



## **CARACTERIZAÇÃO DE CAVACOS DE UM CLONE DE EUCALIPTO COM POTENCIAL ENERGÉTICO EM MATO GROSSO**

**Manolo Trindade Quintilhan<sup>1</sup> (manolo\_trindade@yahoo.com.br), Wesley Candido de  
Oliveira<sup>1</sup>, Jonadabe Félix da Silva<sup>1</sup>, Bárbara Luísa Corradi Pereira<sup>1</sup>, Aylson Costa  
Oliveira<sup>1</sup>**

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

**Resumo:** Tem-se buscado a utilização da biomassa vegetal como alternativa energética para diversificação da matriz energética mundial, visto que no cenário atual, há grande dependência de combustíveis fósseis. Estudos sobre espécies florestais, sobretudo as do gênero *Eucalyptus*, evidenciam a sua grande plasticidade ambiental, alta produtividade e boas características energéticas. Assim, objetivou-se avaliar um clone híbrido de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* (clone 1277), para fins energéticos cultivado em Campo Verde, Mato Grosso. Utilizou-se cavacos de *Eucalyptus*, com 7 anos de idade. Coletou-se cinco amostras com 1,0 kg cada, selecionadas aleatoriamente nas pilhas de cavacos. Testes de classificação granulométrica, densidade a granel, composição química estrutural e química imediata, umidade, poder calorífico superior e útil e densidade energética foram realizados. Os resultados mostraram baixa variação granulométrica dos cavacos entre 4,75 e 31,5 mm, densidade básica de 438,55 kg/m<sup>3</sup>, 30,20% de lignina, 85,66% de materiais voláteis, 0,52% de cinzas, umidade de 30,75% e poder calorífico útil de 2849,62 kcal/kg. Dessa forma, a madeira deste clone mostra-se uma boa opção para fins energéticos no estado do Mato Grosso.

**Palavras-chave:** biomassa, energia térmica, qualidade

**Abstract:** The use of plant biomass is an alternative to diversify the global energy matrix, as in the present scenario, there is great dependence on fossil fuels. Studies in forest species, especially *Eucalyptus*, show its great environmental plasticity, high productivity and good energy characteristics. The aim of this study was to evaluate a hybrid clone of *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*, for energy purposes, grown in Campo Verde, Mato Grosso. *Eucalyptus* chips were used, whose age of trees was seven years. Five samples of 1.0 kg each were randomly selected in chip stacks. Size classification tests, bulk density, chemical composition and immediate chemistry, moisture, gross calorific value and net calorific value and energy density were performed. The results showed low variation in the size of the chips, between 4.75 and 31.5 mm, basic density of 438.55 kg / m<sup>3</sup>, 30.20% of lignin, 85.66% of volatiles, 0.52% ash, moisture equal to 30.75% and useful heat value of 2849.62 kcal / kg. Thus, the wood of this clone appears to be a good option for energy purposes in the state of Mato Grosso.

**Keywords:** biomass, thermal energy, quality.

## 1. Introdução

A biomassa vegetal é um dos combustíveis mais antigos conhecidos pelo homem, já que sua utilização veio junto ao descobrimento do uso do fogo. Nos dias atuais, devido ao seu potencial energético, vários estudos estão sendo realizados, de forma a contribuir com a diversificação da matriz energética mundial. Esta tendência ocorre devido às características da biomassa vegetal como potencial renovável, possibilidade de redução da dependência de combustíveis fósseis, redução de emissões atmosféricas, descentralização da produção e conservação energética, além de novos mercados para os resíduos (SANTIAGO, 2013).

No Brasil há uma grande quantidade de resíduos agrícolas e florestais que podem ser biomassas alternativas para geração de energia. Contudo, muitas vezes sua utilização é inviabilizada devido à grandes distâncias e dificuldades relacionadas ao transporte rodoviário. O fornecimento destas biomassas muitas vezes é sazonal ou inconstante e a heterogeneidade destes materiais é muito elevada, no que diz respeito, principalmente à granulometria e umidade.

Além disso, o Brasil possui condições geográficas favoráveis, grande quantidade de terra agriculturável com características adequadas e condições climáticas que possibilitam cultivos de espécies florestais como fonte energética. Embora o Brasil detenha um vasto território, ainda possui uma área de plantio florestal relativamente pequena. De todo o seu território, 851 milhões de hectares, apenas 7,6 milhões de hectares eram de florestas plantadas até 2013 (IBA, 2014). No país a energia gerada através da biomassa florestal ocorre geralmente de duas formas, por meio da queima direta da lenha ou pela produção de carvão vegetal. Porém, o uso de cavacos como nova opção vem se consolidando como uma alternativa viável (VALVERDE et al., 2012).

Segundo Couto e Muller (2008), as madeiras provenientes do gênero *Eucalyptus* possuem grande plasticidade ambiental, altos índices de produtividade e boas propriedades para plantios florestais com fins energéticos. Exemplo disso é o aumento da área plantada no estado do Mato Grosso, visto que, segundo o Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA, 2013), os plantios de espécies do gênero *Eucalyptus* no ano de 2012 tiveram um grande crescimento, visto que o estado de Mato Grosso alcançou o número de 187.090 mil hectares plantados. No referido estado, essa biomassa é utilizada para secagem de grãos, em frigoríficos e indústrias de cerâmicas (IMEA, 2013).

Apesar do grande crescimento de plantios de *Eucalyptus* no estado do Mato Grosso, ainda não há estudos que avaliem as propriedades e qualidades da madeira desse gênero para fins energéticos no estado, tornando-se necessários estudos que avaliem a madeira.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade de cavacos de madeira de um clone híbrido de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* para fins energéticos, cultivado em Campo Verde-MT.

## 2. Materiais e Métodos

A madeira utilizada neste estudo é proveniente de um plantio comercial que pertence à empresa Brasil Foods (BRF) e está localizado no município de Campo Verde, MT. Utilizou-se cavacos de madeira de um clone híbrido de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* (clone 1277), aos 7 anos de idade, cultivado em espaçamento de 3,0 x 3,0 m. A produtividade média deste clone é de 500 st/ha ou 750 m<sup>3</sup> de cavaco/ha.



Para a colheita das árvores, utilizou-se um Feller Buncher. Posteriormente, as árvores foram deixadas no campo por 120 dias, para secagem natural. Um Skidder foi utilizado para arraste das árvores até um picador móvel do tipo tubular.

Foram coletadas cinco amostras de cavacos com massa de aproximadamente 1,0 kg cada, imediatamente antes da sua entrada na caldeira.

Para a classificação granulométrica dos cavacos utilizou-se um conjunto de sete peneiras com aberturas de 50,8; 31,5; 25,0; 19,0; 12,5; 9,5; e 4,75 mm. Com base na massa total de cavacos, calculou-se a percentagem de cavacos retida em cada peneira, além do material fino, que ultrapassou a última peneira da série. A classificação granulométrica foi feita manualmente, sem auxílio de agitador mecânico.

A densidade a granel foi obtida preenchendo-se um recipiente com volume interno conhecido com as amostras de cavacos, conforme as normativas da DIN EN 15103 (DIN, 2010). O cálculo da densidade a granel foi feito dividindo-se a massa da amostra (kg) pelo volume interno do recipiente (m<sup>3</sup>).

Para determinação da composição química utilizou-se as amostras dos cavacos moídos, utilizando-se a fração que passou pela peneira com malha de 40 mesh, porém foi retida na peneira com malha de 60 mesh. A determinação do teor absolutamente seco da madeira foi realizada conforme a norma TAPPI 264 om-88 (TAPPI, 1998).

Os teores de extrativos foram determinados em duplicatas, de acordo com a norma TAPPI 204 om-88 (TAPPI, 1996), utilizando-se o método de determinação de extrativos totais, sendo apenas substituído o etanol/benzeno, pelo etanol/tolueno.

Os teores de lignina insolúvel foram determinados em duplicata pelo método Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986). A lignina solúvel foi determinada 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 obtido por meio da soma dos valores de lignina solúvel e insolúvel.

O teor de holoceluloses (celulose + hemiceluloses) obteve-se pela diferença entre 100 e o somatório dos teores de lignina total, extrativos e cinzas, em percentagem.

A composição química imediata dos cavacos, que corresponde aos teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, em base seca, foram obtidas a partir de amostras moídas e peneiradas que passaram pela peneira com malha de 40 mesh e ficaram retidas na peneira com malha de 60 mesh. A composição química imediata dos cavacos de madeira foi determinada de acordo com a norma ABNT NBR 8112 (ABNT, 1986).

O teor de materiais voláteis foi determinado pelo aquecimento do material, a 950°C, em forno mufla, sendo que as amostras foram colocadas em cadinhos, depois tampadas e levadas à porta da mufla, por dois minutos, para aclimação e, posteriormente, para o seu interior por mais nove minutos, totalizando onze minutos. O teor de cinzas foi determinado após a combustão completa do material, por meio do aquecimento em forno mufla, a 600°C, durante 6 horas. O teor de carbono fixo foi calculado pela soma dos teores de materiais voláteis e cinzas, subtraídos de 100.

Para determinação da umidade dos cavacos, o método gravimétrico foi utilizado. Determinou-se a umidade das amostras logo após o cavaqueamento e a umidade de entrada dos cavacos na caldeira. A massa das amostras mediu-se em balança de precisão e então, as amostras foram levadas a estufa com circulação forçada de ar a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  até obtenção de massa constante. A umidade foi calculada em base seca seguindo as normas da ABNT NBR 14929 (ABNT, 2003) de acordo com a equação abaixo:



$$U\%Bs = \frac{(MU - MS)}{MS} \times 100$$

Em que: U%Bs = umidade em base seca, em %; MU = massa úmida de madeira, em kg; e MS = massa seca de madeira, em kg.

Para a análise do poder calorífico superior utilizou-se a fração serragem da madeira que passou pela peneira com malha de 40 mesh e ficou retida na de 60 mesh. As amostras foram secas em estufas a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , até massa constante. O poder calorífico superior (PCS) foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela norma da ABNT NBR 8633 (ABNT, 1984), em bomba calorimétrica adiabática.

Estimou-se o poder calorífico útil (PCU) de acordo com as seguintes equações:

$$PCU = [PCI * (1 - u)] - (600 * u)$$

$$PCI = PCS - \left[ 600 * \left( \frac{9H}{100} \right) \right]$$

Em que: PCU = poder calorífico superior, em kcal/kg; PCI = poder calorífico inferior, em kcal/kg; u = umidade em base seca, em %/100; H = Hidrogênio (%).

O teor de hidrogênio considerado para os cavacos de eucalipto foi o valor médio encontrado na literatura para o mesmo material, valor esse de 6%.

A densidade energética, que é a quantidade de energia por unidade de volume de cavacos ( $\text{kcal/m}^3$ ), foi obtida através da multiplicação dos valores médios do poder calorífico útil ( $\text{kcal/kg}$ ) pela densidade a granel ( $\text{kg/m}^3$ ).

### 3. Resultados e discussão

Na Figura 1 observa-se a classificação granulométrica dos cavacos de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*.

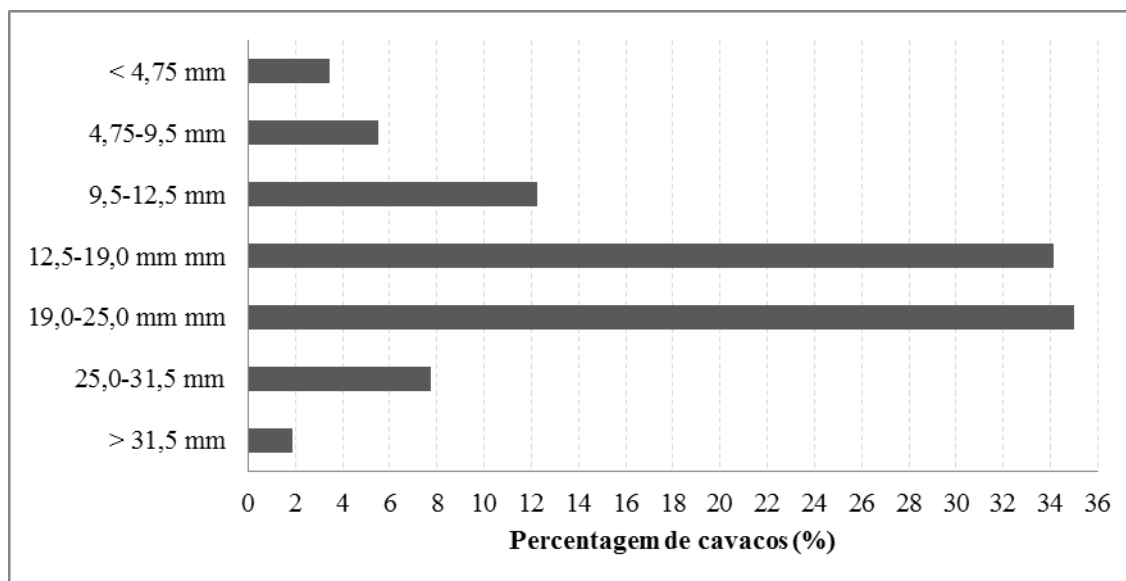


Figura 1 – Classificação granulométrica dos cavacos de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*.

Os resultados mostraram que os cavacos são uniformes, sendo que cerca de 70% de sua granulometria está entre 12,5 mm e 25 mm. Esses cavacos podem ser classificados como P25, de acordo com a especificação citada por Lippel (2014). Segundo essa classificação, 80% dos cavacos devem ter tamanho menor que 25,0 mm, a proporção de partículas finas (menores que 1 mm) não deve exceder 5% e no máximo 1% de partículas grandes (maiores que 45,0 mm) é admissível. Portanto, a qualidade dos cavacos avaliados, em relação à classificação granulométrica, é satisfatória.

Vale ressaltar que a qualidade do cavaco depende diretamente da matéria-prima e da tecnologia utilizada para sua produção. Segundo Gonçalves (2000), vários fatores influenciam a formação de cavacos no processamento da madeira, como afiação e ângulos das facas de corte, além do tipo, superfície e umidade da madeira processada. O cavaqueamento soluciona problemas com manuseio, estoque e transporte da madeira, além de preparar o material para conversão energética, reduz o tamanho das partículas e homogeneiza a composição do material. Nesse sentido, quanto mais homogêneos forem os cavacos, melhor será o fluxo nas câmaras de combustão e mais correta será a estimativa da quantidade de energia a ser gerada nas caldeiras (LIPPEL, 2014).

O valor médio de densidade a granel dos cavacos de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* foi 260,11 kg/m<sup>3</sup>. A densidade a granel é um importante parâmetro a ser avaliado já que considera os espaços vazios entre os cavacos e fornece dados reais da massa contida em um determinado volume. Portanto, a densidade a granel dos cavacos interfere no espaço ocupado, seja no armazenamento, no transporte ou na câmara de combustão.

O valor médio da densidade a granel dos cavacos avaliados é superior ao relatado por Pereira (2014), que verificou uma densidade a granel média de 212,25 kg/m<sup>3</sup> para cavacos de *Eucalyptus* spp.. É desejável que a densidade a granel dos cavacos seja elevada porque assim, maior a massa que pode ser transportada ou armazenada num recipiente de volume fixo, minimizando assim custos de transporte e armazenamento.

Na Tabela 1 estão as propriedades químicas dos cavacos avaliados.

Tabela 1 – Propriedades químicas dos cavacos de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*

Composição química	Valor médio (%)
<i>Composição química estrutural</i>	
Lignina Total	30,20
Extrativos	1,68
Holoceluloses	68,12
<i>Composição química imediata</i>	
Materiais Voláteis	85,66
Carbono Fixo	13,82
Cinzas	0,52

A composição química dos cavacos deve ser adequada para fins energéticos, principalmente em relação a altos teores de lignina que irão contribuir para o aumento do poder calorífico superior do combustível. Os valores médios observados no presente estudo para os teores de lignina, extrativos e holoceluloses (somatório de celulose e hemiceluloses) nos cavacos são considerados satisfatórios, considerando-se a indicação do uso da madeira para geração de energia térmica. Os resultados encontrados podem ainda ser comparados com outros, como os de Pereira (2014), cujos valores médios dos constituintes químicos de cavacos de *Eucalyptus* spp. mostraram bons valores para fins energéticos, sendo eles, 32,77% de lignina, 2,60% de extrativos, e 64,63% de holoceluloses.

A composição química imediata dos cavacos também é importante, sob o ponto de vista energético. Os resultados encontrados são semelhantes aos de Pereira (2014), cujo trabalho também teve como objetivo avaliar propriedades de cavacos de *Eucalyptus* para fins energéticos. O autor verificou valores similares aos desse estudo: 86,86 % de materiais voláteis, 12,80 % de carbono fixo e 0,33 % de cinzas.

O teor de materiais voláteis representa a porcentagem do combustível que será volatilizada e queimada rapidamente na câmara de combustão. Nos combustíveis sólidos como a madeira, a quantidade de materiais voláteis varia entre 76 e 86%, sendo responsável pela grande parte de calor gerado na combustão (MORAIS et al., 2004). Segundo Werther et al. (2000) porcentagens acima de 80% facilitam a ignição do material e também sua queima. Logo, o teor de materiais voláteis dos cavacos pode ser considerado adequado.

Já o teor de carbono fixo refere-se à fração do material que se queima em estado sólido, sob a forma de brasa incandescente, que é o último estágio da combustão, quando a energia é liberada lentamente. Na biomassa *in natura*, como os cavacos de madeira, o teor de carbono fixo é baixo, como pode ser observado na Tabela 1. Vale ressaltar que o teor de carbono fixo é inversamente proporcional ao teor de materiais voláteis.

As cinzas são originadas dos componentes minerais da madeira e da casca, sendo um parâmetro importante na caracterização energética de qualquer biomassa. O teor de cinza é inerente a cada tipo de material, e também pode ser oriundo de contaminação por terra, por exemplo. Devido ao baixo teor de cinzas dos cavacos avaliados, pode-se dizer que não houve contaminações e que o valor encontrado refere-se à composição química mineral dos cavacos.

O baixo teor de cinzas dos cavacos é uma vantagem para a utilização energética. Segundo Obernberger e Thek (2010), teores de cinza maiores que 3% para madeira são prejudiciais em combustíveis lignocelulósicos. Isso porque as cinzas afetam negativamente o poder calorífico do combustível. Além disso, as cinzas são resíduos da combustão, assim, quanto maior a porcentagem de cinzas, maior deve ser a frequência de limpeza dos depósitos



de cinzas (cinzeiros) e dependendo da constituição química das cinzas, pode-se formar incrustações nos equipamentos de combustão (OBERNBERGER; THEK, 2010), aumentando a necessidade de manutenção desses equipamentos.

Deste modo, os valores médios da composição química imediata encontrados nesse estudo estão próximos aos valores na literatura e são satisfatórios para o uso energético.

Na Tabela 2 estão as propriedades relacionadas à geração de energia.

Tabela 2 – Propriedades energéticas dos cavacos de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*

Propriedade	Valor médio
Umidade de entrada na caldeira	30,75%
Poder Calorífico Superior	4705,50 kcal/kg
Poder calorífico útil	2849,62 kcal/kg
Densidade Energética	741.215,57kcal/m <sup>3</sup>

A umidade média dos cavacos (Tabela 2) é satisfatória. Segundo Garstang et al. (2002), para a geração de energia, a biomassa deve apresentar teores de umidade iguais ou inferiores a 30%. Isso porque a presença de água na madeira ocasiona a redução do seu poder calorífico útil, sendo que parte do calor gerado é consumido na evaporação da água e aquecimento do vapor até a mesma temperatura dos demais gases da combustão. Além disso, elevada umidade dos cavacos aumenta os custos com transporte, aumenta o consumo de combustível, dificulta a queima, aumenta tanto o volume dos produtos da combustão quanto as perdas de calor com gases de escape e a potência necessária do exaustor, além de aumentar a quantidade de monóxido de carbono nos gases de exaustão.

No presente estudo, as árvores passaram por secagem natural em campo por cerca de 120 dias e posteriormente à picagem, os cavacos foram armazenados no pátio da empresa, por aproximadamente 15 dias. Esse procedimento faz-se necessário para que a umidade dos cavacos seja reduzida, antes de ser utilizado como fonte energética.

Observa-se que o poder calorífico superior dos cavacos é semelhante aos valores obtidos por Santos et al. (2011), que estudaram quatro clones híbridos de *Eucalyptus* sp., aos 7 anos, e obtiveram valores que variaram de 4.274 a 4.585 kcal/kg. Pereira (2014) verificou um poder calorífico superior de 4656,67 kcal/kg para cavacos de *Eucalyptus*. Portanto, o poder calorífico superior apresenta pequena variação dentro de um mesmo gênero, o que pôde ser observado ao comparar-se o presente trabalho com os trabalhos realizados por Pereira (2014) e Santos et al. (2011).

Para fins energéticos quanto maior o poder calorífico, maior será a energia gerada ao fim da combustão do material (JARA, 1989). Como observado, para poder calorífico superior não há grande variação para diferentes materiais genéticos do mesmo gênero. Porém, poder calorífico útil (Tabela 2), que é a quantidade de efetiva de energia liberada, por unidade de massa, é variável e está relacionado ao teor de umidade. Ou seja, quanto maior o teor de umidade dos cavacos, menor o poder calorífico útil.

A densidade a granel juntamente ao poder calorífico útil nos fornece informação a respeito da densidade energética dos cavacos (Tabela 2). Neste caso, cada um metro cúbico de cavacos irá liberar 741.215,57 kcal. Assim, quanto maior o poder calorífico útil e maior a densidade a granel, maior será a densidade energética dos cavacos. Essa propriedade refere-se à quantidade de energia liberada por volume e interfere, por exemplo, no tamanho do silo de armazenamento e na sua alimentação com cavacos (PEREIRA, 2014).

#### 4. Conclusão

A qualidade dos cavacos do clone híbrido de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* (clone 1277) cultivado no estado de Mato Grosso é satisfatória para fins energéticos.

#### 5. Referências Bibliográficas

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, 17p.

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

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

COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Florestas energéticas no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B. et al; Biomassa para energia. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008. p. 93-110.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN EN 15103 - Solid biofuels - Determination of bulk density. Alemanha, 2010, 14p.

GARSTANG, J.; WEEKES, A.; POULTER, R.; BARTLETT, D. Identification and characterisation of factors affecting losses in the large-scale, non ventilated bulk storage of wood chips and development of best storage practices. Report. FES B/W2/00716/RESP.DTI/ Pub urn 02/1535, p.116, 2002.

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWING, C. H. (Eds) 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, v.47, n.8, p.36-38, 1986.

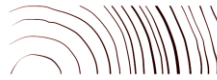
GONÇALVES, M. T. T. Processamento de usinagem à Comando Numérico Computadorizado (CNC) Torneamento e Fresamento, Itapeva-SP, 2010, 87p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. 2014. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2013, Brasília, 2014, 100p.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA – IMEA. 2013. Diagnóstico de florestas plantadas do estado de Mato Grosso, Cuiabá, 2013, 106p.

JARA, E.R.P. O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, (Comunicação Técnica, 1797), São Paulo, 1989, 6p.





LIPPEL. Qualidade dos cavacos para combustão, 2014. Disponível em: <http://www.lippel.com.br/lippel/uploads/downloads/05-05-2014-10-36qualidade-dos-cavacos-para-combustao.pdf>. Acesso em: 02/jun/2015.

MORAIS, S. A. L. de, NASCIMENTO, E. A. do, MELO, D. C. de. Análise da madeira *Pinus oocarpa* parte 1 – estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**. v. 29, n. 3, p. 461-470, 2004.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. The pellet handbook: The production and thermal utilisation of pellets. London: Earthscan, 2010, 593 p.

PEREIRA, M. P. C. F. Torrefação de cavacos de eucalipto para fins energéticos. 2014. 44p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SANTIAGO, L. S. F. Aproveitamento de resíduos florestais de *Eucalyptus* na indústria de fabricação de celulose para geração de energia térmica e elétrica. 2013. 124p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SANTOS, R.C.; CARNEIRO, A.C.O.; CASTRO, A.F.M.; CASTRO, R.V.O.; BIANCHE, J.J.; CARDOSO, M.T. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. *Scientia Forestalis*, v.39, n.90, p.221-230, 2011.

TAPPI. The leading technical association for the worldwide pulp, paper and converting industry. T 264 om-88, 1998.

VALVERDE, S.R.; MAFRA, J.W.A.; MIRANDA, M. A., SOUZA, C.S.; VASCONCELOS, D. C. Silvicultura brasileira- oportunidades e desafios da economia verde, 2012. Disponível em: <http://fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-549.pdf>. Acesso em: 02/jun/2015.

WERTHER, J., SAENGERA M., HARTGEA E. U., OGADA T., SIAGIB Z. Combustion of agricultural residues. *Progress in Energy and Combustion Science*, v.26, p.1-27, 2000.