

Microdensitometria de Raios X Aplicada na Determinação da Variação da Densidade do Lenho de Árvores de *Eucalyptus grandis* W. HillX-ray Microdensitometry Applied to Determination of Wood Density Variation of *Eucalyptus grandis* W. Hill treesBruna Roque Ugulino de Oliveira¹, João Vicente de Figueiredo Latorraca²,
Mário Tomazello Filho³, Gilmara Pires de Moura Palermo⁴,
Alexandre Monteiro de Carvalho⁵ e Milena Scaramussa Pastro⁶**Resumo**

O presente trabalho teve como objetivo analisar a variação da densidade do lenho no sentido radial e longitudinal ao longo do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis*. Foram selecionadas 6 árvores com 23 anos, nas quais foram cortadas seções radiais do lenho em 3 posições longitudinais (DAP, 3,70; 6,10 m) do tronco. Os resultados mostraram que a densidade aparente do lenho (i) aumenta no sentido radial, caracterizando a formação da madeira juvenil e adulta; (ii) não apresenta variação significativa no sentido base-topo do lenho do tronco das árvores. Com base nos perfis radiais de densidade aparente, a madeira de *E. grandis* próximo a casca pode ser aplicada na confecção de produtos de maior valor agregado (PMVAs).

Palavras-chave: madeira juvenil, madeira adulta, variação da densidade

Abstract

This study aimed to analyze the variation of wood density in the radial and longitudinal trunk of *Eucalyptus grandis* trees. Six 23 years old trees were selected and cross sections were cut in three longitudinal positions (DBH, 3.70, 6.10 m) of the log. The results showed that the apparent density of wood (i) increases in the radial direction, characterizing the juvenile wood and mature wood, (ii) no significant variation in base-top log direction was observed. Based on the radial profiles of density, the mature wood of *Eucalyptus grandis* can be applied in the manufacture of products with higher aggregated value (PMVAs).

Keywords: juvenile wood, mature wood, variation in the wood

INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus grandis*, natural da Austrália, constitui-se em uma das principais espécies utilizadas em plantações florestais do Brasil sendo, inicialmente, plantada para atender ao suprimento de madeira para as indústrias de papel, pasta celulósica e de carvão vegetal.

Posteriormente, fatores de ordem econômica e de demanda de outros segmentos da indústria de base florestal direcionaram a aplicação da madeira da espécie para a manufatura de

produtos de maior valor agregado (PMVA). No entanto, ressalte-se que as características tecnológicas intrínsecas da madeira das árvores de *E. grandis*, destinadas inicialmente à produção de papel, pasta celulósica e carvão vegetal, podem não ser adequadas na aplicação como produtos sólidos, como móveis, pisos, esquadrias em geral, blanks, blocks, etc.

Sendo assim, é importante o conhecimento das propriedades da madeira para a sua adequada aplicabilidade, a exemplo da confecção de pisos de madeira que exige resistência à com-

¹Me.Sc. Departamento de Produtos Florestais/DPF- UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7. CEP: 23890000. Seropédica/RJ. - E-mail: braugulino@msn.com

²Prof°. D.Sc. Departamento de Produtos Florestais DPF-UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7. Caixa Postal: 74527. CEP: 23890000. Seropédica/RJ. - E-mail: latorraca@ufrj.br

³Prof°. D.Sc. Departamento de Ciências Florestais. ESALQ- USP – Universidade de São Paulo, Avenida Pádua Dias, 11 – Independência, Caixa Postal: 09. CEP: 13418900. Piracicaba/SP. - E-mail: mtomazel@esalq.usp.br

⁴D.Sc. Departamento de Produtos Florestais/Instituto de Florestas - DPF- UFRRJ -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7 - CEP: 23890000. Seropédica/RJ. - E-mail: gilpalermo@ufrj.br

⁵Prof°. D.Sc. Departamento de Produtos Florestais/Instituto de Florestas - DPF- UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7 - Caixa Postal: 74527. CEP: 23890000. Seropédica/RJ. - E-mail: amcarvalho@ufrj.br

⁶Graduanda do Curso de Engenharia Florestal –UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7 - Caixa Postal: 74527. CEP: 23890000. Seropédica/RJ. - E-mail: milenascaramussa@hotmail.com

pressão e à abrasão, dureza, boa estabilidade dimensional, aspecto estético, absorção de som (PALERMO, 2003).

A densidade é uma das mais importantes propriedades e parâmetro de qualidade da madeira e de seus produtos (BRASIL; FERREIRA, 1979; FONSECA; LOUSADA, 1986; HUGHES, 1968; KLOCK, 1989 E 2000; LOUSADA, 2000; LOUSADA *et al.*, 1994), relacionando-se com a resistência mecânica, retratibilidade, biodegradação e quantificação do teor de matéria-prima da madeira, etc. (PANSWIN; DE ZEEUW, 1980; SHIMOYAMA, 1990).

A densidade do lenho apresenta variabilidade nos sentidos radial e longitudinal tronco das árvores e entre árvores de uma mesma espécie (SPURR e HYVARINEN, 1954) em função das características anatômicas e da composição química sem, não existindo um padrão único para todas as espécies.

Panshin e De Zeeuw (1980) apresentaram três modelos mais comuns de variação da densidade do lenho no sentido base-topo do tronco das árvores, sendo (i) decréscimo uniforme, (ii) inferior na base, seguido de acréscimo regular e (iii) aumento da base ao topo do tronco, sem um padrão uniforme. Nas árvores de eucalipto, o modelo (ii) é o mais comum, caracterizado pelo decréscimo até 50% da altura e aumento ou diminuição até o topo do tronco (SOUZA *et al.*, 1986).

Outros modelos de variação longitudinal da densidade do lenho no tronco são, da mesma forma, relatados na literatura por Ferreira (1972) indicando em árvores de *E. grandis* (11-16 anos) o aumento da densidade; por Brasil *et al.* (1977) para árvores de *E. propinqua* (5 anos) com aumento até 50% e decréscimo até o topo; por Rezende *et al.* (1998) em árvores de *E. grandis* com maior valor na base, diminuindo até 25%, aumentando de 25-75% e decrescendo até 100% do tronco; por Malan (1988) para árvores de *E. grandis* (27 anos) aumentando linearmente com a altura do tronco e Sturion *et al.* (1987) relatando para árvores de *E. grandis* um decréscimo da densidade no sentido base-topo do tronco.

A densidade do lenho, da mesma forma, apresenta variação no sentido radial do tronco das árvores com Panshin e De Zeeuw (1980) relatando (i) aumento no sentido medula-casca; (ii) maior valor na região interna, decresce até determinada porcentagem do raios, aumenta até o limite do lenho, ou ainda, diminuindo; (iii) maior valor na região interna, decrescendo

até o limite do lenho. O modelo de variação (i) tem sido comumente relatado na literatura para as árvores de *E. grandis* (BRASIL *et al.*, 1979; TOMAZELLO FILHO, 1985; MALAN, 1988; TREVISAN *et al.*, 2008; SANTINI JUNIOR, 2009; LIMA E GARCIA, 2010).

Pelo exposto, o presente trabalho, teve como objetivo determinar a variação longitudinal e radial da densidade aparente do tronco de árvores adultas de *Eucalyptus grandis*, por meio da técnica de microdensitometria de raios X visando à aplicação da madeira em produtos de maior valor agregado (PMVAs).

MATERIAL E MÉTODOS

Preparo das amostras do lenho

No presente estudo foram utilizadas 6 árvores de *Eucalyptus grandis*, com 23 anos, da Quinvale Florestal Ltda., município de Rio Claro, RJ. Do tronco de cada árvore foram cortadas no DAP, a 3,70 e a 6,10 m de altura, seções transversais do lenho de 10 cm de espessura do lenho.

Na seção transversal foram demarcadas e cortadas amostras diamétricas (30 x 10 cm, comprimento x altura). Nessas amostras do lenho foram demarcados e cortados corpos de prova de 1,0 x 10,0 cm de largura (Figura 1a, 1b).

Posteriormente os corpos de prova do lenho foram colados em suportes de madeira (Figura 1c) e cortados no sentido transversal (0,2cm de espessura), por meio de um equipamento de dupla serra circular paralela (Figura 1d). As amostras de 0,2 cm de espessura foram retiradas do suporte com auxílio de estilete (Figura 1e).

Obtenção e análise dos filmes radiográficos

As amostras do lenho (0,2 cm de espessura) foram acondicionadas (20°C, 65% UR, 12 h) até atingir teor de umidade de aproximadamente 12%. Em seguida, as amostras foram dispostas sobre filme de raios X (Kodak, Diagnostic Film T- Mal, 240 x 180 mm) com cunha de calibração de acetato de celulose (densidade: 1,48g/cm³).

Em câmara escura, as amostras do lenho foram irradiadas (5 min de exposição, 16 Kv de tensão aceleradora no tubo, 3mA de corrente de aquecimento do cátodo), em equipamento de raios X (Hewlett Packard, Faxitron 43805 N, distância fonte de raios X e o filme radiográfico: 120 cm) (Figura 2a).

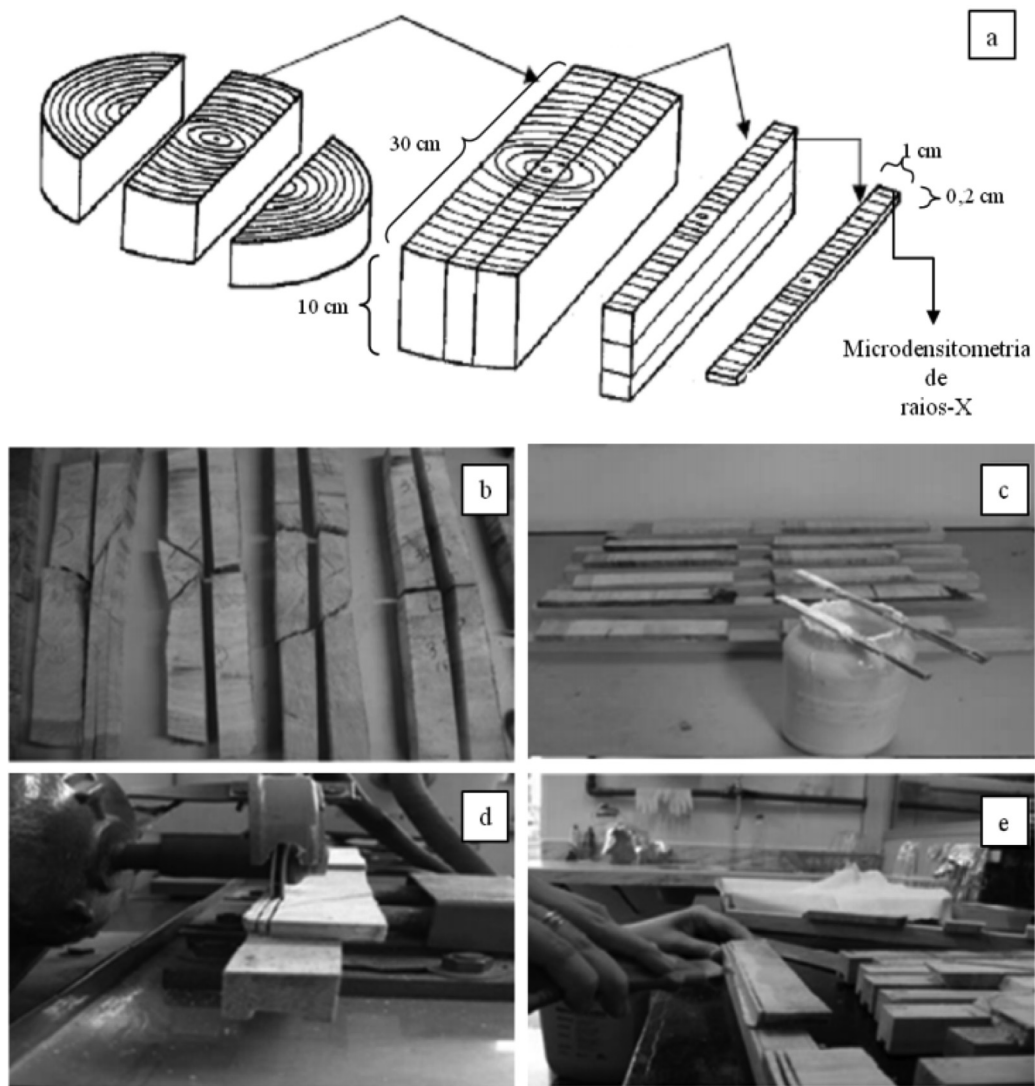


Figura 1. Preparo das amostras de lenho. a) esquema de retirada das amostras diametraais (adaptado de Moya, 2005); b) amostras diametraais do lenho; c) processo de fixação em suportes de madeira; d) corte em equipamento de dupla serra circular paralela; e) extração das amostras do lenho do suporte de madeira, com lâmina.

Figure 1. Preparation of wood samples. a) schematic drawing to remove the diametrical samples (adapted from Moya, 2005); b) diametrical wood samples; c) process of fixation on wood supports; d) cutting by parallel double circular saw equipment; e) extraction by blade of wood samples from the wood support.

Os filmes radiográficos das amostras do lenho e da cunha de calibração foram revelados em aparelho Macrotec Mx-2 (AMARAL; TOMA-

ZELO, 1998), digitalizados em scanner Hewllett Packard ScanJet 6100C/T (resolução 1000 dpi; escala de cinza de 256 graus) (Figura 2b).

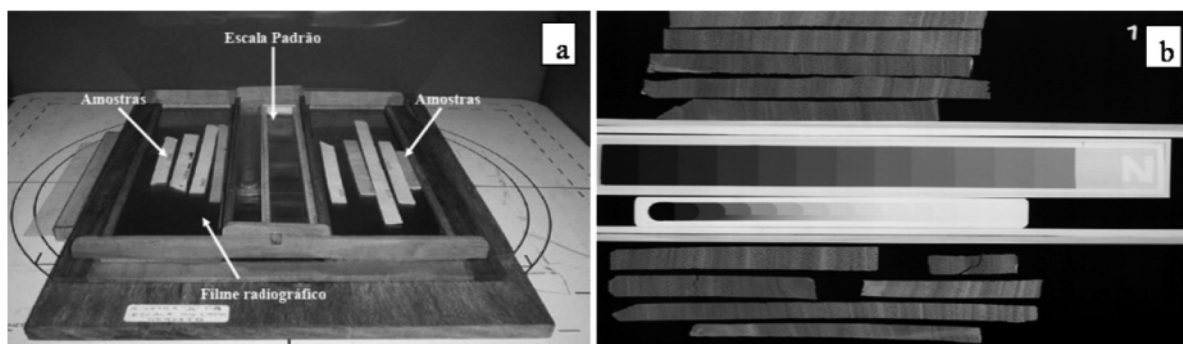


Figura 2. a) Amostras do lenho e cunha de calibração dispostas sobre o filme de raios X, na câmara de irradiação; b) filme radiográfico das amostras do lenho e da cunha de calibração.

Figure 2. a) Wood samples and calibration wedge arranged on the X-ray film inside irradiation chamber, b) radiography film of wood samples and the calibration wedge.

Determinação da densidade aparente do lenho das árvores

Na imagem digitalizada foram feitas comparações entre a escala de cinza das amostras de madeira com a da curva padrão (com valores conhecidos de densidade: 1,48 g/cm³), sendo determinados os valores de densidade e convertidos para o arquivo tipo DEN, através do software CRAD. Na sequência o arquivo DEN é lido com auxílio do software CERD 2.08.

O arquivo dos dados de densidade pontuais do lenho gerado no software CERD (extensão CRD) foi transformado para a extensão PRZ e executado em planilha eletrônica. A partir das planilhas eletrônicas dos valores pontuais de densidade construíram-se os perfis radiais de densidade aparente do lenho e, em seguida, determinou-se a densidade aparente média do lenho interno (0-33% em relação ao comprimento total do raio da amostra), intermediário (33-66%) e externo (66-100%).

A partir dos perfis radiais da densidade do lenho referentes às amostras retiradas na altura do DAP, a 3,70 e 6,10 m foram determinadas as densidades aparente média do lenho no sentido longitudinal. Para realizar as análises estatísticas utilizou-se o programa STATISTICA versão 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfis radiais da densidade aparente do lenho das árvores

Os perfis radiais da densidade aparente do lenho das 6 árvores de *E. grandis* obtidos através da microdensitometria de raios X (Figura 3) indicaram (i) aumento da densidade do lenho no sentido medula-casca; (ii) a caracterização da madeira juvenil (interna, próxima à medula) e adulta (externa, próxima à casca) e (iii) variação intra e inter-anual de densidade (Figura 4), indicativa da presença de zonas fibrosas de coloração escura (fibras de parede espessa, vasos de menor diâmetro e menor frequência, menor % de parênquima), intercaladas pelas de coloração mais clara (fibras de parede mais delgada, vasos de maior diâmetro e maior frequência, maior porcentagem de parênquima).

Aplicando a mesma metodologia de densitometria de raios X no lenho de clones de *E. grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla*, Alzate (2007) detectou, da mesma forma, a formação da madeira juvenil, de transição e adulta. As espécies com alta homogeneidade de densidade na direção radial apresentaram melhores propriedades tecnológicas, principalmente no que diz respei-

to ao aparecimento de defeitos de secagem, variação dimensional e rendimento em desdobro.

Os valores de maior e de menor densidade aparente do lenho nas faixas de zona fibrosa mais escura (fibras com parede celular espessa e pequeno lume; vasos de menor diâmetro e frequência) e mais clara (fibras com parede celular delgada, vasos de maior diâmetro e frequência) são, de acordo com Tomazello Filho *et al.* (2001), uma resposta da atividade cambial à sazonalidade das variáveis ambientais (temperatura, precipitação, luminosidade, etc.) com reflexo na anatomia e na qualidade do lenho.

As regiões de alta densidade detectadas no lenho, ao longo do perfil radial densitométrico, estão relacionadas aos defeitos naturais devidos ao crescimento do tronco das árvores de *E. grandis*, como a presença dos nós (altura do DAP das árvores 2, 3 e 5; altura de 3,70 m da árvore 4; em destaque na Figura 3) e de madeira de tração (altura de 3,70 m, árvores 2, 4; 6,10 m, árvores 2, 3; em destaque na figura 3).

Densidade aparente em três regiões do lenho

Na Tabela 1, são apresentados todos os valores médios da densidade aparente do lenho das 3 regiões do lenho em 3 diferentes alturas do tronco das árvores de *E. grandis*, de 23 anos.

Tabela 1. Variação da densidade aparente (g/cm³) do lenho nas regiões interna (0-33%), intermediária (33-66%) e externa (66-100%) de 3 alturas do tronco das árvores de *E. grandis*.

Table 1. Variation of wood apparent density (g/cm³) in the inner (0-33%), intermediate (33-66%) and external region (66-100%) from 3 heights of the log of *E. grandis* trees.

Árvore	Altura (m)	Variação Radial Por Região (g/cm ³)		
		Interna	Intermediária	Casca
1	DAP	0,47	0,56	0,66
	3,70	0,47	0,51	0,63
	6,10	0,47	0,53	0,64
2	DAP	0,53	0,64	0,79
	3,70	0,47	0,59	0,81
	6,10	0,45	0,57	0,69
3	DAP	0,42	0,54	0,57
	3,70	0,46	0,50	0,68
	6,10	0,44	0,52	0,62
4	DAP	0,47	0,55	0,67
	3,70	0,52	0,51	0,54
	6,10	0,49	0,53	0,60
5	DAP	0,59	0,63	0,81
	3,70	0,50	0,62	0,66
	6,10	0,49	0,57	0,69
6	DAP	0,46	0,65	0,76
	3,70	0,51	0,59	0,75
	6,10	0,54	0,54	0,67
Média		0,49a	0,56b	0,68c

Valores com letras distintas denotam diferença estatística ao nível de 5% de significância.

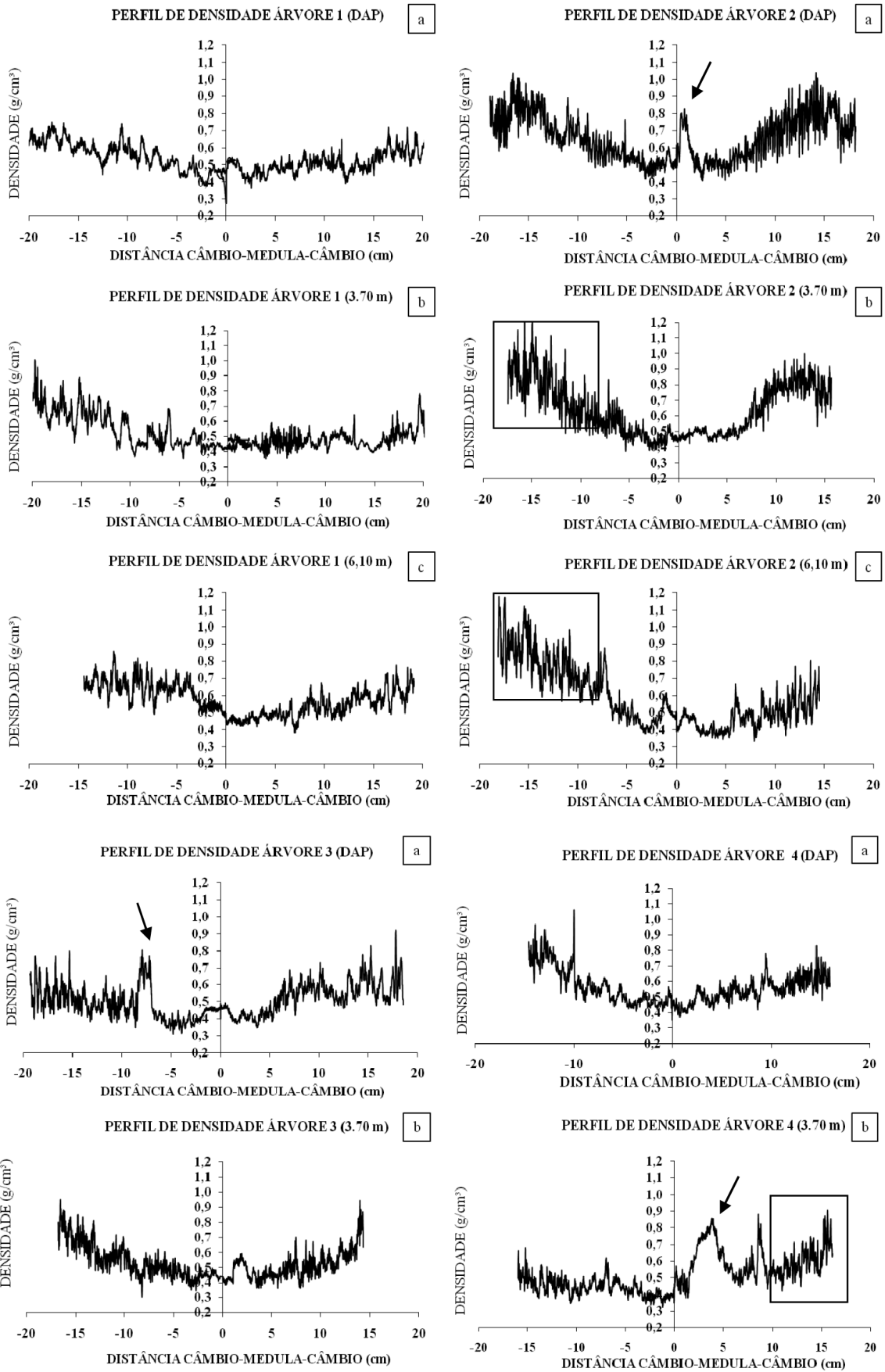


Figura 3. Variação radial da densidade aparente (g/cm^3) do lenho em 3 alturas do tronco - (a) DAP (b) 3.70, (c) 6.10 m - das árvores de *E. grandis*.

Figure 3. Radial variation of apparent wood density (g/cm^3) in 3 positions of the log - (a) BHD (b) 3.70, (c) 6.10 m - of *E. grandis* trees.

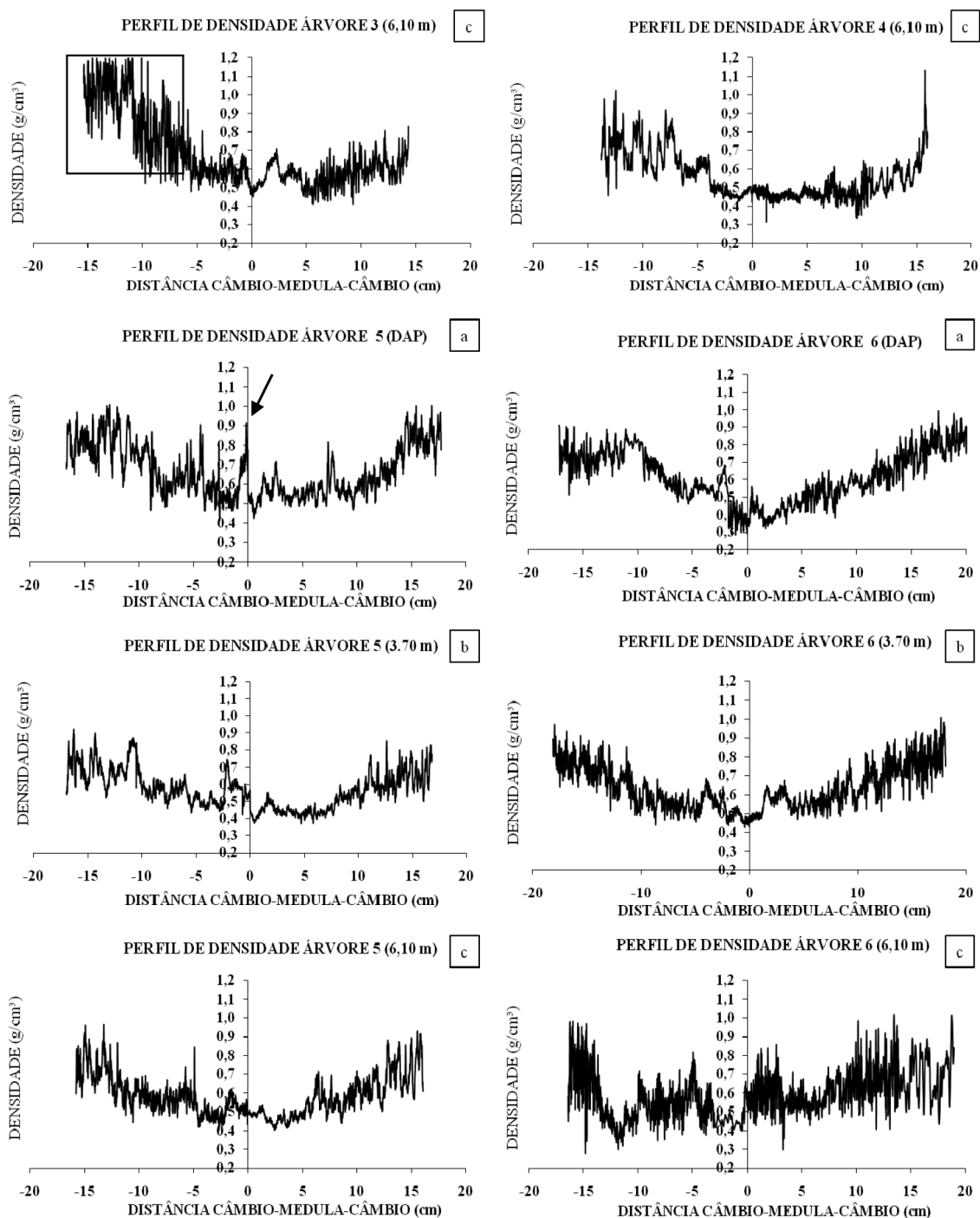


Figura 3 - Continuação. Variação radial da densidade aparente (g/cm^3) do lenho em 3 alturas do tronco - (a) DAP (b) 3.70, (c) 6.10 m - das árvores de *E. grandis*.

Figure 3 - Continuation. Radial variation of apparent wood density (g/cm^3) in 3 positions of the log - (a) BHD (b) 3.70, (c) 6.10 m - of *E. grandis* trees.

Com base na análise estatística existem diferenças significativas ao nível de 5% de significância, entre as densidades aparente média na direção medula-casca. Observa-se que os valores de densidade do lenho foram crescentes no sentido medula-casca (Figura 5).

A literatura relata valores de densidade aparente média do lenho de $0,46 \text{ g}/\text{cm}^3$ em árvores de *E. grandis*, de 8 anos (ALZATE, 2007) equivalente ao obtido nesse trabalho, para a região

interna do lenho das árvores de 23 anos, com característica de madeira juvenil.

Nesse aspecto, a literatura nacional descreve, em inúmeros trabalhos, a variação radial da densidade do lenho e sua relação com a formação da madeira juvenil e adulta em árvores de espécies de eucalipto (BRASIL; FERREIRA, 1972; COUTINHO, 1984; FERREIRA, 1970; FOELKEL *et al.*, 1983; OLIVEIRA *et al.*, 2005; REZENDE E FERRAZ, 1985; TOMAZELLO FILHO, 1985, 2006; TOMA-

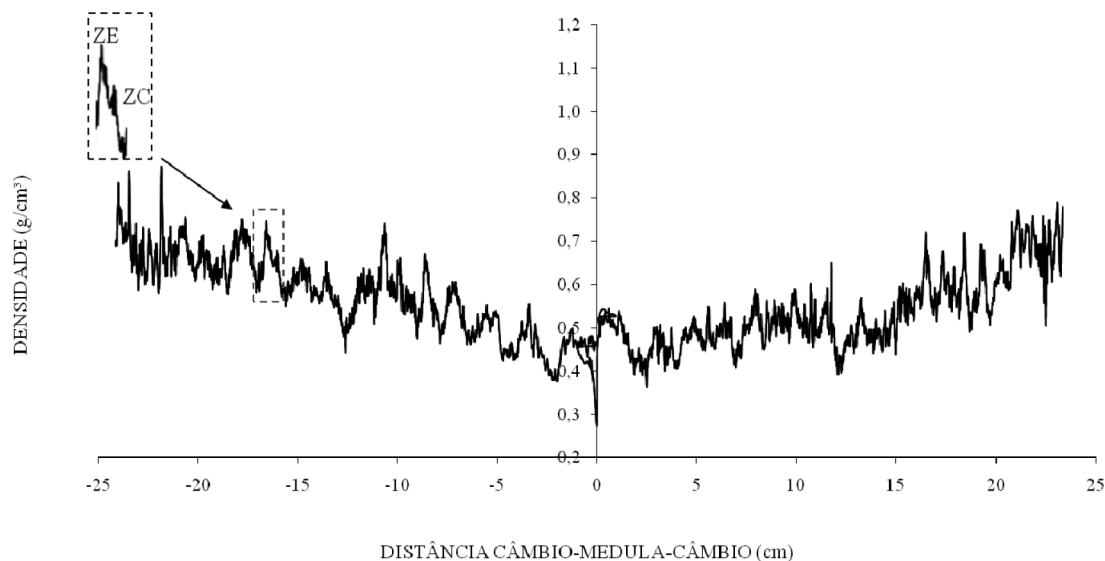


Figura 4. Variação intra e inter-anual de densidade; onde: ZE-zona fibrosa escura e ZC-zona fibrosa clara.
Figure 4. Intra and inter-annual density variation; where: ZE: dark fibrous zone and ZC: light fibrous zone.

ZELLO FILHO *et al.*, 2008; VITAL *et al.*, 1987). No exterior, menciona-se o trabalho de Malan (1988), que relata densidade básica de 0,47 e de 0,52 g/cm³, no lenho interno e externo do tronco de 4 árvores de *E. grandis*, da África do Sul.

A variação radial da densidade aparente do lenho do tronco das árvores adultas de eucalipto permite delimitar duas regiões (interna e externa) com propriedades distintas. Dessa forma, pode-se preconizar uma utilização tecnológica diferenciada para a madeira interna (polpa, pa-

pel, painéis, laminados, etc.) e para a externa, produtos de maior valor agregado (portas, janelas, assoalhos, móveis, etc.).

Densidade aparente média das árvores

A densidade aparente média do lenho das 6 árvores de *E. grandis* encontra-se na Tabela 2. Observa-se que existem diferenças estatísticas ao nível de 5% de significância entre os valores de densidade. A densidade aparente média do lenho da árvore 3 foi inferior às das árvores 2 e 5.

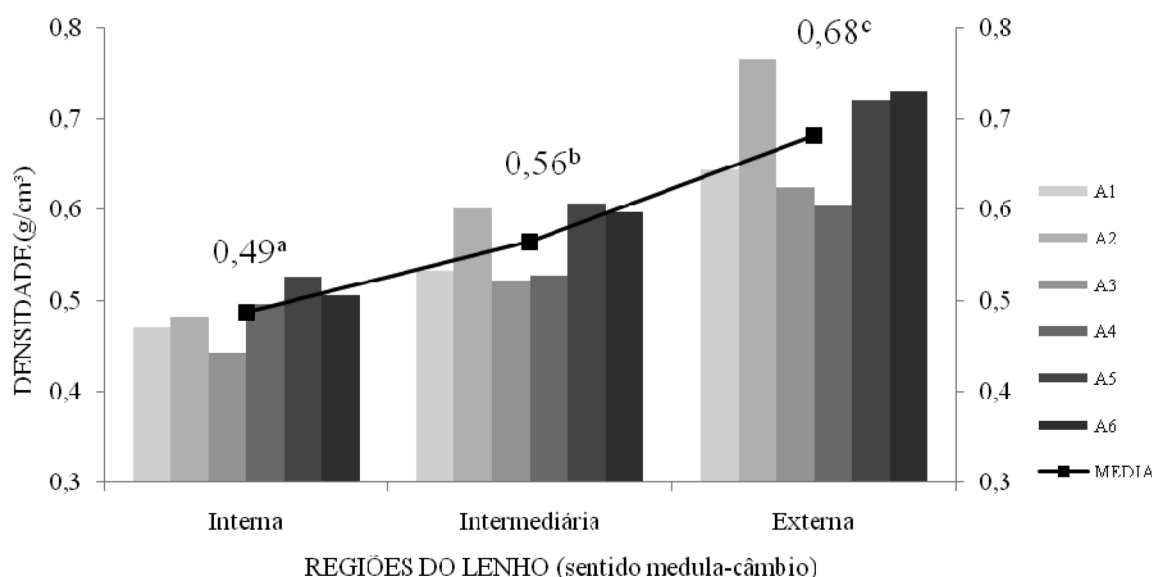


Figura 5. Variação da densidade aparente (g/cm³) do lenho na região interna (0-33%), intermediária (33-66) e externa (66-100%) do tronco das 6 árvores de *E. grandis*. Os valores com letras distintas denotam diferença estatística ao nível de 5% de significância.
Figure 5. Variation of wood apparent density (g/cm³) in the inner region (0-33%), intermediate (33-66) and external region (66-100%) of the log of 6 *E. grandis* trees. The values with different letters denote statistical differences at 5% significance level.

Segundo a classificação de densidade de folhosas (CARVALHO, 1996), a densidade aparente média geral encontrada para a madeira das árvores de *E. grandis* encontra-se no intervalo daquelas consideradas como moderadamente pesadas.

Tabela 2. Densidade média do lenho das as árvores.
Table 2. Mean wood density of all trees.

Árvore	Densidade média (g/cm ³)
1	0,55 ab
2	0,62a
3	0,53 b
4	0,54 ab
5	0,62 a
6	0,61ab
Média	0,58

Valores com letras distintas denotam diferença estatística ao nível de 5% de significância.

A densidade aparente média do lenho no DAP, a 3,70 e 6,10 m de altura do tronco das 6 árvores de *E. grandis* é estatisticamente semelhante a 5% de significância (Figura 6).

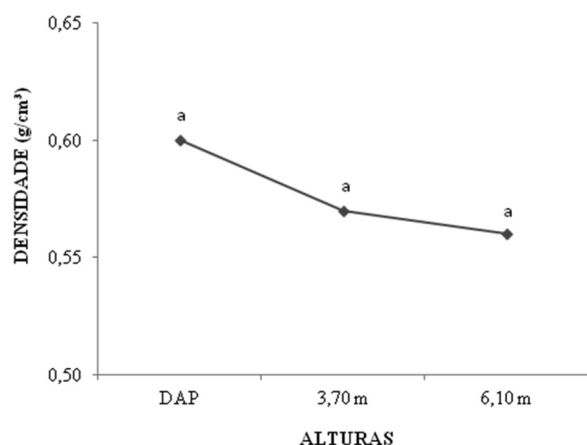


Figura 6. Densidade média em altura do tronco (DAP, 3,70 e 6,10 m). Os valores com letras distintas denotam diferença estatística ao nível de 5% de significância.

Figure 6. Mean density at trunk height (DBH, 3.70 and 6.10 m). The values with different letters denote statistical differences at 5% significance level.

Os valores de densidade do lenho no DAP do tronco de árvores de *E. grandis* estão próximos aos relatados por Brasil e Ferreira (1972), de 0,42-0,56 g/cm³ e por Ferreira e Kageyama (1978), de 0,48-0,60 g/cm³ em árvores de 11-16 anos.

Essa faixa de variação da densidade do lenho tem sido encontrada em árvores de *E. grandis* e de outras espécies de eucalipto (BRASIL; FERREIRA; 1972; FERREIRA, 1970; REZENDE; FERRAZ, 1985). O maior valor de densidade do lenho no DAP do tronco das árvores de *E. grandis* tem sido relatado para outras espécies,

caracterizado por fibras de parede espessa e com a função de sustentação da massa do tronco e da copa.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitam concluir que:

- 1) Os perfis radiais indicam o aumento da densidade aparente do lenho do tronco das árvores de *E. grandis*, comumente observado para os eucaliptos e outras espécies florestais;
- 2) A densidade aparente do lenho das regiões interna, intermediária e externa do tronco foi crescente e significativa, característica da madeira juvenil, de transição e adulta;
- 3) A densidade aparente do lenho em 3 alturas do tronco das árvores foi semelhantes;
- 4) A densitometria de raios X proporcionou uma análise acurada das variações da densidade aparente do lenho, indicativas da sua estrutura anatômica e demarcando as zonas fibrosas;
- 5) Os perfis de densidade aparente podem ser aplicados para a avaliação da heterogeneidade da madeira, de suas propriedades mecânicas e de aplicação tecnológica, para produtos de maior valor agregado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALZATE, B.A. X-rays densitometry and uniformity index of *Eucalyptus*. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON HARDWOOD PROCESSING 2007, Quebec. *Anais...* Québec: ISCHP, 2007. p.24-26.

AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda*, através da densitometria de raios X. *Revista Ciência e Tecnologia*, Piracicaba, v.11/12, n.6, p.17-23, 1998.

BRASIL, M.A.M.; FERREIRA M. Características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, aos 3 anos de idade. *IPEF*, Piracicaba, n.19, p.80-97, 1979.

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. *IPEF*, Piracicaba, n.5, p.81-90, 1972.

BRASIL, M.A.M.; VEIGA, R.A.A.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica nas secções transversais do caule da base do tronco para a copa de eucalipto. *IPEF*, Piracicaba, n.15, p.73-82, 1977.

- CARVALHO, A. **Madeiras portuguesas: estrutura anatômica, propriedades, utilizações.** São Paulo: Instituto Florestal, 1996. 340p.
- COUTINHO, A.P. **Qualidade do carvão vegetal correlacionada com as características da madeira de *Eucalyptus saligna* e temperatura de carbonização.** 1984. 88p. Tese (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.
- FERREIRA M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16. *IPEF*, Piracicaba, n4, p. 65-89, 1972.
- FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade em função do local e do espaçamento. *IPEF*, n. 2/3, p.130-149, 1971.
- FERREIRA, M. **Estudo da variação da densidade básica da madeira de povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 1970. 72p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, 1970.
- FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO, C.A.; DIAS, C.; SILVA, R.M.R.; SCHMIDT, C.; FESZ, J.B.V. Variabilidade radial da madeira de *Eucalyptus grandis*. *Silvicultura*, São Paulo, v.8, p.782-791, 1983.
- FONSECA, F.M.A.; LOUZADA, J.L.P.C. **Variação da densidade e diferenciação das madeiras de 14 espécies de pinheiros com 8 anos de idade, cultivados em Angola.** Vila Real: UTAD, 1986. 27p.
- 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.
- KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.** 2000. 291p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- 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.
- LIMA, I.L.; GARCIA, J.N. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* Hill Ex-maiden. *Revista Árvore*, Viçosa, v.34, n.3, p.551-559, 2010.
- 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.
- MALAN, F.S. Wood density variation in four tress of shouth African grown *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden). *South African Forestry Journal*, Pretoria, v.144, n.1, p.36-42, 1988.
- 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.
- PALERMO, G.P.M. **Parâmetros de Qualidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. de diferentes idades.** 2003. 138p. Dissertação (Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2003.
- 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.
- REZENDE, M.A.; FERRAZ, E.S.B. Densidade anual da madeira de *Eucalyptus grandis*. *IPEF*, Piracicaba, n..30, p.37-41, 1985.
- REZENDE, M.A.; SAGLIETTI, J.R.C.; CHAVES, R. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* os 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.53, p.71-78, 1998.

- SANTINI JUNIOR, L.; LIMA, I.L.; LONGUI, E.L.; FLORSHEIM, S.M.B. Efeito da fertilização na variação da densidade básica e dimensões das fibras em função da posição radial na árvore de *Eucalyptus grandis*. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FLORESTAL, 3., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 2009. p.33-37.
- 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, V.R.; CARPIM, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica entre procedências de diâmetro em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5., 1986, Olinda. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. p.16.
- 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.
- STURION, J.A.; PEREIRA, J.C.D.; GRIGOLLETTI JUNIOR, A.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v.14, p.23-38, 1987.
- TOMAZELLO FILHO, M. **Efeito da irrigação e fertilização nas propriedades do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* x *urophylla*.** 2006. 146p. Tese (Livre Docência em Ciência e Tecnologia de Madeira) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, 2006.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. IPEF, Piracicaba, v.29, p.37-45, 1985.
- TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C.S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARRELA, W. (Eds.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações.** São Paulo: EDUC, 2001. p.117-143.
- TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIN, A.W. Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood. **Madera: Ciencia y Tecnologia**, Concepción, 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 ex Maiden. **Floresta**, Curitiba, v.38, n.3, p.553-559, 2008.
- VITAL, B.R.; DELLA LUCIA, R.M. Procedência de sementes e qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.11, n.2, p.132-145, 1987.

Recebido em 23/02/2011
Aceito para publicação em 16/09/2011