



## CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Hymenea courbaril* e *Nectandra rubra* VISANDO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS

Jonny Paz Castro<sup>1</sup>; Isabel Cristina Nogueira Alves de Melo<sup>1</sup>, Jordão Cabral Moulin<sup>1</sup>; Paulo Fernando Trugilho<sup>1</sup>; Maria Lúcia Bianchi<sup>2</sup>; Thomaz Aurélio Bastos<sup>1</sup>; Kelly Iapuque Rodrigues de Sousa<sup>1</sup>

1 – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil;

2 – Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar algumas características da madeira de jatobá (*Hymenea courbaril* L.) e louro-vermelho (*Nectandra rubra* (Mez) C.K. Allen), a fim de determinar o potencial energético dos resíduos gerados pelo processamento da madeira destas espécies. As árvores foram procedentes do município de Silves, estado do Amazonas. Coletaram-se três indivíduos por espécie, sendo que foi retirado um disco de 3 cm de espessura da base de cada árvore, totalizando seis amostras. As características avaliadas na madeira foram o poder calorífico, densidade básica, composição química elementar, composição química imediata e termogravimetria. Os dados foram submetidos à análise de variância, exceto os dados da termogravimetria. O teste paramétrico F, foi utilizado a 5% de significância, e para comparação múltipla das médias o teste Tukey foi utilizado, a 5% de significância, quando o teste F apresentou diferença significativa. As madeiras das duas espécies apresentaram características satisfatórias para utilização energética, o que estimula o aproveitamento dos resíduos gerados durante o processamento das mesmas. O poder calorífico superior das duas espécies não apresentou diferenças significativas. De uma forma geral, a madeira de jatobá destacou-se em função da maior densidade básica, maior teor de carbono fixo e maior resistência à degradação térmica. Já a madeira de louro-vermelho apresentou maior teor de lignina e menores teores de minerais na madeira.

**Palavras-chave:** Poder calorífico; análise termogravimétrica; composição química.

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate some wood characteristics of jatobá (*Hymenea courbaril* L.) and louro-vermelho (*Nectandra rubra* (Mez) CK Allen) in order to determine the energy potential of waste generated by wood processing these species. The trees were coming from the municipality of Silves, Amazonas state. Three individuals were collected by species, and an discs was removed with 3 cm thick at the base of each tree, totaling six samples. The characteristics evaluated in the wood were the gross calorific value, density, chemical composition, immediate chemical composition and thermogravimetry. The data were submitted to analysis of variance, except the data from thermogravimetry. The F parametric test was used at 5% of significance and for multiple comparison of means the Tukey test was used, at 5% significance, when the F test showed significant difference. The wood of the two species showed satisfactory characteristics for energy use, which stimulates the recovery of waste generated during processing of the same. The gross calorific value of the two species showed no significant differences. In general, jatobá wood stood out due to the higher density, higher fixed carbon content and a higher resistance to thermal degradation. Already the louro-vermelho wood showed higher lignin content and lower mineral content in the wood.

**Key words:** Heating value; thermogravimetry analysis; chemical composition.



## 1. INTRODUÇÃO

Sabemos que o desenvolvimento das sociedades modernas está diretamente relacionado a alguns fatores como intenso consumo de recursos naturais e o aumento do consumo energético. No contexto atual, a busca por energias provenientes de fontes renováveis vem ganhando cada vez mais atenção.

A floresta Amazônica tem sido uma relevante fonte de madeira para mercados brasileiros e internacionais desde a década de 1970, época em que foi iniciada a exploração madeireira de forma intensa na região (PEREIRA et al., 2010; UHL et al., 1991; VERISSIMO et al., 1992). Entretanto, sabe-se que o manejo sustentável da floresta é essencial para a conservação deste bioma, o que pode ser alcançado através da utilização racional dos seus recursos, sem levar a total destruição da mesma, minimizando os impactos ecológicos (BRAZ et al., 2014).

Tendo em vista a importância do recurso natural e a crescente demanda de madeira no mercado, torna-se necessário, estudos que visam um melhor aproveitamento da floresta, utilizando não só a madeira sólida (na forma de pisos, móveis, esquadrias, forros, etc), mas também através do aproveitamento dos resíduos gerados durante o processo de industrialização.

Conforme os dados levantados por Fontes (1994) e Olandoski (2001), com base na Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO, todo processo de transformação da madeira gera resíduos, em menor ou maior quantidade, sendo que somente 40 a 60% do volume total da tora é aproveitado. O baixo rendimento ocorre muitas vezes em função da infraestrutura das serrarias e falta de conhecimento das potencialidades para diversas utilizações que os resíduos podem oferecer (BRAZ et al. 2014).

Fontes (1994) define três tipos de resíduos de madeira: a serragem, que é o resíduo originado da operação de serras e é encontrado em todos os tipos de indústria, à exceção das laminadoras; o cepilho, conhecido também por maravalha, que é o resíduo gerado pelas plainas nas instalações de serraria/beneficiamento e beneficiadoras e a lenha, que é o resíduo de maiores dimensões, gerado em todos os tipos de indústria, composto por costaneiras, aparas, refilos, casca e outros. Olandoski (2001) comenta que até mesmo algumas árvores, previamente selecionadas, e que não se adequam a alguns critérios podem ser descartadas por não atenderem as exigências do mercado consumidor.

Esses resíduos são procurados atualmente por pequenas indústrias, tendo uma oferta maior que a demanda, não tendo a grande parte dos resíduos gerados uma finalidade específica, muitas vezes são descartados, desperdiçando qualquer forma de aproveitamento.

Um dos fatores que impedem a utilização de grande parte desses resíduos é a sua logística desfavorável, as empresas estão em localização descentralizada, distante dos centros consumidores, elevando a um alto custo de transporte. Os resíduos que não são utilizados por não terem um destino são empilhados, queimados ou sofrem combustão espontânea que podem levar a população que se encontra perto a terem reações adversas, como problema respiratório entre outras (RECH, 2002).

Segundo Brasil (2009), a geração excessiva de resíduos de madeira associada ao seu baixo aproveitamento resultam em danos ambientais, além de perda significativa de oportunidade para a indústria, comunidades locais, governos e sociedade em geral, especialmente em regiões remotas, dependentes de fontes energéticas externas.

A geração de energia através dos resíduos da biomassa florestal pode ser um potencial para geração de energia. As indústrias madeireiras no Brasil produzem anualmente 41 milhões de toneladas de resíduos, provindos destes processamentos de melhoramento da madeira,



estes resíduos possuem alta capacidade de gerar energia equivalente a 1,7 GW/ano (ABRAF, 2013).

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar algumas características da madeira de jatobá (*Hymenea courbaril* L.) e louro-vermelho (*Nectandra rubra* (Mez) C.K. Allen), a fim de determinar o potencial energético dos resíduos gerados pelo processamento da madeira destas espécies.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Neste trabalho analisou-se a madeira de duas espécies amazônicas comumente utilizadas na construção civil: jatobá (*Hymenea courbaril*) e louro vermelho (*Nectandra rubra*). As árvores foram coletadas no município de Silves, AM, na fazenda Monte Verde em área de manejo pertencente a empresa *Precious Woods Amazon*. Foram coletados três indivíduos por espécie, sendo que foi retirado um disco de 3 cm de espessura da base de cada árvore, totalizando seis amostras.

### **2.1. Preparo das amostras**

Os discos de madeira foram divididos em cunhas, sendo que duas cunhas foram utilizadas para determinação da densidade básica da madeira e duas para retirada de material para análise química.

As amostras destinadas às análises químicas, análise química imediata e determinação do poder calorífico superior, foram transformadas em serragem, com auxílio de uma plaina elétrica e posteriormente moídas em moinho de facas, tipo Willey. Após a moagem do material, as partículas foram classificadas com auxílio de conjunto de peneiras sobrepostas sendo que foram utilizadas aquelas partículas que passaram pela peneira de 40 mesh e ficou retida na peneira de 60 mesh. O material utilizado para análise termogravimétrica foi a fração de serragem que passou na peneira de 200 mesh e ficou retido na peneira de 270 mesh.

### **2.2. Determinação da densidade básica**

A densidade básica da madeira foi realizada pelo método de imersão conforme os procedimentos descritos na norma analítica NBR 11941 da Associação brasileira de normas técnicas - ABNT (2003).

### **2.3. Determinação do poder calorífico superior**

O poder calorífico superior foi determinado em calorímetro adiabático conforme a norma NBR 8633 da Associação brasileira de normas técnicas - ABNT (1983).

### **2.4. Análise química madeira estrutural**

Os teores de extrativos e de lignina insolúvel da madeira foram determinados em duplicatas, de acordo com as normas M3/69 e M70/71 (ABTCP, 1974), respectivamente. O teor de holocelulose foi obtido por meio da análise somativa.

### **2.5. Análise química imediata**

Os teores de materiais voláteis, teores de cinzas e por diferença, o teor de carbono fixo, em base seca, foram determinados em duplicata, conforme procedimento estabelecido na norma NBR 8112 (ABNT, 1986).



## 2.6. Análise termogravimétrica

Os ensaios de análise termogravimétrica para as amostras de madeiras foram realizados utilizando-se o equipamento DTG-60H, da marca Shimadzu Co. As curvas termogravimétricas, de perda de massa em função da temperatura, foram obtidas com cerca de 4 mg de amostra, partindo-se da temperatura ambiente até 1000°C, em atmosfera de nitrogênio com vazão de 50 mL.min<sup>-1</sup>, utilizando taxa de aquecimento de 5°C.min<sup>-1</sup>. A partir das curvas termogravimétricas, calculou-se a primeira derivada das mesmas como forma de identificar os pontos onde ocorreram os picos das perdas de massa.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a Tabela 1, observa-se que a composição química e a densidade básica da madeira das duas espécies estudadas foram estatisticamente diferentes para todos os componentes analisados.

Os teores de lignina de ambas as espécies foram elevados, com teores acima de 30%, sendo que o teor de lignina da madeira de louro-vermelho foi estatisticamente superior (33,6%).

Os teores de lignina e de extrativos da madeira de jatobá foram superiores aos valores encontrados por Klitzke et al. (2008), que obtiveram 29,66% e 8,77%, respectivamente. Mori et al. (2003) estudando a composição química de madeiras nativas, encontraram valores superiores para os teores extrativos (13,32%), de minerais (0,48%) e de holocelulose (59,78%) na madeira da mesma espécie.

Santana e Okino (2007) encontraram valores superiores para os teores de lignina (37%) e de extrativos (15,4%) na madeira de louro-vermelho procedente da floresta Nacional de Tapajós, no estado do Pará.

Maiores teores de lignina na madeira são desejáveis do ponto de vista de utilização energética, uma vez que este é o componente da madeira que apresenta maior estabilidade térmica.

Os baixos teores de minerais encontrados na madeira das duas espécies são satisfatórios, uma vez que altos teores de minerais podem contribuir na corrosão dos equipamentos utilizados no processo de conversão da biomassa em energia, além de causarem decréscimo no poder calorífico do material.

**Tabela 1.** Composição química e densidade básica das madeiras, desvio padrão e coeficiente de variação

Espécies	Composição química (%)				Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )
	Lignina	Extrativos	Minerais	Holocelulose	
Jatobá	31,88 B (0,44)	12,78 A (0,52) (4,05)	0,36 A (0,02) (5,27)	54,98 B (0,65) (1,18)	0,789 A (0,013) (1,643)
Louro-vermelho	33,63 A (0,53)	9,60 B (0,36) (3,74)	0,26 B (0,03) (11,44)	56,51 A (0,83) (1,48)	0,535 B (0,006) (1,200)

<sup>1</sup>Médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

\*Valores entre parênteses são desvio padrão e coeficiente de variação, respectivamente.

A densidade básica é um parâmetro de extrema importância para materiais com vistas ao uso energético, segundo Santos et al. (2013) quanto maior a densidade da madeira, maior



será seu desempenho energético, seja na queima direta ou em processos de transformação. Assim, maior será a massa por volume a ser convertida em energia.

Neste quesito a madeira de jatobá se destacou, apresentando alto valor de densidade básica ( $0,789 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Mori et al. (2003) e Quirino et al. (2005) encontraram valores superiores de densidade da madeira da mesma espécie  $0,879 \text{ g.cm}^{-3}$  e  $0,880 \text{ g.cm}^{-3}$ , respectivamente.

Nascimento et al. (1997) fez um estudo sobre as propriedades de madeiras da Amazônia em função da densidade, dentre as espécies estudadas pelos referidos autores, estava a *Nectandra rubra*, com valor de densidade básica de  $0,520 \text{ g.cm}^{-3}$ , semelhante ao encontrado neste trabalho.

Os valores médios para a análise química imediata e o poder calorífico superior da madeira das duas espécies são apresentados na Tabela 2. Observa-se que a madeira de jatobá apresentou os maiores teores de carbono fixo e de cinzas, enquanto a madeira de louro-vermelho obteve o maior teor de materiais voláteis.

A provável explicação do maior teor de materiais voláteis apresentado pela madeira de louro-vermelho está no maior teor de holocelulose apresentado por esta espécie, uma vez que os materiais voláteis correspondem a fração gasosa originada, principalmente, da queima dos hidrocarbonetos.

Considerando o potencial uso energético dos resíduos gerados durante o processamento, a madeira de jatobá se destacaria, pois apresentou maiores teores de carbono fixo e menores teores de materiais voláteis. Santos et al. (2013) comentam que os valores obtidos por meio da análise química imediata da madeira são importantes, principalmente quando se faz a queima direta da madeira (combustão), pois essas variáveis afetam a velocidade de queima, bem com a homogeneidade da chama na câmara de combustão, por influenciar as fases da reação de oxidação.

O teor de cinzas obtido através da análise química imediata foi ainda menor que o teor de minerais determinado na composição química estrutural da madeira. De qualquer forma, como já comentado, os teores de cinzas das duas espécies foram muito baixos, menores que 1%, o que não comprometeria o uso energético dos materiais.

O poder calorífico superior (PCS) não apresentou diferenças significativas para as espécies avaliadas. Quirino et al. (2005) encontrou valor de  $4792 \text{ cal.g}^{-1}$  para o PCS da madeira de *Hymenea courbaril*, superior ao encontrado neste trabalho.

**Tabela 2.** Composição química imediata e poder calorífico superior das madeiras

Espécies	TMV	TCF	Tcnzs	PCS
Jatobá	78,03 B <sup>1</sup> (0,16) (0,20)*	21,77 A (0,17) (0,77)	0,21 A (0,014) (6,50)	4695 A (45,85) (0,97)
Louro-vermelho	83,09 A (0,82) (0,99)	16,80 B (0,83) (4,92)	0,11 B (0,013) (11,95)	4685 A (80,28) (1,71)

TMV: Teor de materiais voláteis (%); TCF: Teor de carbono fixo (%); Tcnzs: Teor de cinzas (%); PCS: Poder Calorífico Superior ( $\text{cal.g}^{-1}$ ).

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

\*Valores entre parênteses são desvio padrão e coeficiente de variação, respectivamente.

O poder calorífico é um excelente parâmetro para se avaliar a potencialidade energética de combustíveis de biomassa (PROTÁSIO et al., 2011; BRAND, 2010), sendo definido como a quantidade de energia liberada na combustão completa de uma unidade de

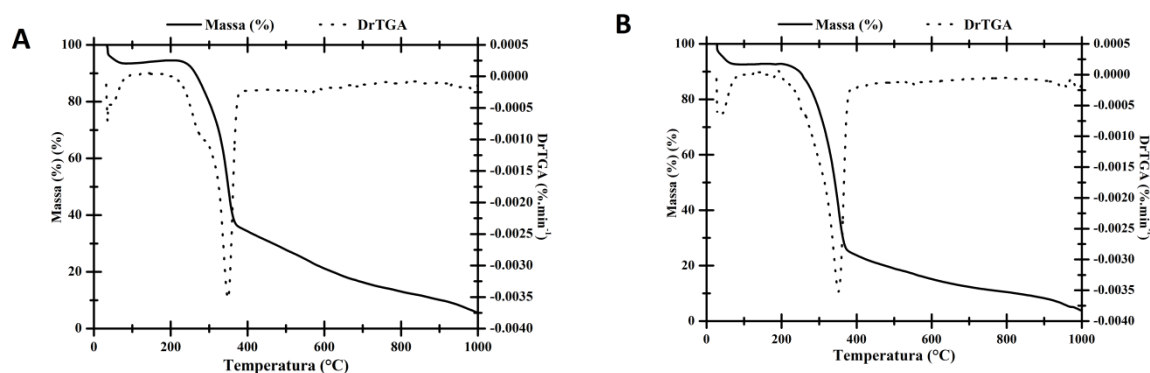


massa do material combustível e apresenta significativa dependência da constituição química elementar e mineral da biomassa. Protásio et al. (2011) estudando a relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais de oito tipos diferentes de biomassa vegetal, constataram que maiores teores de oxigênio e de cinzas, contribuem de forma negativa para o PCS; enquanto o teor de carbono e hidrogênio apresentaram correlação positiva com o PCS, ou seja, há uma tendência de maiores valores de PCS estarem associados a maiores valores percentuais de H e C.

O poder calorífico dos biocombustíveis é influenciado pelo teor de lignina, que é o componente que apresenta maior estabilidade térmica devido às ligações carbono-carbono entre as unidades monoméricas de fenil-propano e, conseqüentemente, a estabilidade de sua matriz aromática, além de apresentar elevada massa molecular (SHARMA et al., 2004; YANG et al., 2007). Quando estes elementos são queimados liberam grande quantidade de calor, logo se espera que madeiras com maiores teores de lignina acarretem em maior poder calorífico.

Entretanto, neste trabalho não foi observado este comportamento, pois a madeira de louro-vermelho apresentou o maior teor de lignina, porém isto não acarretou em aumento significativo do PCS. Deve-se levar em consideração que a madeira de jatobá apresentou menor teor de lignina acompanhado de um maior teor de extrativos e segundo Rowell e Levan-Green (2005) os extrativos fenólicos comumente presentes em madeiras adultas têm importante influência no aumento do poder calorífico da madeira e do carvão vegetal devido aos seus altos teores de carbono.

A Figura 1 ilustra as curvas de degradação térmica da madeira das duas espécies avaliadas. Observa-se que houve algumas diferenças nos perfis de degradação das espécies avaliadas. Na Tabela 3 estão as perdas de massa por faixa de temperaturas obtidas durante a análise térmica e as massas residuais na temperatura final do teste (1000°C).



**Figura 1.** Termogramas e derivadas termogravimétricas das madeiras de jatobá (A) e louro-vermelho (B).

Usualmente a degradação térmica da madeira pode ser representada como a soma das reações térmicas da degradação dos seus três principais componentes: celulose, hemiceluloses e lignina.

A partir da primeira derivada (DrTGA), observa-se que as amostras apresentaram dois picos evidentes de perda de massa. O primeiro pico ocorre a partir da temperatura inicial da análise até aproximadamente 160°C, esta primeira fase corresponde a volatilização da umidade contida nos materiais, ou seja, corresponde a perda de umidade (secagem). A umidade dos



materiais era de 8,14%, na amostra de madeira de jatobá e 7,07% na amostra de louro-vermelho (Tabela 3).

Além dos dois picos mais evidentes, na madeira de jatobá é possível observar um ligeiro deslocamento da curva de DrTGA por volta 280°C, provavelmente devido a um maior teor de hemiceluloses desta espécie. Polleto et al. (2012) relatam que nesta faixa de temperatura ocorre, principalmente a degradação das hemiceluloses e início da decomposição da celulose. A menor estabilidade térmica das hemiceluloses se deve principalmente a sua estrutura química, uma vez que se tratam de componentes amorfos, ramificados, com menor peso molecular (JOHN e THOMAS, 2008; YANG et al., 2006).

**Tabela 3.** Perda de massa por faixas de temperatura e massa residual

Espécie	Perda de massa (%)				Massa residual (%)
	0 – 200°C	200 – 400°C	400 – 600°C	600 – 1000°C	
Jatobá	8,14	62,57	7,28	9,86	12,14
Louro-vermelho	7,07	68,60	7,89	11,15	5,63

Apesar desse deslocamento observado na curva da madeira de jatobá, esta espécie apresentou menor perda de massa percentual na faixa de temperatura entre 200 a 400°C, 62,57%, enquanto a perda de massa da madeira de louro-vermelho foi de 68,6%. Vale ressaltar que a madeira de louro-vermelho apresentou maior teor de holocelulose e menores teores de extrativos (Tabela 1).

Riegel et al. (2008) comentam que a intensa perda de massa ocorrida nessa etapa (200 a 400°C) pode ser atribuída à degradação da biomassa, cujos componentes principais são a celulose, as hemiceluloses e parte da lignina. Yang et al. 2007, relata que não é possível identificar um pico ou uma faixa específica para degradação da lignina. Isto se deve ao fato deste polímero iniciar seu processo de degradação em temperaturas relativamente baixas (aproximadamente 250°C) e se estender até temperaturas próximas a 900°C (RIEGEL et al. 2008).

Na etapa posterior (400 a 600°C), a perda de massa das duas espécies foi semelhante, aproximadamente 7%. Já na etapa final (600 a 1000°C), novamente a madeira de louro-vermelho sofreu maior degradação em função do aumento da temperatura, o que resultou em menor massa residual (5,63%). Para fins energéticos a madeira de jatobá se mostrou mais favorável, pois maiores massas residuais implica materiais com maior estabilidade térmica.

#### 4. CONCLUSÕES

As madeiras das duas espécies apresentaram características satisfatórias para utilização energética, o que estimula o aproveitamento dos resíduos gerados durante o processamento das mesmas. O poder calorífico superior das duas espécies não apresentou diferenças significativas. De uma forma geral, a madeira de jatobá destacou-se em função da maior densidade básica, maior teor de carbono fixo e maior resistência à degradação térmica. Já a madeira de louro-vermelho apresentou maior teor de lignina e menores teores de minerais na madeira.

Vale ressaltar que para obter o máximo aproveitamento destas características favoráveis à produção de energia dos resíduos, estes devem ser estocados e manejados da maneira correta, evitando a exposição do mesmo à presença de umidade e contaminação com materiais contaminantes (areia, materiais metálicos, etc).



## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, CNPQ, CAPES, Programa de Ciência e Tecnologia da Madeira – UFLA e à Universidade Federal de Lavras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013, ano base 2012**. Brasília, 2013. 148 p.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633: Carvão vegetal – determinação do poder calorífico**. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112: Carvão vegetal: análise imediata**. Rio de Janeiro, 1986. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **M3/69: Métodos de ensaio**. São Paulo, Brasil, 1974a. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **M70/71: Métodos de ensaio**. São Paulo, Brasil, 1974.

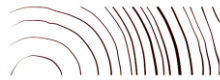
BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos: Projeto PNUD BRA 00/20: Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental**. Curitiba, PR. 2009. Disponível em:  
<[http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao10012011033501.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033501.pdf)>  
Acesso em 12 jun. 2015.

BRAZ, R. L. et al. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia—uma análise da cadeia produtiva. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 5, n. 2, 2015.

BRAND, M. A. **Energia da biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 114 p.

COSTA, W. S.; SOUZA, A. L.; SOUZA, P. B. **Jatobá-Hymenaea courbaril L.: ecologia, manejo, silvicultura e tecnologia de espécies nativas da Mata Atlântica**. 2011. Disponível em:  
[http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11139/Jatoba\\_Ecologia%20c%20manejo%20e%20silvicultura%20e%20tecnologia%20de%20especies%20nativas%20da%20Mata%20atlantica%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11139/Jatoba_Ecologia%20c%20manejo%20e%20silvicultura%20e%20tecnologia%20de%20especies%20nativas%20da%20Mata%20atlantica%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 12 de jun. de 2015.





FONTES, P. J. P. de. **Auto-suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos**. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná.

FRIEDL, A.; PADOUVAS, E.; ROTTER, H.; VARMUZA, K. Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, NL, v. 544, n. 1-2, p. 191–198, 2005.

JOHN, M.J. & THOMAS, S., 2008. Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate Polymers* 71, 343–364.

KLITZKE, R. J. et al. Caracterização dos lenhos de cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. **Scientia Forestalis, Piracicaba**, v. 36, n. 80, p. 279-284, 2008.

MORI, F. A. et al. Utilização de eucaliptos e de madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 396-400, 2003.

NASCIMENTO, C. C.; GARCIA, José Nivaldo; DIÁZ, M. P. Agrupamento de espécies madeireiras da Amazônia em função da densidade básica e propriedades mecânicas. **Madera y Bosques**, v. 3, n. 1, p. 33-52, 1997.

OLANDOSKI, D. P. **Rendimento, resíduos e considerações sobre melhorias no processo em indústria de chapas compensadas**. 2013.106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PEREIRA, D. et al. **Fatos Florestais da Amazônia**. 2010. Belém: Imazon, 2010.

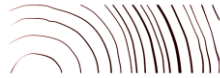
POLETTO, M.; ZATTERA, A. J.; FORTE, M. M. C.; SANTANA, R. M. C. Thermal decomposition of wood: Influence of wood components and cellulose crystallite size. **Bioresource Technology**, v. 109, p. 148 - 153, 2012.

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 minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 122-133, 2011.

QUIRINO, Waldir F. et al. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira**, v. 89, p. 100-106, 2005.

RECH, C. Estudo sugere uso de serragem como insumo. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 66, 2002.

RIEGEL, I. et al. Análise termogravimétrica da pirólise da acácia-negra (*Acacia mearnsi* de Wild.) cultivada no Rio Grande do Sul, Brasil. **Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 533-543, 2008.



ROWELL, R. M., LEVAN-GREEN, S. L. **Thermal properties**. In: Rowell RM Editor. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Taylor&Francis, Florida, 2005.

SANTANA, M. A. E.; OKINO, E. Y. A. Chemical composition of 36 Brazilian Amazon forest wood species. **Holzforschung**, v. 61, n. 5, p. 469-477, 2007.

SANTOS, R. C. et al. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no Estado do Rio Grande do Norte. 2013. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 491-502, abr.-jun., 2013.

SHARMA, R. K.; WOOTEN, J. B.; BALIGA, V. L.; LIN, X.; CHAN, W. G.; HAJALIGOL, M. R. Characterization of chars from pyrolysis of lignin. **Fuel**, London, v. 83, n. 11-12, p. 1469-82, 2004.

UHL, C. et al. Social, economic, and ecological consequences of selective logging in an Amazon frontier: the case of Tailândia. **Forest ecology and management**, v. 46, n. 3, p. 243-273, 1991.

VERÍSSIMO, A. et al. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. **Forest ecology and management**, v. 55, n. 1, p. 169-199, 1992.

YANG, H. et al. Characteristics of hemicelluloses, cellulose and lignin pyrolysis. **Fuel**, London, v. 86, n. 12-13, p. 1781-1788, 2007.