegelin, citado por Muñiz (1993), o gênero *Pinus* apresenta como característica elevada variação da densidade em uma árvore ou entre árvores, isso pode ocorrer pelos fatores genéticos, ambientais, silviculturais, madeira juvenil e adulta e etc.

O valor de encontrado para a espécie *Cupressus lusitanica*, é próximo ao encontrado Cerchiari, (2013), para a mesma espécie que apresentou 0,460 g/cm³, porem o autor não cita a idade do material utilizado no estudo.

Em estudo realizado por Pinto e Iwakiri (2013) obtiveram para a espécie de *Cryptomeria japonica* uma densidade aparente para a madeira de cerne e alburno com 35 anos 0,393 e 0,473 g/cm³ respectivamente, tal valor é superior ao obtido neste experimento, o que pode ser devido a idade da madeira. Já Carneiro et al. (2009), encontraram para *Cryptomeria japonica* de 14 anos idade, valor médio de 0,307 g/cm³.

3.2 Perda de massa

A perda de massa observada para as madeiras expostas ao campo de apodrecimento é apresentada na Tabela 3. Com base na classificação da Tabela 1 as madeiras em estudo durante o período de exposição a campo podem ser consideradas como altamente resistentes, pois apresentaram perda de massa inferior a 10%.

Tabela 3. Perda de massa dos corpos de prova submetidos ao campo de apodrecimento

Espécie	Perda de Massa (%)	
	Tempo (Meses)	
	6	12
<i>Cupressus lusitanica</i>	1,84	3,69
<i>Cryptomeria japonica</i>	1,33	2,80
<i>Pinus taeda</i> (15 anos)	2,17	4,92
<i>Pinus taeda</i> (43 anos)	4,27	9,04

Okino et al. (2010) classificou a madeira de *Cupressus* sp. com 20 anos em altamente resistente após realizar ensaio de apodrecimento acelerado, podendo ser uma espécie para utilização em ambientes com alta umidade seja em uso interior ou exterior.

Em ensaio conduzido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2015, a madeira de *Cryptomeria japonica* foi classificada como medianamente durável, ou seja, a perda de massa ficou entre 50 a 90%, sendo superior a encontrada neste experimento, tal explicação

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





se deve ao fato do ensaio realizado no estudo em questão ser em condições controladas de laboratório a térmitas da espécie *Reticulitermes grassei* (Isoptera: Rhinotermitidae).

Grosskopf et al. (2016) em um ensaio de apodrecimento acelerado classificou a madeira de *Pinus taeda* como resistente, onde obteve uma perda de massa de 23,40%, o que pode ser devido as condições controladas e por ser um ensaio de rápida duração. O que no experimento em campo pode demorar mais tempo para atingir essa perda de massa.

3.3 Análise visual

O índice de comportamento (IC) das madeiras submetidas a campo de apodrecimento pode ser observado na Tabela 4. Com o decorrer do tempo de exposição o IC foi reduzindo, ou seja, foram ocorrendo desgastes na madeira.

Tabela 4. Índice de comportamento dos corpos de prova submetidos ao campo de apodrecimento

Espécie	Índice de Lepage	
	Tempo (Meses)	
	6	12
<i>Cupressus lusitanica</i>	94	86
<i>Cryptomeria japonica</i>	96	90
<i>Pinus taeda</i> (15 anos)	90	82
<i>Pinus taeda</i> (43 anos)	94	82

Os valores de índice de comportamento encontrados para as espécies indicam que as madeiras sofreram ataque leve ou superficial de fungos e térmitas durante o tempo de exposição a campo. Sendo que a *Cryptomeria japonica* foi a espécie que apresentou menor degradação superficial, alterando pouco a sua aparência. Já a espécie de *Pinus taeda* com 15 e 43 anos apresentaram um maior desgaste superficial.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos após exposição das madeiras em campo de apodrecimento, é possível concluir que:

- a madeira de *Cryptomeria japonica* é a mais resistente, pois apresentou a menor perda de massa e melhor índice visual, indicando que a espécie teve uma menor deterioração aparente;
- a madeira de *Cupressus lusitanica* apresentou perda de massa e índice visual intermediários as demais espécies estudadas;



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

- a madeira de *Pinus taeda* com 43 anos perdeu mais massa que a madeira com 15 anos, o que indica que a mesma apresenta uma menor durabilidade. O índice visual para a espécie foi mais baixo do que as demais espécies, o que mostra que estas sofreram maior ataque de xilófagos que as outras espécies.

Para utilização das espécies estudadas em ambientes externos em contato com o solo há necessidade de estudos mais aprofundados e com um maior tempo de exposição a campo. Ainda é possível utilizar essas espécies após tratamento preservante o que pode contribuir para prolongar a vida útil.

5. AGRADECIMENTO

A Empresa Florestal Gateados pela doação da madeira das espécies utilizadas para condução do estudo, e aos acadêmicos e servidores da UFSC que colaboraram na instalação do experimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL L. S. Análise de metabólitos secundários produzidos por fungos endofíticos associados à *Cupressus lusitanica*. 2009. 164 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-2017. Standard test method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Philadelphia, 2005. 5p.

ARAUJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. ACTA AMAZONICA, v. 42, p. 49 – 58, 2012.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. REVISTA ÁRVORE, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

CAPALDI, F. R. Avaliação de diferentes fontes de nitrogênio em explantes de *Cryptomeria japonica* D. DON. “ELEGANS” cultivadas in vitro: análises bioquímicas e relações entre reguladores vegetais. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

CARNEIRO, M.E.; BITTENCOURT, E.; MUNIZ, G.I.B. Qualidade da madeira de *Cryptomeria japonica* D.Don. Floresta, Curitiba, v.39, n.4, p.913-920, 2009.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CERCHIARI, A. M. F. Aprimoramento do poliuretano a base de óleo de mamona na manufatura de Madeira Laminada Colada (MLC) de *Cupressus lusitanica*, *Corymbia maculata* e *Hevea brasiliensis*. 2013. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2013.

COSTA, A. F.; VALE, A. T.; GONZALEZ, J. C.; SOUZA, F. D. M. Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. FLORESTA E AMBIENTE, v. 12, n. 1, p. 07-14, 2005.

DOBNER JR, M; TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R.; ARCE, J. E. Crescimento de um povoamento de *Cryptomeria japonica* no sul do Brasil. SCIENTIA FORESTALIS, v. 41, p. 39-46, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina. Curitiba, 1988. 113p.

EPAGRI; CEPA. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA. Caracterização regional: Curitibanos. Florianópolis: Epagri, 2003. 34p.

GROSSKOPF, E. J.; NUNES, G. C.; CAETANO, A. P.; ITAKO, A. T.; MODES, K. S.; VIVIAN, M. A. Durabilidade natural das madeiras de araucária, pinus e eucalipto submetidas ao ataque do fungo apodrecedor *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilat. In: Anais do XII Simpósio Florestal Catarinense. Lages: CAV/UEDESC, 2016. 601 p.

JESUS, M. A.; MORAIS, J. W.; ABREU, R. L. S. Durabilidade natural de 46 espécies de madeira amazônica em contato com o solo em ambiente florestal. SCIENTIA FORESTALIS, Piracicaba, n. 54, p. 81-92, 1998.

LEPAGE, E. S. Método padrão sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira. PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS, São Paulo, v.1, n.4, p. 205-216, 1970.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. SUSIN, F. Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 20, n. 2, p. 357-365, 2010.

MUÑIZ, G. I. B. Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. 1993. 236 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

OKINO, E. Y. A.; SANTANA, M. A. E.; ALVES, M. V. S.; MELO, J. E.; CORADIN, VERA T. R.; SOUZA, M. R.; TEIXEIRA, D. E.; SOUSA, M. E. Technological Characterization of *Cupressus* spp. Wood. FLORESTA E AMBIENTE, v. 17, n. 1, p. 1-11, 2010.

PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V. Propriedades da Madeira de *Cupressus lusitânica* Mill. Comunicado Técnico 107, Colombo, PR, p. 1-5, dez. 2003.

PINTO, J. A.; IWAKIRI, S. Estudo sobre a viabilidade do uso da madeira de "*Cryptomeria japonica*" para produção de painéis compensado. SCIENTIA FORESTALIS, v. 41, n. 97, p. 29-37, 2013.

REMADE. Revista da Madeira: Madeira de reflorestamento para móveis. Ed. nº 85, 2004.

SILVA, J.C.; LOPEZ, A. G. C., OLIVEIRA, J. T. S. Influência da idade na resistência natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. HILL ex. Maiden ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). REVISTA ÁRVORE, v. 28, n. 4, p. 583-587, 2004.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. 704p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DEMARCAÇÃO DOS LENHOS JUVENIL E ADULTO EM ANDIROBA DE FLORESTAS DE TERRA FIRME E VÁRZEA

Anderson Vasconcelos Firmino¹
Graziela Baptista Vidaurre Dambroz¹
Marcelino Guedes²
José Tarcísio da Silva Oliveira¹
João Gabriel Missia da Silva¹
José Clailson Franco Coelho¹
Marcia Carneiro¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

² Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Amapá



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DEMARCAÇÃO DOS LENHOS JUVENIL E ADULTO EM ANDIROBA DE FLORESTAS DE TERRA FIRME E VÁRZEA

Anderson V. **FIRMINO**¹; Graziela B. **VIDAURRE**¹; Marcelino C. **GUEDES**²;
José Tarcísio da S. **OLIVEIRA**¹; João Gabriel M. da **SILVA**¹; José Clailson F.
COELHO¹, Marcia F. **CARNEIRO**¹

¹Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

²Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Amapá

Resumo: objetivo do trabalho foi demarcar a transição entre os lenhos juvenil e adulto em árvores de *Carapa guianensis* provenientes de dois ambientes naturais de crescimento, florestas de terra firme e de várzea estuarina do rio Amazonas. Foram colhidas oito árvores da espécie, quatro em cada ambiente de crescimento, na Reserva Extrativista do Rio Cajari, Amapá, Brasil. Do tronco de cada árvore foi retirado um disco acima da região que finalizava as raízes adventícias. Em cada disco, foram marcadas e seccionadas duas seções diamétrais no sentido casca-casca. Para cada lado da seção diametral e a partir da medula foram retirados corpos de prova com dimensões de 2x2x2 cm para avaliação do comprimento e espessura da parede das fibras. A segregação entre os lenhos de *Carapa guianensis* proveniente de floresta de terra firme e de várzea pode ser realizada por meio do comprimento das fibras, com o auxílio de análise gráfica e modelos de regressão. O ambiente de crescimento das árvores de andiroba não teve efeito sobre a proporção de lenho juvenil no tronco, e as proporções de lenho juvenil por ambiente de crescimento foram próximas as determinadas em árvores de folhosas provenientes de plantios homogêneos no Brasil.

Palavras-chave: *Carapa guianensis*, maturação do lenho, ambientes de crescimento, qualidade da madeira.

DEMARICATION OF JUVENILE AND MATURE WOOD IN ANDIROBA FROM FIRM GROUND AND LOWLAND FORESTS

Abstract: The aim of research was demarcate transition juvenile and adult wood in *Carapa guianensis* trees from two natural's growth environments, firm ground and lowland forests near the Amazon River. Eight trees of the specie were harvested, four each growth environment, at the Cajari River Extractive Reserve, Amapá, Brazil. From the trunk of each tree was removed a disk above the region that finished the adventitious roots. In each disk, two diametrical sections were marked and sectioned in the bark-to-bark direction. For each side of the diametrical section and from the pith were removed samples with dimensions of 2x2x2 cm for evaluation of the fibers length and wall thickness. Segregation between the wood of *Carapa guianensis* from firm ground and lowland forests can be carried out through of fibers length, with the aid of graphical analysis and regression models. The growth environment of the andiroba trees had no effect on the proportion of juvenile wood in the trunk, and the proportions of juvenile wood per growth environment were close to those determined in hardwood trees from homogenous plantations in Brazil.

Keywords: *Carapa guianensis*, Maturation of wood, growth environments, wood quality.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia equivale a um terço das reservas de florestas tropicais úmidas do planeta. Em território brasileiro os ecossistemas amazônicos abrangem 4,2 milhões de Km², formados por várias fitofisionomias florestais, como as florestas de terra firme e de várzea (MARCOVITCH e PINSKY, 2016).

As florestas de terra firme constituem áreas de vegetação localizadas em regiões mais elevadas e não influenciadas pelas inundações dos rios amazônicos (OLIVEIRA e AMARAL, 2004). Já, as florestas de várzea constituem o ecossistema de terrenos baixos e alagados, regido primariamente pelo padrão sazonal e/ou diário de variação do nível da água dos rios (JUNK et al., 1989).

Entre as espécies que ocorrem nesses dois ambientes naturais destaca-se a *Carapa guianensis* Aubl., conhecida vulgarmente como andiroba e pertencente à família Meliaceae. As árvores da espécie são de médio a grande porte, possuem tronco reto com a ocorrência de sapopemas, e copa média a densa. Uma das suas principais características é a múltipla utilidade, seja para uso na indústria madeireira ou para a obtenção do óleo de suas sementes (LOUREIRO e SILVA, 1968; PENNINGTON et al., 1981; FERRAZ et al., 2002; GUARINO et al., 2014).

Dentre os principais indicadores da qualidade da madeira está à proporção ou a distinção tecnológica dos lenhos juvenil e adulto. O lenho juvenil é a primeira madeira formada na região central das árvores e circunvizinha a medula, perfazendo-se desde a base até o topo, formando parte do alburno ou do cerne da árvore jovem e com propriedades tecnológicas inferiores ao lenho adulto (FERREIRA et al., 2011; GATTO et al., 2012). Já o lenho adulto é formado na fase adulta do câmbio vascular, posteriormente ao juvenil, e apresenta características e propriedades mais uniformes (COWN, 1992).

O fundamento primordial para a definição do lenho juvenil é a estrutura anatômica (BHAT et al., 2001). Nesta premissa, a morfologia das fibras é a variável mais estudada para demarcação desse lenho (SILVA, 2014). Entretanto, para as espécies amazônicas ainda são escassos os estudos com essa finalidade. Logo, conhecer as propriedades e a idade ou ponto da transição entre os lenhos juvenil e adulto é importante para uma eficiente utilização da madeira de andiroba e para o manejo florestal sustentável, pois a idade mínima de corte e o processamento poderão ser ajustados, otimizando a produção da madeira serrada e reduzindo impactos florestais desnecessários.

O objetivo desse trabalho foi demarcar a transição entre os lenhos juvenil e adulto em árvores de *Carapa guianensis* provenientes de dois ambientes de crescimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta do material e amostragem

As árvores foram provenientes da Reserva Extrativista do Rio Cajari, situada no extremo sul do Estado do Amapá, Brasil (0°15'S e 52°25'O e 1°5'S e 51°31'O). A área da reserva é de 501.771 ha, abrangendo os municípios de Laranjal do Jarí, Mazagão e Vitória do Jari.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Foram colhidas oito árvores, sendo quatro provenientes de floresta de terra firme, com diâmetro entre 50 e 53 cm, e quatro em floresta de várzea, com diâmetro entre 50 e 70 cm. As árvores foram selecionadas pelo diâmetro mínimo de corte de 50 cm, definido pela legislação brasileira para o manejo florestal madeireiro na Amazônia.

Do tronco de cada árvore foi retirado um disco acima da região que finalizava as raízes adventícias, característica comum dessa espécie. Em cada disco, foram marcadas e seccionadas uma seção diametral no sentido casca-casca. Em cada lado da seção diametral e a partir da medula, foram retirados corpos de prova com dimensões de 2x2x2 cm para a demarcação dos lenhos por intermédio da morfologia das fibras (Figura 1).

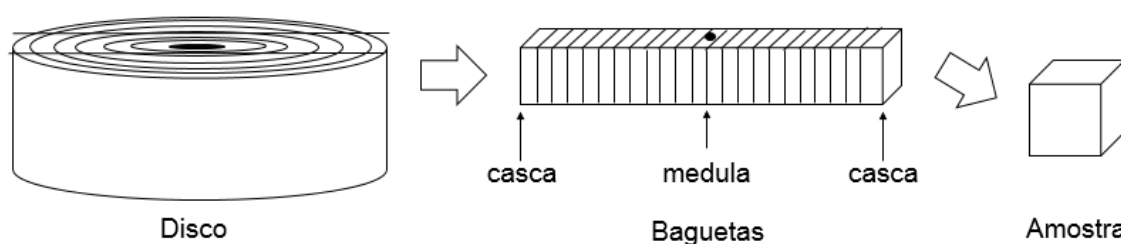


Figura 1. Esquema de amostragem dos discos para demarcação dos lenhos juvenil e adulto da madeira de andiroba.

2.2 Morfologia das fibras da madeira

Foram avaliados o comprimento e a espessura da parede das fibras de acordo com as recomendações da *International Association of Wood Anatomists – IAWA* (1989). Foram realizadas 20 mensurações dos elementos anatômicos por lâmina (400 mensurações por variável) no software *AxioVision 4.9.1*.

2.3 Análise estatística

A região de transição entre os lenhos (juvenil, transição e adulto) por árvore individual, foi demarcada pela visualização da variação medula-casca do comprimento e espessura da parede das fibras, juntamente com a análise de regressão linear. As dimensões das fibras foram admitidas como variáveis dependentes (Y) e as posições no sentido medula-casca como variáveis independentes (X). Os critérios de escolha da melhor equação foram a significância da análise de regressão e dos coeficientes estimados, o coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão da estimativa (S_{yx}).

Sobre a curva dos dados de morfologia das fibras ajustada pela regressão, foram observados dois pontos de inflexão. No entanto, para complementar a análise visual e delimitar de forma mais precisa a transição entre lenhos, foi feita a regressão linear simples entre os pontos de inflexão, o que gerou uma reta que delimitou o início e o fim da zona de transição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espessura da parede das fibras foi uma variável inadequada para demarcar a transição entre os lenhos juvenil e adulto em *Carapa guianensis*, proposição confirmada

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

pela análise de regressão não significativa e os baixos valores dos coeficientes de determinação. Contudo, o comprimento das fibras foi a variável mais adequada para demarcar a transição entre os lenhos, dado as suas variações significativas no sentido medula-casca e a precisão dos modelos de regressão ajustados.

Para as árvores que cresceram na floresta de terra firme, o comprimento das fibras teve um aumento linear acentuado da medula até aproximadamente 6 a 10 cm do raio, enquanto para as árvores provenientes da floresta de várzea essa tendência foi percebida até 6 a 12 cm do raio. Após essa região foi possível distinguir duas zonas (Figuras 2 e 3), a primeira, com o incremento linear do comprimento das fibras, porém, menos acentuado, caracterizando a zona de transição entre os lenhos juvenil e adulto. Essa região de crescimento ocorreu entre 6 a 14 cm e 8 a 18 cm do raio para as árvores de floresta de terra firme e de várzea, respectivamente. A partir desses pontos, ocorreu um crescimento mais constante e com valores mais estáveis, o que caracterizou a zona de lenho adulto.

A proporção de lenho juvenil nas árvores de andiroba provenientes de floresta de terra firme foi de 41, 33, 36 e 29%, e para as árvores que cresceram na floresta de várzea foi de 40, 30, 38 e 26%. Logo, o ambiente de crescimento das árvores não teve efeito sobre a proporção de lenho juvenil no tronco de árvores de andiroba. Essas proporções de lenho juvenil da andiroba por ambiente de crescimento, foram próximas as determinadas em árvores de folhosas provenientes de plantios homogêneos no Brasil, com média de 27,4% para as árvores de *Hevea brasiliensis* (DAP entre 31 e 35 cm) e 27,3% para *E. grandis* (DAP entre 38 e 50 cm) (FERREIRA et al., 2011; PALERMO et al., 2015).

Para as madeiras oriundas de florestas tropicais, o comprimento das fibras constitui a principal característica anatômica para a delimitação dos lenhos juvenil e adulto (GATTO et al., 2007, 2008; PALERMO et al., 2015; DARMAWAN et al., 2015). Nos primeiros anos de crescimento das árvores, há um rápido incremento do comprimento das fibras a partir da medula até a estabilização, característica comum da formação do lenho juvenil (BENDTSEN e SENFT, 1986; FERREIRA et al., 2011; NAJI et al., 2012; PALERMO et al., 2015) e registrada em árvores de andiroba.

Na utilização da madeira para produtos sólidos é importante a uniformidade das propriedades das peças serradas. Assim, a delimitação dos lenhos juvenil e adulto permite segregar os lotes de madeira serrada de acordo com as suas propriedades, evitando o uso inadequado e otimizando as etapas de beneficiamento. Além disso, segundo Geimer et al. (1997) peças estruturais que contenham maiores proporções de lenho juvenil apresentam classes de resistência inferiores e também tendem a aumentar a frequência de empenos e rachaduras na madeira.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Floresta de Terra Firme

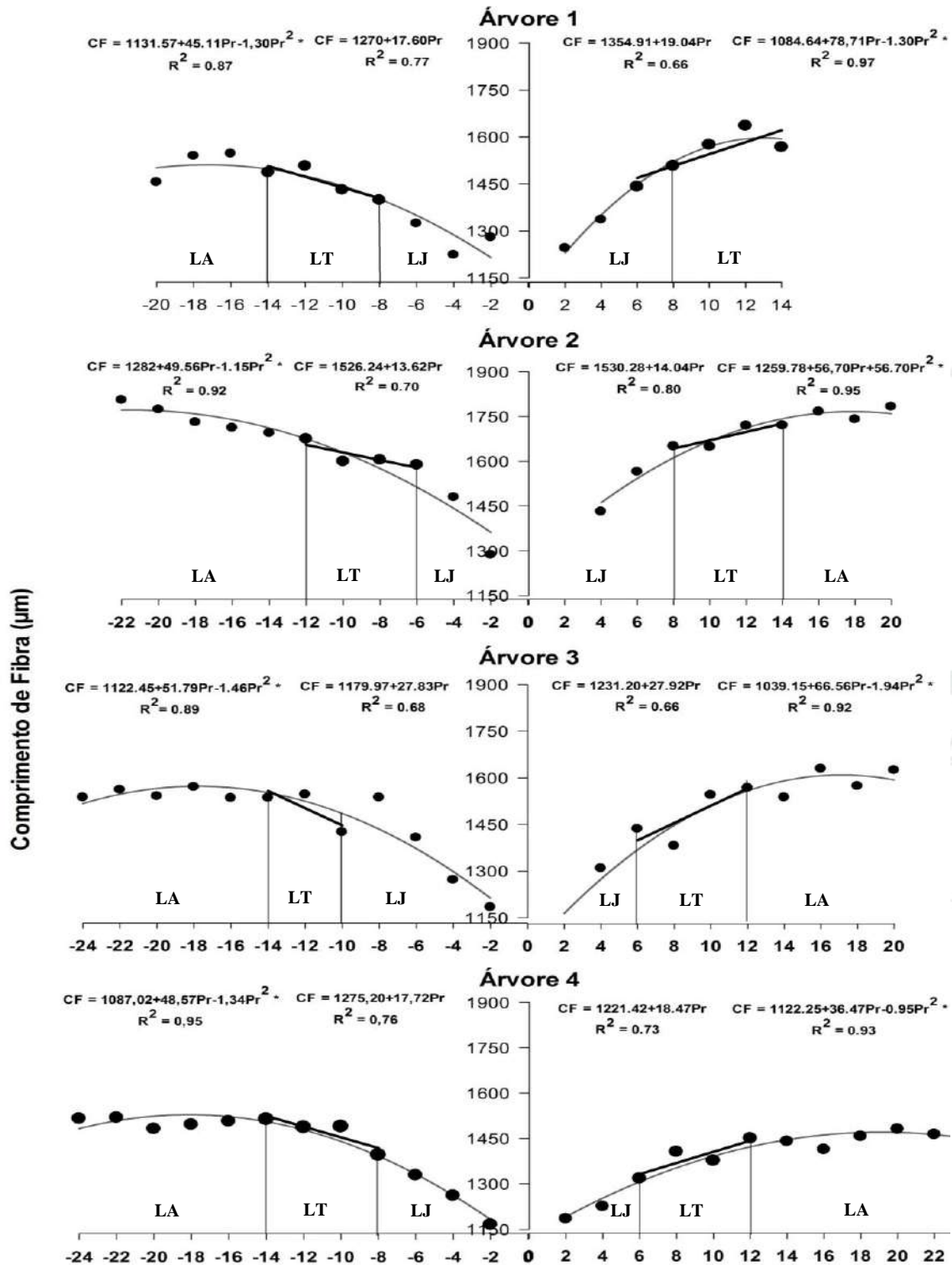


Figura 2. Delimitação entre os lenhos juvenil (LJ), de transição (TR) e adulto (LA) em árvores de andiroba provenientes de floresta de terra firme, Amazônia oriental, Brasil. (*) regressão significativa a 5% de probabilidade

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

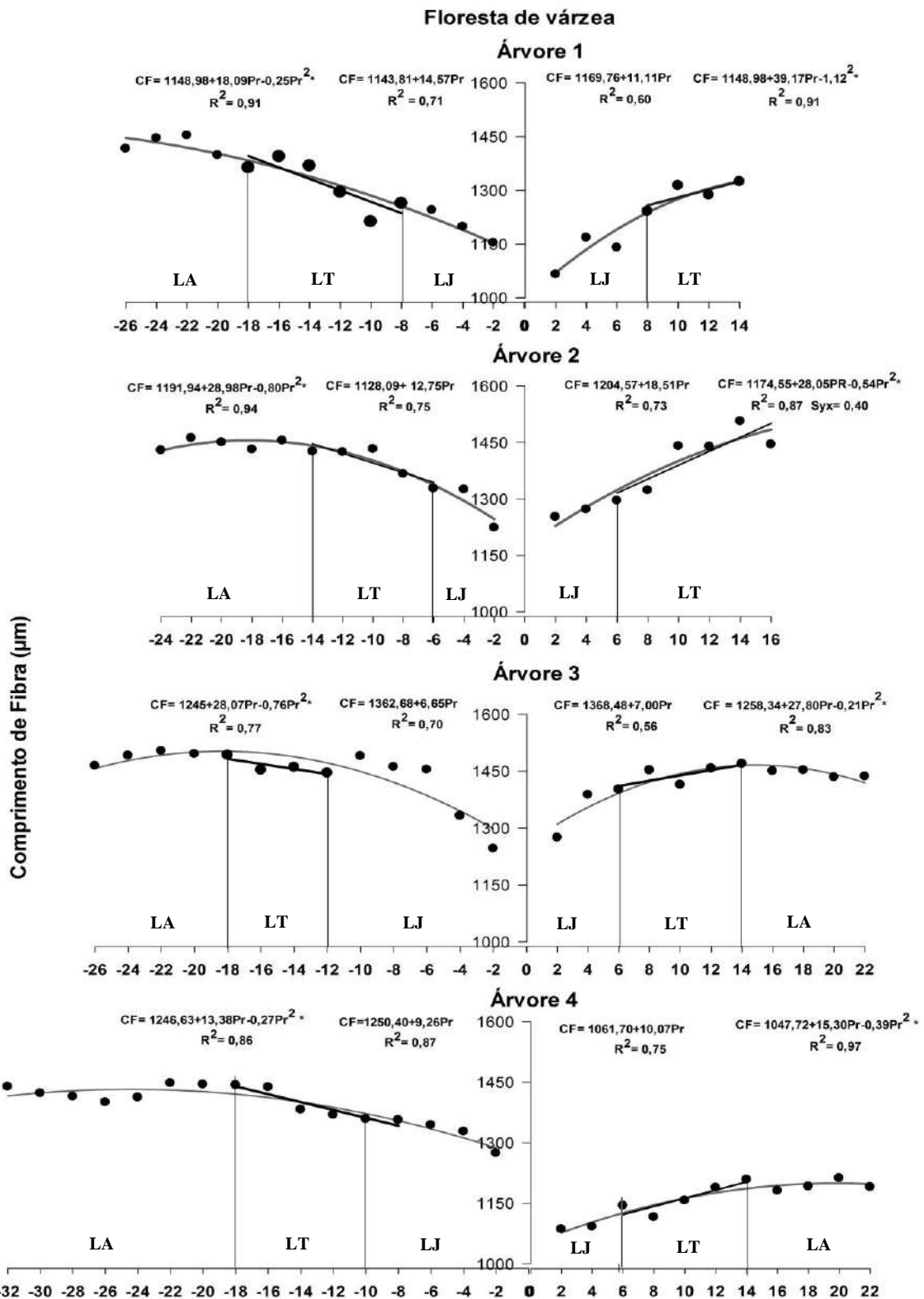


Figura 3. Delimitação entre os lenhos juvenil (LJ), de transição (TR) e adulto (LA) em árvores de andiroba provenientes de floresta de várzea, Amazônia oriental, Brasil. (*) regressão significativas a 5% de probabilidade

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

A segregação entre os lenhos juvenil e adulto de andiroba proveniente de floresta de terra firme e de várzea pode ser determinada por meio do comprimento das fibras, com o auxílio de análise gráfica e modelos de regressão. Contudo, a espessura da parede das fibras não permitiu definir com precisão o ponto de transição entre os lenhos.

O ambiente de crescimento das árvores de andiroba não teve efeito sobre a proporção de lenho juvenil no tronco, e as proporções de lenho juvenil por ambiente de crescimento foram semelhantes as determinadas para árvores de folhosas plantadas no Brasil.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA-AP e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHAT, K. M. et al. Characterisation of juvenile wood in teak. *WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY*, v. 34, n. 6, p. 517-532, 2001.

BENDTSEN, B. A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown cottonwood and loblolly pine. *WOOD FIBER SCIENCE*, v. 18, n.1, p. 23-28, 1986.

COWN, D. J. Corewood (Juvenile wood) in *Pinus radiata*: should we be concerned? *JOURNAL OF FORESTRY SCIENCE*, v. 22, n. 1, p. 87-95, 1992.

DARMAWAN, W.; NANDIKA, D.; SARI, R. K.; SITOMPUL, A.; RAHAYU, I.; GARDNER, D. Juvenile and mature wood characteristics of short and long rotation teak in Java, *IAWA Journal*, v. 36, n. 4, p. 428–442, 2015.

FERRAZ, I. D. K. et al. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera*, D.C): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. *ACTA AMAZÔNICA*, v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002.

FERREIRA, A. L. et al. Determination of fiber length and juvenile and mature wood zones from *Hevea brasiliensis* trees grown in Brazil. *EUR. J. WOOD PROD.*, v. 69, n. 4, p. 659-662, 2011.

GATTO, D. A. et al. Proportion of juvenile wood of açoita-cavalo, pecan and London plane wood. *INTERNATIONAL WOOD PRODUCTS JOURNAL*, v. 4, n. 1, p. 33-36, 2012.

GATTO, D. A. et al. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Luehea divaricata* Mart. *CIÊNCIA FLORESTAL*, v. 18, n. 4, p. 535-540, 2008.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

GATTO, D. A. et al. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Platanus x Acerifolia* (Ait) Willd. CERNE, v. 13, n. 4, p. 393-398, 2007.

GEIMER, R. L. et al. Influence of juvenile wood on dimensional stability and tensile properties of flakeboard. WOOD AND FIBER SCIENCE, v. 29, n. 2, p. 103-120, 1997.

GUARINO, E. S. G. et al. Estrutura etária e espacial de uma população natural de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Sul Ocidental. SCIENTIA FORESTALIS, v. 42, n. 101, p. 91-99, 2014.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS – IAWA. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA BULLETIN, v. 10, n. 3, p. 226-332, 1989.

JUNK, W. J. et al. The flood - pulse concept in river floodplain systems. FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES, v. 106, p. 110-127, 1989.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. Catálogo das madeiras brasileiras. Belém: Ministério do Interior – SUDAM. 1968, 233p.

MARCOVITCH, L.; PINSKY, V. C. Amazon Fund: financing deforestation avoidance. REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO, v. 51, n. 1, p. 20-35, 2016.

NAJI, H. R et al. Clonal and planting density effects on some properties of rubber wood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). BIORESOURCES, v. 7, n. 1, p. 189-202, 2012.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta. ACTA AMAZONICA, v. 34, n. 1, p. 21-34, 2004.

PALERMO, G. P. M. et al. Anatomical properties of *Eucalyptus grandis* wood and transition age between the juvenile and mature woods. EUR. J. WOOD PROD, v. 73, n. 6, p. 775-780, 2015.

PENNINGTON, T. D. et al. Meliaceae. FLORA NEOTROPICA, v. 28, p. 406-419, 1981.

SILVA, J. G. M. Qualidade da madeira serrada e demarcação do lenho juvenil e adulto do mogno africano. 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DENDROCRONOLOGIA EM ÁRVORES DE ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA (BERTOL.) KUNTZE SITUADAS NO PARQUE NACIONAL DE ITATIAIA.

Ana Claudia Pinhas Couto¹
José Henrique Camargo Pace¹
Leonardo Davi Silveira Augusto Baptista da Silva¹
Jonny Paz Castro¹
João Vicente de Figueiredo Latorraca¹
Leif Armando Portal Cahuana²

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Industria Forestal / Facultad de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente / Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DENDROCRONOLOGIA EM ÁRVORES DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* (BERTOL.) KUNTZE SITUADAS NO PARQUE NACIONAL DE ITATIAIA.

Resumo: As árvores de *Araucaria angustifolia* são utilizadas em estudos dendrocronológicos pela formação de anéis de crescimento anuais. Essa pesquisa vem elucidar e gerar o conhecimento sobre a dinâmica de crescimento da espécie, verificando a sensibilidade da formação dos anéis de crescimento por fatores climáticos. Os estudos da dinâmica de crescimento de árvores desenvolvidos nesta pesquisa se iniciaram num fragmento florestal localizado no Parque Nacional do Itatiaia, no estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de datar os anéis de crescimentos da espécie, visando o entendimento dos mecanismos de formação do xilema secundário. Foram selecionadas 10 árvores dominantes com estado fitossanitário satisfatório e por meio do trado de incremento (sonda de Presley) foram extraídas 2-4 amostras do lenho/árvore para análise e caracterização anatômica dos anéis de crescimento. Para a mensuração da largura dos anéis de crescimento de todas as séries, foi utilizado o software de análise de imagens, Image Pro-plus e os dados de larguras foram sincronizados pelo programa estatístico COFECHA. Os resultados principais mostraram que a série de anéis de crescimento possui intercorrelação significativa para cada indivíduo apresentando altos valores, e que a espécie apresenta boa correlação das séries radiais dentro e entre as árvores.

Palavras-chaves: Araucária; Anéis de crescimento; Série cronológica.

DENDROCRONOLOGY IN *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* (BERTOL.) KUNTZE SITES IN THE NATIONAL PARK OF ITATIAIA.

Abstract: *Araucaria angustifolia* trees are used in dendrochronological studies by the formation of annual growth rings. This research elucidates and generates the knowledge about the growth dynamics of the species, verifying the sensitivity of the formation of the growth rings by climatic factors. The tree growth dynamics studies developed in this research began in a forest fragment located in the Itatiaia National Park, in the state of Rio de Janeiro, in order to date the growth rings of the *Araucaria angustifolia* tree, aiming to understand the mechanisms Formation of the secondary xylem. Ten dominant trees with satisfactory phytosanitary status were selected and 2-4 wood / tree samples were extracted by means of the increment (Presley probe) for analysis and anatomical characterization of the growth rings. In order to measure the width of the growth rings of all series, the image analysis software Image Pro-plus was used and the width data were interpreted by the statistical program COFECHA. The main results showed that the series of growth rings has significant intercorrelation for each individual presenting high values, and that the species presents a good correlation of the radial series inside and between the trees.

Keywords: Araucaria; Growth rings; Chronological series.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

Ecossistemas tropicais e subtropicais são notórios pela alta diversidade biológica e pela ameaça que sofrem frente às intensas mudanças no uso da terra. No Brasil, a Floresta Ombrófila Mista (floresta com araucária) é um típico exemplo do nefasto processo de exploração dos recursos naturais. Este ecossistema, caracterizado pela dominância estrutural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze (Araucariaceae) cobria originalmente 200.000 km² no Sul e Sudeste do Brasil, formando ecótonos com ecossistemas florestais e campestres. No final do século XIX deu-se início à conversão de extensas áreas florestais em colônias agrícolas.

No século XX este processo foi intensificado pela exploração madeireira sobre *Araucaria angustifolia* e espécies concorrentes. Em grande parte da região a exploração madeireira precedeu à conversão total da floresta em culturas agrícolas. Cabe também ressaltar o estabelecimento de grandes centros urbanos nesta região. Atualmente, os remanescentes de floresta com araucária totalizam menos de 6% da superfície original, sendo raras às manchas com estrutura primitiva (Koch, 2002).

Como esperado, muitas espécies típicas deste ecossistema, inclusive *Araucaria angustifolia*, estão ameaçadas de extinção (Farjon, 2006). Conhecer com precisão o histórico de uso desses remanescentes é fundamental para compreender e prever a complexa resposta biótica em diferentes cenários de manejo, bem como auxiliar na escolha de áreas prioritárias à conservação.

Em ecossistemas com forte estacionalidade climática, principalmente em zonas temperadas e áridas, estudos de séries temporais de anéis de crescimento (dendrocronologia) têm sido empregados na datação de diversos eventos climáticos e ecológicos (secas, desmatamentos, deslizamentos), (Schweingruber, 1996). A *Araucaria angustifolia* forma anéis de crescimento anuais em resposta à variação sazonal do clima, sendo então passível de análise dendrocronológica, embora a existência de anéis localmente ausentes e flutuações de densidade dificultem a datação acurada dos anéis (Seitz & Kanninen, 1989; Lisi et al., 2001). Sendo *Araucaria angustifolia* espécie-chave e foco principal da exploração dos ecossistemas onde ocorre, dados sobre sua estrutura etária e de crescimento seriam bons indicadores do histórico de uso e da dinâmica vegetacional em escala local.

Contudo, com a determinação dos padrões etários e de crescimento, assim como a construção da cronologia de árvores de *Araucaria angustifolia* no Parque Nacional do Itatiaia, essa pesquisa vem elucidar e gerar o conhecimento sobre a dinâmica de crescimento da espécie, verificando a sensibilidade da formação dos anéis de crescimento por fatores climáticos. Isto porque o conhecimento destes fatores nos permite subsídios técnicos para um melhor manejo e elaboração de estratégias de preservação dentro de áreas protegidas. A área apresenta remanescentes florestais em diferentes estágios, uma área de aproximadamente 30.000 ha de Floresta Atlântica, de predomínio da Floresta Ombrófila Densa.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi datar os anéis de crescimentos de árvores de *Araucaria angustifolia*, visando o entendimento dos mecanismos de formação do xilema secundário, em árvores localizadas no Parque Nacional do Itatiaia – PNI.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no Parque Nacional do Itatiaia, situado na Serra da Mantiqueira, abrangendo os municípios de Itatiaia e Resende, no estado do Rio de Janeiro.

Foram selecionados 10 indivíduos de *Araucaria angustifolia* com DAP (diâmetro à altura do peito) acima de 15 cm, com tronco reto e cilíndrico em estado fitossanitário satisfatório.

Para a caracterização dos padrões dos anéis de crescimento das espécies, foram coletadas, por meio de trado de incremento (sonda de Presley), amostras radiais de cada árvore no sentido casca - medula, através de incisão no tronco a 1,30m de altura do solo de cada indivíduo selecionado.

Todas as amostras radiais de madeira foram analisadas no Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira do Departamento de Produtos Florestais no Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e secas a temperatura ambiente, fixadas em suportes de madeira (Figura 1A), e posteriormente, foram polidas no plano transversal com sequência de lixas (80 a 1200), até obter uma superfície homogênea e passível de se visualizar os anéis de crescimento (Figura 1B).

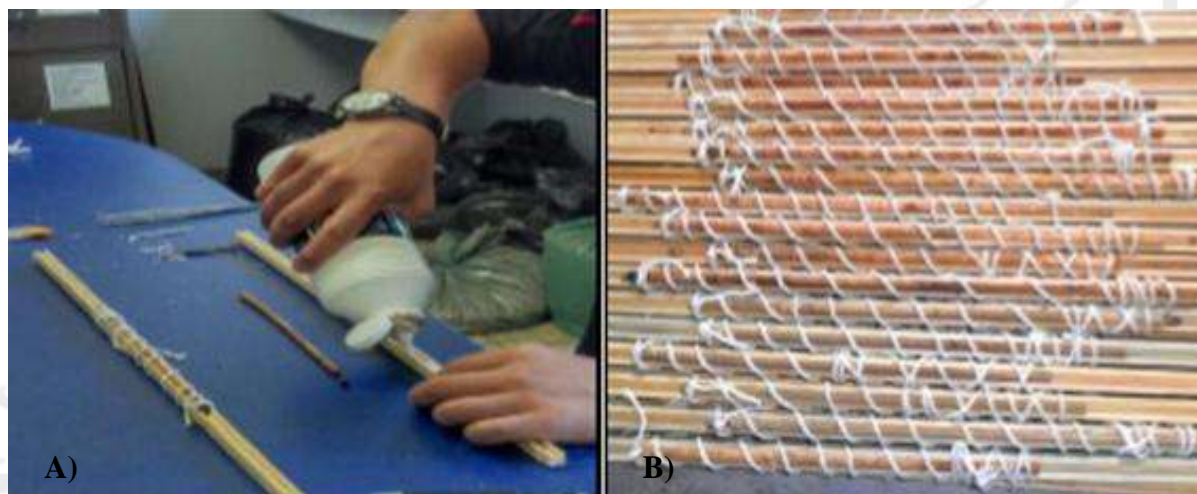


Figura 1. Preparo das amostras do lenho: fixação no suporte de madeira (A); acondicionamento (B).

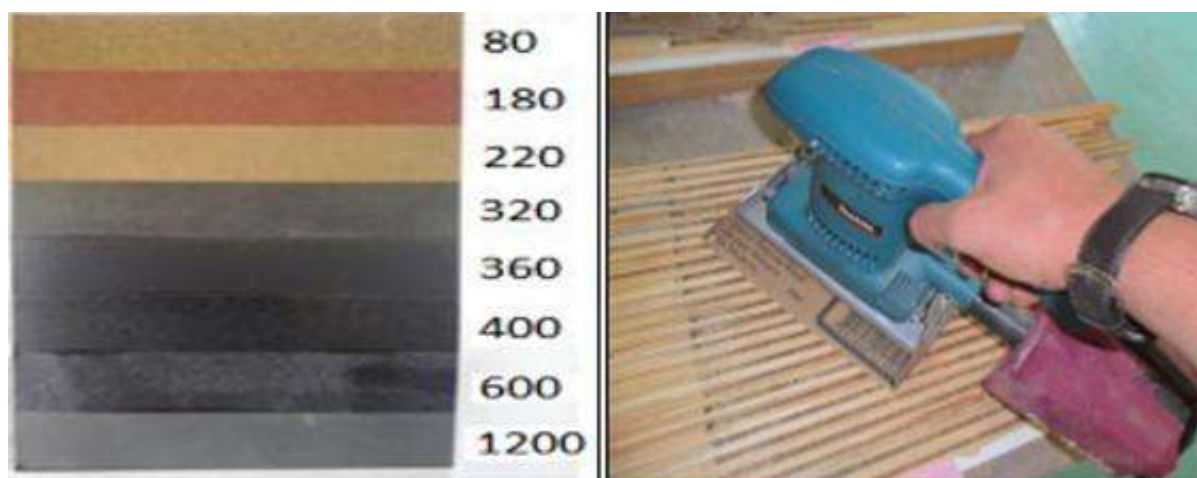


Figura 2. Preparo das amostras do lenho: lixamento.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A identificação e delimitação dos anéis de crescimento foram feitas com auxílio do microscópio estereoscópico, posteriormente as amostras foram digitalizadas em Scanner (Epson Scan) a 1200 dpi (Figura 3). Para a mensuração da largura dos anéis de crescimento de todas as séries, foi utilizado o software de análise de imagens, Image Pro-plus (Copyright © 1993-2001 Media Cybernetics, Inc.) (Figura 4). Os dados de larguras foram sincronizados pelo programa estatístico COFECHA (Version 6.00p) (Holmes, 1983).

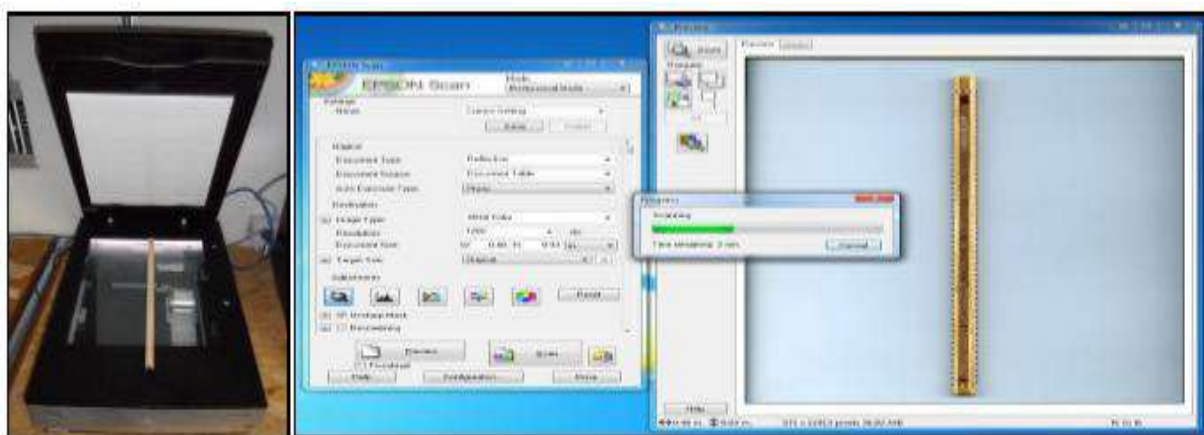


Figura 3. Digitalização das amostras em Scanner (Epson Scan) a 1200 dpi.

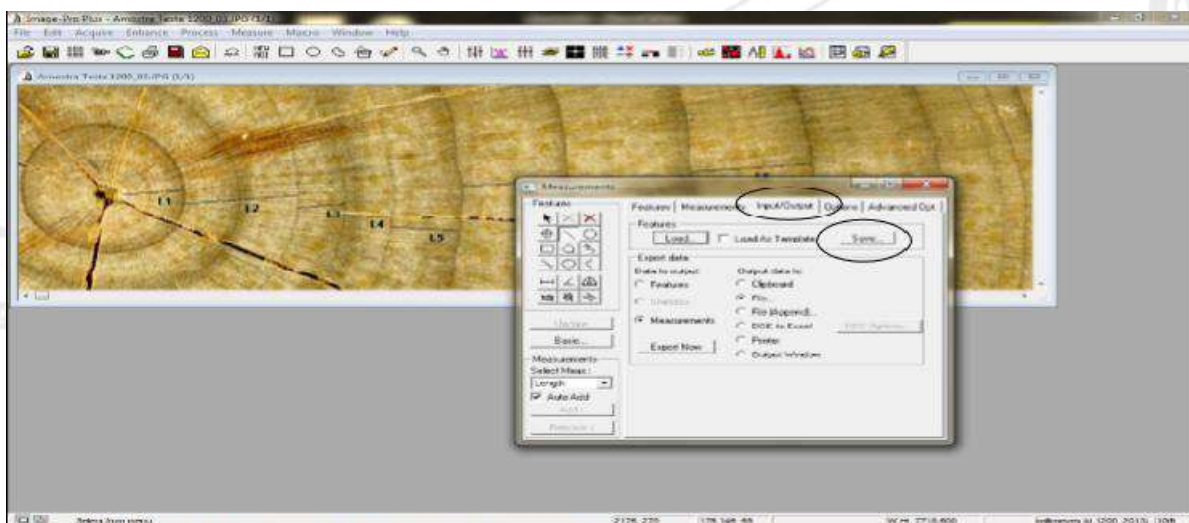


Figura 4. Análise dos anéis de crescimento do lenho pelo software Image Pró-plus.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população de árvores dominantes apresentou uma baixa amplitude etária, variando de 38 a 59 anos na floresta. Para as análises dendrocronológicas das 10 árvores de *Araucária angustifolia* coletadas, foi possível a sincronização e o resultado da intercorrelação para cada indivíduo apresentou altos valores e esses demonstram que a espécie apresenta boa correlação das séries radiais entre as árvores (Tabela 1).

Os resultados mostram que ocorre uma similaridade entre o crescimento dos indivíduos (Figura 5) estudados, ou seja, pode ocorrer uma influência na formação da madeira nesta espécie, provavelmente devido a fatores climáticos. A *Araucaria angustifolia* forma anéis de crescimento anuais em resposta à variação sazonal do clima, sendo então passível de

REALIZAÇÃO



APÓCITO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

análise dendrocronológica, embora a existência de anéis localmente ausentes e flutuações de densidade dificultem a datação acurada dos anéis (Seitz & Kanninen, 1989; Lisi et al., 2001).

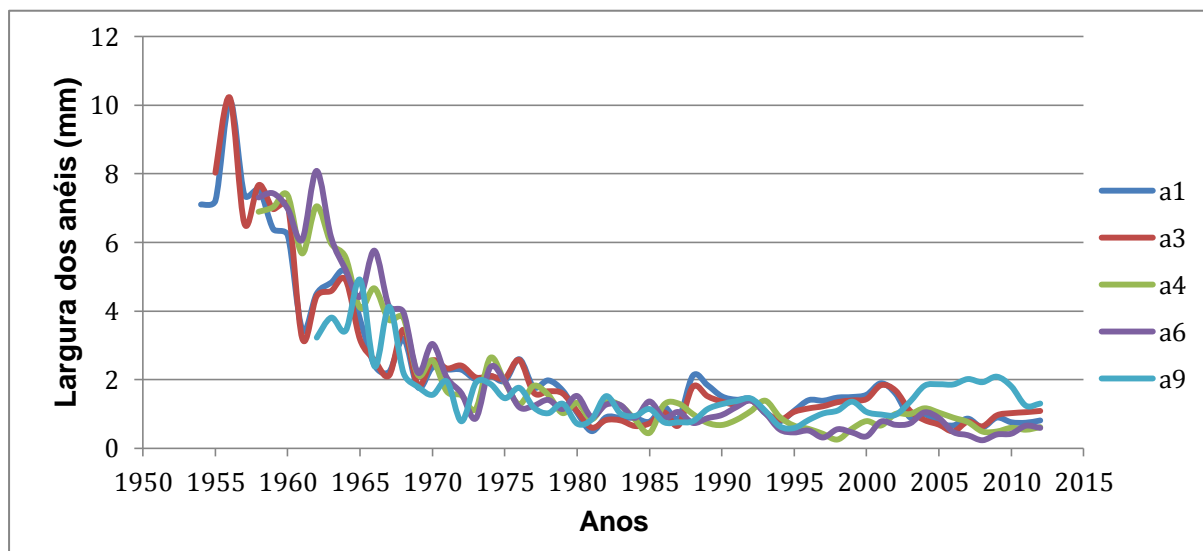


Figura 5. Séries de largura dos anéis de crescimento da araucária utilizadas no programa COFECHA.

O resultado da intercorrelação para cada indivíduo permitiu um bom ajuste entre as séries dos anéis de crescimento da árvore individual ($R_1 = \text{Raio}_1$; $R_3 = \text{Raio}_3$), apresentando para a cronologia produzida uma intercorrelação de 0,571, através do programa COFECHA, sendo esse valor significativo e que representa um padrão comum de crescimento entre as árvores (TABELA 1). Foi utilizada uma janela de sobreposição de 25 que é o padrão.

Tabela 1. Descrição estatística da sincronização das séries da largura dos anéis por árvore. (COFECHA)

Sequência	Árvore/ Raio	Intervalo	Nºanos	Correlação Master	Desvio Padrão	Auto correlação
1	A1/R3	1954 - 2012	59	0,941	2,157	0,926
2	A1/R4	1955 - 2012	58	0,931	2,146	0,902
3	A3/R1	1958 - 2012	55	0,922	1,993	0,954
4	A3/R2	1958 - 2012	55	0,908	2,153	0,948
5	A4/R1	1976 - 2012	37	0,502	1,622	0,400
6	A4/R2	1982 - 2012	31	0,545	1,677	0,530
7	A4/R3	1982 - 2012	31	0,413	1,578	0,247
8	A4/R4	1968 - 2012	45	0,346	2,348	0,451
9	A6/R1	1962 - 2012	51	0,747	0,906	0,720
10	A6/R2	1962 - 2012	51	0,566	0,671	0,761
11	A6/R3	1965 - 2012	48	0,473	1,038	0,509
12	A9/R1	1975 - 2012	38	0,036	2,736	0,742
13	A9/R3	1975 - 2012	38	0,187	4,275	0,793
Total				0,571	1,915	0,719

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

4. CONCLUSÕES

As amostras de *Araucaria angustifolia* coletadas apresentaram aplicações para a dendrocronologia, demonstrado por valores significativos dos resultados de suas correlações das séries radiais dentro e entre as árvores.

A espécie *Araucaria angustifolia* situadas no PNI, formam anéis de crescimento anuais e condizentes com as variações ambientais e os resultados mostram que ocorre uma similaridade entre o crescimento dos indivíduos estudados, e que este provavelmente poderá estar sendo influenciado por algum fator climático, como temperatura e precipitação. Com isso, tem-se a necessidade de mais estudos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FARJON, A. 2006. *Araucaria angustifolia*. In: IUCN 2006. 2006 IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: www.iucnredlist.org. Acessado em 22 de junho de 2015.

HOLMES, T. P.; BLATE, G. M.; ZWEEDE, J. C.; PEREIRA, JR., R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F.; BAUCH, R. (2002). Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 163(1-3): 93-110.

KOCH, Z. 2002. *Araucária: a Floresta do Brasil Meridional*. Curitiba: Olhar Brasileiro. MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Bio5.pdf. Acesso em 15 de Janeiro de 2015.

SCHWEINGRUBER, F.H. 1996. *Tree Rings and Environment. Dendroecology*. Stuttgart: Paul Haupt Publishers.

SEITZ, R.A. & KANNINEN, M. 1989. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preliminary results. *IAWA Bulletin* 10(2):170-174.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DENSIDADE A GRANEL E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO LÍTER DE ALGODÃO *Gossypium hirsutum* L.

Letícia Sant' Anna Alesi¹
Vagner Roberto Botaro²
Franciane Pádua³
Fabio M Yamaji³
João Tomeleri¹
Luis Ricardo Oliveira Santos¹
Diego Silva¹
Isaí Euán Chi³

¹ Universidade Federal de São Carlos

² Departamento de Ciência dos Materiais / Universidade Federal de São Carlos

³ Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DENSIDADE A GRANEL E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO LÍNTER DE ALGODÃO

Resumo: A busca por materiais oriundos de fontes renováveis mostra a gradativa preocupação com a sustentabilidade e o meio ambiente. O línter de algodão é constituído por fibras curtas, 2 a 3 mm de comprimento, que existem na superfície da semente e contém mais de 90% de celulose, se destacando como um potencial resíduo lignocelulósico para obtenção de produtos com maior valor agregado como polpas celulósicas. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar quimicamente o línter de algodão e sua densidade através de parâmetros como: densidade a granel, umidade, teor de cinzas, lignina insolúvel, holocelulose e alfacelulose. O línter de algodão apresentou baixa densidade a granel (38 kg.m^{-3}), baixo teor de cinzas (1,63) e baixa lignina (8,76). Por outro lado, os teores de holocelulose e alfacelulose foram elevados (71,63% e 65,72%, respectivamente). Resultados esses que conferem ao línter um potencial em produzir polpas celulósicas de boa qualidade.

Palavras-chave: holocelulose, alfacelulose, *Gossypium* sp.

BULK DENSITY AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF COTTON LINTER

Abstract: The search for renewable materials are intrinsically linked to the gradual concern about sustainability and the environment. The cotton linter consists of short fibers, 2 to 3 mm in length, it is presented on the seed surface and contains more than 90% of pulp, standing out as a potential lignocellulosic residue to obtain products with higher added value. The present work had as objective to characterize chemically the cotton linter and its density through parameters such as: bulk density, moisture and ash content, insoluble lignin, holocellulose and alfacelulose. The cotton liner showed low bulk density (38 kg.m^{-3}), low ash content (1.63%) and low lignin (8,76). On the other hand, the levels of holocellulose and alfacelulose were high (71.63% and 65.72%, respectively). These results concede the linter a potential on producing good quality cellulosic pulps.

Keywords: holocellulose, alfacelulose, *Gossypium* sp.

1. INTRODUÇÃO

Gradativamente, observa-se no cenário atual uma maior preocupação com a sustentabilidade e o meio ambiente. Assim, é fundamental o desenvolvimento de metodologias que preservem os recursos naturais ou ao menos que minimizem o impacto sobre os mesmos. Uma alternativa é a utilização de materiais oriundos de fontes renováveis e também a reutilização dos resíduos gerados pelas mais diversas atividades. Deste modo, os resíduos lignocelulósicos se destacam como importantes materiais com potencial de aproveitamento na obtenção de produtos com maior valor agregado além de contribuir para a redução dos impactos ambientais.

O algodão é uma das espécies vegetais mais cultivadas no mundo, sendo a principal fibra usada em indústrias têxteis, representando 40% da vestidura da humanidade (BALLAMINUT, 2003). É uma planta dicotiledônea, pertencente à ordem Malvales, família Malvaceae e gênero *Gossypium* (PENNA, 1999).

O *Gossypium hirsutum* L. é a principal espécie cultivada para a produção da fibra de algodão, explorada tanto em áreas tropicais como subtropicais, sendo que 90% da produção mundial de algodão é devida à essa espécie. O algodão é utilizado para diversos fins como

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

fiação e tecelagem, alimentação animal e humana pois produz farelo e óleo, além de outros produtos secundários. O produto final recebe o nome de “algodão em caroço” e é composto pela pluma, rica em fibra; e pelo caroço que contém as sementes com “línter” (SOUZA, 2010).

O línter de algodão corresponde a cerca de 10% da massa do caroço. Este subproduto é constituído por fibras curtas (2 a 3mm de comprimento) e contém mais de 90% de celulose (SCACHETTI, 2013). As fibras curtas do línter possuem paredes espessas e são geralmente descartadas pela indústria, sendo classificadas como resíduos da indústria têxtil (KUMABE, 2016). A composição química do línter pode ser influenciada por algumas variantes como genótipo e o ambiente em que o algodão foi plantado (IBRAHIM et al., 2010).

O descaroçamento é uma das etapas fundamentais do processo de beneficiamento das sementes de algodão, porém mesmo após essa etapa, as sementes ficam cobertas por grande quantidade de línter, dificultando o processamento, o armazenamento e a semeadura e germinação das sementes, uma vez que reduz a capacidade de absorção de água (VIEIRA e BELTRÃO, 1999).

A indústria de papel e celulose encontra-se pressionada pela utilização de basicamente dois gêneros: *Eucalyptus* e *Pinnus*. Como a demanda de celulose e papel é bastante alta, vê-se necessária a pesquisa por alternativas de matérias primas para assim diminuir a dependência por aqueles dois gêneros. Segundo Kumabe (2016), a composição química do línter apresenta propriedades favoráveis para a produção de polpas celulósicas.

O presente trabalho teve como objetivo a determinação das características químicas e físicas do línter de algodão a fim de verificar seu potencial como alternativa à indústria de papel e celulose.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

O material utilizado foi o línter de algodão concedido pela empresa Vicunha Rayon da cidade de Americana/SP e cedido pela UNESP – campus de Itapeva. O material foi armazenado em sacos plásticos lacrados no Laboratório de Bioenergia e Materiais Lignocelulósicos da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, campus Sorocaba, para preservar suas condições físicas até o momento das análises.

2.2 Densidade a granel

A densidade a granel do línter de algodão foi determinada, por triplicata, de acordo com a metodologia da norma NBR 6922, utilizando-se um béquer de 2 L de capacidade e de peso conhecido. A densidade a granel dos resíduos foi determinada em suas condições iniciais de umidade.

2.3 Umidade e teor de cinzas

O teor de umidade de cada material foi calculado a partir de uma balança determinadora de umidade, marca A&D Company, modelo MX – 50. Utilizou-se, aproximadamente, 1g de amostra e aquecimento de 100°C. As análises foram realizadas por triplicata seguindo a norma NBR 8112.

Para a análise de teor de cinzas, baseou-se na norma TAPPI T211 om-93. O teor de cinzas foi realizado também em triplicata e determinado pela média dos valores calculados.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





2.4 Lignina insolúvel

A lignina está presente na parede celular, conferindo suporte estrutural, impermeabilidade e resistência contra ataques microbianos e estresse oxidativo. O teor de lignina Klason insolúvel foi determinado em triplicata de acordo com o método TAPPI T222 om-88.

2.5 Teor de Holocelulose e alfacelulose

O termo holocelulose designa os carboidratos totais presentes em uma célula vegetal. O teor de holocelulose foi determinado por triplicata de acordo com o método EMBRAPA doc 236 (MORAIS, 2011).

A alfacelulose refere-se à celulose não degradada. O teor de alfacelulose foi obtido por triplicata seguindo a norma TAPPI T203 cm-99.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da composição física (densidade a granel e umidade) e química (teor de cinzas, lignina insolúvel, holocelulose e alfa-celulose) do línter de algodão se encontra na tabela 1.

Tabela 1. Composição física e química do línter de algodão.

Componentes	Resultados
Densidade a granel	48,35 ($\pm 2,95$) kg.m ⁻³
Umidade*	8,20 ($\pm 0,20$)%
Cinzas	1,63 ($\pm 0,15$)%
Lignina Insolúvel	8,76 ($\pm 0,31$)%
Holocelulose	85,93 ($\pm 2,09$)%
α - cellulose	91,75 ($\pm 6,01$)%

* Umidade na base úmida.

Avelar et al. (2016), estudando briquetes originados de resíduos de indústrias têxteis, verificou que o resíduo proveniente da indústria de algodão apresentou densidade a granel por volta de 38 kg.m⁻³ contrapondo-se ao valor de 48,35 kg.m⁻³ obtido no estudo. Essa variação é explicada pelo motivo do línter ter sido utilizado e classificado à maneira como se encontrava, sem a passagem por moinhos de facas, por exemplo. Desse modo, o material ocupou um grande volume.

A densidade a granel é uma característica importante quando se trata de espaço que o resíduo irá ocupar, pois quanto menor a massa específica do material, maior o seu volume e assim maior será o gasto com o transporte e armazenamento do mesmo uma vez que será necessário um espaço maior no veículo e no depósito. Porém, ter uma menor densidade a granel pode ser uma vantagem para a indústria de celulose visto que maiores partículas do material terão menor quantidade de finos (fibras colapsadas), propiciando maior resistência à polpa.

Observa-se um teor de umidade de 8,2% diferindo-se dos resultados de Avelar et al. (2016) e de Kumabe (2016), com 9,9% e 4,96%, respectivamente. Essa variação é devida ao modo com que o resíduo foi acondicionado pela indústria, assim cada local apresenta seu próprio modo de estocagem do material. O teor de umidade tem relação direta com o



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

transporte do material porque quanto mais água, maior será seu peso e maior será o gasto para o deslocamento do mesmo. Além disso, a umidade está correlacionada com a estabilidade dimensional, resistência e operabilidade do papel, não se deseja, assim, um alto teor de umidade para a produção de celulose e papel. O valor encontrado para o línter encontra-se bastante baixo quando comparado às espécies usuais de *Eucalyptus* (84%) e *Pinus* (86,65%) (KUMABE, 2016).

O material inorgânico (cinzas) corresponde aos componentes minerais dos vegetais que variam muito entre as diferentes espécies e entre os indivíduos de uma mesma espécie, além de fatores como clima, solo e impurezas. Segundo Bajwa et al. (2011) e Kumabe (2016), o valor obtido para as cinzas (1,63%) é considerado baixo e é também condizente com seu trabalho. É desejável que o teor de cinzas seja baixo a fim de se ter um material mais limpo e puro com menor quantidade de contaminantes. Assim, as cinzas apresentam um perfil negativo nos mais diversos usos, por exemplo, na indústria de papel e celulose, é interessante que o material tenha um teor de cinzas baixo para obter uma polpa homogênea com uma menor quantidade de reagentes e assim um papel de maior qualidade.

O valor encontrado para o teor de lignina Klason (8,76%) se aproxima do valor encontrado por Bajwa et al. (2011) de 8,9% e por Kumabe (2016) de 8,57%, ou seja, valor extremamente baixo quando comparado às espécies madeireiras corriqueiras Pinus, 26% (VIVIAN et al., 2015) e Eucalipto, 22% (SEVERO et al., 2006), sendo assim o línter de algodão é favorável para a produção da polpa celulósica quanto a essa característica. Um dos principais objetivos da fabricação de papel é reduzir o conteúdo de lignina para adiar o amarelamento do mesmo.

Os percentuais de holocelulose e alfacelulose são características importantes principalmente para a indústria de celulose visto que se relacionam com a quantidade de carboidratos totais, dentre eles a própria celulose, componente esse essencial para a formação do papel.

O línter apresentou valores superiores quando comparados com *Eucalyptus* (SEVERO et al., 2006) e *Pinus* (VIVIAN et al., 2015) (FOELKEL, 2009). Kumabe (2016) encontrou um valor médio de 85,37% de holocelulose no línter de algodão, valor esse muito próximo ao encontrado no presente estudo. A alfacelulose representa o teor de celulose não degradada. Desta maneira, o alto valor obtido demonstra uma tendência do material para ser destinado a produção de polpa celulósica.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se assim que o línter de algodão apresentou resultados satisfatórios e vantagens quanto suas características químicas analisadas para fins de produção de polpa celulósica, como baixo teor de cinzas e baixo teor de lignina e alto teor de holocelulose e alfacelulose. Além disso, a densidade e umidade do material são importantes características da biomassa, interferindo assim, nos custos de transporte e estocagem da matéria-prima.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos orientadores e ao CNPq e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6922**: Carvão Vegetal – Ensaio físico determinação da massa específica (densidade a granel). Rio de Janeiro, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112**: Carvão Vegetal – Análise imediata. Rio de Janeiro, 1986.

BAJWA, S. G.; BAJWA, D. S.; HOLT, G.; COFFELT, T.; NAKAYAMA, F. Properties of thermoplastic composites with cotton and guayule biomass residues as fiber fillers. *INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS*. p. 747-755, 2011.

BALLAMINUT, C. Cultura do algodão. *ALGODÃO BRASILEIRO*, 2003.

IBRAHIM, M. M.; ZAWAWY, EI.; NASSAR, M. A. Synthesis and characterization of polyvinyl alcohol/nanospherical cellulose particle filmes. *Carbohydrate Polymers*, 79, p. 696-699, 2010.

KUMABE, F. J. B. Caracterização do linter reciclado de algodão: alternativa sustentável para à produção de celulose. 2016. 47 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho ”, Botucatu, 2016.

MORAIS, J.P.S.; ROSA, M.F.; MARCONCINI, J.M. Procedimentos para análise lignocelulósica. *EMBRAPA ALGODÃO*, Campina Grande, 2010. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/900898/1/DOC11003.pdf>>. Acesso em: 15 abril 2016.

PENNA, J. C. V. Melhoramento do Algodão. In: *MELHORAMENTO DE ESPÉCIES CULTIVADAS*. Viçosa, p.15-50, 1999.

SCACHETTI, M.T., DONKE, A.C.G., SUASSUNA, N.D., FIGUEIRÊDO, M.C.B., KULAY, L.A., FOLEGATTI-MATSUURA, M.I.S. Avaliação do ciclo de vida da produção de algodão para extração de nanofibras: sistema de produção em rotação com soja e forrageira. In: *Embrapa Instrumentação*, São Carlos, 2013.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Composição Química da Madeira de *Eucalyptus citriodora* em Função das Direções Estruturais. *SILVA LUSITANA* v. 14, p. 113 - 126, 2006.

SOUZA, L. B. O algodoeiro: Alguns aspectos importantes da cultura. *REVISTA VERDE*, Mossoró, v.5, n.4, p. 19 - 26 outubro, 2010.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Standard Method T204 om-97** – Tappi Test Methods, 1997.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Standard Method T212 om-98** – Tappi Test Methods, 1998.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Standard Method T222 om-88** – Tappi Test Methods, 1988.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Standard Method T203 cm-99** – Tappi Test Methods, 1999.

VIEIRA, R. M.; BELTRÃO, N. E. M. Produção de sementes do algodoeiro. In: O AGRONEGÓCIO DO ALGODÃO NO BRASIL. Embrapa, p. 429-453, 1999.

VIVIAN, M. A.; SEGURA, T. E. S.; JÚNIOR, E. A. B.; SARTO, C.; SCHMIDT, F.; JÚNIOR, F. G. S.; GABOV, K.; FARDIM, P. Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft. SCIENTIA FORESTALIS, v. 43, n. 105, p.183-191, 2015.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Densidade básica e crescimento de eucalipto sob aplicação de composto orgânico

Ricardo Marques Barreiros¹
Iraê Amaral Guerrini¹
Cláudio Angeli Sansígolo¹

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

DENSIDADE BÁSICA E CRESCIMENTO DE EUCALIPTO SOB APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO

Resumo: A adubação orgânica tem sido uma prática eficiente em plantações florestais, que pode resultar em melhoria significativa da fertilidade do solo e, conseqüentemente, do potencial produtivo da floresta, tornando-se também uma alternativa promissora para a disposição final adequada dos resíduos orgânicos. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de lixo urbano semidecomposto na produtividade e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* em relação à adubação química convencional. O material foi obtido de uma plantação comercial de 8,4 anos de idade na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo. A amostragem foi aleatória, sendo de 24 árvores em cada área estudada, isto é, com e sem aplicação do lixo urbano semidecomposto, divididas em 2 parcelas aleatórias e 4 classes de DAP. Os resultados mostraram que a aplicação do composto orgânico (lixo orgânico semidecomposto) proporcionou árvores mais altas, de maiores diâmetros e de maiores volumes de madeira, porém de menores densidades básicas.

Palavras-chave: Adubação orgânica; produtividade de madeira; qualidade da madeira.

BASIC DENSITY AND GROWTH EUCALYPTUS UNDER APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZATION

Abstract: The organic fertilization has been an efficient practice in forest plantations, which can result in significant improvement in soil fertility and, consequently, the productive forest potential, also becoming a promising alternative for the proper disposal of organic waste. This work aimed to evaluate the effect of the application of semi-decomposed urban waste in productivity and quality of *Eucalyptus grandis* wood compared to conventional chemical fertilizer. The material was obtained from a commercial plantation of 8.4 years in the Midwest region of the São Paulo State. The sampling was randomized, with 24 trees in each area studied, this is, with and without application of semidecomposed urban waste, random divided into 2 plots and 4 DAP classes. The results showed that application of the organic compost (semidecomposed organic waste) gave higher trees, diameters larger and larger quantities of wood, but with lower basic densities.

Keywords: Organic fertilization; wood productivity; wood quality.

1. INTRODUÇÃO

Somente o Brasil produz diariamente cerca de 190 mil toneladas de resíduo sólido urbano (lixo), sendo que 113,9 mil toneladas (58,4%) são destinadas a aterros sanitários, 42,2 mil toneladas (24,2%) a aterros controlados e 33,9 mil toneladas (17,4%) a lixões (ABRELPE, 2014).

Segundo Gorgati e Lucas Júnior (2001), outras opções para a disposição final do lixo são os incineradores, as usinas de compostagem, os digestores anaeróbios e outros, sendo que a escolha de uma delas depende de características do local e de disponibilidade financeira. Neste sentido, uma maneira de tornar aproveitável esses resíduos orgânicos, desenvolvida

por sistema de baixo custo e facilidade operacional é a compostagem (PEREIRA NETO, 1997).

Por outro lado, a atividade florestal no Brasil geralmente utiliza solos arenosos, que se destacam pela baixa fertilidade. Dentre os gêneros florestais utilizados, destaca-se o do eucalipto, que tem apresentado um papel importante do ponto de vista silvicultural e econômico, apesar de que o baixo nível tecnológico aplicado no seu cultivo fez com que as empresas florestais convivessem por muitas décadas com baixas produções (MOREIRA et al., 2005).

Na busca de aumentar a produtividade, novos recursos foram incorporados aos sistemas produtivos, por exemplo, além do crescimento das áreas reflorestadas, porém em solos com deficiências em nutrientes, houve também um forte aumento do consumo de fertilizantes (OLIVEIRA et al., 2001).

Em plantações florestais de eucalipto, a adubação orgânica é uma prática silvicultural eficiente, que além de resultar em melhoria significativa da fertilidade do solo, conseqüentemente, do potencial produtivo da floresta, torna-se uma alternativa promissora para a disposição final adequada dos resíduos orgânicos (BARREIROS, 2006).

De uma maneira geral, o estudo dos efeitos da fertilização química sobre a produtividade em florestas verticalizadas tem sido muito comum, porém, estudos sobre a implicação da fertilização na qualidade da madeira ainda tem sido poucos, principalmente quando se trata de composto orgânico aplicado em florestas de folhosas. Logo, este trabalho teve por objetivo investigar o efeito da aplicação de um composto orgânico, mais precisamente o lixo urbano semi-decomposto, sobre a produtividade e a qualidade da madeira de uma população comercial de *Eucalyptus grandis*, frente à adubação química convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 O experimento

O experimento foi conduzido no município de Itatinga, estado de São Paulo, Brasil. O local está a 23°15'S e 48°28'O, com altitude entre 650 e 700 m. O clima predominante, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cfa, mesotérmico úmido, com precipitação média anual variando de 1200 a 1300 mm, concentrada no período de outubro a março e sem déficit hídrico. As temperaturas médias variam de 22 a 23°C no mês mais quente do ano e de 15 a 16°C no mês mais frio. O solo é do tipo Neossolo Quartzarênico, profundo, bem drenado, com textura arenosa. Devido à constituição quartzosa, esse solo é pobre em nutrientes minerais, ácido, com alta saturação em alumínio, baixa capacidade de retenção de cátions e de água. O relevo é descrito como suave ondulado, declividade baixa, favorável à prática silvicultural mecanizada.

O material em estudo trata-se de dois talhões de uma população comercial de *Eucalyptus grandis*, plantado em espaçamento de 3 m x 2 m, com 8,4 anos de idade, cujas mudas foram produzidas por sementes. Um dos talhões (38,52 ha) recebeu o composto orgânico (lixo urbano semidecomposto) e o outro (64,11 ha) recebeu adubação química convencional.

Os tratamentos foram denominados “com composto” e “sem composto”, detalhados a seguir:

Tratamento com composto - no plantio, foram realizadas adubação e calagem com 1.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 90) + 15.000 kg ha⁻¹ de composto orgânico urbano (composição, ver Tabela 1) + 500 kg ha⁻¹ de termofosfato Yoorim (18% de P₂O₅, 25% de CaO e 16% de MgO) + 400 kg ha⁻¹ da formulação 10-10-10. Vinte e sete meses depois, foi realizada a adubação de manutenção para corrigir os teores foliares, cuja quantidade de fertilizante

(NPK) foi calculada com base nos dados de análise foliar, sendo aplicado 175 kg ha⁻¹ da formulação 14-07-28.

Tratamento sem composto - no plantio, foram realizadas adubação e calagem com 1.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 90) + 500 kg ha⁻¹ de termofosfato Yoorim (18% de P₂O₅, 25% de CaO e 16% de MgO) + 400 kg ha⁻¹ da formulação 10-10-10. Vinte e sete meses depois, foi realizada a adubação de manutenção para corrigir os teores foliares, cuja quantidade de fertilizante (NPK) foi calculada com base nos dados de análise foliar, sendo aplicado 175 kg ha⁻¹ da formulação 14-07-28.

O composto orgânico de lixo urbano foi proveniente da Usina Santa Leopoldina, da cidade de São Paulo-SP, cuja análise química foi realizada antes de sua aplicação no plantio das mudas, pelo Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura de São Paulo, e revelou a composição química mostrada na Tabela 1, após o composto ser totalmente curado e peneirado.

Tabela 1. Características químicas do composto de lixo urbano utilizado

Variável analisada	Teor
pH	8,0
Cinzas, g kg ⁻¹	457,0
Umidade, g kg ⁻¹	350,0
Matéria orgânica, g kg ⁻¹	530,0
Carbono, g kg ⁻¹	225,0
Nitrogênio, g kg ⁻¹	18,0
Relação C/N	12,5
Fósforo, g kg ⁻¹	2,4
Potássio, g kg ⁻¹	8,9
Cálcio, g kg ⁻¹	21,0
Magnésio, g kg ⁻¹	2,9
Enxofre, g kg ⁻¹	3,3

As análises dos solos dos talhões foram realizadas na época do plantio, pela empresa, e na época da colheita da madeira, pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais (Ciência do Solo) da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista de Botucatu-SP, de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (1987). Nove amostras simples de solo foram coletadas, na profundidade de 0-20 cm, formando 3 amostras compostas após a homogeneização em cada tratamento. Essas coletas ocorreram na época do plantio e logo após o abate das árvores e amostragem da madeira. Foram realizadas análises para as seguintes variáveis: pH (em CaCl₂), matéria orgânica (M.O.), H+Al, P, K, Ca, Mg e Saturação por bases (V%), sendo que P, K, Ca e Mg foram extraídos pela resina trocadora de íons, cujos teores constam na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química dos solos nas épocas de plantio e colheita

Tratamento	Operação	pH	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al ³⁺ mmol _c dm ⁻³	H+Al	CTC	V
											%
	Plantio	3,5	14	6	0,2	1	1	2	5	6	5
Com comp.	Colheita	3,9	15	4	0,4	3	2	8	38	45	10
Sem comp.	Colheita	3,9	15	4	0,3	4	3	7	39	43	11

2.2 Amostragem das árvores

Para cada área, com e sem aplicação do composto, foram coletadas 24 árvores amostradas aleatoriamente dentro de cada tratamento em 2 parcelas aleatórias e 4 classes de DAP (< 12 cm, 12-15,5 cm, 15,5-19 cm e > 19 cm). O total de árvores amostradas foi 48, número que está além do que a Norma Panamericana COPANT (1972) reporta, ou seja, um número mínimo de cinco árvores por população para estudos tecnológicos, quando se tem um conhecimento prévio da espécie.

2.3 Dendrometria

Após a medição dos DAPs (Diâmetros à Altura do Peito), as árvores amostradas foram abatidas, medidas as alturas total (HT) e comercial (HC), retirados discos de aproximadamente 4 cm de espessura a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial, esta considerada no diâmetro mínimo de 8 cm com casca. Tais medidas foram utilizadas nos cálculos de volume e densidade básica da madeira e da casca.

2.4 Preparação dos discos

Em condições de laboratório, a preparação das amostras a partir dos discos ocorreu na condição seca ao ar com, aproximadamente, 12% de umidade e as análises químicas da madeira ocorreram na condição absolutamente seca.

Os discos foram processados nas formas adequadas às análises subsequentes, isto é, tiveram seus diâmetros medidos com casca e depois foram descascados para a determinação da densidade básica.

2.5 Determinações dendrométricas e físicas

Uma vez bem identificadas, as amostras foram preparadas e as determinações foram as seguintes:

2.5.1 Volume comercial de madeira com casca

O volume comercial de madeira de cada árvore, com casca, foi determinado pela equação geral de Smalian, descrito por Veiga (1984), segundo a Expressão 1.

$$V = \frac{\pi L}{4} \left[D_0^2 + D_{100}^2 + 2(D_{25}^2 + D_{50}^2 + D_{75}^2) \right] \quad (1)$$

Onde:

V = volume comercial de madeira da árvore com casca, m³;

π = número pi (3,1416);

L = comprimento do segmento de madeira entre os discos retirados da árvore, m;

D = diâmetro dos discos de madeira a diversas alturas (0, 25, 50, 75 e 100%) da altura comercial da árvore, m.

2.5.2 Densidade básica da madeira

Foi utilizada uma das cunhas de cada disco, sem indício de nó, para a determinação da densidade básica da madeira nas respectivas alturas (0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial) ao longo do fuste da árvore. Essa determinação foi feita conforme o método da balança hidrostática, norma ABTCP M 14/70 (ABTCP, 1974).

2.5.3 Densidade básica média da árvore

Para o cálculo da densidade básica média de cada árvore, calcularam-se os volumes de madeira das toras compreendidas entre dois discos sucessivos e os respectivos pesos secos, expressos pelo produto entre seus volumes e as densidades básicas dos discos, calculadas anteriormente. A densidade básica média de cada árvore foi, então, calculada por meio da Expressão 2, ou seja, a média ponderada, em função da densidade básica de cada cunha, que na verdade representa o disco, e o respectivo diâmetro do disco sem casca, conforme descrito por Sansígolo e Barreiros (1998).

$$Dba = \frac{1}{2} \cdot \frac{(D_0^2 + D_{25}^2)(Db_0 + Db_{25}) + \dots + (D_{75}^2 + D_{100}^2)(Db_{75} + Db_{100})}{D_0^2 + D_{100}^2 + 2(D_{25}^2 + D_{50}^2 + D_{75}^2)} \quad (2)$$

Onde:

Dba = densidade básica média da árvore, g cm⁻³;

D = diâmetro dos discos de madeira a diversas alturas (0, 25, 50, 75 e 100%) da altura comercial da árvore, cm;

Db = densidade básica dos discos de madeira a diversas alturas (0, 25, 50, 75 e 100%) da altura comercial da árvore, g cm⁻³;

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez medidas as 48 árvores dos dois tratamentos, sem e com a aplicação do composto orgânico, quanto ao DAP, diâmetro a várias alturas (0, 25, 50, 75 e 100%) da altura comercial, altura total e aplicadas as equações 1 e 2, denota-se que a aplicação do composto orgânico é uma alternativa renovável para o crescimento em altura das árvores analisadas, porém o mesmo não foi obtido para o diâmetro. Dessa forma, as Tabelas 3 e 4 mostram tal afirmação.

O DAP médio das árvores (Tabela 3) não foi diferente entre os tratamentos, porém diferenciou-se entre as classes de diâmetros estipuladas com e sem composto.

Tabela 3. DAP médio das árvores nos respectivos tratamentos e classes diamétricas

Tratamento	Classe de diâmetro (cm)				Média
	< 12	12 ≤ 15,5	15,5 ≤ 19	> 19	
Sem (cm)	10,4	13,5	17,2	23,3	16,1 a
Com (cm)	10,4	14,0	17,4	24,4	16,6 a
Média	10,4 D	13,8 C	17,3 B	23,4 A	16,3

Em estudos com outra espécie, Trautenmüller et al. (2016) obtiveram resultados semelhantes para a altura. Observaram que a utilização de composto orgânico proveniente de lixo urbano, sem tratamento, proporcionou mudas de *Ilex paraguariensis* com maiores alturas e diâmetros do colo, juntamente com a menor relação H/D (altura/diâmetro).

Já a altura total média das árvores (Tabela 4) foi diferente entre os tratamentos e entre as classes de diâmetros estipuladas, sendo as de maiores diâmetros as mais altas e na presença de composto orgânico.

Tabela 4. Altura total média das árvores nos respectivos tratamentos e classes diamétricas

Tratamento	Classes de diâmetros (cm)				Média
	< 12	12 ≤ 15,5	15,5 ≤ 19	> 19	
Sem (m)	19,9 aC	24,0 aB	26,5 bA	28,7 bA	24,8 b
Com (m)	20,0 aD	24,3 aC	29,4 aB	33,0 aA	26,7 a
Média	19,9 B	24,2 B	28,0 A	30,8 A	25,7

Andrade (2002) também constatou aumento da produtividade, 46 % em volume e 37 % em biomassa, em árvores de *E. grandis*, aos 7 anos de idade, com aplicação de lixo urbano orgânico compostado em relação à aplicação de fertilizantes minerais.

Teixeira et al. (2004) utilizaram composto orgânico de lixo urbano em formação de mudas de abieiro e também concluíram que o mesmo pode funcionar perfeitamente como fonte de adubo, antecipando o tempo de formação das mesmas. Resultados semelhantes aos citados por estes autores, foram encontrados por Oliveira et al. (2000) em milho como planta indicadora.

O volume total médio das árvores (Tabela 5) foi diferente entre os tratamentos e entre as classes de diâmetros estipuladas, sendo as de maiores volumes aquelas de maiores diâmetros e na presença de composto orgânico, caracterizando um aumento na produtividade em volume de madeira.

Tabela 5. Volume total médio das árvores nos respectivos tratamentos e classes diamétricas

Tratamento	Classes de diâmetros (cm)				Média
	< 12	12 ≤ 15,5	15,5 ≤ 19	> 19	
Sem (m ³)	0,074 aD	0,164 bC	0,285 bB	0,581 bA	0,276 b
Com (m ³)	0,074 aD	0,196 aC	0,321 aB	0,734 aA	0,331 a
Média	0,074 D	0,180 C	0,303 B	0,658 A	0,304

Corroborando os resultados encontrados neste estudo, Barreiros (2006) avaliou o efeito da aplicação de um composto orgânico de lodo de esgoto doméstico tratado (0 a 40 t ha⁻¹ base seca) frente a uma dose de adubo mineral nos atributos físicos da madeira de *Eucalyptus grandis*, em árvores de cinco anos de idade, no mesmo município deste trabalho. O composto diminuiu a densidade básica da madeira, o que foi compensado pelo aumento na produtividade de madeira.

A densidade básica média das árvores (Tabela 6) foi diferente entre os tratamentos e entre as classes de diâmetros estipuladas, sendo as de maiores densidades as de maiores diâmetros e na ausência de composto orgânico.

Tabela 6. Densidade básica média das árvores nos respectivos tratamentos e classes diamétricas

Tratamento	Classes de diâmetros (cm)				Média
	< 12	12 ≤ 15,5	15,5 ≤ 19	> 19	
Sem (g/cm ³)	0,454 aB	0,455 aB	0,485 aA	0,485 aA	0,470 a
Com (g/cm ³)	0,408 bD	0,424 bC	0,440 bB	0,460 bA	0,433 b
Média	0,431 B	0,440 B	0,462 A	0,473 A	0,451

Com o presente trabalho, verificou-se que a utilização de composto orgânico pode ser uma alternativa viável e promissora em termos de produtividade, além de ecológica, pois o lixo urbano é também um problema urbano. Por ser reciclável, deixa de ser lixo e passa a ser matéria prima como composto orgânico, que pode ser aplicado na produção de espécies florestais.

4. CONCLUSÕES

A aplicação do composto orgânico (lixo orgânico semi-decomposto) proporcionou árvores mais altas, de maiores diâmetros e de maiores volumes de madeira, porém de menores densidades básicas.

5. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, G. de C. Efeitos da aplicação de composto orgânico de lixo urbano e de fertilizante mineral em povoamentos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. 2002. 132 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 12ª ed. São Paulo, 2014. 118 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. MÉTODOS DE ENSAIO. São Paulo, 1974.

BARREIROS, R.M. Modificações na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado. 2006. 111p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

COPANT - Comissão Panamericana de Normas Técnicas, Maderas - Selección y colección de muestras. Norma Panamericana., 1972. 458 p.

GORGATI, C.Q.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem da fração orgânica de lixo urbano do município de São Lourenço da Serra-SP.: rendimento da produção de composto durante a estação de inverno. ENERGIA NA AGRICULTURA, Botucatu, v.16, n.2, p.63-69, 2001.

MOREIRA, C.R.; GUERRINI, I.A.; BIAGGIONI, M.A.M. Avaliação energética do cultivo de eucalipto, com e sem composto de lixo urbano. ENERGIA NA AGRICULTURA, Botucatu, v.20, n.4, p. 1-19, 2005.

OLIVEIRA, R. F. de; CRUZ, E. de S.; TEIXEIRA, L. B. Efeito do composto de lixo orgânico urbano de Barcarena na produção de matéria seca de milho em casa de vegetação. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 15p. (Boletim de Pesquisa, 26)

OLIVEIRA, S. A.; MORAES, M. L. T.; BUZETTI, S. Efeito da adubação NPK com e sem boro no crescimento de *Eucalyptus citriodora* Hook. REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL, São Paulo, v.13, n.2, p.115-120, 2001.

PEREIRA NETO, J.T. Características, disponibilidades e usos alternativos de resíduos orgânicos de origem urbana. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE SUSOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS FLORESTAL E URBANO, 1., 1997, Curitiba. ANAIS ... Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 105-109.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO PARA FINS DE FERTILIDADE. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

SANSÍGOLO, C.A.; BARREIROS, R.M. Qualidade da Madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de celulose kraft. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 31., São Paulo, 1998. ANAIS ... São Paulo:ABTCP, 1998. p. 417-429.

TEIXEIRA, L. B.; CARVALHO, J. E. U. de; MULLER, C. H.; FURLAN JÚNIOR, J.; DUTRA, S. Uso de composto orgânico de lixo urbano na produção de mudas de Abieiro. Belém: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004. 03p. (Comunicado Técnico, 86).

TRAUTENMÜLLER, J. W.; BORELLA, J.; LAMBRECHT, F. R.; VALERIUS, J.; COSTA JÚNIOR, S.; LESCHEWITZ, R. Influência de composto orgânico no desenvolvimento de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. Advances in Forestry Science, Cuiabá, v.3, n.4, p.55-58, 2016.

VEIGA, R.A.A. Dendrometria e inventário florestal. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1984. 108 p. (Boletim Didático, 1).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DENSIDADE BASICA E PODER CALORIFICO SUPERIOR DO RESIDUO MADEIREIRO DE 5 ESPÉCIES TROPICAIS

Michelly Casagrande Stragliotto¹
JEFFERSON MELO FREITAS²
Aylson Costa Oliveira³
Bárbara Luísa Corradi Pereira³
Ana Carolina Silva Costa¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso/ Departamento de Engenharia Florestal/Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

² Universidade Federal de Mato Grosso/Faculdade de Engenharia Florestal/ Departamento de Engenharia Florestal

³ Departamento de Engenharia Florestal / Faculdade de Engenharia Florestal / Universidade Federal de Mato Grosso



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DENSIDADE BÁSICA E PODER CALORÍFICO SUPERIOR DO RESÍDUO MADEIREIRO DE 5 ESPÉCIES TROPICAIS

Resumo: O aumento do consumo de combustíveis fósseis resultou no acréscimo da emissão de gases de efeito estufa, com isso, alternativas renováveis de energia se tornaram necessárias para frear o aquecimento global. A biomassa quando utilizada para a geração de energia além de ser um combustível renovável e limpo, pode advir de fontes de madeira consideradas resíduos por muitas indústrias madeireiras. Assim, este trabalho teve como objetivo determinar a densidade básica e o poder calorífico de cinco espécies de madeiras tropicais: *Qualea paraensis* (Cambará), *Erismia uncinatum* (Cedrinho), *Dipteryx odorata* (Cumarú), *Ocotea* sp (Canelão) e *Dialium guianense* (Jataí), visando o aproveitamento energético dos resíduos madeireiros do processo do desdobro de toras de madeira em madeira serrada. As amostras foram provenientes de uma indústria madeireira de médio porte no município de Nova Maringá-MT, onde foram selecionadas 3 toras de cada espécie, sendo coletadas 3 amostras por tora, totalizando 45 amostras. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. As espécies *Dipteryx odorata* e *Dialium guianense* apresentaram os maiores valores médios de densidade básica da madeira, 0,81 e 0,84 g.cm⁻³, respectivamente, já a *Erismia uncinatum* apresentou menor densidade básica, 0,49 g.cm⁻³. As espécies *Ocotea* sp e *Dipteryx odorata* apresentaram maiores valores médios para o poder calorífico superior, 5.002 e 5049 kcal.kg⁻¹, respectivamente, já a *Qualea paraensis* apresentou menor poder calorífico superior, 4.631 kcal.kg⁻¹.

Palavras-chave: Biomassa, indústria madeireira, combustão.

BASIC DENSITY AND HIGHER CALORIFIC VALUE OF WOOD RESIDUE OF 5 SPECIES OF TROPICAL

Abstract: The increased of fossil fuels consumption has resulted in increased greenhouse gas emissions, alternative renewable energy have become necessary to brake global warming. Biomass when used for power generation besides beeng a renewable and clean fuel, can come from wood sources considered by many waste lumber. Thus, this study aimed to determine the basic density and the calorific value of five species of tropical wood: *Qualea paraensis* (Cambará), *Erismia uncinatum* (Cedrinho), *Dipteryx odorata* (Cumarú), *Ocotea* sp (Canelão) e *Dialium guianense* (Jataí), aiming at the energy use of waste wood products sawmill process of wooden logs into lumber. The samples were from a medium-sized industry in the municipality of Nova Maringá-MT, where it were selected 3 wood trunk of each species, being collected 3 samples of them, totaling 45 samples. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Tukey test at 5% probability. *Dipteryx odorata* and *Dialium guianense* species presented the highest values dialium medium density wood, 0.81 and 0.84 g.cm⁻³, respectively, showed lower basic density *Erismia uncinatum*, 0.49 g.cm⁻³. *Ocotea* sp and *Dipteryx odorata* species showed higher average values for the superior calorific value, and kcal.kg⁻¹ 5049 and 5,002, respectively, *Qualea paraensis* showed lower upper calorific value, kcal.kg⁻¹ 4,631.

Keywords: Biomass, wood industry, combustion.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e a grande demanda de energia, o consumo de combustíveis fósseis aumentou cerca de 50% nas últimas décadas segundo a International Energy Agency (IEA, 2015). Este cenário ocasiona a elevação da emissão dos gases de efeito estufa, resultando em mudanças climáticas como o aquecimento global. Assim, alternativas para geração de energia com menor emissão de gases, como a utilização de resíduos madeireiros estão sendo cada vez mais estudadas.

A geração de resíduos é uma consequência natural do processo de transformação da madeira dentro das indústrias madeireiras (VALÉRIO et al., 2007). Em 2011, 12,9 milhões de metros cúbicos de madeira em tora foram retirados das florestas nativas da Amazônia Legal, deste total 89% foram oriundos dos estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia, estados que concentram a produção nacional de toras de madeira tropical. Entretanto, apenas 5,9 milhões foram transformados em madeira serrada, de acordo com o Serviço Florestal Brasileiro (SFB, 2013). Os resíduos de madeira podem vir a ter vários usos como na confecção de material combustível na agricultura, na geração de energia elétrica em termoelétricas, e principalmente na indústria de painéis, segundo o Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná (IBQP, 2002).

De acordo com Fontes (1994), cerca de 50% a 70% do volume de madeira em tora consumido nas indústrias são transformados em resíduos durante seu processamento. Quando manejados adequadamente, os resíduos podem representar um caminho importante para um diferencial financeiro dentro da indústria madeireira, evitando-se problemas ambientais e sociais pelo seu descarte incorreto.

Neste panorama é de grande importância o aproveitamento dos resíduos madeireiros, sendo a utilização energética da biomassa uma alternativa para a substituição dos combustíveis fósseis. Segundo Abreu et al. (2014) esta fonte de energia apresenta algumas vantagens como baixo custo de aquisição, a não emissão de dióxido de enxofre, as cinzas são menos agressivas ao meio ambiente que as provenientes dos combustíveis fósseis, apresenta menor corrosão dos equipamentos, menor risco ambiental, além de ser um recurso renovável.

No Brasil a utilização da biomassa para fins energéticos é responsável por 8,83% do total de toda energia consumida, equivalente a 14.019.781 kW. Do total das fontes de biomassa, o setor florestal, com a madeira, vem em segundo lugar nessa lista, com 20% do total, equivalente a 2.803.847 kW, de acordo com a Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo (SEM, 2016). Atualmente, a maior parte da madeira para a geração de energia, no Brasil, advém dos reflorestamentos e dos resíduos de pinus e eucaliptos. Sendo sua utilização mais expressiva em indústrias de polpa celulósica, secadores de grãos e caldeiras. Todavia, resíduos advindos das espécies nativas, processadas nas indústrias madeireiras, nem sempre têm o mesmo destino.

O uso racional e mais econômico da madeira depende da identificação e adequação de algumas de suas propriedades. (VITAL, et al., 2013). Para a utilização dos resíduos madeireiros para fins energéticos, é importante ressaltar que a variação das propriedades químicas e físicas da madeira conforme a espécie pode influenciar na geração de energia. Portanto, é imprescindível que seja feita a caracterização dos resíduos madeireiros a fim de conhecer suas propriedades, como a densidade básica,

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

o poder calorífico superior, umidade, granulometria e a análise química imediata das diferentes espécies florestais nativas comercializadas nas serrarias, visando quantificar o potencial energético estocado nestes materiais.

A densidade básica da madeira é a relação entre a massa absolutamente seca da madeira e o volume saturado, sendo expressa em g.cm^{-3} . De acordo com Vital et al. (2013) a densidade básica da madeira é um parâmetro referencial para a seleção de espécies florestais indicadas para produção de energia. Quanto maior a densidade básica da madeira, maior será a quantidade de massa por unidade de volume do material.

O poder calorífico é a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa da madeira, sendo classificado entre poder calorífico superior e inferior. O poder calorífico superior é aquele em que a combustão se efetua a volume constante e no qual a água formada durante a combustão é condensada e o calor que é derivado desta condensação é recuperado (Briane & Doat, 1985). Portanto quanto maior for o poder calorífico superior melhor será a madeira para fins energéticos, pois maior será a liberação de calor por unidade de massa.

Diante deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo determinar a densidade básica e o poder calorífico superior dos resíduos madeireiros de cinco espécies nativas, de uma indústria madeireira do estado de Mato Grosso, visando seu aproveitamento energético.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

As amostras de madeira foram obtidas na indústria madeireira Madfreitas localizada na cidade de Nova Maringá, à 380 km de Cuiabá. Foram coletadas amostras de cinco espécies nativas mais comercializadas pela indústria: *Qualea paraensis* (cambará), *Erismia uncinatum* (cedrinho), *Dipteryx odorata* (cumarú), *Ocotea* sp (canelão) e *Dialium guianense* (jataí).

De cada espécie foram selecionadas aleatoriamente três toras. Após o processo de desdobro, foram coletadas três amostras de cada tora, sendo uma amostra no topo, outra no meio e a última na seção próxima à base, totalizando 45 amostras.

No laboratório, com o auxílio de uma serra circular, as amostras foram divididas, sendo parte destinadas para a determinação da densidade básica e o restante para a determinação do poder calorífico superior.

2.2 Determinação da densidade básica

Para a obtenção da densidade básica, as amostras foram primeiramente submersas em água por um período médio de 45 dias, com o objetivo de saturação, para posterior determinação do volume pelo método de empuxo (deslocamento por imersão em água), conforme sugerido por Vital (1984).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Após a obtenção do volume, os corpos de prova foram colocados em uma estufa a uma temperatura de 103 °C, por 72 horas e foi determinada, posteriormente, a massa seca de cada amostra.

Para a obtenção dos valores de densidade básica, utilizou-se a relação entre a massa seca (MS) da madeira e o volume saturado (Vs), por meio da Equação (1):

$$D = \frac{M_s}{V_s} \quad (1)$$

Em que:

D = Densidade Básica (g.cm⁻³);

M_s = Massa Seca (g);

V_s = Volume Saturado (cm³)

2.3 Determinação do poder calorífico

Para a determinação do poder calorífico superior, as amostras foram convertidas em palitos finos e posteriormente, moídos em moinho de facas, afim de transformá-las em serragem. As amostras de serragem foram classificadas entre as peneiras de 40 e 60 mesh (ASTM, 1982). As frações das amostras, retidas na peneira de 60 mesh, foram utilizadas para determinação do poder calorífico superior.

O poder calorífico superior da madeira foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela norma da ASTM E711-87 (ASTM, 2004), utilizando-se uma bomba calorimétrica adiabática.

2.4 Análise estatística

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para verificação das diferenças existentes. Quando estabelecidas diferenças significativas entre eles, aplicou-se o teste Tukey em nível de 95% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Software Assistat.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade básica da madeira

Na Figura 1 são apresentados os valores médios de densidade básica da madeira das cinco espécies avaliadas. Os valores médios de densidade básica das cinco espécies variaram de 0,49 a 0,84 g.cm⁻³ (Figura 1). As espécies *Dipterix odorata* e *Dialium guianense* apresentaram os maiores valores médios de densidade básica da madeira, 0,81 e 0,84 g.cm⁻³, respectivamente, não diferindo significativamente entre si. Já a espécie *Erismia uncinatum* apresentou a menor densidade básica da madeira, 0,49 g.cm⁻³, e segundo Ferraz et al. (2004) sendo considerada leve por apresentar densidade menor que 0,50 g.cm⁻³, já as espécies *Dipterix odorata* e *Dialium guianense*

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

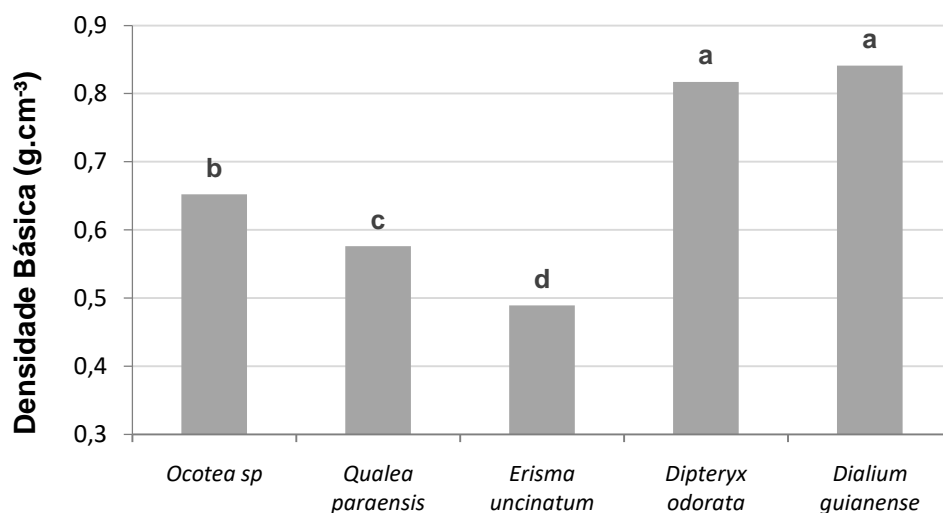




III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

apresentam densidade básica considerada pesada a muito pesada por terem valores maiores que $0,80 \text{ g.cm}^{-3}$ (FERRAZ et al., 2004).



*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 1. Valores médios da densidade básica (g.cm^{-3}) da madeira das cinco espécies avaliadas.

Quirino et al. (2005) encontram valores de densidade básica da madeira para 108 espécies florestais brasileiras com variação de $0,20$ a $1,08 \text{ g.cm}^{-3}$. Os valores da densidade básica das espécies encontrados neste trabalho foram próximos aos verificados para as mesmas espécies por Oliveira Filho (2015) e Quirino et al. (2005). Apenas duas espécies, *Qualea paraensis* e *Dipteryx odorata* e apresentaram valores inferiores aos trabalhos supracitados. Souza e Camargos (2014) encontraram para a espécie *Qualea paraensis* densidade básica igual a $0,70 \text{ g.cm}^{-3}$. Já Zau et al. (2014), verificaram densidade básica para a espécie *Dipteryx odorata* de $0,86 \text{ g.cm}^{-3}$. Essa discrepância tem origem, provavelmente, nas diferentes condições ambientais, de solo, de idade ou ainda nos diferentes genótipos das madeiras avaliadas.

A densidade básica da madeira representa a concentração de massa por unidade de volume da madeira e influencia a velocidade de queima. A utilização de madeiras com baixa densidade para a produção direta de energia em forma de calor resulta em uma queima rápida com menor produção de energia por unidade de volume. Entretanto, madeiras com densidade básica muito elevada dificultam o início da queima (VALE et al., 2002).

Por isso, é interessante que as madeiras apresentem densidades de moderadamente pesadas a pesadas, sendo a faixa ideal para a geração de energia acima de $0,65 \text{ g.cm}^{-3}$ (VALE et al., 2002). Assim, considerando a densidade básica, as espécies mais indicadas para o uso energético são: *Ocotea sp*, *Dipteryx odorata* e *Dialium guianense* (Figura 1), pois em um mesmo volume, apresentaram maior quantidade de massa, fornecendo maior quantidade de energia ao processo.

REALIZAÇÃO



APOIO



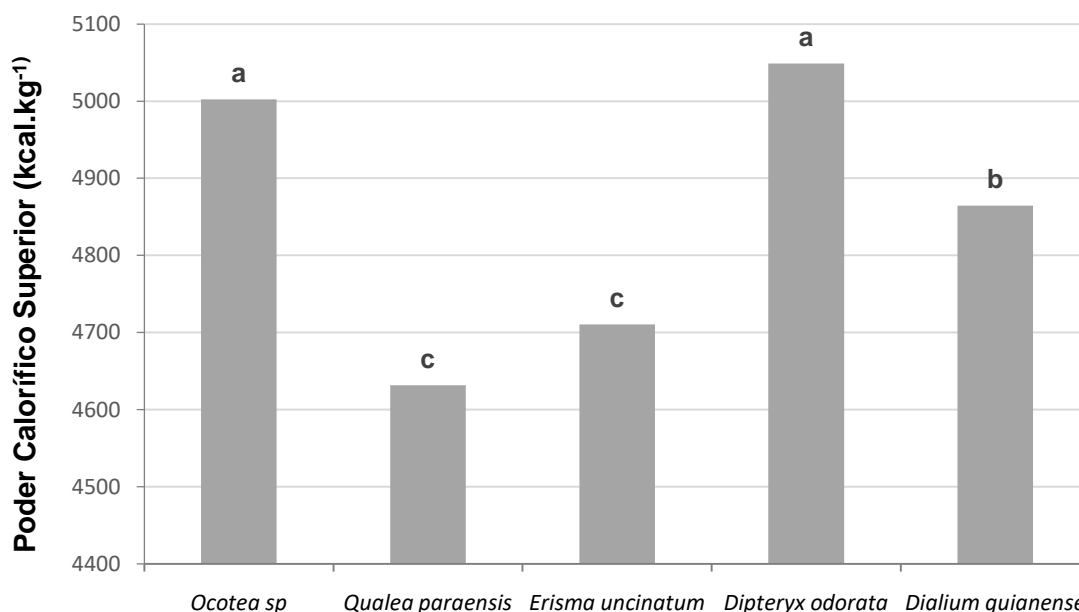
ORGANIZAÇÃO





3.2 Poder Calorífico Superior

Na Figura 2 são apresentados os valores médios de poder calorífico superior da madeira das cinco espécies avaliadas.



*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 2 - Valores Médios de PCS (kcal.kg⁻¹) da madeira das cinco espécies avaliadas

Doat (1977) em estudo com mais de cem espécies de cinco países tropicais, encontrou valores de Poder Calorífico Superior (PCS) variando entre 4.310 e 5.170 kcal.kg⁻¹. Já Quirino et al. (2005) estudando mais de cem espécies brasileiras encontraram valores entre 3.350 a 5.260 kcal.kg⁻¹, portanto, o PCS das espécies estudadas está dentro variação encontrada por estes autores variando de 4.631 a 5049 kcal.kg⁻¹, .

O PCS mostra o máximo potencial de fornecimento energético da madeira (CINTRA, 2009). Também representa a quantidade de calor liberado durante a queima total de uma determinada quantidade de combustível, considerado o material completamente seco. Ou seja, quanto maior for o PCS, mais eficiente será o processo de geração de energia (VIEIRA, 2012), assim, para uma mesma massa será gerada uma maior quantidade de energia.

Observa-se na Figura 2 que *Ocotea sp* e *Dipteryx odorata* apresentaram maiores valores médios para o PCS, 5.002 e 5049 kcal.kg⁻¹, respectivamente, os quais não diferiram entre si a 5% de probabilidade, sendo os materiais mais indicados para a geração de energia. Já *Erisma uncinatum* (4710 kcal.kg⁻¹) e *Qualea paranesis* (4.631



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

kcal.kg⁻¹) apresentaram os menores valores, não apresentando diferença significativa entre si.

Quirino et al.(2005) encontraram valores de poder calorífico superior semelhantes ao do presente estudo para as madeiras de *Ocotea* sp (5.150 kcal.kg⁻¹), *Qualea paranesis* (4.626 kcal.kg⁻¹), *Erisma uncinatum* (4.523 kcal.kg⁻¹) e *Dipteryx odorata* (4.866 kcal.kg⁻¹).

Segundo Brito (1993) as madeiras folhosas possuem PCS médio de 4.500 kcal.kg⁻¹, portanto, a média do poder calorífico superior para as cinco espécies estudadas no presente trabalho foi de 4851,2 kcal.kg⁻¹, valor superior ao encontrado na literatura.

4. CONCLUSÕES

- Os maiores valores médios de densidade básica foram encontrados para as espécies *Dipteryx odorata* e *Dialium guianense*. Enquanto que o menor médio valor foi verificado para a espécie *Erisma uncinatum*.
- As espécies *Ocotea* sp e *Dipteryx odorata* apresentaram maior poder calorífico superior e o menor valor médio foi encontrado para a espécie *Qualea paraensis*.
- Conforme a análise dos dados do poder calorífico e da densidade básica é possível afirmar que os resíduos florestais estudados apresentam potencial para uso energético.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Madeireira MadFreitas e ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade de Viçosa. Ao CNPq e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Y. V ; DA SILVA, C. M. ; NASCIMENTO, H. R. ; GUERRA, Sinclair Mallet Guy
7. Energia verde no aproveitamento da biomassa florestal. REVISTA DA MADEIRA , v. 1, p. 16-22, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM. Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philadelphia: 1982.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. ASTM E711-87: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter. Philadelphia: ASTM International, 2004. 8p.

BRIANE, D.; DOAT, J. Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois. AixenProvence: ÉDISUD, 1985. 180 p

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

BRITO, J. O. Reflexões sobre a qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico. Piracicaba, n. 181, p. 6, 1993 (Circular Técnica, IPEF).

CINTRA, T.C. Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema, SP. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

DOAT, J. Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. Bois et Forêt des Tropiques, Nogent-Sur-Marne, n.172, p 33-55, mar./abr. 1977.

FERRAZ, I. D. K.; LEAL FILHO, N.; IMAKAWA, A. M.; VARELA, V. P.; PINÃO-RODRIGUES, F. C. M. Características básicas para um agrupamento ecológico preliminar de espécies madeireiras da floresta de terra firme da Amazônia Central. Acta Amazônica, Manaus, v. 34, n. 4, dez. 2004.

FONTES, P. J. P. Autossuficiência energética em serraria de pinus e aproveitamento dos resíduos. 1994. 140 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO PARANÁ. IBQP. Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no estado do Paraná. Curitiba. 2002. 345 p. Relatório Final.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. Word Energy Outlook. 2015. Disponível em:<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2015/151110_WEO2015_presentation.pdf> Acesso em: 28/03/2017.

OLIVEIRA FILHO, C. L. de. Madeiras Amazônicas para produção de tacos de beisebol. 2015. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

QUIRINO, W. F.; VALE A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. Revista Madeira. Caxias do Sul, v.15, n 89, p.100-106, 2005.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Qualificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. Ciência Florestal, Santa Maria, v 12, n. 1, p, 71-80, 2002

VALÉRIO, A. F; WATZLAWICK, L. F.; SANTOS, R. T.; BRANDELERO, C.; KOEHLER, H. S. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de Araucária angustifolia (Bertol.) o. Kuntze. Revista Floresta, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 387-398, set./dez, 2007.

VIEIRA, A. C. Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas. 2012. 56 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2012.

VITAL, B. R. Método de determinação da densidade da madeira. Viçosa: SIF, 1984, 21p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; PEREIRA, B. L. C. Qualidade da madeira para fins energéticos. Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar & Espécies Florestais. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013, p. 429-458.

SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SEM. Biomassa representa 8,8% da matriz energética do Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2016/07/biomassa-representa-88-da-matrizeletrica-do-brasil/>> Acesso em: 29/01/2017

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO- SFB. Florestas do Brasil em resumo - 2013: dados de 2007-2012. 188 p. Brasília, 2013.

SOUZA, M. H. de; CAMARGOS, J. A. A. Madeiras Tropicais Brasileiras. Brasília: SFB/LPF, v.2, 150 p, 2014.

ZAU, M. D. L.; VASCONCELOS, R. P. de; GIACON, V. M.; LAHR, F. A. R.; Avaliação das propriedades química, física e mecânica de painéis aglomerados produzidos com resíduo de madeira da Amazônia - Cumaru (*Dipteryx Odorata*) e resina poliuretana à base de óleo de mamona. Polímeros. São Carlos-SP, v. 24, n. 6, p. 33-40, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DENSIDADE DA MADEIRA DE Balfourodendron riedelianum COM 33 ANOS DE IDADE EM DIFERENTES PARTES DA PLANTA

Olívia Lopes¹
Eduardo Longui²

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

² Dasonomia / Instituto / Instituto Florestal



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DENSIDADE DA MADEIRA DE *Balfourodendron riedelianum* COM 33 ANOS DE IDADE EM DIFERENTES PARTES DA PLANTA

RESUMO

A madeira de *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. é indicada para fabricação de móveis de luxo e construção civil. Geralmente, espécies com esse uso possuem densidade elevada e conseqüentemente maior resistência. No entanto, sabemos que há variação na densidade ao longo do eixo axial da árvore, incluindo também outros órgãos (raiz). O presente trabalho objetivou estudar a variação da densidade da madeira em diferentes órgãos de *Balfourodendron riedelianum* com 33 anos de idade. Determinamos a densidade em seis indivíduos desde sua raiz até sua copa, foi possível verificarmos que para essa espécie houve um decréscimo nos valores da densidade da raiz em relação ao topo. Na raiz e base os valores foram estatisticamente iguais, o topo do fuste obteve o menor valor de densidade, nas posições da copa os valores foram semelhantes ao meio e topo do fuste. Sabendo as variações da densidade ao longo do eixo axial é possível planejar adequadamente a utilização da madeira e melhor entender sobre suas estratégias de funcionamento.

Palavras-chave: Raiz, Pau-marfim, densidade.

ABSTRACT

The wood of *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. is indicated for the manufacture of furniture and civil construction. Generally, species with these uses have high density and consequently greater resistance. However, we know that there is variation of density along the axial axis of the tree, including also other organs (root). The present work aimed to study the variation of wood density in different organs of *Balfourodendron riedelianum* at 33 years of age. We determined the density in six individuals from root to canopy tree, it was possible to verify that for this specie there was a decrease in the values of the root density from the top. In the root and base of tree trunk the values were statistically equal, the top of the trunk obtained the lowest value of density, in the canopy tree positions the values were similar to the middle and top of tree trunk. Knowing the density variations along the axial axis it is possible to plan the use of wood and better understand your operating strategies.

Keywords: Root, Pau-marfim, density.

1. INTRODUÇÃO

Balfourodendron riedelianum (Engl.) Engl., conhecida popularmente como pau-marfim, tem madeira indicada para fabricação de móveis de luxo, partes internas na construção civil, marcenaria e artefatos decorativos em geral (CARVALHO, 2004).

Espécie nativa, não endêmica do Brasil, secundária tardia e possui distribuição geográfica no Centro-oeste (Mato Grosso do Sul), Sudeste (Minas Gerais, São Paulo), Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina), nos Domínios Fitogeográficos da Mata Atlântica em Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) (PIRANI, 2014). É caracterizada como espécie semidecídua (LORENZI, 1992).

Geralmente, espécies utilizadas na fabricação de móveis e construção civil possuem densidade elevada, pois essa propriedade física está diretamente relacionada com o desempenho mecânico.

A densidade da madeira é uma propriedade importante nas árvores, sendo um indicativo de sua história de vida, estratégias mecânicas e fisiológicas. Essa relação é um dos índices mais simples e importantes para avaliação das propriedades

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

funcionais da madeira, refletindo em diferentes atributos nas espécies que produzem xilema secundário (MULLER-LANDAU, 2004; WILLIAMSON & WIEMANN, 2011).

Há variação na densidade da madeira ao longo do eixo axial e nos diferentes órgãos da planta que produzem xilema secundário, raiz, caule e copa. Entender as variações existentes contribui para conhecermos melhor as estratégias de funcionamento das espécies e aplicá-las de forma adequada. O presente trabalho objetivou estudar a variação da densidade da madeira em diferentes órgãos de *B. riedelianum*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

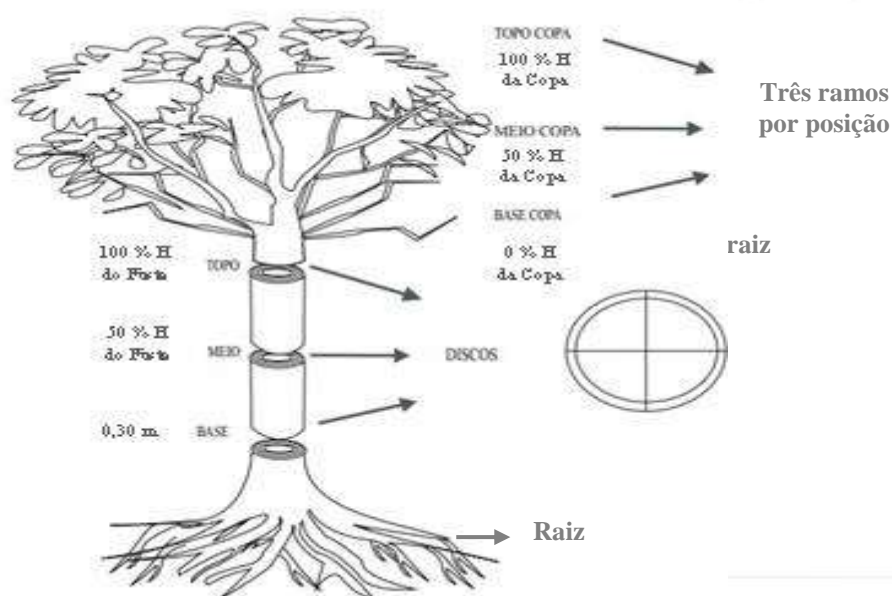
Foram selecionadas seis árvores de *Balfourodendron riedelianum* com 33 anos de idade, pertencentes a um plantio misto do Instituto Florestal de São Paulo, Estação Experimental de Luiz Antônio. Destas, foram determinados o diâmetro à altura do peito (1m e 30cm do solo), altura total, altura do fuste e altura da copa (Tabela 1).

Tabela 1 Dados dendrométricos de *Balfourodendron riedelianum* aos 33 anos de idade.

	DAP (cm)	AT (m)	AF (m)	AC (m)
Ind.1	18	21	14,3	6,7
Ind.2	21	21,1	7,45	13,65
Ind.3	13	14,80	5,80	9
Ind.4	16	19,70	11	8,70
Ind.5	14	20,90	10,40	10,50
Ind.6	16	17,20	6,10	11,10

DAP: diâmetro à altura do peito; AT: altura total; AF: altura do fuste; AC: altura da copa

De cada árvore, foram retiradas amostras de raiz, três posições do caule (base, meio e topo) e ramos, em três diferentes posições da copa (base, meio e topo da copa). As amostras de raiz e caule possuíam dimensões de aproximadamente 3 x 2 x 2 cm e os ramos com 3 cm de altura e diâmetros variados (Figura 1).



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Figura 1 Amostragem para análise da variação da densidade em diferentes órgãos.

A densidade foi determinada a umidade de equilíbrio do ar (cerca de 12%) pela relação entre massa e volume. A massa foi avaliada diretamente pela pesagem das amostras e o volume a partir do deslocamento pela imersão das amostras (GLASS & ZELINKA, 2010). A seguinte equação (1) foi empregada.

$$\rho = m/v$$

Em que:

ρ – densidade ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$);

m – massa (g);

v – volume (cm^3).

Para a comparação de cada variável foi empregada análise de variância, os resultados expressos como média. Quando uma diferença significativa foi observada empregou-se o teste de Tukey a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 é possível observar um decréscimo da densidade da raiz em relação ao topo do fuste, na raiz e base da copa (CB) a densidade aumentou e permaneceu estatisticamente igual, o topo do fuste obteve o menor valor de densidade, nas posições da copa os valores foram semelhantes ao meio e topo do fuste.

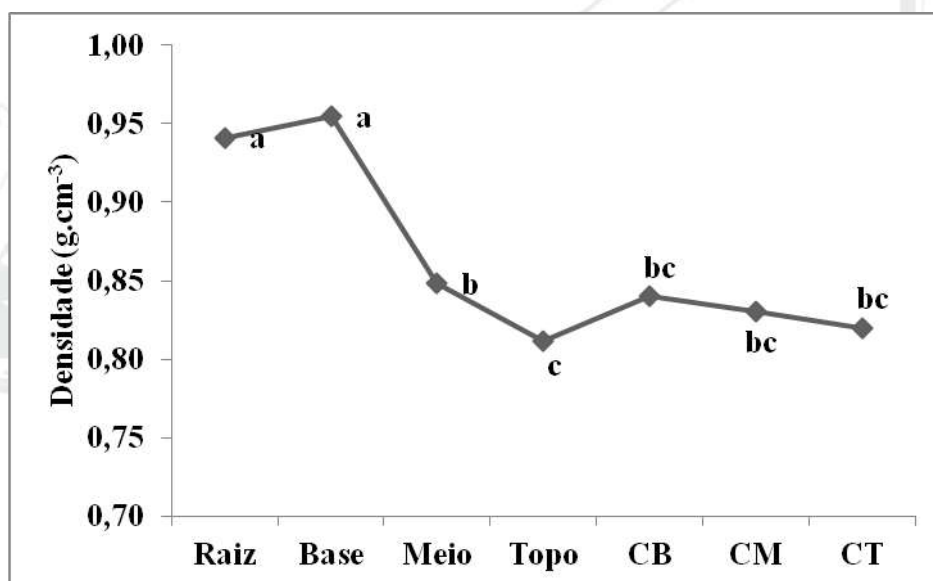


Figura 2 Variação axial da densidade ao longo de todo eixo, incluindo raiz e copa.

O comportamento da espécie foi semelhante ao de outras espécies já estudadas, em que ocorreu uma diminuição estatisticamente significativa da densidade conforme a altura na árvore (VALE et al., 1999; MATTOS et al., 2011).

Considerando que densidade e diâmetro relacionam-se negativamente, podemos supor que o diâmetro dos vasos na raiz de *Balfourodendron riedelianum* é menor quando comparado ao caule. A densidade está diretamente relacionada à quantidade de parede celular, quanto menor a proporção de espaço vazio maior a densidade da madeira, no entanto não são exclusivamente os vasos que influenciam nessa propriedade física, as fibras, parênquima axial e raios também influenciam.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

A raiz é um órgão como o caule que se desenvolve para equilibrar os requerimentos hidráulicos e mecânicos, porém como ela está suportada pelo solo, espera-se que investirá mais em uma madeira altamente condutora do que mecanicamente forte, no entanto, muito permanece desconhecido sobre esse *trade-off* (ZANNE et al., 2010).

Fan et al. (2012) encontraram correlação negativa entre densidade da madeira e diâmetro do vaso, mas correlação positiva da propriedade física com a densidade do vaso, em espécies asiáticas, tais resultados corroboram com outro estudo com base em 135 espécies arbóreas na América do Norte (MARTÍNEZ-CABRERA et al., 2011).

Empiricamente a densidade da madeira pode estar negativamente correlacionada com a proporção do lume, embora essa relação seja fraca e muitas vezes não encontrada de forma alguma (PRESTON et al., 2006; JACOBSEN et al., 2007; POORTER et al., 2010).

4. CONCLUSÃO

Houve um decréscimo da densidade da raiz em relação ao fuste e copa da árvore, os valores de densidade para raiz e base do fuste foram semelhantes estatisticamente;

Não houve diferença da densidade entre as diferentes posições da copa;

A densidade pode estar correlacionada negativamente com o diâmetro do vaso, no entanto para posteriores afirmações é necessário que haja um estudo minucioso de todos os caracteres anatômicos e suas correlações com a densidade da madeira nos diferentes órgãos;

Relacionar a densidade da madeira em diferentes órgãos da planta nos permite entender as estratégias de funcionamento do vegetal, permitindo subsidiar posteriores estudos.

5. REFERÊNCIAS

CARVALHO, P. E. R. **Pau-Marfim - *Balfourodendron riedelianum***. Circular Técnica, Embrapa Florestas, 2004.

FAN, Z. et al. Hydraulic conductivity traits predict growth rates and adult stature of 40 Asian tropical tree species better than wood density. **Journal of ecology**, v.100, p.732-741, 2011.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. **Moisture relations and physical properties of wood**. In: Wood Handbook, Chapter 04, Forest Products Laboratory, Madison, 2010.

JACOBSEN, A. L.; PRATT, R. B.; EWERS, F. W.; DAVIS, S. D. Cavitation resistance among 26 chaparral species of Southern California. **Ecol. Monogr.** v. 77, p. 99–115, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 352 p., 1992.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; MELO, R. R.; SANTINI, E. J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 121 - 126, 2011.

MARTINEZ-CABRERA, H.I.; SCHENK, H.J.; CEVALLOS-FERRIZ, S.R.; JONES, C. S. Integration of vessel traits, wood density and height in angiosperm shrubs and trees. **American Journal of Botany**, 2011.

MULLER-LANDAU, H.C. Interspecific and inter-site variation in wood specific gravity of tropical trees. **Biotropica**, v.36, p. 20-32, 2004.

PIRANI, J.R. Balfourodendron in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB343>>. Acesso em: maio/2017

POORTER, L.; MCDONALD, I.; ALARCO, A.; FICHTLER, E.; LICONA, J. C.; PENÑACLAROS, M.; STERCK, F.; VILLEGAS, Z.; SASS-KLAASEN, U. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. **New Phytologist**, v.185, p.481-492, 2010.

PRESTON, K. A.; CORNWELL, W. K.; DENOYER, J. L. Wood density and vessel traits as distinct correlates of ecological strategy in 51 California coast range angiosperms. **New Phytologist**, 2006.

VALE, A.T.; BRASIL, M.A.M.; MARTINS, I.S. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade. **Revista Ciência Florestal**, v.9, n.2, p.5-15, 1999.

WILLIAMSON, G.B. & WIEMANN, M.C. Age versus size determination of radial variation in wood specific gravity: lessons from eccentrics. **Trees**, v. 25, n. 1, p. 585-591, 2011.

ZANNE, A. E.; WESTOBY M.; FALSTER, D. S.; ACKERLY, D. D.; LOARIE, S. R.; ARNOLD, S. E. J.; COOMES, D. A. Angiosperm wood structure: global patterns in vessel anatomy and their relation to wood density and potential conductivity. **American Journal of Botany**, v. 97, p. 207-215, 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

DENSIDADE DA MADEIRA DE *Dinizia excelsa* DUCKE (FABACEAE), ESPÉCIE ENDÊMICA DA REGIÃO AMAZÔNICA

PAULO RENATO SOUZA DE OLIVEIRA¹
Vitor Mateus Carvalho de Moraes¹
Washington Olegário Vieira¹
Thais Yuri Rodrigues Nagaishi¹
Marcela Silva²

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia

² Universidade Federal de Lavras



DENSIDADE DA MADEIRA DE *Dinizia excelsa* DUCKE (FABACEAE), ESPÉCIE ENDÊMICA DA REGIÃO AMAZÔNICA

Resumo: O angelim-vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke) está entre as maiores árvores da floresta amazônica e é facilmente encontrada em construções civis ou navais por apresentar resistência, elasticidade e dureza, devido principalmente à sua alta densidade. O objetivo deste trabalho foi realizar a identificação macroscópica e determinar a densidade de peças de madeira de *D. excelsa*, proveniente de serraria localizada na cidade de Belém - PA. Para isso, foram coletadas amostras e dimensionadas de acordo com a NBR 7190 de 1997, descritas macroscopicamente e, então, foram determinadas as densidades: aparente a 100% de umidade, aparente seca e básica. Ao término, obtiveram-se descrições das características macroscópicas e valores das densidades, que se assemelharam a descrições feitas por outros autores. Os resultados confirmaram a alta densidade do angelim-vermelho, informação que auxilia em demais estudos sobre a espécie.

Palavras-chave: angelim; características macroscópicas; propriedade física.

WOOD DENSITY OF *Dinizia excelsa* DUCKE (FABACEAE), AMAZON REGION ENDEMIC SPECIES

Abstract: The angelim-vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke) is one of the largest trees in the Amazon rainforest and is easily found in civil or naval buildings because of its resistance, elasticity and hardness, mainly due to its high density. The objective of this work was to do the macroscopic identification and to determine the density of *D. excelsa* wood samples, from sawmills located in the city of Belém - PA. For this, samples were sized according to NBR 7190 of 1997, described macroscopically and then the densities were determined: apparent at 100% moisture, oven-dry and basic. At the end, descriptions of the macroscopic characteristics and density values were obtained, which resembled descriptions made by other authors. The results confirmed the high density of the angelim-vermelho, information that assists in other studies on the species.

Keywords: angelim; macroscopic characteristics; physical property.

1. INTRODUÇÃO

A utilização comercial de espécies madeireiras é condicionada pelas suas propriedades físico-mecânicas. Dentro do bioma amazônico, existem inúmeras espécies de interesse que ainda não estão caracterizadas, ou em alguns casos, ainda é algo incipiente. Essa situação deve ser modificada para que o uso racional e correto das espécies comerciais seja desenvolvido. Segundo dados do Imazon — Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia —, a supressão de área de floresta nativa acumulada no período de agosto de 2015 a janeiro de 2016 foi correspondente a 1.200 quilômetros quadrados. O que exemplifica a necessidade em utilizar mais racionalmente os recursos madeireiros.

O setor produtivo de base florestal divide-se em vários tipos de produtos, tais como: celulose e papel, carvão vegetal, móveis, madeira serrada, painéis reconstituídos, entre outros. Essas aplicações da madeira são extremamente dependentes de suas características tecnológicas, tais como: densidade básica, estrutura anatômica e composição química (DIAS JÚNIOR et al., 2013).

A determinação da densidade se justifica por ser a propriedade mais significativa para caracterização de madeiras destinadas à construção civil (HELLMEISTER, 1983). De forma semelhante, Stangerlin et al. (2008) indica que a densidade auxilia no conhecimento



das propriedades que definem o comportamento da madeira quando submetida a forças mecânicas, permitindo compará-la com outras madeiras de propriedades conhecidas e por analogia indicar as provas adicionais necessárias para conhecer sua utilização.

Devido ao seu alto grau de relação com as demais propriedades, a densidade é usada também para fornecer informações sobre características pertinentes à espécie. A densidade funciona, portanto, como o ponto inicial em estudo de madeira e do parecer sobre a aptidão de espécie (DIAS & LAHR, 2004).

Dentre as espécies mais utilizadas no mercado estão as integrantes da família Fabaceae, popularmente tratadas como leguminosas. As diversas espécies que compõe essa família ganham diferentes aptidões, como para a fabricação de polpa celulósica, para o emprego na construção civil, ou de fornecimento de material bioenergético etc. (LOUREIRO et al., 1979). A família Fabaceae também possui uma ampla distribuição e ocorrência em distintas regiões de florestas tropicais, o que influencia na sua vasta utilização. Na Amazônia, Huber já citava, em 1910, a importância dessa família por oferecer madeira de qualidade.

Dentre as espécies facilmente encontradas no mercado está o angelim-vermelho, *Dinizia excelsa* Ducke. Entre seus outros nomes vernaculares estão: angelim, angelim-falso, angelim-ferro, angelim-pedra, angelim-pedra-verdadeiro, faveira-carvão, faveira-dura, faveira-ferro, faveira-grande. Devido a vasta gama de nomes atribuídos a uma mesma espécie, é recomendado que seja realizado uma identificação confiável. Uma metodologia muito utilizada baseia-se na descrição de sua estrutura anatômica e propriedades organolépticas, sendo possível obter informações seguras à nível de gênero para muitos grupos de espécies

D. excelsa apresenta cor do cerne e alburno pouco distintos, em geral, com cerne castanho-avermelhado, que possui brilho moderado, cheiro fraco, porém desagradável, e gosto imperceptível. A densidade é alta, o que implica em dureza ao corte. Pode apresentar grã direita ou irregular (IPT, 2009). Sua madeira é altamente resistente ao ataque de organismos xilófagos, resiste bem em contato com o solo e tem alta durabilidade natural, devido à baixa permeabilidade do cerne, conseqüentemente, apresenta baixa permeabilidade às soluções lustrosas. Seca relativamente bem ao ar, podendo ocorrer torções moderadas e colapsos leves (MESQUITA et. al, 2009).

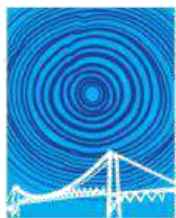
Moreschi (2014) afirma que peças de densidade elevadas tendem a ser mais resistentes, elásticas e duras. Dessa maneira, pode-se compreender o motivo da utilização de peças de angelim-vermelho na construção civil e naval, em construções leves e pesadas.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar a identificação macroscópica e determinar a densidade de peças de madeira de *D. excelsa*, proveniente de serraria localizada na cidade de Belém – PA. Tal estudo servirá como auxílio para a identificação e reconhecimento dessas madeiras para comercialização no mercado madeireiro e ainda para o seu uso mais adequado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de *D. excelsa* em uma serraria localizada na Avenida Bernardo Sayão, na cidade de Belém — PA. As tábuas foram levadas à marcenaria da Universidade Federal Rural da Amazônia para a preparação de 30 corpos de prova de acordo com a NBR 7190 de 1997 (dimensões nominais de 2,0 x 3,0 com comprimento ao longo das fibras de 5,0 cm).

Foi realizado a descrição macroscópica de acordo com as normas as Normas e Procedimentos em Estudo de Anatomia de Madeira do IBAMA, descrito por Coradin e Muniz (1992). As fotografias foram realizadas na Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental.



Foram determinadas as seguintes densidades: aparente a 100% de umidade (ρ_{ap}), densidade aparente seca (ρ_{aps}) e densidade básica (ρ_b). Para determinar as diferentes densidades é preciso que se tenha a massa seca, a massa úmida, o volume seco e o volume úmido para que possam ser feitos os cálculos de acordo com as equações 1, 2 e 3.

$$\rho_{ap} = m_{a U\%} / V_{a U\%} \quad (1)$$

$$\rho_{aps} = m_{seca} / V_{seco} \quad (2)$$

$$\rho_b = m_{seca} / V_{Saturado} \quad (3)$$

A saturação dos corpos de prova para as variáveis úmidas foi realizada submergindo as peças em água até que o peso ficasse constante, ou seja, quando elas atingissem pelo menos o ponto de saturação das fibras para que não houvesse mais variação de volume. Para a secagem, os materiais ficaram em uma estufa de circulação forçada com temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até que permanecessem com o peso constante em um intervalo de medição de 24h.

Para a determinação da massa foi utilizado uma balança analítica de laboratório, já para a determinação de volume a mensuração ocorreu pelo método de imersão, baseado no princípio de Arquimedes, em que a perda aparente de peso de um corpo imerso em líquido é igual a massa do líquido deslocado; ressalta-se que foi realizado um pré-tratamento com resina para impedir a absorção água pelo corpo de prova, evitando a variação do peso seco.

Todos os materiais e equipamentos necessários para a realização do trabalho foram cedidos pelo Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais - LTPF/UFRA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na descrição macroscópica (Figura 1), foi observado no plano transversal poros visíveis a olho nu, difusos, pequenos e majoritariamente solitários, entretanto há alguns múltiplos de 2-4, e obstruídos por substância branca.

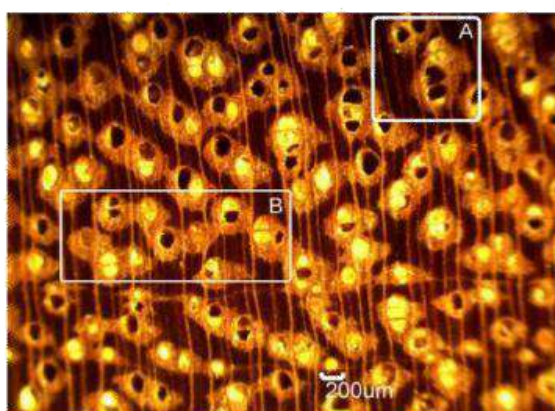


Figura 1: Plano transversal de *D. Excelsa*. A) poros múltiplos, B) parênquima radial, poros com obstrução de substância, parênquima axial paratraqueal formando confluência; escala = 200 μm .



O parênquima axial mostrou-se paratraqueal, visível a olho nu, com predominância do tipo aliforme confluyente. O parênquima radial foi visível com dificuldades a olho nu, não sendo estratificados. As descrições das amostras coletadas estavam de acordo com as descrições feitas por Chipaia et al. (2015) e Ferreira e Hopkins (2004), que em seus trabalhos destacaram a importância da confirmação das espécies por meio da anatomia, uma vez que no Estado do Pará é comum a comercialização ser realizada apenas por nomes populares que divergem de região para região.

Para Silva et al. (2009), a presença de vasos solitários e difusos é uma característica comum no lenho da maioria das espécies com potencial madeireiro.

A tabela 1 destaca os valores médios (\bar{X}) e o desvio padrão (σ) das diferentes densidades investigadas nas amostras de *D. excelsa*. Existem diversos fatores externos que podem causar divergência de resultados referentes à densidade, no estudo realizado pelo IBAMA (1997), porém, a densidade relacionada às madeiras verdes e a densidade básica tiveram valores próximos, o mesmo ocorreu com o trabalho de De Paula (2016), onde foi determinado a densidade básica do angelim.

Tabela 1: Análise descritiva dos resultados de densidade

ρ (kg/m ³)	\bar{X}	σ
ap 100%	1210	± 20
ap s	950	± 20
b	790	± 20

ap 100%: densidade aparente a 100% de umidade; ap s: densidade aparente seca; pb: densidade básica; \bar{X} : média dos valores obtidos; σ : desvio padrão.

A densidade média básica encontrada foi de 790 kg/m³, o que a classifica como madeira pesada, de acordo com as classes propostas por Melo et al. (1990) e como média-pesada (650 a 80 kg/m³) pelo sistema de classificação de densidade básica da madeira utilizado por Sternadt (2001) para espécies amazônicas. A partir dessa classificação, algumas características podem ser inferidas acerca da madeira, como maior resistência mecânica e maior resistência a xilófagos, pois as células são mais espessas e logo, possuem mais lignina, cuja função maior é dar resistência à madeira unindo as fibras de celulose (SALIBA et al., 2001). O valor obtido para essa variável se assemelha ao encontrado pelo IPT (2003), que foi de 8 kg/m³.

Ferreira e Hopkins (2004) citam a *D. excelsa* como uma das madeiras mais pesadas da região, mas que apesar da sua resistência a madeira tem tendência a sofrer rachaduras quando seca, remetendo ao uso externo como o mais apropriado.

A densidade verde, ou aparente a 100% de umidade, serve principalmente para estimativas de peso para o transporte, logo que uma tora verde pesaria mais para ser transportada. Se tratando de floresta nativa, muitas vezes os locais de onde as árvores são retiradas possuem difícil acesso e o sistema de locomoção e estocagem precisa ser bem planejado.

4. CONCLUSÕES



A descrição anatômica macroscópica realizada no estudo se assemelha aquela encontrada na literatura, podendo-se afirmar que as amostras utilizadas se tratavam, de fato, da espécie *Dinizia excelsa* Ducke. Da mesma forma, os resultados obtidos nos cálculos de densidade puderam exibir equivalência com os descritos em trabalhos anteriores de outros autores.

É possível classificar a madeira de *D. excelsa* Ducke, tendo como base a sua densidade básica, de pesada a média pesada, informação útil para se inferir um adequado uso da madeira e aptidão da espécie.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF) da Universidade Federal Rural da Amazônia e a Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental pelo apoio prestado ao desenvolvimento desse trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHIPAIA, F. da C.; REIS, A. R. S.; REIS, L. P.; CARVALHO, J. C. de; SILVA, E. F. da. Descrição anatômica macroscópica de madeira de oito espécies florestais comercializadas no município de Altamira - PA, Brasil. **Journal of bioenergy and food science**, v. 2. n. 1, p 18-24, 2015.

CORADIN, V. T. R.; MUNIZ, G. I. B. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I Angiospermae, II Gimnospermae. Brasília: IBAMA, 1992.

DE PAULA, M. H. Efeito do tratamento térmico em propriedades tecnológicas das madeiras de angelim vermelho (*Dinizia excelsa ducke*) e sapucaia (*Lecythis pisonis cambess*). 103f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

DIAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, P. V.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, 2013.

DIAS, F. M.; LAHR, A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 102-113, 2004.

FERREIRA, G. C.; HOPKINS, M. J. G. **Manual de identificação botânica e anatômica - angelim**. Embrapa. Belém - PA. 2004.

HELLMEISTER, J. C. Madeira e suas características. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, São Carlos, 1983. Anais. São Carlos: USP, EESC, SET, LaMEM, 1983. v 1. p 37-42.

HUBER, J. Matas e madeiras amazônicas. Boi. Museu Paraense Emílio Goeldi. Hist. Nat. Ethnogn, 6:91-225, 1910.

IAWA COMMITTEE. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin 10:219-332, 1989.



III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil.** São Paulo, 2013.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Madeira: uso sustentável na construção civil.** São Paulo, 2009.

LOUREIRO, A.A.; SELVA, M.F.; ALENCAR, J.C. Essências madeireiras da Amazônia. Vols. I e II, Manaus: INPA Sup. Zona Franca de Manaus, 1979.

MELO, CORADIN & MENDES Madeiras da Amazônia: Características e Utilização. Vol. 3 – Amazônia Oriental, Laboratório de Produtos Florestais, IBAMA, 1997.

MESQUITA, M. R.; FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C. Angelim-vermelho, *Dinizia excelsa* Ducke, in: I. D. K. Ferraz & J. L. C. Camargo (Eds) Manual de Sementes da Amazônia. Fascículo 8, 12p. INPA, Manaus -AM, Brasil. 2009.

MORESCHI, J. C. Propriedades tecnológicas da madeira. UFPR: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2014. 194 p. Apostila.

SALIBA, E. D. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.;MORAIS, S. A. L.; PILÓ-VELOSO, D. Ligninas – métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, v. 31, n. 5, p. 917–928, 2001.

SILVA, L. B.; SANTOS, F. de A. R. dos; GASSON, P.; CUTLER, D. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 23, n 2, p 436-445. 2009.

SOARES, R. da C. Reportando as propriedades da madeira ao teor de umidade de referência. Cuiabá, 2014. 164 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Edificações e Ambiental) – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2014.

STANGERLIN, D. M; MELO, R. R.; DOMINGUES, J. M. X. Determinação da resistência ao impacto para as madeiras de *Eucalyptus dunnii*, *Corymbia citriodora* e *Pouteria pachycarpa*. In: Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira. **Anais**, Londrina, 2008.

STERNADT, G.H. 2001. **Trabalhabilidade de 108 espécies de madeiras da região Amazônica.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Laboratório de Produtos Florestais, Brasília, DF, 2001, 106p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MORFOLOGIA DA FIBRA E ÍNDICES DE RESISTÊNCIA DO PAPEL DA ESPÉCIE DE *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch

Helena Cristina Vieira¹
Dianessa Danielli²
Rodrigo Buss³
Deyvis Waltrick Borges³
Talitha Oliveira Rosa³
Carolina Alves Carvalho³
Angela Gaa³
Polliana D'Angelo Rios⁴

¹ UDESC - CAV Departamento de Tecnologia da madeira.

² Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC Departamento Engenharia Florestal

³ Universidade do Estado de Santa Catarina

⁴ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DA MADEIRA E ÍNDICES DE RESISTÊNCIA DO PAPEL DA ESPÉCIE DE *Eucalyptus badjensis*

Resumo: Para competir no mercado internacional, o setor papelero exige o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos de qualidade diferenciada. Isso aumenta cada vez mais a busca por espécies alternativas para suprir as necessidades deste setor. Sendo que os estudos sobre esta espécie ainda são incipientes o objetivo deste trabalho foi avaliar as características das fibras no sentido longitudinal da madeira de *Eucalyptus badjensis* para utilização na fabricação de papel. Para isto os elementos celulares foram individualizados em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio (1:1) e foram mensurados nas fibras o diâmetro do lume, largura da fibra, comprimento da fibra e espessura da parede a partir destas medições foram calculados índices indicativos da qualidade da polpa celulósica: Índice de Runkel, Coeficiente de Flexibilidade, Índice de Enfeltramento e Fração Parede de 3 indivíduos no sentido longitudinal da árvore. A madeira de *Eucalyptus badjensis* demonstrou resultados abaixo do esperado para o Coeficiente de Flexibilidade, o que resulta no aumento da rigidez dificultando a união entre as fibras. Por outro lado, o Índice de Runkel, Fração Parede e o Índice de Enfeltramento apresentaram valores satisfatórios para produção de papel. Conclui-se que os índices obtidos neste estudo apresentaram fibras com características anatômicas desejadas para produção de celulose e papel, no entanto, faz-se necessário a realização de mais estudos para confirmação destas características.

Palavras-chave: Polpa celulósica; *Eucalyptus badjensis*; características das fibras.

ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF WOOD AND RESISTANCE INDICES OF PAPER OF THE SPECIES OF *Eucalyptus badjensis*

Abstract: To compete in the international market, the paper industry requires the development of new technologies and products of differentiated quality. For this, the search for alternative species to meet the needs of this sector is increasing. The *Eucalyptus badjensis* species is a highly potential species due to the high growth rate and high frost resistance. Since the studies on this species are still incipient the objective of this work was to evaluate the characteristics of the fibers in the longitudinal direction of *Eucalyptus badjensis* wood for use in papermaking. For this, the cellular elements were individualized in solution of acetic acid and hydrogen peroxide (1: 1) and the fiber diameter, fiber width, fiber length and wall thickness were measured in the fibers and from these measurements were Calculated indexes of cellulose pulp quality: Runkel Index, Flexibility Coefficient, Envelope Index and Wall Fraction of 3 individuals in the longitudinal direction of the tree. The *Eucalyptus badjensis* wood showed below-expected results for the Flexibility Coefficient that results in increased stiffness, making it difficult to bond between the fibers. On the other hand, the Runkel Index, Wall Fraction and the Envelope Index presented satisfactory values for paper production. Thus, it is concluded that the indexes obtained in this study presented fibers with anatomical characteristics desired for pulp and paper production, however, it is necessary to carry out further studies to confirm these characteristics.

Keywords: Cellulose pulp; *Eucalyptus badjensis*; Characteristics of the fibers.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





1. INTRODUÇÃO

Ocupando hoje o quarto lugar no ranking mundial de produção de celulose, o Brasil consolidou sua posição no mercado mundial da *commodity*. Grande parte disso se deve às extensas áreas com árvores plantadas no país. Segundo IBÁ, em 2015, obteve um total de 7,8 milhões de hectares plantados, onde 34% pertencem às empresas do segmento de celulose e papel.

Conforme Faria (2016), sabe-se que grande parte do sucesso brasileiro na produção de polpas branqueadas, em especial às de fibra curta, se deve ao grande avanço tecnológico que se obteve com técnicas visando à melhoria genética de espécies do gênero *Eucalyptus*. De acordo com Gomide et al. (2005), a espécie se destaca por apresentar rápido crescimento (ciclo de corte entre 5 a 7 anos) e alta produtividade (45 m³/ha/ano).

A fibra curta é originada das angiospermas, mais conhecidas como folhosas ou *hardwood*, se destacando o *Eucalyptus*. Já a longa, encontrada nas gimnospermas, também referidas como coníferas ou *softwood*, entre elas o *Pinus*. Cada fibra tem propriedades que a tornam mais adequada à fabricação de determinados tipos de papéis. Geralmente, a celulose de fibra longa confere maior resistência mecânica ao papel, ao passo que a de fibra curta garante maior maciez, absorção e opacidade (VIDAL e HORA, 2014).

Para competir no mercado internacional, o setor papelero exige o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos de qualidade diferenciada aliado à um preço competitivo, que visa suprir as necessidades desse setor. Buscando se destacar nesse setor, na inovação e desenvolvimento de novos produtos, aumenta cada vez mais a busca por espécies alternativas na produção.

Por se tratar de um gênero formado por mais de 600 espécies e sub-espécies (RAPASSI et al., 2008), o *Eucalyptus* tem grande potencial de exploração. No Brasil as espécies mais utilizadas para reflorestamento são *E. viminalis*, *E. benthamii*, *E. badjensis*, *E. dunnii*, *E. deanei*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. pilularis*, *E. robusta* (CASTRO, 2014).

Eucalyptus badjensis Beuzev. & Welch é nativo de uma área restrita ao Sudoeste do estado de Nova Gales do Sul, Austrália (HIGA e ALVES, 2002a). Caracteriza-se por ser uma árvore de tamanho médio alto, com imperfeições nas cascas do tronco, sendo estas mais suaves na parte superior do vegetal. Muito utilizada para sombra e abrigo, possui uma madeira de boa qualidade, de cor pálida e moderadamente durável, frutos e flores geralmente de pequeno tamanho com floração entre fevereiro e março. Mostra-se uma espécie altamente potencial para plantios no sul do Brasil, em função da alta taxa de crescimento e alta resistência a geadas (HIGA e ALVES, 2002b).

Para a avaliação da qualidade de uma determinada madeira como potencial para produção de polpa celulósica, envolve-se estudos sobre a sua constituição química e anatômica, assim como das características tecnológicas da transformação da madeira em polpa celulósica (GOMIDE et al, 2010).

Sabe-se que no Brasil, estudos sobre *Eucalyptus badjensis* ainda são incipientes. Portanto neste trabalho, objetivou-se avaliar as características das fibras no sentido longitudinal da madeira de *Eucalyptus badjensis* para utilização na fabricação de papel.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do presente trabalho foram selecionados aleatoriamente 3 indivíduos da espécie de *Eucalyptus badjensis* Beuzev. com 7 anos de idade, provenientes de povoamentos localizados na região do Salto Caveiras no Município de Lages (27° 48' 58" S, 50° 19' 34" W), Santa Catarina.

A amostragem do material constituiu-se da retirada de discos das alturas 0%, 25%, 50%, 75% e 100% referente à altura comercial das árvores (Figura 1). Cada disco foi cortado em 4 cunhas, de cada cunha foi retirado um corpo de prova devidamente orientado da região intermediária localizada entre a medula e a casca da cunha com dimensões de 2x2x3 cm (Figura 2).

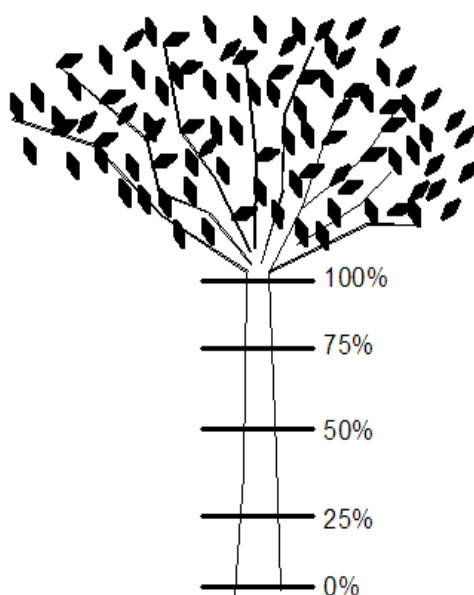


Figura 1. Amostragem dos discos ao longo do fuste.

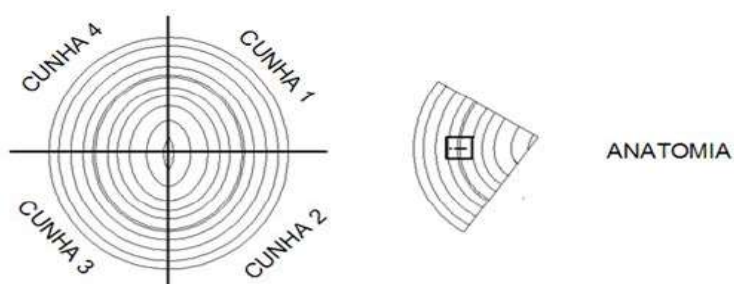


Figura 2. Amostragem dos corpos para a caracterização anatômica (região intermediária das cunhas 2 e 4).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Para a mensuração das características das fibras foi utilizado o processo de maceração de acordo com a metodologia descrita por Franklin (1975), utilizando solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético 1:1, permanecendo em estufa a 60°C por 24h.

A mensuração dos elementos anatômicos foi feita utilizando o *Software* Leica Measure V 6.1, onde foram mensurados nas fibras o diâmetro do lume (d), largura da fibra (D), comprimento da fibra (C) e espessura da parede (e). Assim, a partir destas medições foram calculados índices indicativos da qualidade da polpa celulósica a ser produzida (FOELKEL; BARRICHELO, 1975): Índice de Runkel (IR: $2e/d$), Coeficiente de Flexibilidade (CF: $(d/D) \times 100$), Índice de Enfretamento (IE: C/D) e Fração Parede (FP: $(2e/D) \times 100$).

Para análise estatística foi confirmado a normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Na análise e avaliação dos resultados foi empregado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

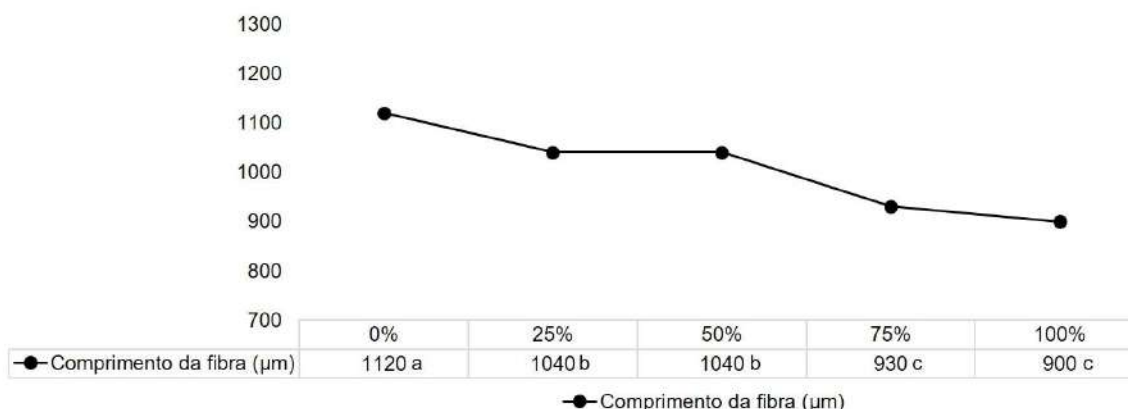
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diâmetro do lume da fibra apresentou redução nas avaliações realizadas no sentido base topo da árvore, com valores decrescentes, variando de 6,7 a 8,7 μm , nas mensurações 0 e 25% da árvore foi obtido os maiores valores, os mesmos não apresentaram diferença estatística entre si, já nas avaliações das secções subseqüentes o diâmetro do lume apresentou valores inferiores, que não diferiram estatisticamente entre si. As mensurações do presente trabalho assemelham-se aos valores encontrados por Barrichelo e Brito (1976), para as espécies de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cloeziana* e *E. torelliana*.

A largura de fibra apresentou valores decrescentes no sentido base topo da árvore, com valores que variaram de 17,08 a 15,08 μm , a largura mais expressiva foi observada na posição de 0% com 17,08 μm .

O comprimento de fibra demonstrou resultados decrescentes no sentido base topo da árvore, os comprimentos variaram de 900 à 1.120 μm , sendo o maior comprimento de fibra encontrado na porção da base da árvore. Os resultados da mensuração do comprimento de fibra podem ser visualizados na Figura 3. Os valores deste trabalho são semelhantes aos encontrados por Alves et al. (2011) em seu estudo com a espécie de *Eucalyptus benthamii*, obtiveram valores médios de 960 μm para comprimento de fibra.

Características Anatômicas do *E. badjensis*





Características Anatômicas do *E. badjensis*

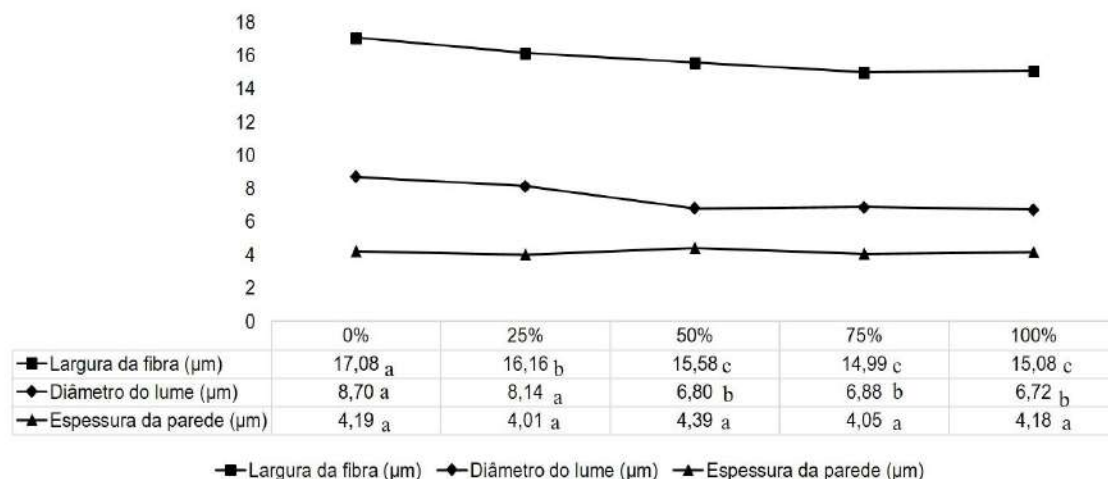


Figura 3. Valores médios das características anatômicas da madeira da espécie de *E. badjensis*. *Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Os valores de Largura de fibra, Diâmetro do lume e Espessura da parede podem ser visualizados na Figura 3. A espessura de parede apresentou valores entre 4,39 e 4,01 µm na seção base topo da árvore, sendo que os valores não diferiram estatisticamente entre si. Os resultados do presente estudo assemelham-se aos encontrados por Barrichelo e Brito (1976), para o *Eucalyptus grandis* e *E. camaldulensis*.

Os valores com o índice de Runkel, Coeficiente de Flexibilidade, Índice de enfeltramento e Fração parede podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de índices de qualidade das fibras para produção de polpa celulósica e papel da espécie *Eucalyptus badjensis*.

Posição no tronco (%)	Índice de Runkel	Coeficiente de Flexibilidade (%)	Índice de Enfeltramento	Fração Parede (%)
0%	1,01 a	49,53 a	67,62 a	48,69 a
25%	1,03 a	48,86 a	65,96 a	48,98 a
50%	1,35 b	42,49 b	68,73 a	55,89 b
75%	1,24 c	44,56 c	65,12 a	53,96 c
100%	1,28 d	43,60 c	61,16 b	55,07 d

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O Coeficiente de Flexibilidade e o índice de Runkel são indicativos da flexibilidade da fibra e da sua capacidade de realizar ligações na rede fibrosa.



As fibras com índice de Runkel de até 2 são as mais indicadas para formação de papel, conforme Rocha e Potiguara (2007). A eficiência das fibras é reduzida acima desse valor, quando tendem a diminuir sua flexibilidade e gerar menos ligações entre si, o que pode prejudicar as propriedades do papel formado.

Os índices de Runkel obtidos para as diferentes posições do tronco, ficaram entre 1,01 e 1,28, os quais pode-se classificar como de qualidade desejável para produção de papel. Onde nas posições de 0 e 25% não houve diferença estatística.

Quanto maior o Coeficiente de Flexibilidade, mais flexível se torna a fibra, o que contribui para o aumento na resistência ao arrebentamento, uma vez que aumenta o número de ligações entre as fibras (FOELKEL; BARRICHELO, 1975).

Para as posições avaliadas obteve-se um CF maior na posição 0% do tronco que foi de 49,53%, e a menor na posição 100% do tronco de 43,60%. Os resultados encontrados sugerem que há pouca união entre as fibras, com pouca superfície de contato, ocorrendo maior rigidez das fibras.

A média do Índice de Enfeltramento (IE) para a espécie de *Eucalyptus badjensis* foi de 65,72, o maior valor foi encontrado na posição de 50% com valor de 68,73, enquanto o menor foi encontrado na posição de 100% da posição do tronco, com valor de 61,16, os valores encontrados nas posições de 0, 25, 50 e 75% da árvore não diferem estatisticamente entre si. O Índice de Enfeltramento tem relação direta com a resistência ao rasgo e arrebentamento indica que valores acima de 50 apresentam boas características para o papel, quando relacionadas ao rasgo e dobras duplas (BALDI, 2001; MOGOLLÓN; AGUILERA 2002).

Os valores encontrados no presente estudo são superiores aos encontrados por Menegazzo (2012) para as espécies de *E. grandis* e *E. urophylla*, os quais tiveram IE de 49,32 e 45,44 respectivamente. Valores maiores de IE indicam que o papel gerado possuirá maior resistência ao rasgo e arrebentamento ao estouro.

A Fração Parede é o valor que indica a rigidez da fibra, associa-se à facilidade de colapso e à flexibilidade para ligação das fibras. É a razão entre a espessura da parede celular e a metade da largura da fibra. Quanto maior a fração parede mais rígidas são as fibras e menor área de contato entre elas. Os valores médios encontrados para fração parede, estão dentro dos recomendados por Foelkel (1978), que indicou valores inferiores a 60%, considerando que valores superiores a este, tem-se fibras rígidas que não se interligam facilmente, o que afeta a formação da folha e, conseqüentemente, as propriedades físico-mecânicas e ópticas do papel. Com o menor valor encontrado de 48,69% para a posição 0% e o maior valor de 55,89% para a posição de 50%.

4. CONCLUSÃO

A madeira de *Eucalyptus badjensis* demonstrou resultados abaixo do esperado para o Coeficiente de Flexibilidade que resulta no aumentando da rigidez, dificultando a união entre as fibras. Por outro lado, o Índice de Runkel, a Fração parede e o Índice de Enfeltramento apresentaram valores satisfatórios para produção de papel, quando comparado com trabalhos utilizando espécies de *Eucalyptus*.

Os índices obtidos neste estudo com madeira proveniente de plantio experimental de *Eucalyptus badjensis* apresentou fibras com características anatômicas desejadas para produção de celulose e papel, no entanto, faz-se necessário a realização de mais estudos



para confirmação destas características, a fim de viabilizar e ensaiar sua utilização na produção de papel em escala industrial e em misturas, além da análise econômica de viabilidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, I. C. N. et al. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose Kraft. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 1, p.167-174, mar. 2011.

BALDI, F. Il Processo di produzione dele paste chimiche e il loro trattamento. In: CORSO DI TECNOLOGIA PER TECNICI CARTARI, 8., 2000, Verona. Anais... Verona: Scuola Grafica Cartaria, 2001. 41p.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para a produção de celulose sulfato branqueada(*). *Ipef*, N.13, P.9-38,, Espírito Santo, n. 13, p.9-38, 1976.

CASTRO, I. A. de. Resíduo de couro “wet blue” após a extração do cromo: uso como fertilizante nitrogenado em plantação de eucalipto. Dissertação Universidade Federal de Lavras, 93 p. 2014.

FARIA, B. D. F. H. D., PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DA POLPA CELULÓSICA E PAPÉIS OBTIDOS DE MISTURAS DAS MADEIRAS DE *Eucalyptus* sp. E *Pinus* sp., Viçosa, MG, 2016.

FOELKEL, C.E.B. Madeira do eucalipto: da floresta ao digestor. *Boletim Informativo IPEF*, v.6, p.72-87, 1978.

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP – Semana do Papel, 8. São Paulo, 1975. Anais São Paulo: ABTCP, 1975. p.40-53.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. DE; SILVA, C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. *Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

GOMIDE, J. L.; FANTUZZI NETO, H.; REGAZZI, A. J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose Kraft. *Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 339-344, 2010.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; ALVES, E. C. Comportamento de Progênies de *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch em Dois Locais da Região Sul do Brasil. *Boletim de Pesquisa Florestal*, n. 45, p. 89--97, 2002b.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; ALVES, E. C. *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch Espécie Potencial para Produção de Madeira e Óleos Essenciais no Sul do Brasil. 2002a.

IBÁ. INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório IBÁ 2015. 2015. São Paulo. Disponível em: Acesso em: 15 abril 2017.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MENEGAZZO, Miguel Lara. Características morfológicas de celuloses branqueadas de pinus e eucaliptos em analisador óptico automático de fibras. Local: Botucatu Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2012. Dissertação de mestrado.

MOGOLLÓN, G.; AGUILERA, A. Guia teórica y práctica de morfología de la fibra. Mérida: Universidad de Los Andes, 2002. 48p.

RAPASSI, R. M. A.; TARSITANO, M. A. A.; PEREIRA, J. C. R.; ARAÚJO, C. A. M. Cultura do eucalipto na região de Suzanópolis, estado de São Paulo: Análise econômica. Inf. Econ., v. 38, p. 7-13, 2008.

ROCHA, C.B.R.; POTIGUARA, R.C. de V. Morfometria das fibras das folhas de *Astrocaryum murumuru* var. *murumuru* Mart. Acta Amazônica, v.37, p.511-516, 2007. DOI: 10.1590/S0044-59672007000400005.

VIDAL e HORA, A. C. F., A. B. D., Celulose de fibra longa: uma oportunidade para a indústria brasileira? BNDES Setorial 39, p. 281-342, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

RELAÇÃO CERNE/ALBURNO E DA EXCENTRICIDADE DA MEDULA DE CLONES DE *Eucalyptus* spp.

LUCIANA FERREIRA DA SILVA¹
Yonny Martínez López¹
Glaucileide Ferreira¹
Ana Carla Bezerra de Lima¹
Jaily Kerller Batista de Andrade¹
João Gabriel Missia da Silva¹
Mayra Estevão Barros de Castro¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Ciências Florestais e da Madeira



RELAÇÃO CERNE/ALBURNO E EXCENTRICIDADE DA MEDULA DE CLONES DE *Eucalyptus* spp.

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi determinar a relação cerne/alburno (C/A) e a excentricidade da medula da madeira de dois clones de *Eucalyptus*. Utilizou-se a madeira de dois clones de *Eucalyptus* spp. Aos doze anos de idade, provenientes de plantios florestais experimentais destinados à serraria, localizados no Complexo Agroindustrial Pindobas, em Venda Nova do Imigrante, região serrana do Espírito Santo. Abateram-se três árvores de cada clone, retiradas aleatoriamente do povoamento, com base no diâmetro médio, tomado na altura do peito [dap] de cada parcela/clone. As árvores foram seccionadas em toras de 4,2 m de comprimento, identificadas e tomadas as medidas do diâmetro da base e topo. Nas mesmas posições foram retirados discos de 8 cm de espessura, utilizados para determinação da relação C/A e deslocamento da medula. O clone A apresentou maior relação C/A, e esta maior proporção de madeira adulta lhe confere maior valor tecnológico para uso em serraria. A excentricidade da medula foi menor no clone B, sendo este o mais indicado para processamento mecânico.

Palavras-chave: deslocamento da medula, eucalipto, madeira.

EVALUATION HEART/SAPWOOD RATIO AND PITH ECCENTRICITY IN *Eucalyptus* spp. CLONES

Abstract: The objective of the present work was to determine the heart/ sapwood ratio (C/A) and the woodcore marrow eccentricity of two *Eucalyptus* clones. The wood of two clones of *Eucalyptus* spp. At the age of twelve, from experimental forest plantations destined for the sawmill, located in the Agroindustrial Complex Pindobas, in Venda Nova do Imigrante, a mountain region of Espírito Santo. Three trees of each clone were randomly removed from the stand, based on the mean diameter, taken at the breast height of each plot / clone. The trees were sectioned into logs of 4.2 m in length, identified and taken the measurements of the diameter of the base and top. In the same positions were discs 8 cm thick, used to determine the C / A ratio and displacement of the marrow. Clone A presented higher C/A ratio, and this higher proportion of adult wood gives it greater technological value for use in sawmills. The bone marrow eccentricity was lower in clone B, which was better indicated for mechanical processing

Keywords: eucalypts, pith displacement, wood.

1. INTRODUÇÃO

A redução na disponibilidade mundial de madeira de florestas tropicais fez com que novas espécies passassem a constituir uma alternativa no abastecimento de indústrias madeireiras. Assim madeiras provenientes de espécies florestais de rápido crescimento, como o gênero *Eucalyptus*, tem feito parte desse processo e contribuído para o desempenho crescente do setor florestal brasileiro (BOSCHETTI, 2015).

Segundo Costa et al. (2003), o alburno é formado por células funcionais, de coloração geralmente mais clara, responsáveis pela condução ascendente de água e solutos nela dissolvidos. Quando se tornam inativas essas células do alburno passam a constituir o cerne, que pode conter óleos, resinas, gomas e, ou compostos fenólicos, substâncias responsáveis



pela coloração mais escura e que, proporcionam maior durabilidade natural. Em determinados gêneros, como o *Eucalyptus*, Silva e Trugilho (2003) ressaltam que o processo de cernificação é caracterizado não só pela morte das células do parênquima radial, mas também pelo consumo de amido e pelo aumento no conteúdo de extrativos e tilos.

A quantificação das porcentagens de cerne e alborno, do ponto de vista da tecnologia da madeira, é uma propriedade anatômica importante pois um maior percentual de um ou outro definirá as utilizações que poderão ser dadas à madeira (OLIVEIRA, 1997). Segundo Silva (2002), a madeira com maior quantidade de cerne, devido à maior proporção de madeira adulta, coloração e propriedades específicas, apresenta maior valor tecnológico para usos em serraria, produção de móveis e para suas aplicações na construção civil, por isso, tem sido o alvo de interesse dos usuários de madeira.

Por sua vez a medula é um tecido primário em forma de um cilindro parenquimático central, macio, encontrado nos caules, ramos e raízes das árvores. Sua função é armazenar substâncias nutritivas, sendo que em plantas jovens, a medula participa também da condução ascendente de líquidos (FERREIRA et al, 2008). A excentricidade da medula é conceituada como o deslocamento sofrido pela medula do centro geométrico da tora que pode ser avaliada pela distância de sua posição ao centro geométrico em relação ao diâmetro médio da tora. Sua ocorrência está relacionada com a formação de lenho de reação nas árvores (KOLLMANN e CÔTÉ, 1968).

Para Costa (2001), a medula excêntrica culmina em uma forma elíptica no caule, resultando em tábuas de estrutura anatômica desuniforme, podendo causar resultados inesperados no processo industrial. Troncos com medula excêntrica são mais propensos ao empenamento e à formação de fendas circulares entre os anéis de crescimento, além de serem problemáticos para o processamento mecânico por exigirem posicionamento adequado das toras na serra (GROSSER, 1980).

Diante do exposto, objetivou-se determinar a relação cerne/alborno e a excentricidade da medula de dois clones de *Eucalyptus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da Área de Plantio

Foram utilizadas madeiras de dois clones de *Eucalyptus* spp. com idade de doze anos, procedentes de plantios florestais experimentais destinados à serraria, localizados no Complexo Agroindustrial Pindobas município de Venda Nova do Imigrante, localizado à latitude: 20° 20' 23" S, longitude: 41° 08' 05" W, região serrana do estado do Espírito Santo.

A região apresenta diversidade de classes de solos, com predomínio de latossolos, argissolos, cambissolos e mata atlântica como vegetação predominante. A área tem como predominância relevo do tipo montanhoso e escarpado, com clima mesotérmico de inverno seco com temperatura média de 18,5 °C e duas estações: de maio a setembro, clima frio e seco e de outubro a abril, clima ligeiramente quente e maior umidade. A umidade relativa média é em torno de 85% e a precipitação média anual nos últimos 10 anos foi 1.460 mm.



2.2. Colheita

Foram abatidas três árvores de cada clone, retiradas aleatoriamente do povoamento, com base no diâmetro médio entre 30 a 35 centímetros, tomado na altura do peito [*dap*]. Para a determinação da relação C/A, retiram-se, de cada árvore sete discos de 8 cm de espessura, (base e topo) até a altura comercial, que foi definida como o ponto de diâmetro 15 cm.

2.3. Relação Cerne/Alburno

Os procedimentos utilizados para determinação da relação (C/A) seguiram a metodologia descrita por Evangelista (2007). Para tanto, em cada disco foi identificada, a região limitrofe entre cerne e alburno, com o auxílio de uma lupa com aumento de dez vezes, através da observação da alteração na cor e a ocorrência de poros obstruídos por tiloses, denotando, portanto, a região do cerne. A relação C/A foi calculada pela Equação 1.

$$C/A = \frac{Dc^2}{D^2 - Dc^2} \quad (1)$$

Em que:

C/A = Relação cerne: alburno;

Dc = Diâmetro do cerne, cm; e

Dd = Diâmetro do disco sem casca, cm.

Os valores médios da relação C/A para cada clone foram calculados a partir da média ponderada do valor obtido para os discos de madeira de cada árvore, ao utilizar o volume das toras entre os dois discos consecutivos como fator de ponderação.

2.4. Deslocamento e Excentricidade da Medula

O deslocamento e excentricidade da medula foram calculados, por meio das Equações 2, 3 e 4, cujas variáveis foram obtidas segundo o procedimento esquematizado na Figura 1, para cada uma das extremidades da tora. Foi tomada como variável de estudo a média por tora, ou seja, a média dos dois valores obtidos em cada tora.

$$DM = R_M - R_{\bar{m}} \quad (2)$$

Em que:

DM = deslocamento da medula, cm;

R_m = valor da distância entre a medula e a periferia da tora, cm.

$$R_{\bar{m}} = \left(\frac{R_M + R_m + R_{p1} + R_{p2}}{4} \right) \quad (3)$$

Em que:

R_m = valor da distância entre a medula e a periferia da tora, cm;

R_{p1} = valor do raio perpendicular 1, cm;

R_{p2} = valor do raio perpendicular 2, cm.



$$EM = \left(\frac{Lc}{dm} \right) * 100 \quad (4)$$

Em que:

EM = excentricidade da medula;

Lc = distância entre o centro geométrico e a posição real da medula (mm);

dm = diâmetro médio do disco (mm).

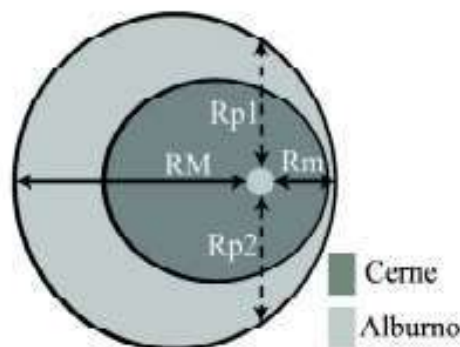


Figura 1. Variáveis que expressam o deslocamento da medula na seção transversal na tora
Fonte: Lima, 2007.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias encontradas para a relação C/A e excentricidade da medula estão descritas na Tabela 1. Observou-se que, os maiores valores de relação C/A para o clone A ocorreram no disco 1 (3,76), enquanto no clone B disco 2 (2,78). Os menores valores obtidos para o clone A e B foram respectivamente 0,75 e 1,01, ambos no disco 7. Das médias de relação C/A dos dois clones de *Eucalyptus* a maior e a menor foram observadas no clone A 3,76 e 0,75 respectivamente.

Nota-se que houve um decréscimo significativo da relação cerne/alburno no sentido longitudinal da árvore. Isso ocorreu devido à participação das camadas recém-formadas na proporção total de madeira que vai aumentando gradativamente da base para o topo do caule. Assim, proporcionalmente, existe mais madeira jovem do que adulta nas posições mais altas, e como o desenvolvimento do cerne acompanha o avanço da idade do lenho, a proporção do mesmo é maior onde o lenho é mais velho, ou seja, a proporção de cerne diminui da base para o topo da árvore. Sendo assim, madeiras de maiores diâmetros apresentam maior área de cerne, e conseqüentemente maiores relações C/A (SANTOS et al., 2004).

Em pesquisa realizada por Pereira et al. (2013) com seis clones de eucalipto de 7,5 anos de idade, o clone 1 apresentou a maior relação C/A (1,01) seguido pelo clone 4 (0,94). Já os clones 2, 3 e 5 apresentaram relações C/A intermediárias, 0,69; 0,74; e 0,66, respectivamente, enquanto que para o clone 6 foi encontrado o menor valor médio para tal propriedade, 0,49. Segundo Panshin e De Zeeuw, (1980), as diferenças encontradas para a



relação C/A podem ser explicadas, provavelmente, pela variabilidade existente entre espécies, procedências e clones.

Entre as medias de excentricidade da medula a maior e a menor foram observadas no clone B (Tabela 1). Para o clone A, os discos 2 e 3 apresentaram excentricidade da medula menor que 5%, o que segundo Zenid (1990) a classifica como de classe superior, por se tratar de uma madeira com alto rendimento em madeira serrada. A mesma situação ocorreu no clone B com os discos 2, 4 e 6.

Os demais valores de excentricidade da medula foram acima dos 5%, Radonski e Ribaski (2010) consideram que este tipo de madeira é de baixo rendimento em madeira serrada devido ao grande volume desperdiçado em forma de costaneiras.

Tabela 1. Valores médios a relação cerne/alburno e excentricidade da medula para clones de *Eucalyptus* spp. aos 12 anos de idade

DISCO	C/A		EXM (%)	
	CLONE A	CLONE B	CLONE A	CLONE B
1	3,76	2,43	8,75	12,66
	(13,22)	(24,68)	(3,49)	(8,15)
2	3,18	2,78	4,57	4,45
	(23,32)	(18,52)	(20,55)	(36,56)
3	2,81	2,12	4,58	7,16
	(31,99)	(18,44)	(6,83)	(14,53)
4	2,39	2,00	7,94	3,91
	(21,43)	(3,29)	(23,63)	(20,92)
5	1,52	1,66	7,03	6,09
	(24,77)	(1,79)	(2,20)	(18,97)
6	1,32	1,36	11,76	3,14
	(16,85)	(8,42)	(26,76)	(20,64)
7	0,75	1,01	6,25	5,93
	(8,41)	(13,32)	(16,33)	(30,94)

C/A: relação cerne/alburno; EXM: excentricidade da medula. Os resultados entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação (%).

4. CONCLUSÕES

O clone A apresentou maior relação C/A, esta maior proporção de madeira adulta lhe confere maior valor tecnológico para usos em serraria.

A excentricidade da medula foi menor no clone B, sendo este o mais indicado para processamento mecânico.



5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão da bolsa de estudos, apoio e incentivo a pesquisa ao primeiro autor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, A. **Anatomia da madeira**. Joinville: UDESC, 2001. 42 p.

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLOGUERREIRO, S. M. (Eds.) **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. cap. 5, p. 129-154.

EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, oriunda do consórcio agrossilvipastoril**. 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

FERREIRA, S.; TARCÍSIO LIMA, J.; TRUGILHO, P. F.; CAMPOS MONTEIRO, T. Excentricidade da medula em caules de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias. **CERNE**, lavras, vol. 14, n. 4, p. 335-340, 2008.

GROSSER, D. **Defeitos de madeira**. Curitiba: Fupref, 1980. 62 p.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood Science and technology**. New York: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007.

NETO BOSCHETTI W. T.; PAES, J. P.; VIDAURRE, G. P.; ARANTES, M. D. C.; LEITE, F. P. Parâmetros dendrométricos e excentricidade da medula em árvores inclinadas de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 781-789, 2015.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. de. **Textbook of wood technology**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 722 p.

PEREIRA, B. L.C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL R. B. ; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação Cerne/Alburno da madeira de



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

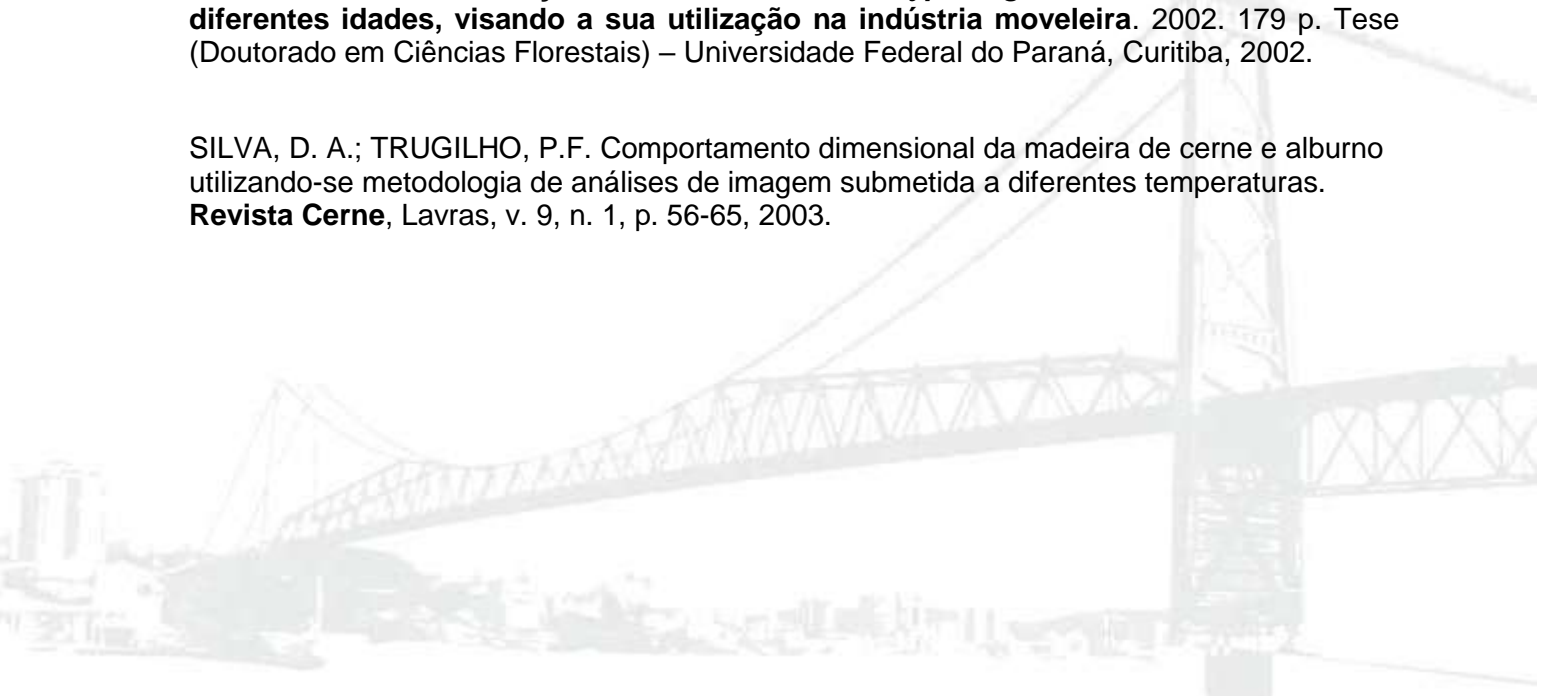
eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal **IPEF**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 217-225, 2013.

RADONSKI, M. I.; RIBASKI, J. Excentricidade da medula em *Grevillea robusta* e *Corymbia citriodora* cultivados em sistema silvipastoril. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 6 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 248).

SANTOS, P. E. T. GARCIA, J. N. GERALDI, I. O. Posição da tora na árvore e sua relação com a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p.142-151, 2004.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 179 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, D. A.; TRUGILHO, P.F. Comportamento dimensional da madeira de cerne e alborno utilizando-se metodologia de análises de imagem submetida a diferentes temperaturas. **Revista Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 56-65, 2003.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

