

# Delimitação da madeira juvenil e adulta de *Eucalyptus grandis* em São Paulo, Brasil

## *Juvenile-Mature Wood Demarcation in Eucalyptus grandis*

### *in São Paulo, Brasil*

ELAINE CRISTINA LEONELLO<sup>1</sup>,  
HERNANDO ALFONSO LARA PALMA<sup>2</sup>,  
ADRIANO WAGNER BALLARIN<sup>3</sup>,

1 Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Bolsista FAPESP-FCA/Universidade Estadual Paulista, Botucatu, S.P. Lageado, Brasil, E-mail: ecleonello@fca.unesp.br

2 Universidade Estadual Paulista - UNESP - Dep. Recursos Naturais, Botucatu, Brasil, E-mail: larapalma@fca.unesp.br

3 UNESP - Dep. Engenharia Florestal, Botucatu, Brasil, E-mail: awballarin@fca.unesp.br

Recibido: 13-03-08 / Aceptado: 19-07-08

#### Resumo

O presente trabalho teve como objetivo determinar a região de transição entre a madeira juvenil e adulta de *Eucalyptus grandis* de 28 anos de idade, provenientes do município de Anhembi, SP-Brasil. Foram caracterizadas as regiões de madeira juvenil, de transição e de madeira adulta, por meio de estudos anatômicos –comprimento das fibras axiais– seguindo as recomendações das normas IAWA Committee (1989), utilizando-se de amostras à altura do peito de três árvores. As medições de comprimento das fibras foram realizadas em equipamento de aquisição, diagnóstico e análise de imagens. Foram montadas 5 lâminas a cada centímetro ao longo do raio das amostras dos discos, desde a medula até a casca, e realizadas 6 medições em cada lâmina, perfazendo um total de 30 medições em cada amostra e 2220 medições para as três árvores estudadas. Utilizando-se da inspeção visual da tendência de variação do comprimento das fibras e da análise da taxa de crescimento do comprimento das fibras, observou-se um aumento acentuado e praticamente linear, da ordem de 88%, até os quinze centímetros (cerca de 58% do raio) a partir do centro da amostra. A menor taxa anual de incremento do comprimento das fibras foi de 4.6% entre 15 e 16 cm do raio. A partir dos 16 cm do raio até a casca o comprimento das fibras diminuiu em 15%, aproximadamente. Dessa análise pode-se concluir que a região de madeira juvenil ficou definida desde o centro da árvore até os 15 cm do raio e a região de madeira adulta desde os 16 cm do raio até a casca.

**Palavras chave:** madeira juvenil e adulta, comprimento de fibras, *Eucalyptus grandis*.

#### Abstract

This paper had the objective of determining juvenile and mature wood regions in the stem of *Eucalyptus grandis* 28 years old trees from plantation at Anhembi, São Paulo State, Brazil. In the experimental program the region of juvenile and mature wood were characterized through anatomical analysis (length of fibers according to IAWA Committee code) in disks extracted on breast height of the stem of the 3 trees studied. There were assembled 5 slide of macerate for every centimeter increase along the disk radius, from pith to bark. In each slide were done 6 measurements totalizing 30 measures in each sample and 2220 measures for the 3 studied disks. Studying the fibers length variation trend and the analysis of the growth rate of the fibers length it was observed a constant increment of around 88 %, up to 15 cm (almost 58% of the radius) from the disks center. Between 15 cm and 16 cm of the radius the increment in fibers length was 4.5% and from 16 cm through the bark it was observed a decrease in fibers length of about 15%. From this analysis it was possible to conclude that the region of juvenile wood of this species occurs approximately from the pith up to the 15th cm of the radius and the region of mature wood occurs from the 16th cm up to the bark.

**Key words:** juvenile and mature wood, length of fibers, *Eucalyptus grandis*.

## 1. Introdução

A variabilidade das propriedades da madeira é conseqüência de diferenças estruturais, desde a ultra-estrutura da parede celular até as geográficas, sendo que a fonte de variação dentro da árvore talvez seja a mais significativa, sendo a variação no sentido radial a mais importante fonte de variação. A extensão desta variação é, principalmente, determinada pela presença

da madeira juvenil, sua proporção no tronco, suas características físico-químicas e anatômicas.

A madeira juvenil corresponde a uma região central na árvore de forma cilíndrica, com diâmetro aproximadamente uniforme, estendendo-se desde a base até o topo da árvore (Zobel e Buijtenen, 1989; Cown, 1992; Evans *et al.*, 2000; Zobel e Sprage, 1998). Segundo Ramsay e Briggs (1986) e Rendle (apud Nascimento, 1991) a madeira juvenil é o

xilema secundário, formado durante a fase jovem do câmbio vascular da árvore (estágios iniciais da vida da árvore). Este período varia conforme a espécie e pode ser afetado pelas condições ambientais. A madeira caracteriza-se anatomicamente por um progressivo acréscimo nas dimensões das células, densidade e correspondentes alterações na sua forma, estrutura e disposição em sucessivos anéis de crescimento.

A proporção de madeira juvenil existente em uma tora é uma característica que depende fundamentalmente da idade da árvore, do ambiente de plantio e do manejo. Entretanto, a uma mesma idade e em condições semelhantes de ambiente e de manejo, pode-se verificar que existe expressiva variabilidade neste aspecto. Em algumas espécies e indivíduos, a formação de madeira juvenil estende-se por vários anos, enquanto que em outras a formação de madeira adulta inicia-se mais cedo. O que caracteriza estas variações são as diferenças que se estabelecem nas proporções de madeira juvenil em relação a madeira adulta acumuladas no tronco (Assis, 2007).

A madeira juvenil, de uma forma geral, caracteriza-se por menor densidade, maior ângulo das microfibrilas na camada  $S_2$  da parede celular, traqueídes mais curtos, contração transversal menor, maior contração longitudinal, maior proporção de lenho de reação, menor porcentagem de lenho tardio, paredes celulares mais finas, maior conteúdo de lignina e hemicelulose, menor conteúdo de celulose, menor densidade e menor resistência, em relação à madeira mais adulta (Bendtsen, 1978; Zobel, 1984 e Senft *et al.*, 1985).

Segundo Zobel (1980) e Kraemer (1986) o comprimento das traqueídes ou fibras constitui a principal variável na definição do limite entre a madeira adulta e juvenil. As traqueídes são mais curtas na região de madeira juvenil que na madeira adulta, e muito mais curtas perto da medula, aumentando rapidamente na zona de madeira juvenil em direção à casca. Mudanças no comprimento das traqueídes da zona adulta da árvore são muito pequenas. Segundo Zobel e Buijtenen (1989) a mudança de madeira juvenil para madeira adulta não se processa da mesma forma para as diferentes características e propriedades da madeira. Por exemplo, a estabilização e mudança se dá de maneira mais rápida para a densidade do que para o comprimento das traqueídes.

Muitos pesquisadores têm utilizado vários métodos para determinar a idade ou limite entre a madeira juvenil e adulta. Por exemplo, Loo *et al.* (1985) determinaram este limite como sendo o ponto de interseção

de duas regressões lineares de densidade; Bendtsen e Senft (1986) usaram análises de regressões por partes, análises diferencial, análises da inclinação da curva e análises visual subjetivo da densidade; Clark e Saucier (1989) utilizaram inspeção visual de gráficos de densidade; Yang *et al.* (1986), utilizaram as mudanças na largura dos anéis de crescimento e Abdel-Gadir e Kraemer (1993) aplicaram regressões segmentadas.

Com a redução da disponibilidade mundial de madeira de florestas tropicais e com as restrições à continuidade da utilização indiscriminada desse tipo de florestas, para fornecimento de madeira de uso industrial, as espécies de *Eucalyptus* passaram a constituir uma alternativa, que se torna cada vez mais importante no abastecimento de indústrias madeireiras, como o caso da construção civil e na fabricação de móveis de alta qualidade, onde madeira de eucalipto pode substituir com vantagens madeira de espécies nativas tradicionais (Oliveira *et al.*, 2000; Ashley e Ozarka, 2000).

Entretanto, a madeira jovem da grande maioria das espécies de *Eucalyptus* de rápido crescimento, amplamente utilizada pela indústria madeireira como substituto imediato de madeiras nativas, apresenta uma grande proporção de madeira juvenil, situação que dificulta os processos de transformação da madeira e muitas vezes constituem um obstáculo na viabilização do seu uso industrial.

Segundo a literatura, os estudos sobre a madeira juvenil em coníferas estão consolidados, porém em madeiras de folhosas de rápido crescimento os limites de formação da madeira juvenil ainda não estão claramente conhecidos. Portanto, o conhecimento das propriedades básicas (físicas, mecânicas, anatômicas, etc.) da madeira juvenil e adulta das espécies de *Eucalyptus* spp., faz-se indispensável, com o intuito de caracterizar os dois tipos de madeira, visando principalmente um subsídio aos diferentes usuários desta matéria-prima, para seu emprego correto em diferentes soluções, desde o desdobro até utilizações industriais e estruturais.

## 2. Materiais e métodos

As árvores para determinação da madeira juvenil e adulta de *Eucalyptus grandis*, eram provenientes de plantios manejados da Estação Experimental de Ciências Florestais (EECF-LCF/ESALQ-USP), localizada no município de Anhembi, São Paulo - Brasil.

O plantio ocorreu em 1977 (1629 árvores/ha), em um espaçamento inicial de 3.5 m x 2.0 m e desde essa data até o corte (2006) foram realizados 4 desbastes, o que resultou em uma densidade de cerca de 110 árvores/ha.

Foram selecionadas três árvores desta espécie, escolhidas ao acaso, e de cada árvore foram efetuadas medições de altura total, altura do fuste comercial (até Ø = 22 cm), diâmetro à altura do peito (DAP), espessura da casca e os comprimentos dos raios direito e esquerdo utilizados para a avaliação (Quadro 1). Observam-se árvores com desbalançamento significativo entre os raios direito e esquerdo.

Quadro 1. Dados médios das árvores

Árvore	Altura total (m)	Altura do fuste (m)	DAP (cm)	Espessura da casca (mm)	Comprimento dos raios (cm)	
					Direito (D)	Esquerdo (E)
1	39.50	20.19	39	11.0	21.23	12.70
2	51.00	35.10	43	9.7	23.45	20.72
3	48.60	27.40	47	14.3	24.25	19.40
média	46.37	27.56	43.00	11.67		
desvpad	6.07	7.46	4.00	2.37		
CV (%)	13.08	27.05	9.30	20.33		

De cada árvore selecionada foi desdobrada uma tora de 7000 mm de altura, na região basal do tronco, imediatamente abaixo do DAP. A partir do topo de cada tora (posição referente ao DAP da árvore) foi retirado um disco de 70 mm de altura e do disco foi cortada uma cunha para a obtenção da densidade básica da madeira. Da tora restante (630 mm de altura) foi desdobrada uma prancha diametral central com 100 mm de espessura. A partir desta prancha foi serrada (ao longo da largura da prancha) uma amostras diametral (A) de 70 mm de altura para a confecção das baguetas (Figura 1).

De cada amostra diametral (A) foi retirada uma faixa de 1 cm de espessura e desta foi retirada uma bagueta no sentido do raio de 1 cm de largura e comprimento igual ao diâmetro da amostra, passando pela medula central. As baguetas foram divididas em duas partes, lado esquerdo e lado direito, e de cada uma foram retiradas amostras de 1 cm em 1 cm de comprimento a partir da medula até a casca, sendo que para este estudo foram utilizadas as amostras do lado direito. Foram obtidas 74 amostras das três árvores (23 da árvore 1, 25 da árvore 2 e 26 da árvore 3).

Após o processo de dissociação e coloração da madeira foram preparadas foram montadas 5 lâminas de cada amostra e realizadas 6 medições de comprimento de fibras em cada lâmina, escolhendo

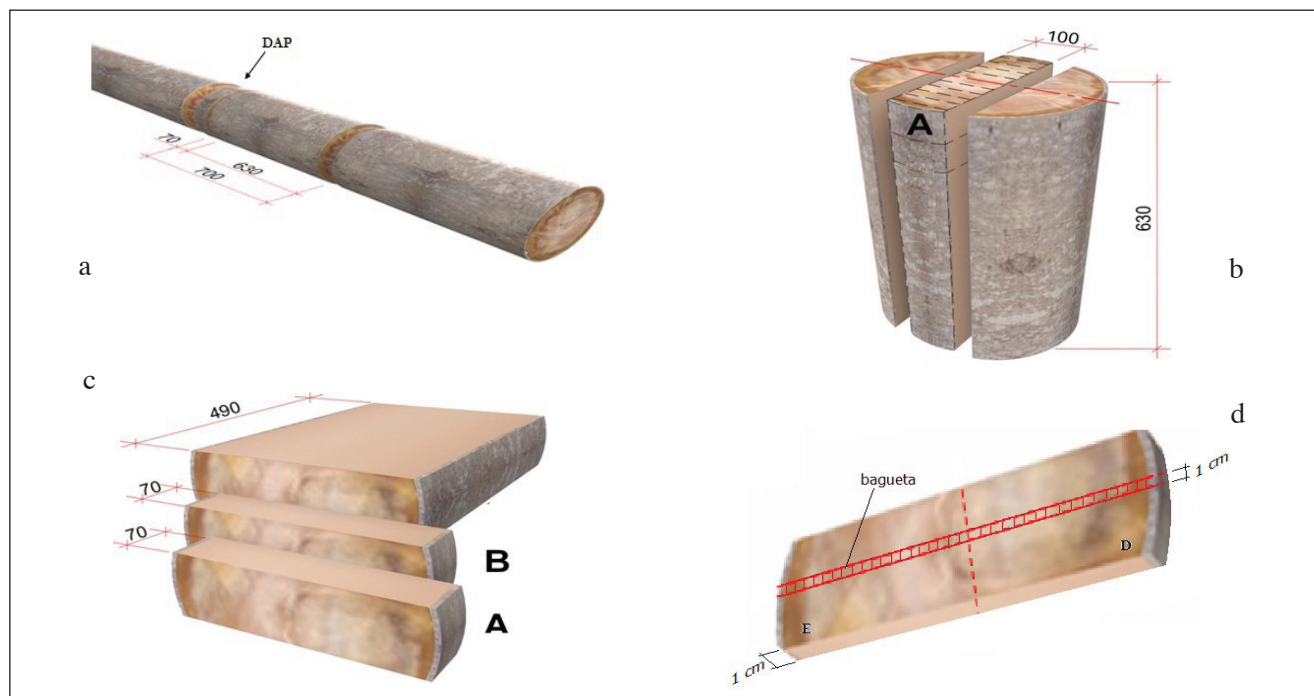


Figura 1. Variação do comprimento médio das fibras

sempre 6 células (fibras) não danificadas, perfazendo um total de 30 medições em cada amostra, totalizando 2220 medições para as três árvores. Para o estudo anatômico (comprimento das fibras) para a determinação da madeira juvenil e adulta, foram seguidas as recomendações da norma IAWA Committee (1989) e Coradin e Muñiz (1992).

As medições de comprimento das fibras foram realizadas em equipamento de análise de imagens, composto de microscópio trinocular marca Carl Zeiss, acoplado a uma câmera digital de alta resolução marca Axiocam MRc Color. Utilizou-se o software de análise de imagem Axio Vision 3.0 para aquisição e diagnóstico das imagens.

O limite entre as regiões de madeira juvenil e adulta foi estabelecido através de uma análise de regressão entre a distância radial no sentido medula-casca e os comprimentos médios de suas respectivas fibras. A regressão foi estabelecida considerando-se um nível de significância de 5%. Na definição do limite entre a madeira juvenil e adulta, também foi considerado a porcentagem ou taxa anual de incremento do comprimento das traqueídes. Também foram calculados os valores máximos, mínimos e médios, desvio padrão e o coeficiente de variação.

### 3. Resultados e discussão

No gráfico da Figura 2 é apresentado o perfil de comprimento das fibras resultante do comprimento médio das fibras axiais na direção radial, e a melhor curva de regressão ( $R^2 = 0.96$ ), obtida para este comportamento. Pode-se observar, no geral, um padrão marcante de variação do comprimento das fibras ao longo do raio da árvore –comprimento crescente a partir da medula, seguida de trecho com decréscimo do valor.

O comprimento das fibras apresenta um aumento acentuado e praticamente linear, da ordem de 88%, até os quinze centímetros (cerca de 58% do raio) a partir do centro da amostra. A menor taxa anual de incremento do comprimento das fibras foi de 4.6% entre 15 cm e 16 cm. A partir dos 16 cm do raio até a casca o comprimento das fibras diminuiu em 15%, aproximadamente.

Este comportamento observa-se também na regressão linear por partes da região de madeira juvenil até os 15 cm, ficando bem caracterizada esta região inicial – de aumento linear do comprimento de fibras ( $R^2 = 0.91$ ), complementando assim as análises da

tendência dos dados, como uma forma de encontrar, de forma aproximada, o limite entre a madeira juvenil e adulta.

Dessa análise pode-se concluir que a região de madeira juvenil ficou definida desde o centro da árvore até os 15 cm do raio e a região de madeira adulta desde os 16 cm do raio até a casca. Ressalta-se que a região de madeira adulta, caracterizada por diminuição do comprimento das fibras está associada à presença de alburno.

A tendência –aumento rápido da taxa anual de incremento do comprimento das fibras a partir da medula até estabilização– é característica na formação de madeira juvenil nos primeiros anos da árvore, comportamento semelhante ao observado por vários autores em madeira de coníferas e folhosas de crescimento rápido, tais como: Panshin e de Zeeuw (1980); Senft *et al.* (1986); Jackson e Megraw (1985); Bendtsen e Senft (1986), Louzada e Fonseca (1991), Muñiz (1993) e Calonego *et al.* (2005).

Analisando os valores médios do comprimento das fibras apresentados na Quadro 2, observa-se uma variação de aproximadamente 1029  $\mu\text{m}$  a 1145  $\mu\text{m}$  para a madeira juvenil, adulta e a espécie. Segundo Coradin e Muñiz (1992) a classificação de fibras curtas para folhosas o comprimento varia de 900  $\mu\text{m}$  a 1600  $\mu\text{m}$ . Nota-se que os valores médios para a madeira adulta, juvenil e da espécie se enquadram neste referencial.

O comprimento das fibras da madeira juvenil mostra-se mais variável (CV 18.26%) em relação à madeira adulta (CV 5.60%), indicando maior homogeneidade dos comprimentos das fibras na região adulta.

Os valores médios de comprimento das fibras observado nesta espécie, principalmente na região juvenil, são semelhantes ao padrão para as espécies do gênero *Eucalyptus*, reportados por vários pesquisadores, tais como: Calonego *et al.* (2005); Veenin *et al.* (2005); Silva *et al.* (2005); Gomide *et al.* (2005) e Ferreira *et al.* (2006).

### 4. Conclusões

- A demarcação da região de madeira juvenil e adulta pode ser conduzida por meio da análise da variação do comprimento das fibras da espécie;
- O padrão de variação do comprimento das fibras foi crescente a partir da medula, seguido de um

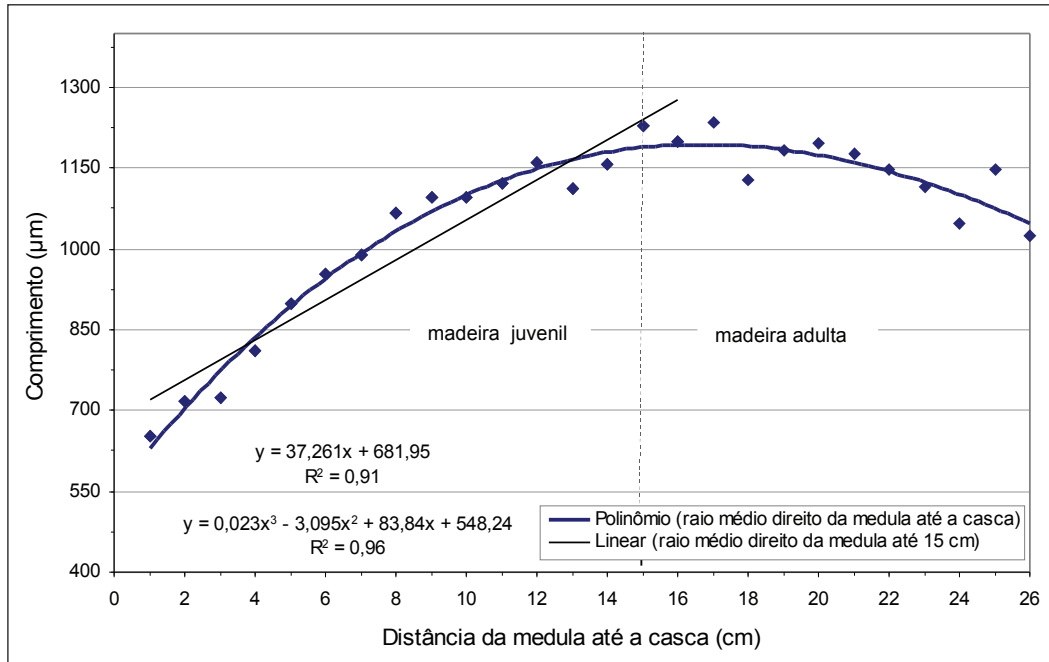


Figura 2. Variação do comprimento médio das fibras.

Quadro 2. Comprimento médio das fibras.

	Valores médios (µm)		Espécie (medula até a casca)
	Madeira juvenil (1-15 cm)	Madeira adulta (> 17 cm)	
média	1009	1145	1053
mínimo	652	1023	652
máximo	1228	1234	1234
desvpad	184.29	64.16	164.72
CV (%)	18.26	5.60	15.64

trecho com estabilização do valor e, finalmente, decréscimo;

- A região de madeira juvenil ficou definida desde o centro da árvore até os 15 cm do raio (aproximadamente 75% do raio médio) e a região de madeira adulta desde os 16 cm do raio até a casca;
- A tendência apresentada no comprimento das fibras axiais confirma o padrão de variação no sentido radial ao tronco, em espécies de rápido crescimento do gênero *Eucalyptus*;
- O comprimento das fibras da madeira juvenil é mais variável que o da madeira adulta.

## 5. Referências bibliográficas

ABDEL-GADIR, A.Y. e R. L. KRAHMER. 1993. Estimating the age of demarcation of juvenile and mature wood in Douglas-fir. *Wood and Fiber Science* 25(3): 242-249.

ASHLAY, P.N. e B. OZARKA. 2000. Furniture from young, plantation grown *Eucalyptus*. In: The future of *Eucalyptus* for wood products, Launceston. *Proceedings...* Launceston: IUFRO. 150-158 pp.

ASSIS, T.F. 2007. Estratégias de melhoramento para a obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria. Brasil. Disponível. Na linha: <http://www.celso-foelkel.com.br> [Consultado: 10/08/2007].

BENDTSEN, B. 1978. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Product Journal* 28(10): 61-72.

BENDTSEN, B. e J. SENFT. 1986. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and Loblolly Pine. *Wood and Fiber Science* 18(1): 21-38.

CALONEGO, F.W., E. T. D. SEVERO e P. P. ASSIS. 2005. Mensuração do comprimento das fibras para determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Forestalis* 68: 113-121.

CLARK, A.III. e J. R. SAUCIER. 1989. Influence of initial planting density, geographic location, and species on juvenile wood formation in southern pine. *Forest Product Journal* 39(7/8): 42-48.

- CORADIN, V. T. R. e G. I. MUÑIZ. 1992. *Normas e procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae II. Gimnospermae*. Série Técnica (15). IBAMA LPF, Brasília. 17 p.
- COWN, D. J. 1992. Corewood (Juvenile wood) in *Pinus radiata* –should we be concerned?. *New Zealand Journal of Forestry Science* 22(1): 87-95.
- EVANS II, J. W., J. F. SENFT and D. W. GREEN. 2000. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. *Forest Product Journal* 50(7/8): 75-87.
- FERREIRA, C. R., M. F. JUNIOR, R. C. O. COLODETTE, R. C. OLIVEIRA, J. L. GOMIDE e A. M. M. CARVALHO. 2006. Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 2 – qualidade da celulose branqueada Kraft para papel de imprimir e escrever. *Scientia Forestalis* (71): 09-18.
- GOMIDE, J. L., R. C. O. COLODETTE, R. O. CHAVES e C. M. SILVA. 2005. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. *Revista Árvore* 29(1): 129-137.
- IAWA Committee - International Association of Wood Anatomists. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *LAWA Bulletin* 10(3): 210-232.
- JACKSON, M. and R. A. MEGRAW. 1985. Impact of juvenile wood on pulp and paper products. In: A technical workshop: juvenile wood-what does it mean to forest management and forest products, Washington. *Proceedings...* Madison: Forest Products Research Society. 75-81 pp.
- KRAHMER, R. 1986. Fundamental Anatomy of Juvenile and Mature Wood. In: A technical workshop: juvenile wood-what does it mean to forest management and forest products, Washington. *Proceedings...* Madison: Forest Products Research Society. 12-16 pp.
- LOO, J. A., C. C. TAUER and R. N. McNEW. 1985. Genetic variation in the time of transition from juvenile to mature wood in loblolly pine (*Pinus taeda*). *Silvae Genet* 34: 14-19.
- LOUZADA, J. L. e F. M. FONSECA. 1991. Influência do crescimento em diâmetro (DAP) e da qualidade do local na variação da densidade em *Pseudotsuga menziesii* Mirb. (Franco). *Série Técnica-Científica U.T.A.D* (10). Vila Real. 27 p.
- MUÑIZ, G. I. 1993. *Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e comportamento na secagem da madeira de Pinus elliotii Engelm e Pinus taeda L.* Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba, PR-Brasil. 205 p.
- NASCIMENTO, C. C. 1991. *Formação da madeira juvenil*. ESALQ, USP, LCF (ed). Piracicaba, Brasil. 13 p.
- OLIVEIRA, J. T., J. C. HELLMAISTER and M. TOMAZELO FO. 2000. *Eucalyptus* wood characterization for construction in Brazil. In: The future of *Eucalyptus* for wood products, Launceston. *Proceedings...* Launceston: IUFRO. 98-105 pp.
- PANSHIN, A. J. and C. DE ZEEUW. 1980. *Textbook of wood technology*. 4<sup>th</sup> Edition. McGraw-Hill Book Company. New York. 722 p.
- RAMSAY, W. and D. BRIGGS. 1986. Juvenile Wood: Has It Come of Age?. In: A technical workshop: juvenile wood-what does it mean to forest management and forest products, Washington. *Proceedings...* Madison: Forest Products Research Society. 5-11 pp.
- SENFT, J. F., B. A. BENDTSEN and W. L. GALLIGAN. 1985. Weak wood. *J. For.* 83: 476-485.
- SENFT, J. F., M. J. QUANCI and B. A. BENDTSEN. 1986. Property profile of 60-year-old Douglas –Fir. In: A technical workshop: juvenile wood-what does it mean to forest management and forest products, Washington. *Proceedings...* Madison: Forest Products Research Society. 17-28 pp.
- SILVA, J. R. M., G. I. B. MUÑIZ, J. T. LIMA e A. F. BONDUELLE. 2005. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. *Revista Árvore* 29(3): 479-487.
- VEENIN, T., M. FUJITA, T. NOBUCHI and S. SIRIPATANADILOK. 2005. Radial variations of anatomical characteristics and specific gravity in *Eucalyptus camadulensis* clones. *LAWA Journal* 26(3): 353-361.
- YANG, K. C., C. A. BENSON and J. K. WONG. 1986. Distribution of juvenile wood in two stems of *Larix laricina*. *Can. J. For. Res.* 16: 1041-1049.
- ZOBEL, B. J. and J. P. VAN BUIJTENEN. 1989. *Wood variation: its causes and control*. Springer-Verlag. Berlin. 361 p.
- ZOBEL, B. J. and J. R. SPRAGUE. 1998. *Juvenile wood in forest trees*. Springer-Verlag. Berlin. 300 p.
- ZOBEL, B. J. 1980. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. In: IUFRO conference, Oxford. *Proceedings...* Oxford: IUFRO Div 50. 169-188 pp.
- ZOBEL, B. J. 1984. The changing quality of the world wood supply. *Wood Sci Technol* 18: 1-17.