

# PRODUTIVIDADE E PROPIEDADES FÍSICO-ENERGÉTICAS DE CLONES E HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* NA REGIÃO DE BOTUCATU/SP

Vladimir Eliodoro Costa<sup>1</sup>, Marcos Antonio de Rezende<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Físico, Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura, Depto. de Física e Biofísica, IBB, UNESP, Botucatu - SP, Fone: (14) 38116254  
vecosta@hotmail.com

<sup>2</sup>Físico, Prof. Adjunto, Depto. de Física e Biofísica, IBB, UNESP, Botucatu - SP, Fone: (14) 38116254, rezende@ibb.unesp.br

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

**RESUMO:** O setor agroflorestal busca a produção de madeira de rápido crescimento e alta qualidade. O melhoramento genético, a clonagem e a hibridização de espécies florestais do gênero *Eucalyptus* é uma das alternativas viáveis para o aumento da produtividade de reflorestamentos. Considerando o cenário do setor florestal brasileiro, o objetivo deste trabalho é avaliar a produtividade da madeira de reflorestamento com seis diferentes tratamentos, sendo eles: um seminal e dois clones de *Eucalyptus grandis* e três clones de híbridos de *E. grandis* e *E. urophylla*, a partir das características físico-energéticas, buscando respostas quantitativas para o melhoramento genético, a clonagem e a hibridização realizados em reflorestamentos de 6 anos de idade cultivados na região de Botucatu/SP. A densidade básica foi determinada pelo método de imersão em água e a produtividade determinada em termos de incrementos médios anuais de volume, massa e energia. Conclui-se que a produtividade dos clones de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* obteve aproximadamente, em média, densidades básicas 23 % maior, 3 % a menos de casca, 11 m<sup>3</sup>/ha.ano a mais, 10 ton./ha.ano a mais e quase 47 Gcal/ha.ano a mais do que o seminal e os clones de *E. grandis*, quando cultivados em mesmas condições edáfo-climáticas no centro do Estado de São Paulo do Brasil.

**PALAVRAS-CHAVES:** produtividade, reflorestamento, eucalipto

## PRODUCTIVITY AND PHYSICAL-ENERGY PROPIEDADES OF CLONE AND HYBRIDS OF *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* IN THE REGION OF BOTUCATU/SP

**ABSTRACT:** The forest sector search the wooden production of fast growth and high quality. The genetic improvement, the clone and the hybrid of forest species of the kind *Eucalyptus* are one of the viable alternatives for the increase of the productivity of reforestations. Considering the scene of the Brazilian forest sector, the objective of this work is to evaluate the productivity of the wood of reforestation with six different treatments, being they: one seminal and two clones of *Eucalyptus grandis* and three clones of hybrids of *E. grandis* x *E. urophylla*, from the physical-energy characteristics, searching quantitative answers for the genetic improvement, the carried through clone and the hybrid in reforestations of 6 years of age cultivated in the region of Botucatu/SP. The basic density was determined by the method of immersion in water and the productivity determined in terms of annual average increments of volume, mass and energy. It was concluded that the productivity of clones of hybrids of *E. grandis* x *E. urophylla* got approximately, in basic average, densities 23 % greater, 3 % to less of rind, 11 m<sup>3</sup>/ha.ano more, 10 ton./ha.ano more and almost the 47 Gcal/ha.ano more of the one than seminal and clones of *E. grandis*, when cultivated in same edáfo-climatic conditions in the center of the State of São Paulo of Brazil.

**KEYWORDS:** productivity, reforestation, eucalipto

**INTRODUÇÃO:** O Brasil possui a maior floresta tropical do planeta, produz madeira, principalmente do gênero *Eucalyptus*, como nenhum outro país e reúne inúmeras espécies vegetais. A silvicultura é um setor muito promissor, devido o aumento da demanda nos últimos anos ser muito maior do que a oferta. Bacha e Barros (2004) alertam que o estoque total de área reflorestada no Brasil diminuiu de 1995 a 2000, após ter aumentado de 1970 a 1995. Segundo Haselein et al. (2004) o Brasil detém a maior área de floresta plantada de eucalipto do planeta, cerca de 2,97 milhões de hectares, e recebe os méritos de ser um dos líderes mundiais no desenvolvimento científico do gênero *Eucalyptus*. Destaca-se dentre as espécies o *Eucalyptus grandis* como uma das mais plantadas no Brasil e no mundo, é considerada uma das espécies de madeira mais versáteis e indicadas para uso múltiplo. Rezende e Ferraz (1986) destacam a importância de se determinar os incrementos médios anuais de volume e massa para estimar a produtividade de um reflorestamento. A densidade básica é uma característica importante para o melhoramento florestal, pois é passível de seleção por existir grande variação entre árvores. Apresenta alta herdabilidade, baixa interação genótipo x ambiente, é de fácil determinação e correlaciona positiva e fortemente a produção e a qualidade da madeira (BRASIL et al., 1980) e (ZOBEL; TALBERT, 1984). Por esta razão este trabalho avaliou as características físico-energéticas, densidade básica e poder calorífico da madeira, objetivando a avaliação produtiva da madeira de reflorestamento, por meio de incrementos médios anuais, com seis diferentes tratamentos, sendo eles: um seminal e dois clones de *Eucalyptus grandis* e três clones de híbridos de *E. grandis* e *E. urophylla*.

**MATERIAL E MÉTODOS:** As árvores utilizadas no ensaio foram plantadas na Fazenda Pitangueiras da Empresa Duratex S.A. no município de Botucatu - SP. As árvores foram cultivadas proporcionando mesmas condições edáficas e climáticas em latossolo vermelho distrófico típico, a moderado, álico, textura argilosa, relevo ondulado. De todas as árvores derrubadas foram retiradas quatro amostras em forma de disco com espessura de aproximadamente 4,0 cm. Os quatro discos seguiram a distribuição percentual da altura comercial: 12,5 %, 37,5 %, 62,5 % e 87,5 %, sugerida por Costa (2006), totalizando 216 discos. A densidade básica dos discos foi determinada pelo método de imersão em água. O valor médio ponderado da densidade básica ( $\rho_{bm}$ ), em  $\text{kg/m}^3$ , da árvore foi determinada utilizando o diâmetro médio ( $D$ ), em metros, e a densidade básica dos discos na equação

2 deduzida por (COSTA, 2006). 
$$\rho_{bm} = \frac{D_A^2 \rho_A + D_B^2 \rho_B + D_C^2 \rho_C + D_D^2 \rho_D}{D_A^2 + D_B^2 + D_C^2 + D_D^2}$$
. A densidade básica de

cada tratamento foi determinada pela média aritmética das densidades básicas das 9 árvores de cada tratamento. A produtividade do reflorestamento foi definida em termos de porcentagem de casca, rendimento em volume com e sem casca, rendimento em massa com e sem casca e rendimento em energia com e sem casca. A porcentagem de casca ( $\theta$ ) na massa da árvore de cada tratamento foi calculada utilizando a equação 3, onde  $m_{cc}$  e  $m_{sc}$  são as massas do disco com e sem casca respectivamente, que por sua vez, já foram determinadas anteriormente neste trabalho.

$$\theta = \left( \frac{m_{cc} - m_{sc}}{m_{cc}} \right) 100$$
. A produtividade em volume verde, ou seja, o Incremento Médio Anual de

Volume ( $IMAV$ ), em  $\text{m}^3/\text{ha.ano}$ , foi determinado para cada tratamento utilizando todas as árvores do tratamento, para isso foi utilizado o volume médio das árvores fornecidos pela empresa. O  $IMAV_{cc}$

com casca, em  $\text{m}^3/\text{ha.ano}$  para cada árvore foi calculado por meio da equação  $IMAV_{cc} = \frac{V_{cc}}{A \cdot Idade}$ ,

onde  $V_{cc}$  ( $\text{m}^3$ ) é o volume da árvore com casca,  $A$  (ha) é a área ocupada pela árvore e  $Idade$  em (anos) a idade da árvore. O  $IMAV_{cc}$  de tratamentos foram obtidos a partir da média aritmética dos  $IMAV_{cc}$  de cada árvore do tratamento. O  $IMAV_{sc}$  sem casca ( $\text{m}^3/\text{ha.ano}$ ) de cada tratamento foi estimado multiplicando o  $IMAV_{cc}$  e o quadrado da razão dos  $DAP$  médios sem e com casca  $(DAP_{sc}/DAP_{cc})^2$  de cada tratamento. A produtividade em massa de cada tratamento foi definida pelo Incremento Médio Anual de Massa seca ( $IMAM$ ), em  $\text{ton}/\text{ha.ano}$ , para obtenção do  $IMAM$  com casca foi determinada à

densidade básica da madeira com casca de cada tratamento. Para determinar a densidade básica da casca utilizou-se a definição proposta por Rezende e Costa (2006), que constataram que a densidade básica da casca é 65 % da densidade básica do lenho para a espécie *E. grandis* independente do tratamento. A densidade básica da madeira com casca  $\rho_{bcc}$  (kg/m<sup>3</sup>) de cada tratamento foi determinada pela equação  $\rho_{bcc} = \rho_b(1 - 0,0035\theta)$ , que pondera a porcentagem de casca  $\theta$  e usa a proporção da densidade básica da casca e do lenho. Os *IMAMcc* com casca e *IMAMsc* sem casca (ton/ha.ano) para cada tratamento foram calculados utilizando a equação  $IMAM = \frac{IMAV\rho_b}{1000}$ . A produtividade em energia de cada tratamento foi definida pelo Incremento Médio de Energia (*IMAE*), em Gcal/ha.ano, antes foi determinado o Poder Calorífico Superior (*PCS*), em cal/g, do lenho e da casca dos seis tratamentos utilizando um Calorímetro da marca: PARR, modelo: 1201. Todo o procedimento de determinação do *PCSsc* (sem casca) foi realizado seguindo o manual do instrumento. O *PCScc* (com casca) foi estimado considerando a porcentagem de casca  $\theta$  de cada tratamento. A equação  $IMAE = \frac{IMAM.PCS}{1000}$  foi utilizada para determinação dos *IMAEcc* com casca e *IMAEsc* sem casca (Gcal/ha.ano).

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:** A Tabela 1 apresenta os valores das porcentagens médias de casca nas árvores e também as densidades básicas com casca e sem casca e sua variação percentual nos seis tratamentos e também dos tratamentos de *Eucalyptus grandis* e híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

**Tabela 1** Percentual médio de casca ( $\theta$ ) na massa das árvores, densidades básicas sem ( $\rho_{bsc}$ ) e com casca ( $\rho_{bcc}$ ) e a sua variação percentual nos seis tratamentos: *S1*, (seminal de *Eucalyptus grandis*); *C1* e *C2*, (clones 1 e 2 de *E. grandis*); *H1*, *H2* e *H3* (clones 1, 2 e 3 de híbrido de *E. grandis* e *E. urophylla*)

Tratamentos	$\theta$ (%)	$\rho_{bsc}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_{bcc}$ (kg/m <sup>3</sup> )	Var. (%) de $\rho_{bsc}$ & $\rho_{bcc}$
<i>S1</i>	10,1	451,3	435,4	-3,52
<i>C1</i>	9,3	439,0	424,6	-3,28
<i>C2</i>	9,4	411,9	398,3	-3,30
<i>H1</i>	7,3	518,8	505,4	-2,58
<i>H2</i>	7,0	526,4	513,5	-2,45
<i>H3</i>	6,3	526,3	514,8	-2,19

Na Tabela 1 pode-se notar com clareza que a diminuição da densidade básica é maior para as espécies de *E. grandis*, principalmente para o seminal, quando determinada a densidade básica da madeira com casca. Os tratamentos híbridos *H1*, *H2* e *H3* possuem baixa porcentagem de casca em relação aos demais. Isso pode ser um fator decisivo na opção da madeira com casca ou sem casca no processo industrial, levando em consideração a qualidade do produto final. Os tratamentos híbridos *H1*, *H2* e *H3* apresentaram maiores valores da densidade comparados com os demais como podem ser observados de maneira evidente na Tabela 1. Este resultado foi extremamente positivo e destaca sua importância para o reflorestamento no Brasil. O poder calorífico superior (*PCS*) do lenho ou da casca de todos os tratamentos não apresentaram diferenças, todos ficaram em torno do valor médio de 4673 kcal/kg. Os incrementos médios anuais de volume, de massa e de energia com e sem casca dos seis tratamentos de *Eucalyptus grandis* e híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** Incrementos médios anuais de volume, de massa e de energia com e sem casca dos seis tratamentos: *S1*, seminal de *Eucalyptus grandis*; *C1* e *C2*, clones 1 e 2 de *E. grandis*; *H1*, *H2* e *H3* clones 1, 2 e 3 de híbrido de *E. grandis* e *E. urophylla*

Trat.	<i>IMAVcc</i> (m <sup>3</sup> /ha.ano)	<i>IMAVsc</i> (m <sup>3</sup> /ha.ano)	<i>IMAMcc</i> (ton/ha.ano)	<i>IMAMsc</i> (ton/ha.ano)	<i>IMAEcc</i> (Gcal/ha.ano)	<i>IMAEsc</i> (Gcal/ha.ano)
<i>S1</i>	44,4	41,5	19,3	18,7	90,4	87,4

C1	41,5	38,7	17,6	17,0	82,3	79,4
C2	55,1	51,4	22,0	21,2	102,6	99,0
H1	58,8	54,2	29,7	28,1	138,9	131,3
H2	62,0	57,1	31,9	30,1	148,9	140,5
H3	56,1	51,7	28,9	27,2	135,1	127,2

Na Figura 6 pode-se observar que o seminal *S1* apresenta maior produtividade em volume e densidade do que o clone 1 *C1*, mas menor em volume do que o clone 2 *C2*. Considerando apenas a espécie *E. grandis*, a clonagem pode oferecer maior produtividade em volume, mas perde no valor da densidade, ou até, pode apresentar menor produtividade em relação à espécie seminal. Ainda na Figura 6, fica evidente o resultado mais importante deste trabalho, onde mostra que a produtividade dos clones de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* é maior do que o seminal e clone de *E. grandis*, tanto em volume quanto em densidade para os tratamentos estudados.

**CONCLUSÕES:** A produtividade dos clones de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* obteve aproximadamente, em média, densidades básicas 23 % maior, 3 % a menos de casca, 11 m<sup>3</sup>/ha.ano a mais, 10 ton./ha.ano a mais e quase 47 Gcal/ha.ano a mais do que o seminal e os clones de *E. grandis*, quando cultivados em mesmas condições edáfo-climáticas no centro do Estado de São Paulo do Brasil. Enfim pode-se concluir que apenas a clonagem da espécie *E. grandis*, pode ser um procedimento com poucas vantagens na produtividade média anual e que a clonagem aliada à hibridização pode ser uma opção muito mais produtiva para reflorestamentos no Estado de São Paulo.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecemos ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (Energia na Agricultura) da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, campus de Botucatu/SP. Agradecemos, também, a parceria com a empresa Duratex S/A, que nos forneceu o material para análise deste trabalho, em especial, ao Engenheiro Florestal Raul Chaves.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHA, C. J. C.; BARROS, A. L. M. Reforestation in Brazil: recent evolution and the future. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 66, p. 191-203, 2004.
- BRASIL, M. A. M.; MONTAGNA, R. G.; COELHO, L. C. C.; VEIGA, R. A. A. Densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* em três regiões do Estado de São Paulo. *Silvicultura*, São Paulo, v. 2, n. 16, 1980.
- COSTA, V. E. **Caracterização físico-energética da madeira e produtividade reflorestamentos de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla***. 2006. 99f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- HASELEIN, C. R.; LOPES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Technological characteristics of wood of selected trees of *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 145-155, 2004.
- REZENDE, M. A.; FERRAZ, E. S. B. Incrementos anuais de volume, massa, e idade ideal de corte para *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 32, p. 43-8, 1986.
- REZENDE, M. A.; COSTA, V. E. Relação da densidade básica da casca e do lenho da espécie *Eucalyptus grandis*. (Trabalho ainda não publicado). 2006.
- ZOBEL, .B. J.; TALBERT, J. **Applied Forest: tree in provement**. New York: John Wiley, 1984.