

# AVALIAÇÃO DA MADEIRA E DO CARVÃO DE *E. benthamii* PARA FINS ENERGÉTICOS<sup>1</sup>

## EVALUATION OF WOOD AND CHARCOAL IN *Eucalyptus benthamii* FOR ENERGY

Edson Alves de Lima<sup>2</sup>; Helton Damin da Silva<sup>2</sup>; Daniel Tonial Thomaz<sup>3</sup>; Cristiane Vieira Helm<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Trabalho vinculado ao projeto da Embrapa: "Florestas Energéticas na Matriz de Agroenergia Brasileira"

<sup>2</sup>Embrapa Florestas, Caixa Postal 319, 83411-000 Colombo, PR

<sup>3</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

e-mail: edson@cnpf.embrapa.br

### Resumo

O objetivo foi caracterizar a madeira e o carvão de *Eucalyptus benthamii* para fins energéticos, aos seis anos de idade. Foram coletados discos em nível do DAP de 91 árvores selecionadas na Região de Guarapuava – PR. Para a madeira, foram determinados a densidade básica, volume, massa e o poder calorífico e ao carvão foram determinados os rendimentos (carvão, licor pirolenhoso e voláteis), análise imediata (umidade, carbono fixo, voláteis e cinzas) e o poder calorífico. Tanto a madeira quanto o carvão de *E. benthamii* apresentaram características satisfatórias e adequadas para fins energéticos.

### Abstract

The objective was to characterize the wood and charcoal of *Eucalyptus benthamii* to the energy yield, at six years of age. Disks were taken from each tree, at the DBH level from 91 trees sampled in the commercial plantation growing in Guarapuava municipality, Parana State, Brazil. The wood basic density and its calorific power were determined. The yields (at charcoal, liquor pirolenhoso and volatiles), immediate analysis (fixed carbon, volatiles and ash) and the calorific power of charcoal were determined too. As much the wood as the charcoal from the *E. benthamii* show themselves proper for this energy for energy purposes.

### Introdução

A biomassa florestal participa com 12,4 % na matriz energética brasileira (BRASIL, 2007). Dos 321 milhões de metros cúbicos de madeira consumidos, 69 % são destinados para geração de energia (BRITO, 2007) e a demanda está assim distribuída: carvão para indústrias siderúrgicas – 39 %; setor residencial – 32 %; setor industrial – (ramo de cimento, químico, alimentos, bebidas, papel celulose e cerâmicas) – 21 %; e setor agrícola – 6 % (BRITO e CINTRA, 2004).

Devido à grande plasticidade de adaptação e rápido crescimento, o gênero *Eucalyptus* se consolidou como principal fornecedor de matéria prima para a indústria, inclusive à produção de carvão vegetal. No entanto, no Sul do Brasil, onde as temperaturas baixas e a ocorrência de geadas têm sido os principais fatores limitantes da sobrevivência e do crescimento, podem-se evidenciar poucas espécies demonstrando tolerância ao frio, dentre elas *E. dunnii*, *E. viminalis* e, mais recentemente, *E. benthamii* Maiden et Cabbage, que vem se destacando em função da tolerância à geada, crescimento, forma e capacidade de rebrota. Apesar

do potencial de produção de biomassa, até o momento poucos estudos demonstraram o real potencial de *E. benthamii* para fins energéticos.

O objetivo desse trabalho foi caracterizar a madeira e o carvão de *E. benthamii* para uso energético.

## Material e métodos

Foram coletados discos em nível do DAP de 91 árvores de *E. benthamii*, com seis anos de idade, provenientes de três plantios comerciais, no Município de Guarapuava – PR, o qual localiza-se no centro-oeste, Terceiro Planalto de Guarapuava, com coordenadas geográficas 25° 23' 26" S e 51° 27' 15" E, na altitude de 1.120 m.

As árvores foram selecionadas com base na ausência de bifurcações ou defeitos no tronco, crescimento em diâmetro superior à média da população, ausência de sintomas ou efeito de geadas e ausência de sintomas de pragas e doenças. Com base nas informações de altura e diâmetro, foi calculado o volume total de cada árvore utilizando a equação de Smalian (CAMPOS e LEITE, 2006).

As características da madeira avaliadas foram a densidade básica e o poder calorífico superior (PCS). Para obtenção do carvão, as carbonizações foram realizadas em forno elétrico (mufla) adaptado com incremento de temperatura variando de 5 °C min<sup>-1</sup> até 180 °C e posteriormente de 1 °C min<sup>-1</sup> até 500 °C, permanecendo por duas horas. Foram calculados os rendimentos de carvão, licor pirolenhoso e voláteis. Para o carvão obtido, foi realizada a análise imediata (carbono fixo, matérias voláteis e cinzas) e determinado o poder calorífico superior (PCS). Todas as análises experimentais foram realizadas com duas repetições.

## Resultados e discussão

Na Tabela 1, nota-se que densidade básica da madeira de *E. benthamii* (0,475 g cm<sup>-3</sup>) foi superior àquela de *E. grandis* (0,391 g cm<sup>-3</sup>) e similar àquela de *E. saligna* (0,476 g cm<sup>-3</sup>) crescendo em Salesópolis – SP, na idade de 10 anos (Brito et al., 1983). A densidade básica da madeira de *E. benthamii* situa-se numa posição intermediária dentro do gênero *Eucalyptus*.

O PCS da madeira foi 19.566 kJ kg<sup>-1</sup>, ligeiramente inferior àquele observado por Thomaz (2007), que mostrou um valor de 20.427 kJ kg<sup>-1</sup> para a mesma espécie, na idade de 18 anos. A superioridade observada por este autor pode ser atribuída ao fato desse material ser mais velho e, assim, apresentar maior teor de lignina, sendo diretamente proporcional ao PCS. O PCS obtido para *E. benthamii* situou-se em posição intermediária, de acordo com os resultados obtidos para as 16 espécies do gênero *Eucalyptus* estudadas por Quirino et al. (2005).

O rendimento médio do carvão foi 34,9 %, resultado similar ao rendimento verificado por Pereira et al. (1997) para a mesma espécie, aos sete anos de idade (34,2 %). Comparado a outras espécies, o rendimento de carvão de *E. benthamii* foi ligeiramente superior ao de *E. grandis* (33,3 %) e inferior àquele obtido para as espécies *E. triantha* (37,8 %) e *E. microcorys* (35,9 %), por Brito et al., 1983.

O PCS do carvão de *E. benthamii* foi 36.688 kJ kg<sup>-1</sup>, valor esse superior àquele encontrado por Thomaz (2007), para a mesma espécie, aos 18 anos de

idade ( $27.458 \text{ kJ kg}^{-1}$ ) e também superior àquele encontrado ( $34.505 \text{ kJ kg}^{-1}$ ) por Vella et al. (1989), para *E. tereticornis*, com nove anos de idade, em Viçosa – MG.

Para carbono fixo do carvão, nota-se que o valor encontrado (81,8 %) encontra-se acima do valor mínimo preconizado para o uso em alto-forno de siderurgia, que é de 76 % (Aurélio, 2008). O teor médio de cinzas observado no carvão (0,9 %) foi baixo. Para o uso do carvão em alto-forno, o baixo teor de cinzas proporciona menor consumo de carvão, menor quantidade de resíduos e diminui o desgaste dos refratários, sendo, portanto, uma característica altamente desejável.

Com base na norma PMQ 0-03/2003 (São Paulo, 2003), que estabelece padrões de qualidade física, química e de produção de carvão vegetal ao Estado de São Paulo, *E. benthamii* apresenta características químicas adequadas para ser utilizado como insumo energético, inclusive como termo-redutor em alto-forno de indústrias siderúrgicas. No entanto, para esta finalidade, ainda é necessária a realização de testes para verificar a resistência mecânica. Sugere-se que esta avaliação também seja realizada a partir de carvão produzido em escala comercial, devido às variações nas características que ocorrem devido ao processo de produção.

Tabela 1. Características da madeira e do carvão de *Eucalyptus benthamii* com seis anos de idade, em Guarapuava, PR

MADEIRA	
Característica <sup>1</sup>	Intervalo de confiança
Densidade básica ( $\text{g cm}^{-3}$ )	$0,475 \pm 0,039$
Poder calorífico ( $\text{kJ kg}^{-1}$ )	$19.566 \pm 2038$
CARVÃO	
Rendimento do carvão (%)	$34,9 \pm 1,7$
Rendimento licor pirolenhoso (%)	$39,6 \pm 2,7$
Gases não condensáveis (%)	$25,6 \pm 2,6$
Teor de carbono fixo (%)	$81,8 \pm 3,5$
Teor de voláteis (%)	$17,2 \pm 3,6$
Teor de cinzas (%)	$0,9 \pm 0,3$
Poder calorífico superior ( $\text{kJ kg}^{-1}$ )	$36.688 \pm 2174$

<sup>1</sup>Média de 91 árvores.

## Conclusões

Com base nos resultados encontrados conclui-se que:

- A madeira e o carvão de *Eucalyptus benthamii* apresentam características satisfatórias para serem utilizados como insumo energético.
- *E. benthamii* apresenta características químicas adequadas ao uso em alto-forno da indústria siderúrgica.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Cooperativa Agrária Mista de Entre Rios e a Golden Tree Reflorestadora pela coleta e fornecimento das amostras para a realização deste trabalho.

## Referências

AURÉLIO, M. Uso de Carvão Vegetal em Alto-Forno. In: **Fórum Nacional sobre Carvão Vegetal**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=1784>>.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2006: Ano base 2005**. Resultados Preliminares / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2006, 28 p. Disponível em: <[http://www.ben.epe.gov.br/downloads/Resultados\\_Pre\\_BEN\\_2007.pdf](http://www.ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2007.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2007.

BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. Madeira para energia no Brasil: realidade, visão estratégica e demanda de ações. Viçosa – MG, **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p.157-163, 2004.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos avançados**, SBS, n. 21 v. 59, 2007. Disponível em: <[http://www.sbs.org.br/destaques\\_ousoenergeticodamadeira.pdf?PHPSESSID=957138c9e4a697a2dd8d56c6499c1ec6](http://www.sbs.org.br/destaques_ousoenergeticodamadeira.pdf?PHPSESSID=957138c9e4a697a2dd8d56c6499c1ec6)>. Acesso em: 10 jul. 2007.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; SEIXAS, F.; MIGLIORINI, A. J.; MURAMOTO, M. C. Análise da Produção Energética e de Carvão Vegetal de Espécies de Eucalipto. Piracicaba – SP, **IPEF**, 1983, n. 23, p. 53-56.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**. Editora UFV, Viçosa, MG, 2 ed., 2006, 470 p.

PEREIRA, J. C. D.; SCHAITZA, E. G.; SHIMIZU, J. Características físicas, químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa em Andamento**, Colombo, n. 35, 1997, 2 p.

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 da Madeira**, n. 89, 2005, p. 100-106. Disponível em: <[www.funtec.org.br/arquivos/podercalorifico.pdf](http://www.funtec.org.br/arquivos/podercalorifico.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2007.

SÃO PAULO. Norma – PMQ 3-03. Norma que estabelece padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal, 2003. Disponível em: <[http://www.codeagro.sp.gov.br/qualidade\\_sp/texto\\_word/novos\\_arquivos/saa\\_10.doc](http://www.codeagro.sp.gov.br/qualidade_sp/texto_word/novos_arquivos/saa_10.doc)>. Acesso em: 10 jun. 2007.

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. Piracicaba, **IPEF**, n. 41/42, p. 64-76, 1989.