

VARIAÇÃO DAS DIMENSÕES DOS ELEMENTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE ÁRVORES DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden AOS SETE ANOS*

Finê Thomaz ROCHA**
Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM**
Hilton Thadeu Zarate do COUTO***

RESUMO

A variação das dimensões dos elementos anatômicos do lenho tem um efeito marcante sobre a qualidade da madeira e o produto final. Visando obter melhores informações sobre o assunto, foram coletadas amostras de árvores dominantes, intermediárias e dominadas de *Eucalyptus grandis* aos sete anos, com o objetivo de verificar as variações das dimensões dos elementos anatômicos entre árvores, no sentido medula-casca e base-topo. De cada árvore foram retirados discos de madeira na base, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial. Em cada disco foram demarcados corpos de prova a 0, 50 e 100% do raio. Os elementos anatômicos foram mensurados através de programa de análise de imagens. Os resultados permitem concluir que: (a) das classes sociológicas, a dominante apresentou fibras 14% mais longas e 20% mais espessas, diâmetro de vasos 30% mais largo e raios 20% mais altos do que as outras classes; (b) os maiores valores das dimensões das fibras e comprimento de vasos foram encontrados a 25% da altura comercial, os vasos apresentaram-se mais largos a 75% e a frequência de raios foi maior no topo, e (c) em todas as dimensões das fibras, o diâmetro e o comprimento dos vasos foram crescentes.

Palavras-chave: *Eucalyptus grandis*; madeira; variação anatômica; classe sociológica.

1 INTRODUÇÃO

As plantações de eucaliptos têm sido ampliadas em muitos países pela excelência das suas propriedades da madeira na fabricação de papel, particularmente papel para impressão (Downes *et al.*, 1997), e pelas altas taxas de crescimento das árvores.

O *Eucalyptus grandis*, por apresentar rápido crescimento e elevada produtividade, é uma das espécies mais cultivadas em reflorestamento no Brasil.

ABSTRACT

The variation in the dimensions of the anatomical elements of the xylem has a marked effect on the quality of wood and on the final product. In order to obtain further information about this variation samples of dominant, intermediate and dominated 7-year-old *Eucalyptus grandis* trees were collected. The aim was to analyze the variation in the dimensions of the anatomical elements among trees in the pith-bark and base-top directions. Wood disks from the base, 25, 50, 75 and 100% of the commercial height were removed from each tree. From each disk samples at 0, 50 and 100% of the radius were defined. The anatomical elements were measured through image analysis. The results indicate that: (a) of all sociological classes, the dominant one showed fibers 14% longer and 20% thicker, vessel diameter 30% wider, and rays 20% higher and wider; (b) the highest values of fiber dimensions and vessel length were found at 25% of commercial height, the vessels were the widest at 75% of commercial height, and ray frequency was the greatest at the top, and (c) all fiber dimensions, and vessel diameter and length increased from pith to bark.

Key words: *Eucalyptus grandis*; sociological classes; anatomical elements; pith-bark and base-top variation.

Sua madeira é utilizada para a produção de carvão vegetal e de celulose e papel, em função de suas propriedades físicas, entre elas, a densidade básica (Jesus & Vital, 1986). Record & Hess (1949) caracterizaram a madeira de *E. grandis*, como dura, pesada, resistente, com textura fina e baixa estabilidade dimensional, enquanto Nahuz *et al.* (1997) acrescentam a coloração castanha avermelhada clara, grã direita, com gosto e cheiro indistintos e limitada durabilidade natural.

(*) Aceito para publicação em abril de 2004.

(**) Instituto Florestal, R. do Horto, 931, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

(***) ESALQ/IEF, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil.

Sob o aspecto da anatomia da madeira, as dimensões, a distribuição e o arranjo estrutural das células podem conferir propriedades como resistência mecânica elevada em relação à massa, boa trabalhabilidade, isolamento térmico e acústico.

A madeira das folhosas apresenta distribuição dos elementos celulares bastante característica, com a maioria dos estudos dirigidos para a avaliação das fibras. Segundo Downes *et al.* (1997) o comprimento, a espessura das paredes e o lume das fibras influenciam, diretamente, na densidade básica, determinando a massa de polpa para a produção de papel em um dado volume de madeira.

Além das fibras, outros elementos celulares devem ser estudados, como os vasos e parênquima axial e radial, por fornecerem informações importantes nas características superficiais dos papéis para impressão. Além disso, afetam o movimento dos líquidos no processo de preservação da madeira (Florsheim *et al.*, 2000).

Em populações de *E. grandis*, além das diferenças nas propriedades da madeira, é comum a estratificação das árvores de um mesmo plantio em “classes sociológicas”, denominadas dominantes, intermediárias e dominadas.

Sendo assim, o presente trabalho visa verificar a variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira, de árvores dominadas, intermediárias e dominantes de *Eucalyptus grandis* aos sete anos de idade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muitos estudos têm sido feitos sobre as características estruturais das madeiras de *Eucalyptus*. Segundo Tomazello Filho (1983), a variabilidade das madeiras de eucalipto foi inicialmente pesquisada por Bisset & Dadswell (1949), que ao estudarem as variações nas dimensões das fibras de *E. regnans* com 50 anos de idade, observaram o aumento do comprimento das fibras no sentido medula-casca até o 10^o anel de crescimento, além do maior comprimento das fibras no lenho outonal em comparação ao primavera.

Posteriormente, Banks (1954), na África do Sul, demonstrou a tendência das árvores de *E. grandis* na estabilização da densidade básica aos 12 anos, pela provável formação de madeira adulta.

Brasil & Ferreira (1972) estudaram a variabilidade das dimensões das fibras em árvores de *E. grandis*, aos cinco anos, observando alta variação entre as árvores, e que deve ser considerada em trabalhos de seleção de árvores matrizes.

Em outro estudo com *E. grandis* aos cinco anos, Taylor (1973) encontrou pequena variabilidade no comprimento das fibras na região central do lenho em relação à altura das árvores; ao contrário, as fibras próximas ao câmbio apresentavam grande variação no comprimento.

Rezende *et al.* (1998) estudaram a variação da massa específica da madeira de *E. grandis*, aos oito anos, em diferentes níveis de produtividade e observaram que os valores encontrados na base (0%) foram significativamente maiores do que os encontrados a 25% da altura comercial do tronco.

Comparando as relações entre a densidade básica e as características químicas e anatômicas das fibras, nas posições em altura (base-topo) e radial (medula-casca), Shimoyama (1990) observou que a variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. é mais influenciada pelas características anatômicas.

Para Scurfield (1976) as propriedades físicas da madeira como a densidade básica, parâmetro de fácil obtenção, influenciam na qualidade do papel, havendo a necessidade de analisar parâmetros ligados à anatomia da madeira.

Baptista *et al.* (2003), ao caracterizarem a madeira de híbridos de *E. grandis*, verificaram que o modelo de variação medula-casca mais comum se caracteriza pelo aumento do comprimento das fibras e do diâmetro dos vasos, bem como, na redução da frequência dos vasos. Resultados similares também foram encontrados por Bamber & Humphrey (1963); Brasil & Ferreira (1972); Malan & Gericher (1987); Vital & Della Lucia (1987); Bhat *et al.* (1990) e Shimoyama (1990).

Bhat *et al.* (1990) ao estudarem as árvores de *E. grandis* aos três, cinco, sete e nove anos, mensuraram o comprimento das fibras à 0, 25, 50 e 75% da altura total do tronco e em três pontos do raio, encontraram diferenças significativas em relação à idade das árvores. Em média, o comprimento das fibras aumentou de 0,81 mm aos três anos, para 1,15 mm aos nove anos. Quanto à variação em altura do tronco, houve um pequeno aumento até 25% do comprimento das fibras, que decresceu, posteriormente, até o topo das árvores.

Oliveira *et al.* (1999), ao analisarem a qualidade da madeira de árvores de sete espécies de eucaliptos, de diversas procedências, em Anhembi – SP, com idade média de 16 anos, observaram que *E. citriodora* e *E. paniculata* apresentaram maior espessura do alburno; *E. grandis*, *E. pilularis* e *E. cloeziana* apresentaram alburno mais estreito podendo limitar a sua utilização pela menor quantidade de madeira tratável. Das espécies estudadas, *E. grandis* destacou-se com incrementos volumétricos de 63 m³/ha/ano, justificando sua utilização nos projetos de reflorestamento para produção de madeira. Resultados semelhantes foram observados por Busnardo *et al.* (1978) ao analisarem a qualidade da madeira de 13 espécies de eucaliptos em Linhares – ES.

Davidson (1972) analisou as variações nas propriedades da madeira de árvores de *E. deglupta*, em Papua Nova-Guiné, e verificou que os parâmetros relacionados com a dimensão das fibras, principalmente com a quantidade de parede na seção transversal, explicam 58,5% da variação total; os parâmetros relacionados com o volume e dimensão dos vasos e de outros tecidos, explicam 18,8% da variação; os parâmetros relacionados com o lume das fibras, explicam 11,9% e os parâmetros relacionados com o comprimento das fibras, 4,2% da variação.

Bamber & Humphrey (1963), estudando a madeira de árvores de *E. grandis*, encontraram grandes diferenças para o diâmetro e frequência dos vasos, em diferentes posições dos anéis de crescimento, sentido medula-casca. O diâmetro dos vasos aumentou de 64, no lenho inicial, para 141 µm no tardio, e a frequência diminuiu de 1,73 para 0,48 vasos/mm².

Da mesma forma, Taylor (1973) observou que o diâmetro tangencial dos vasos aumentou no sentido radial, com diferenças significativas entre árvores, com valores entre 74 e 205 µm, correspondendo de 9 a 21% do volume da madeira.

O diâmetro dos vasos foi significativo entre árvores de eucalipto de crescimento rápido e normal, com valores entre 61 e 74 µm, respectivamente. Por outro lado, árvores de rápido crescimento têm menor frequência de vasos em relação ao normal (14,1/mm²), explicando a tendência da maior densidade de madeira de árvores de rápido crescimento, embora não significativa (Bamber *et al.*, 1982).

Vital & Della Lucia (1987) observaram que para árvores de *E. grandis* e *E. urophylla* o diâmetro dos vasos aumentou no sentido medula-casca, sem mostrar diferenças significativas entre as 4 posições radiais amostradas, com os vasos próximos da casca significativamente mais longos do que os das demais posições.

Clarke *apud* Downes *et al.* (1997) reportou correlações fenotípicas baseadas na média de família, sendo o diâmetro tangencial dos vasos significativo e positivamente correlacionado com a altura da árvore, DAP, volume e comprimento da fibra.

Malan (1991), estudando a associação de herança de crescimento em árvores de *E. grandis*, na África do Sul, concluiu que, apesar de ser encontrada correlação significativa e negativa entre taxa de crescimento e frequência de vasos na posição radial, o efeito do crescimento dessa árvore pode ter um significado prático muito pequeno.

Florsheim *et al.* (2000), estudando árvores de *E. saligna* aos sete anos, observaram diferenças na largura dos raios (µm e n^o/mm), nas classes sociológicas, altura na árvore e posição radial. Nas árvores da classe dominante foram encontrados raios com os maiores valores de altura, largura e frequência; com a altura e largura dos raios crescentes da medula para a casca, sem apresentar diferença estatística.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram amostradas árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden de povoamentos com sete anos de idade implantados no município de Telêmaco Borba (PR) – de propriedade da Klabin, plantados em espaçamento 2,5 x 2,5 m.

As árvores foram selecionadas por classe sociológica, segundo Zobel & Buijtenen (1989), em dominante, intermediária e dominada, através de seleção casual.

Para cada árvore, foram coletadas amostras na forma de discos (método destrutivo), na base, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial. Dos discos de madeira foram retiradas amostras com 3 cm de largura, da medula até a casca, utilizando-se uma serra fita e obtidos corpos-de-prova (2 x 1,5 x 2 cm) nos planos transversal, longitudinal, tangencial e radial, respectivamente, na região a 0% (medula), a 50 e a 100% (próximo à casca) (FIGURAS 1 e 2).

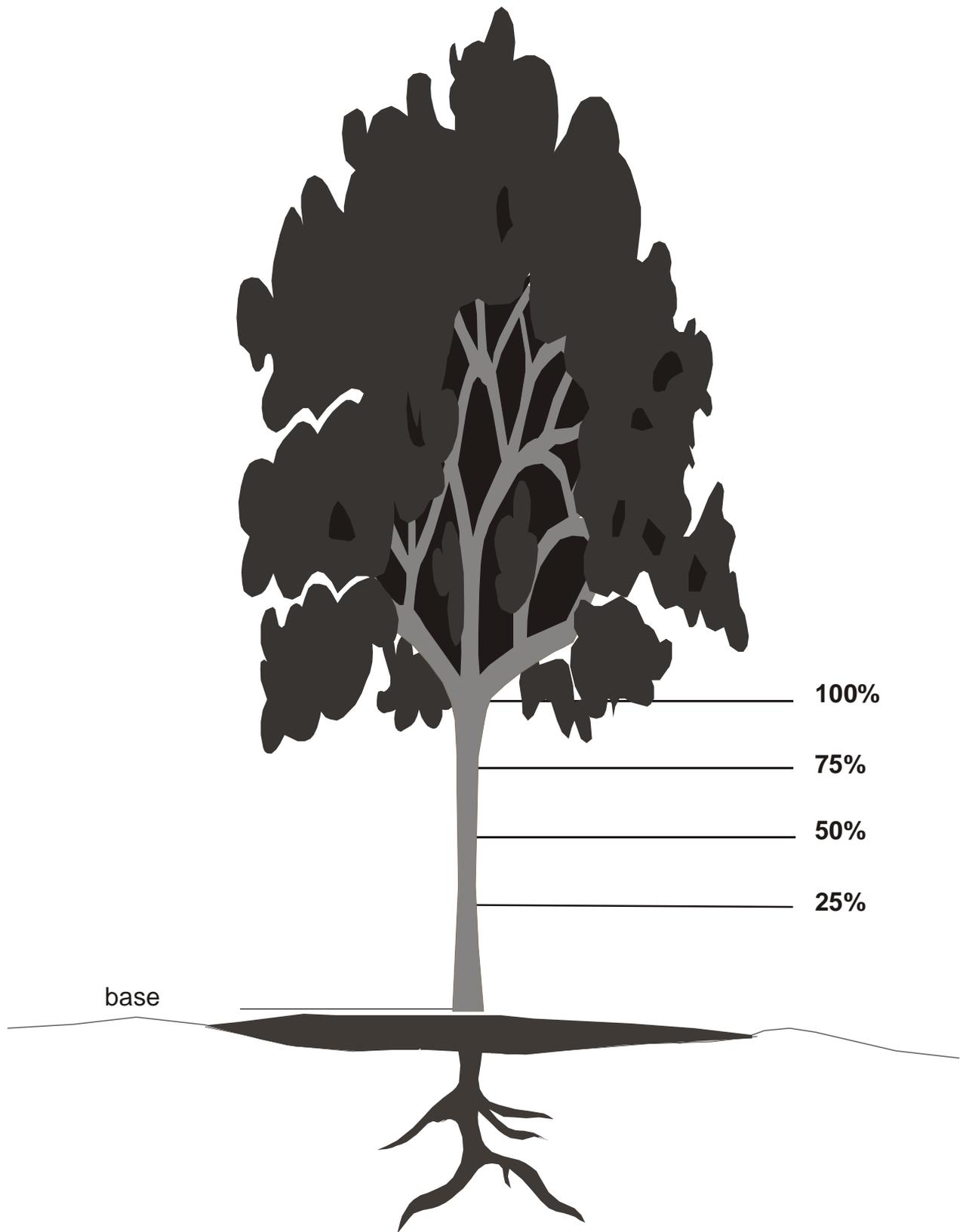


FIGURA 1 – Posições de coletas dos discos de madeira nas árvores de *Eucalyptus grandis*.

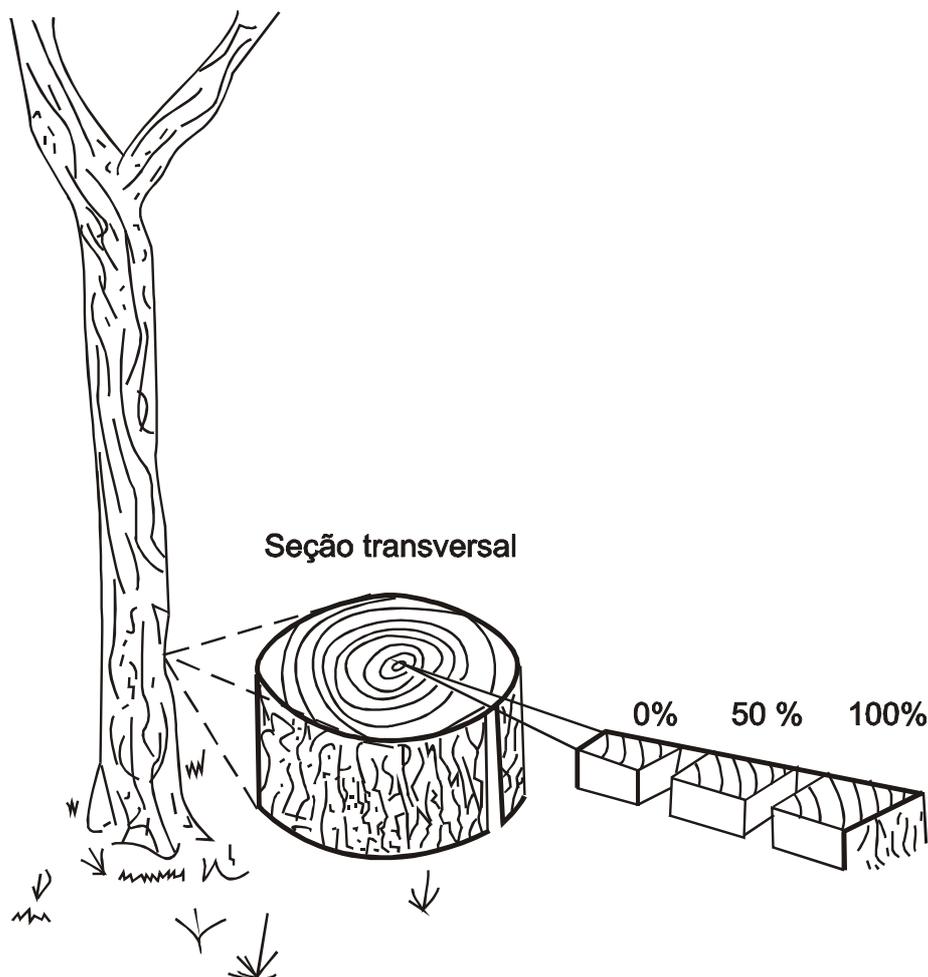


FIGURA 2 – Local de retirada dos corpos-de-prova destinados ao estudo da variação dos elementos anatômicos.

Os cortes histológicos dos corpos-de-prova, nos três planos, foram realizados em micrótomo de deslize, e as lâminas histológicas montadas segundo Jeffrey *apud* Johansen (1940).

Foram retirados pequenos fragmentos de madeira de cada corpo-de-prova e dissociados segundo o método de Jeffrey *apud* Johansen (1940), e montadas lâminas provisórias, possibilitando a mensuração das dimensões das fibras.

Adotou-se a terminologia recomendada por Iawa Committee (1989) e Comissão Panamericana de Normas Técnicas - COPANT (1974).

A dimensão dos elementos anatômicos foi obtida em equipamento de análise de imagens (microscópio trinocular com câmara e monitor de vídeo), utilizando-se o software de análise de imagem "Image Pro-plus" para as medições. Obtidas as dimensões das fibras, foram calculados:

- Índice de Runkel (IR) = $2P/Lu$;
- Fração Parede (FP) = $(2P/D) \times 100$;
- Índice de Enfeltramento (EF) = $(C/D) \times 1000$, e
- Coeficiente de Flexibilidade (CF) = $(Lu/D) \times 100$.

Onde:

P = espessura da parede;

Lu = diâmetro do lume;

C = comprimento da fibra, e

D = diâmetro tangencial da fibra.

Visando verificar as diferenças entre as dimensões dos elementos celulares com a classe sociológica, posição axial e radial, foram realizadas análises de variância e testes de Tukey.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de Variância

Os resultados da análise de variância dos valores das dimensões das fibras, vasos e raios, estão contidos nas TABELAS 1, 2 e 3, respectivamente.

Para as fibras (TABELA 1), verificou-se que o comprimento variou em relação à classe sociológica, à posição em altura e à posição radial, com valores de F altamente significativos. Quanto às dimensões de diâmetro tangencial e lume, as variações foram observadas para classe sociológica e posição radial. A parede das fibras apresentou valor de F estatisticamente significativo somente em relação à posição sociológica.

Para os vasos (TABELA 2), verificou-se que os valores de F foram altamente significativos

para classe sociológica, altura e posição radial, indicando que existem diferenças para diâmetro tangencial e frequência por mm² entre as variáveis estudadas. Quanto ao comprimento dos elementos de vaso, os valores de F são altamente significativos para altura e posição radial.

A análise de variância para as dimensões dos raios (TABELA 3) apresentou valores de F altamente significativos para largura em μm nas três variáveis estudadas. A altura dos raios, em número de células, variou apenas para classe sociológica e posição radial. A frequência dos raios por milímetro variou para altura e posição radial (altamente significativo), enquanto a altura dos raios, em μm , variou apenas em relação à classe sociológica. Os valores de largura dos raios em número de células não apresentaram variações estatisticamente significativas em nenhuma das variáveis estudadas.

TABELA 1 – Resultado do teste F na análise de variância para as dimensões das fibras de *E. grandis* aos sete anos.

	Comprimento F	Diâmetro Tangencial F	Lume F	Parede F
C. V. (%)	15,64	17,19	26,41	23,74
Classe sociológica	24,57**	11,46**	33,48**	15,55*
Altura na árvore	6,07**	4,03 ^{ns}	4,56 ^{ns}	1,48 ^{ns}
Posição radial	124,03**	12,78**	13,91**	1,20 ^{ns}

Onde: ** = significativo a nível de 1% de probabilidade; * = significativo a nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo, e C.V. = coeficiente de variação.

TABELA 2 – Resultados do teste F da análise de variância para as dimensões dos vasos de *E. grandis* aos sete anos.

	Comprimento	Diâmetro Tangencial	Freq. (n ^o vasos/mm ²)
C.V. (%)	23,88	16,42	28,95
Classe Sociológica	2,56 ^{ns}	107,87**	46,55**
Altura na árvore	12,85**	12,23**	18,94**
Posição radial	57,22**	226,65**	124,23**

Onde: ** = significativo a nível de 1% de probabilidade; * = significativo a nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo, e C.V. = coeficiente de variação.

TABELA 3 – Resultados do teste F na análise de variância para as dimensões dos raios de *E. grandis* aos sete anos.

	Altura (μm)	Altura (n ^o células)	Largura (μm)	Largura (n ^o células)	Frequência. (raios./mm)
C.V. (%)	25,42	27,59	14,47	47,13	40,77
Classe Sociológica	33,57**	22,51**	16,51**	1,11 ^{ns}	3,90 ^{ns}
Altura na árvore	2,28 ^{ns}	3,42 ^{ns}	32,58**	1,05 ^{ns}	6,09**
Posição radial	0,05 ^{ns}	18,83**	18,74**	0,26 ^{ns}	7,88*

Onde: ** = significativo a nível de 1% de probabilidade; * = significativo a nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo, e C.V. = coeficiente de variação.

4.2 Fibras

4.2.1 Posição sociológica

Analisando-se a TABELA 4, pode-se observar que a classe dominante apresenta os maiores valores de comprimento das fibras e espessura da parede, diferindo estatisticamente das outras classes.

A diferença para o comprimento deve ser levada em consideração, uma vez que, segundo Brito *et al.* (1976), esta característica influencia determinantemente na resistência dos papéis à tração, ao arrebentamento e ao rasgo.

A resistência da celulose e papel tem uma altíssima relação com a espessura da parede da fibra.

Acrescente-se, ainda, o fato de que as fibras com paredes mais espessas possuem maior teor relativo de celulose do que fibras de paredes finas, existindo, também, uma correlação positiva entre a espessura da parede e o rendimento em produção de celulose (Paula, 1999).

A classe intermediária apresenta os maiores valores de diâmetro tangencial e lume, sem diferir da classe dominada, porém, estatisticamente diferente da classe dominante.

Considerando-se a afirmação de Shimoyama (1990) de que a espessura da parede e lume das fibras são os fatores que mais influenciam na densidade da madeira, pode-se considerar a classe dominante como apresentando a madeira mais densa.

TABELA 4 – Resultado do teste de Tukey para as dimensões das fibras – posição sociológica.

Classe Sociológica	Comprimento (µm)	Diâmetro Tangencial (µm)	Lume (µm)	Parede (µm)
Dominada	866,08 ^c	19,25 ^a	12,02 ^a	3,62 ^b
Intermediária	942,88 ^b	19,96 ^a	12,36 ^a	3,80 ^b
Dominante	986,74 ^a	18,10 ^b	9,67 ^a	4,21 ^a

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

A TABELA 5 apresenta os valores dos índices calculados entre as dimensões das fibras, relacionando-os com as classes sociológicas. Os resultados do presente estudo mostram maiores valores de Índice de Runkel e Índice de Enfeltramento para a classe dominante.

Considerando-se os valores do Índice de Runkel, estes podem ser classificados como bons, uma vez que Runkel *apud* Paula (1999) propôs a seguinte classificação: fibra com índice até 0,25 considerada

como excelente para papel; de 0,25 a 0,50 é muito boa; de 0,50 a 1,00 é boa; de 1,00 a 2,00 regular, e acima de 2,0 não deve ser usada para papel, tendo em vista tratar-se de fibras com paredes espessas ou muito espessas. Conforme Foeckel & Barrichelo (1975), o Índice de Runkel se relaciona diretamente com as propriedades da celulose e do papel e quando o seu valor é menor do que um, verifica-se que a celulose é bem mais resistente, pois as fibras possuem maior capacidade de interligações.

TABELA 5 – Resultados dos Índices calculados entre as dimensões das fibras com as classes sociológicas.

Relação	Classe sociológica		
	Dominada	Intermediária	Dominante
Índice de Runkel	0,60	0,61	0,88
Índice de Enfeltramento (%)	44,99	47,24	54,53
Fração Parede (%)	37,61	38,08	46,52
Coeficiente de Flexibilidade (%)	62,44	61,74	53,43

Em relação à fração parede a classe dominante apresentou o valor de 46,52%, possibilitando a inferência de que a celulose produzida com essa madeira terá menor qualidade, em comparação com as outras duas classes. Fração parede é um índice que influencia a qualidade da celulose e, de acordo com Foeckel & Barrichelo (1975), valores superiores a 40% não produzem celulose de boa qualidade. Isso porque as fibras são extremamente rígidas, pouco flexíveis e com dificuldades nas interligações das mesmas. Essa relação mantém proporcionalidade positiva com a resistência ao rasgo e negativa com a resistência à tração, ao arrebentamento e com o peso específico. Segundo Brito *et al.* (1976) há uma correlação positiva entre a fração parede e a resistência ao rasgo. Há controvérsias com relação a resistência à tração.

A classe dominada apresentou maior valor de coeficiente de flexibilidade. Segundo Foeckel & Barrichelo (1975) os maiores valores desse coeficiente caracterizam as fibras mais flexíveis, facilitando as ligações entre as mesmas. O coeficiente de flexibilidade relaciona-se positivamente com a resistência à tração, arrebentamento. Brito *et al.* (1976) acrescentam que maiores valores de coeficiente de flexibilidade refletem em maior massa específica da folha.

4.2.2 Posição em altura

As dimensões das fibras variaram de maneira diferente, em relação à posição em altura do tronco das árvores estudadas.

Observando-se a TABELA 6, pode-se constatar que todas as dimensões das fibras são maiores entre 0% (base) e 25%, enquanto as menores dimensões são encontradas a 75% e 100% da altura comercial. Os valores de espessura de parede não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

As relações entre as dimensões das fibras e as posições em altura estudadas são apresentadas na TABELA 7.

Verificou-se uma tendência crescente entre Índice de Runkel e Fração Parede até 75% da altura.

Os maiores valores de Índice de Runkel, Fração Parede e Índice de Enfeltramento foram observados nas posições mais altas do tronco. Esses dados concordam com aqueles encontrados por Shimoyama (1990) para Índice de Runkel. Entretanto, os valores encontrados pela autora para Índice de Enfeltramento foram ligeiramente superiores a 25% da altura comercial.

TABELA 6 – Resultados do teste de Tukey para as dimensões das fibras de *Eucalyptus grandis* aos sete anos – posição em altura.

Altura (%)	Comprimento (µm)	Diâmetro Tangencial (µm)	Lume (µm)	Parede (µm)
0 (base)	920,83 ^{bca}	19,47 ^a	11,99 ^a	3,73 ^a
25	981,09 ^a	19,87 ^a	11,88 ^{ba}	3,99 ^a
50	957,77 ^{ba}	19,26 ^{ba}	11,52 ^{bac}	3,87 ^a
75	888,18 ^c	18,60 ^{ba}	10,62 ^b	3,98 ^a
100	901,50 ^{bc}	17,93 ^b	10,92 ^c	3,75 ^a

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

TABELA 7 – Resultados dos Índices calculados entre as dimensões das fibras com as posições em altura.

Relação	Altura (%)				
	0	25	50	75	100
Índice de Runkel	0,62	0,67	0,67	0,75	0,72
Fração Parede (%)	38,42	40,26	–	42,90	41,83
Índice de Enfeltramento (%)	47,25	49,37	49,74	47,74	50,25
Coef. de Flexibilidade (%)	61,58	59,79	59,81	57,10	58,17

4.2.3 Posição radial

As dimensões das fibras, em relação ao posicionamento na direção radial do tronco, são crescentes no sentido da medula para a casca, com diferenças significativas, estatisticamente,

para comprimento e diâmetro tangencial (TABELA 8).

Os valores de comprimento de fibra maiores na região mais próxima ao câmbio são uma tendência muito aceita, conforme mencionado na revisão bibliográfica desse trabalho.

TABELA 8 – Resultados do teste de Tukey para as dimensões das fibras de *Eucalyptus grandis* aos sete anos – variação radial.

Posição Radial	Comprimento (µm)	Diâmetro Tangencial (µm)	Lume (µm)	Parede (µm)
Medula	800,50 ^c	18,08 ^c	10,32 ^b	3,88 ^a
Intermediária	944,15 ^b	19,15 ^b	11,57 ^a	3,78 ^a
Casca	1080,84 ^a	20,33 ^a	12,36 ^a	3,98 ^a

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

4.3 Vasos

4.3.1 Classe sociológica

Os valores das dimensões dos vasos relativos as classes sociológicas estão apresentados na TABELA 9.

Conforme pode ser observado na TABELA 9, a única dimensão que apresenta tendência crescente é o diâmetro tangencial, com diferenças estatisticamente significativas. Tendência semelhante também foi observada por Florsheim *et al.* (2000) para *E. saligna*.

Maiores diâmetros tangenciais dos vasos, normalmente estão associados a menores frequências (Bamber *et al.*, 1982; Vital & Della Lucia, 1987), embora nos resultados encontrados neste estudo se pode observar que a classe dominante apresenta o maior diâmetro tangencial dos vasos, e a menor frequência de vasos por mm² foi observada na classe intermediária, diferindo estatisticamente das outras classes.

TABELA 9 – Resultado do teste de Tukey para as dimensões dos vasos de *Eucalyptus grandis* aos sete anos – posição sociológica.

Classe sociológica	Comprimento (µm)	Diâmetro tangencial (µm)	Frequência (vasos/mm ²)
Dominada	569,07 ^a	84,24 ^c	16,80 ^a
Intermediária	604,99 ^a	105,26 ^b	12,06 ^c
Dominante	577,12 ^a	110,84 ^a	14,19 ^b

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

4.3.2 Posição em altura

Observando-se a TABELA 10, pode-se constatar que os maiores comprimentos dos vasos foram encontrados a 25% da altura comercial, diferindo estatisticamente das outras posições. A partir dessa altura, os vasos diminuem em seu comprimento em direção ao topo da árvore. Os menores valores foram observados na base.

Os diâmetros tangenciais não apresentaram uma tendência clara de variação em relação à altura. O maior valor foi observado a 75% e o menor na base, sendo este último o único a apresentar diferença estatisticamente significativa entre as demais posições (TABELA 8). Diferentemente do esperado, os vasos de maiores diâmetros apresentaram-se mais frequentes.

TABELA 10 – Resultado do teste de Tukey para as dimensões dos vasos de *Eucalyptus grandis* aos sete anos – posição em altura.

Altura (%)	Comprimento (μm)	Diâmetro tangencial (μm)	Frequência (vasos/ mm^2)
0 (base)	499,92 ^c	90,11 ^b	16,16 ^a
25	638,85 ^a	101,43 ^a	12,40 ^b
50	614,87 ^{ba}	99,60 ^a	13,58 ^b
75	577,50 ^b	105,58 ^a	13,21 ^b
100	589,42 ^{ba}	102,86 ^a	17,43 ^a

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

4.3.3 Posição radial

Na posição radial os valores de comprimento e diâmetro tangencial dos vasos foram crescentes da medula para a casca e observou-se tendência inversa para frequência de vasos por mm^2 (TABELA 11).

Todas as dimensões apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Os valores encontrados estão distribuídos em tendências já preconizadas por vários autores citados na revisão bibliográfica deste trabalho.

TABELA 11 – Resultado do teste de Tukey para as dimensões dos vasos de *Eucalyptus grandis* aos sete anos – posição radial.

Posição radial	Comprimento (μm)	Diâmetro tangencial (μm)	Frequência (vasos/ mm^2)
Medula	500,59 ^c	78,93 ^c	18,70 ^a
Intermediária	592,43 ^b	105,34 ^b	13,03 ^b
Casca	676,78 ^a	117,57 ^a	11,07 ^c

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

4.4 Raios

4.4.1 Posição sociológica

A TABELA 12 apresenta as dimensões dos raios relacionadas com as classes sociológicas estudadas.

Na classe dominante foram encontrados os maiores valores para altura (em μm e em número de células) e largura em μm , todos eles

com diferenças estatisticamente significativas entre as outras classes sociológicas. As outras duas dimensões, largura em número de células e frequência por milímetro, foram maiores na classe dominada.

Estudando *E. saligna*, Florsheim *et al.* (2000) verificaram os maiores valores para todas as dimensões de raios na árvore dominante.

TABELA 12 – Resultado do teste de Tukey para as dimensões dos raios de *Eucalyptus grandis* aos sete anos – posição sociológica.

Classe Sociológica	Altura (μm)	Altura (n ^o células)	Largura (μm)	Largura (n ^o células)	Frequência (raios/mm)
Dominada	195,83 ^b	11,11 ^b	12,51 ^b	1,09 ^a	10,76 ^a
Intermediária	181,10 ^c	10,86 ^b	12,65 ^b	1,04 ^a	9,45 ^b
Dominante	230,34 ^a	13,22 ^a	13,67 ^a	1,01 ^a	9,88 ^{ba}

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

4.4.2 Posição em altura

As dimensões do parênquima radial, relacionadas com a posição em altura estão apresentadas na TABELA 13.

Não existe uma tendência entre os valores das dimensões dos raios. Altura em micrômetro e largura dos raios em número de células variaram, sem, no entanto, apresentarem diferenças estatisticamente significativas. Os raios mais largos (μm) foram observados a 50% da altura comercial.

4.4.3 Posição radial

Na TABELA 14 são apresentados os valores das dimensões dos raios, relacionados com a posição radial, onde se percebe que todos os maiores valores foram observados na região da medula, com diferenças estatísticas significativas, principalmente para altura dos raios em número de células.

TABELA 13 – Resultado do teste de Tukey para as dimensões dos raios de *Eucalyptus grandis* aos sete anos – posição em altura.

Posição em altura (%)	Altura (μm)	Altura (células)	Largura (μm)	Largura (células)	Frequência (raios/mm)
0	205,76 ^a	11,64 ^{ba}	13,63 ^b	1,10 ^a	10,51 ^{ba}
25	197,07 ^a	11,19 ^b	12,65 ^c	1,01 ^a	10,48 ^{ba}
50	212,49 ^a	12,22 ^{ba}	14,48 ^a	1,02 ^a	8,45 ^c
75	191,76 ^a	11,14 ^b	12,09 ^{dc}	1,00 ^a	9,63 ^{bc}
100	205,05 ^a	12,58 ^a	12,53 ^d	1,12 ^a	11,51 ^a

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

TABELA 14 – Resultado do teste de Tukey para as dimensões dos raios de *Eucalyptus grandis* aos sete anos – posição radial.

Posição radial	Altura (μm)	Altura (células)	Largura (μm)	Largura (células)	Frequência (raios/mm)
Medula	203,26 ^a	12,97 ^a	13,64 ^a	1,07 ^a	11,13 ^a
Intermediária	201,74 ^a	11,58 ^b	12,53 ^b	1,03 ^a	9,76 ^b
Casca	201,84 ^a	12,60 ^c	12,60 ^b	1,04 ^a	9,13 ^b

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- a árvore dominante apresentou: fibras 13,9% mais longas do que a árvore dominada e 4,6% mais longas do que a árvore intermediária; parede das fibras 16,5% mais espessas do que a dominada e 10,8% mais espessas que a intermediária;

diâmetro de vasos 31,6% mais largos que a dominada e 5,3% mais largos que a intermediária; raios 17,6% mais altos que a dominada e 27,2% do que a intermediária e 9,3% mais largos que a dominada e 8,1% mais largo que a intermediária; fração parede de 46,52%, podendo ser caracterizada como produtora de celulose de baixa qualidade em relação ao rasgo e pouca resistência à tração do papel;

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos.

- na avaliação axial (base-topo das árvores) os maiores valores das dimensões das fibras foram observados entre 0 e 25% da altura comercial; os maiores comprimentos de vaso e a menor frequência foram encontrados a 25% da altura comercial; os vasos mais largos foram verificados a 75% da altura comercial; os raios mais altos e mais largos foram encontrados a 50%, enquanto os mais frequentes a 100% da altura comercial; maiores valores de Índice de Runkel e fração parede foram observados nas posições mais altas do tronco (50, 75 e 100%), e
- na direção radial (medula-casca) todas as dimensões das fibras apresentaram tendência crescente; nos vasos a tendência crescente foi observada para comprimento e diâmetro tangencial e, decrescente para frequência; os maiores valores das dimensões dos raios foram verificados na região da medula e a frequência apresentou tendência decrescente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAMBER, R. K.; HORNE, R.; GRAHAN-HIGGS, A. Effect of fast growth on the wood properties of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forest Research**, Melbourne, n. 12, p. 163-167, 1982.
- _____.; HUMPHREY, F. R. A preliminary study of some wood properties of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **Journal of the Institute of Wood Science**, Buckinghamshire, v. 11, n. 1, p. 66-70, 1963.
- BANKS, C. H. The mechanical properties of timber with reference to those grown in the Union of South Africa. **South African Forest Journal**, Menlo Park, v. 24, p. 44-65, 1954.
- BHAT, K. M.; BHAT, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Wood density and fibre length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fibre Science**, Kansas, v. 22, n. 1, p. 54-61, 1990.
- BAPTISTA, V. R.; CARNEIRO TOMAZELLO, M. G.; TOMAZELLO FILHO, M. **Caracterização da madeira de eucaliptos**: anatomia, densidade básica e densitometria de raios X. Disponível em: <<http://143.107.70.222/informa/floresta.html>>. Acesso em: 19 ago. 2003.
- BISSET, I. J. W.; DADWELL, H. E. The variation of fibre length within one tree of *Eucalyptus regnans*. **Australian Forestry**, Melbourne, v. 13, n. 2, p. 81-96, 1949.
- BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do DAP – análise preliminar. **IPEF**, Piracicaba, n. 5, p. 81-90, 1972.
- BRITO, J. O; BARRICHELO, L. E. G.; FERREIRA, M. O melhoramento dos caracteres da madeira frente a produção de celulose e papel. **IPEF Boletim Informativo**, Piracicaba, v. 6, n. 19, p. 96-115, 1976.
- BUSNARDO, C. A. *et al.* Estudo comparativo da qualidade da madeira de algumas espécies de eucaliptos tropicais. In: CONGRESSO ANUAL ABCP, 11., 1978, São Paulo. São Paulo: Associação Brasileira de Celulose e Papel - ABCP, 1978. p. 191-197.
- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. **Madeiras, descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira**; angiospermas, dicotiledôneas. Rio de Janeiro, 1974. 15 p.
- DAVIDSON, J. **Variation, association and inheritance of morphological and wood characters in a improvement programe for *Eucalyptus deglupta***. 1972. 263 f. Thesis (PhD) - Australian National University, Canberra.
- DOWNES, G. M. *et al.* **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Australia: CSIRO Publishing, 1997. 132 p.
- FLORSHEIM, S. M. B. *et al.* Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 179-191, 2000.
- FOECKEL, C. E.; BARRICHELO, L. E. G. **Tecnologia de celulose e papel**. Piracicaba: USP-ESALQ-CALQ, 1975. 207 p.
- IAWA COMMITTEE. List microscope features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 221-259, 1989.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos.

JESUS, R. M.; VITAL, B. R. Comparação entre densidade de matrizes e de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 82-90, 1986.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechniques**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

MALAN, F. S. Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. **South African Forestry Journal**, Menlo Park, v. 157, p.16-23. 1991.

_____.; GERISCHER, G. E. R. Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress intensity. **Holzforschung**, Berlin, v. 41, p. 331-335, 1987.

NAHUZ, M. A. R. (Coord.). **Madeiras: material para o design**. São Paulo: Páginas & Letras, 1997. 63 p.

OLIVEIRA, J. I. S. *et al.* Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para construção civil: 1- avaliação dendométrica das árvores. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 113-124, 1999.

PAULA, J. E. Caracterização anatômica de madeiras nativas do cerrado com vistas à produção de madeira. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 26-40, 1999.

RECORD, S. J.; HESS, R. W. **Timbers of the new world**. New Haven: Yale University Press, 1949. 640 p.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R.; CHAVES, R. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 71-78, 1998.

SCURFIELD, G. Structural features of hardwood and their influence on paper properties. **TAPPI**, Atlanta, v. 59, n. 7, p. 110-113, 1976.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TAYLOR, F. W. Variation in the anatomical properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. **APPITA Journal**, Victoria, v. 27, p. 171-178, 1973.

TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial dos constituintes anatômicos e da densidade básica da madeira de oito espécies de eucalipto**. Piracicaba: ESALQ/LCF, 1983. 99 p. (Convênio IPEF/CIA. SUZANO DE PAPEL E CELULOSE/ DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA – ESALQ/USP). (Relatório Final).

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Effect of tree spacing on wood production and wood quality of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* at 52 months. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, p. 132-145, 1987.

ZOBEL, B. J.; BUIJTENEN, J. P. van. **Wood variation: it's causes and control**. Berlin: Springer Verlag, 1989. 363 p. (Spring Series in Wood Science).