

TENSÕES DE CRESCIMENTO EM PROCEDÊNCIAS DE *EUCALYPTUS GRANDIS* HILL
EX MAIDEN E SUAS RELAÇÕES COM AS CARACTERÍSTICAS DAS
FIBRAS E DENSIDADE BÁSICA.*

Plínio de Souza FERNANDES**
Sandra Monteiro BORGES FLORSHEIM**
Finê Thomaz ROCHA**
Ricardo Gaeta MONTAGNA**
Hilton Thadeu Zarate do COUTO***

RESUMO

ABSTRACT

Estudaram-se as correlações entre as tensões de crescimento, expressas pelo IR (índice de rachaduras), com as características de densidade no sentido medula-casca e dimensões das fibras no nível do DAP, em cinco (5) procedências de *Eucalyptus grandis* com 13,5 anos de idade. Não ocorreram variações significativas nos níveis internos de tensões de crescimento entre as cinco procedências estudadas. As diferenças de densidades básica no sentido medula-casca, entre as procedências e dentro delas, só se apresentaram significativas na região periférica do lenho, indicando que uma amostragem nessa região é suficiente para expressar a grandeza e variação da característica densidade, entre árvores. Não foram encontradas tendências definidas de associações entre os níveis de tensões de crescimento e os valores de densidade obtidos nas três posições do sentido medula-casca. Da mesma forma, não foram encontradas associações significativas entre o nível interno de tensões de crescimento e as dimensões das fibras.

The correlations of growth stress, as expressed by SI (splitting index), with wood density along the direction pith to bark, and with fibre dimensions at DBH level in five provenances of 13.5 year-old *Eucalyptus grandis* were studied. The results showed that there were no significant variations at the levels of growth stress between the five provenances analysed. The differences in wood density along the direction pith to bark, between and within provenance, were significant only in the region around the xylem. This shows that one sample from this region is enough to indicate the magnitude and the variation of density between trees. A definite trend of an association to occur between the levels of growth stress and density values, obtained in the three positions along the direction pith to bark, was not found. An association between the level of growth stress and dimensions of fibres was not found either.

Palavras-chave: tensões de crescimento, rachaduras, densidade básica, dimensões de fibras, procedências, *Eucalyptus grandis*.

Key words: growth stress, splitting, wood density, fibre dimensions, *Eucalyptus grandis*, provenances.

1 INTRODUÇÃO

As tensões de crescimento estão presentes em todas as espécies florestais, pois constituem-se numa necessidade estrutu-

ral das árvores. Entretanto, sua manifestação varia consideravelmente entre espécies e dentro de uma mesma espécie.

(*) Aceito para publicação em abril de 1989.

(**) Instituto Florestal - Caixa Postal, 1322 - CEP. 01051 - São Paulo - SP.

(***) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP - Caixa Postal, 99 - CEP. 13400 - Piracicaba - SP.

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

Trabalhos desenvolvidos por diversos autores são unânimes em reconhecer que os efeitos mais severos das tensões de crescimento ocorrem em certas espécies de rápido crescimento, em árvores jovens e árvores de pequenos diâmetros.

No processamento da madeira de espécies de *Eucalyptus* de rápido crescimento, a principal causa pelos baixos rendimentos é a tendência para a rachadura das toras antes e durante o seu desdobro. Os altos níveis de tensões internas de crescimento nas árvores são a principal causa dessas rachaduras.

A semelhança com outros materiais, o sucesso no processamento e utilização da madeira deve ser baseado num completo conhecimento de todas as suas características e variações. Dessa forma, as pesquisas das propriedades da madeira associadas às suas características anatômicas podem constituir-se no melhor meio para a seleção de indivíduos desejáveis, com vistas à formação de novas populações.

O *Eucalyptus grandis* é uma espécie de rápido crescimento e a mais utilizada para a produção de fibras, em nossas condições, e sua madeira apresenta excelentes características de trabalhabilidade nos mais variados usos: paletes, caixotaria, marcenaria, móveis, construções, etc.

Assim, a minimização do problema das rachaduras das toras provocadas pelas tensões internas de crescimento é uma meta que se impõe.

O presente trabalho com cinco (05) procedências de *Eu-*

calyptus grandis propõe testar as seguintes hipóteses:

- a) existe variação no nível de tensões de crescimento entre procedências e dentro delas;
- b) ocorre variação das características das fibras no material analisado e;
- c) existe estreita associação entre os parâmetros analisados.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

As perdas de madeira em volume devido às rachaduras das extremidades das toras e empenamentos indesejáveis foram avaliadas por V. Planton apud DINWOODIE (1966) como sendo de 15 a 20 %; os valores financeiros poderão ser consideravelmente maiores.

As tensões de crescimento foram definidas pela Sociedade dos Florestadores Americanos como as forças encontradas em troncos de árvores vivas. Essas forças, de acordo com WILHELMY & KUBLER (1973) são parcialmente liberadas quando a árvore é abatida e seccionada em toras. Este alívio é, contudo, limitado a uma pequena extensão a partir da nova face. Como resultado da redistribuição das forças presentes, a zona próxima à casca tende a retrair-se, enquanto a zona central da tora, sob compressão tende a expandir-se. Dessa maneira as faces das extremidades da tora tomam a forma côncava e as rachaduras se manifestam.

De acordo com VAN WYK (1978), as tensões internas de crescimento existem na árvore como forma de lhe oferecer estabi-

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

lidade espacial da mesma forma que uma antena é pressionada pelos cabos laterais que lhe dão sustentação.

J. F. Martley apud CHAFE (1979), foi um dos primeiros estudiosos a apreciar a existência das consideráveis tensões longitudinais nos troncos de árvores. Ele observou, em laboratório, que, quando uma prancha central era serrada ao meio, através da medula, as duas partes resultantes curvavam-se consideravelmente com as extremidades afastando-se. Prontamente o referido autor concluiu que os anéis mais externos de crescimento estavam em alto estado de tensão de tração, em relação aos tecidos próximos à medula. Estudos posteriores desenvolvidos por diversos autores na Europa confirmaram a presença de considerável tensão de compressão longitudinal nas porções próxima à medula, enquanto os anéis externos apresentavam altos níveis de tensões de tração.

Quanto às origens das tensões internas de crescimento, várias hipóteses foram levantadas. Inicialmente J. F. Martley, considerou como sendo resultante do peso da árvore. Seus cálculos, contudo, mostraram que o aumento do peso da árvore produziu tensões correspondentes a apenas uma fração do nível interno medido. Assim é difícil de reconciliar as tensões de tração existentes nas camadas periféricas do tronco com sua hipótese.

E. MUNCH apud DINWOODIE (1966), que foi o primeiro a estudar madeira de reação, considerou que esse tecido possuía função ativa e dinâmica. As forças presentes nesse sentido ele considerou como devidas a uma retra-

ção longitudinal das paredes das células da madeira tensionada, com uma concorrente expansão de suas paredes no sentido transversal, pela deposição de substâncias nos interstícios intermiciais laterais.

Embora a hipótese de MUNCH fosse originalmente desenvolvida para a madeira de reação, ela foi usada para explicar as tensões de crescimento em troncos normais e erectos, pois, como CLARKE (1939) enfatizou, madeira de reação não é um tecido anormal, mas meramente uma forma extrema do tipo normal. O alto nível de tensão de compressão longitudinal na região da medula é devido ao efeito cumulativo das sucessivas camadas de células que são formadas na periferia em estado de retração longitudinal.

É interessante notar que nos primeiros trabalhos de JACOBS (1938, 1939), na Austrália, as tensões de crescimento foram explicadas em termos de tensão das fibras devido à sua retração que ocorre conforme as fibras se solidificam a partir do câmbio.

Os trabalhos preliminares, nos Estados Unidos desenvolvidos por KOEHLER (1933), sugeriam que as tensões de crescimento poderiam ser devidas a vários fatores, a saber: maior crescimento na circunferência que radial; redução da turgidez dos tecidos mais idosos e variações químicas. Entretanto, essas hipóteses foram consideradas nulas por BOYD (1950b), principalmente baseado no fato de que as tensões diferenciadas podem ser absorvidas pelas células antes da formação da parede secundária destas e que a turgidez delas não decresce com o aumento do diâmetro conforme

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

sugere a hipótese.

Uma hipótese que foi proposta por JACOBS (1945), era de que as tensões de crescimento surgem como uma reação à tensão do fluxo da seiva. Essa hipótese teve pouca receptividade entre os pesquisadores europeus e era baseada na presença das grandes forças de tensão superficial que surgem devido ao grande número dos canais de pequenos diâmetros que constituem a madeira. Consideráveis tensões ocorrem no fluxo da seiva durante a estação de crescimento e foi considerado que essas tensões eram transferidas para as células das fibras. Essa hipótese foi examinada e criticada por BOYD (1950b), pois, como as forças de sucção são maiores no topo das árvores as tensões de crescimento deveriam mostrar uma distribuição similar, e isto não ocorre. Ainda, as forças de sucção necessárias para justificar as tensões de crescimento são consideradas capazes de causar colapso fibrilar.

Sobrepondo a qualquer processo fisiológico, há a possibilidade da influência genética. Consideráveis variações no nível das tensões de crescimento ocorrem entre árvores de um mesmo povoamento e isto pode ser explicado em termos de fatores genéticos conforme sugeriram O. Lenz & H. Strassler apud DINWOODIE (1966).

Os estudos de NICHOLSON (1971) demonstraram que não há relação entre taxa de crescimento e valor de tensão de tração periférica, embora haja considerável variação entre os valores de tensão entre árvores, mesmo adjacen-

tes. Esse fato sugere que a tensão de crescimento deve estar substancialmente controlada por fatores genéticos.

NICHOLSON (1973) estudou a variação entre árvores de *Eucalyptus regnans*, e dentro delas, encontrou uma tensão de tração periférica que varia de 4,9 MPa* e 16,3 MPa e uma média de 10,4 MPa, para 41 árvores pesquisadas. O autor encontrou significativas variações no nível das tensões longitudinais ao redor da circunferência de árvores praticamente retas e árvores inclinadas, embora as maiores variações tenham sido encontradas nesse último grupo.

Outra causa da variação das tensões de crescimento entre árvores está relacionada ao diâmetro. Essa variação, de acordo com JACOBS (1945), é independente do diâmetro na periferia do tronco, onde são encontrados valores de tração longitudinal de grandes similares. Entretanto as tensões de crescimento na região da medula são crescentes. Esse crescimento é mais rápido em árvores de pequenos diâmetros em comparação com árvores de maiores diâmetros (BOYD, 1950a).

FERNANDES & FERREIRA (1986), estudou as relações entre o nível de tensões de crescimento e os diâmetros das toras de *Eucalyptus saligna* e encontrou correlações altamente significativas. As deformações causadas pelas tensões internas de crescimento diminuíram com o aumento dos diâmetros. Essas conclusões são concordes com as afirmações de CURRO & CIVIDINI (1961), que trabalharam com o *E. camaldulensis*.

(*) 1MPa = 10^6 N/m²

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

As observações gerais são de que, após o abate, os troncos de menores diâmetros são mais propensos ao desenvolvimento das rachaduras devido às tensões de crescimento, do que aqueles de maiores diâmetros. A esse respeito, BOYD (1950a), conclui que a principal diferença entre os troncos de maiores e menores diâmetros, desde que apresentem uma tensão periférica de mesma grandeza, reside na inclinação do gradiente de tensão no sentido medula-casca, sendo que essa inclinação é mais acentuada nos indivíduos mais finos.

NICHOLSON et alii (1972), estudando associações das tensões de crescimento periférico numa árvore de *E. regnans* e diversas propriedades desse indivíduo, encontraram uma forte interação com módulo de elasticidade, densidade básica e conteúdo de lignina. Daí, se a densidade da madeira é uma característica altamente herdável, as tensões de crescimento associadas às características da madeira podem ser uma resposta genética às condições ambientais.

A avaliação do desempenho de progênies de árvores selecionadas é uma forma de estimar o nível de controle genético da característica estudada. Para rachaduras de extremidades de toras de *Eucalyptus saligna*, MALAN (1979), também citado por VAN WYK (1980), avaliou um teste de progênie de polinização livre e encontrou variações significativas entre famílias. O autor obteve uma estimativa de 0,20 para herdabilidade da característica, com predição de ganhos genéticos da ordem de 6,4 %, na redução das rachaduras, em relação à média da população.

Com relação às associações entre características da madeira e as deformações causadas pelas tensões internas de crescimento, FERNANDES (1982), estudou progênies de *Eucalyptus urophylla* e encontrou enormes variações no nível de deformações provocadas pelas tensões de crescimento, entre progênies e dentro delas, mais não detectou correlações significativas com a densidade da madeira e gradiente da densidade no sentido medula-casca. Foi sugerido alto controle genético da tendência de as toras de *E. urophylla* racharem nas extremidades.

Entretanto, HILLIS (1973), relata que o nível de tensão longitudinal gerado num determinado ponto da superfície de um tronco está estreitamente relacionado à estrutura das fibras celulares contidas na madeira e pode ser predita por elas. Nesse sentido MALAN (1984) estudou a associação entre o nível de tensões de crescimento e diversas características da madeira do *Eucalyptus grandis* e os resultados obtidos permitiram àquele autor concluir que as árvores com altos níveis de tensão de crescimento eram caracterizadas por elevadas densidades da madeira nas partes externas do lenho, resultando num elevado gradiente de densidade no sentido medula-casca do tronco. Concluiu ainda que os altos níveis da tensão de tração longitudinal na periferia dos troncos estavam intimamente associados à proporção de fibras com paredes celulares espessas e que essas fibras apresentavam comprimentos maiores, quando comparados com aquelas de árvores de menores níveis de tensão periférica. O referido autor sugeriu que a redução do nível de tensão de cresci-

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

mento das árvores pode resultar em madeira de baixa densidade periférica dos troncos e em consequência, uma reduzida variação de qualidade da madeira no sentido medula-casca.

3 MATERIAL E METODO

3.1 Caracterização do Local e do Material Genético

O material para estudo foi obtido de um teste de procedências de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden), instalado em janeiro de 1975 na Estação Experimental de Itirapina, do Instituto Florestal do Estado de São Paulo. O local está a 47°49' de longitude Oeste de Greenwich e 22°15' de latitude Sul e a 760 m de altitude. Pela carta climática de GODOY & ORTOLANI (s.d.), com base no sistema Köppen, o clima é do tipo Cwa, quente e de inverno seco. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22° C e a do mês mais frio inferior a 18° C. A precipitação média anual é de 1.200 a 1.300 mm e a precipitação total do mês mais seco, que ocorre em julho, é próxima de 20 mm. O solo do local é constituído de areias quartzosas, de baixa fertilidade.

Do teste elegeram-se cinco (05) procedências com as respectivas numerações de estudo e introdução do material genético:

- 1 - 2283 - Warburton (Africa do Sul)
- 2 - 2367 - W. Coffs Harbour (NSW)
- 3 - 2369 - Atherton (QLD)
- 4 - 2371 - NE. Gympie (QLD)
- 5 - Rio Claro - SP.

Nessa ocasião as árvores

apresentavam idade de 13,5 anos de idade.

3.2 Eleição das Árvores para Estudo

De cada procedência elegeram-se e identificaram-se cinco (05) árvores com DAP próximo da média, tendo como objetivo obter um conjunto uniforme quanto às características fenotípicas. As árvores eram erectas, e sem anormalidades aparentes, evitando-se as árvores de bordaduras.

3.3 Preparo do Material para Avaliação das Tensões de Crescimento e Análise das Características do Lenho

As árvores eleitas para estudo foram abatidas e, a partir do nível do DAP, cortou-se um torete com dois (2) metros de comprimento; no nível do DAP retirou-se um disco com aproximadamente 10 cm de espessura, para análise de densidades básicas e fibras.

No mesmo dia os toretes foram conduzidos para desdobro em serraria, para, através da medição das rachaduras terminais da prancha central, determinarem-se os índices de rachaduras (IR), conforme propõe FERNANDES (1982) e FERNANDES & FERREIRA (1986).

3.4 Corpos de Prova e Dimensões das Fibras

Retirou-se corpos de prova com as dimensões de 2 x 3 x 3 cm e obtidos em três (3) diferentes posições no sentido medula-casca do disco de madeira: a zero (0 %), cinquenta por cento (50 %) e cem por cento (100 %) do raio do disco. Dessas posições, também, foram retirados corpos para ava-

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

liação das densidades básicas.

As fibras foram analisadas em material macerado; para isso, pequenas porções de cada corpo de prova sofreram tratamento segundo o método de Jeffrey apud JOHANSEN (1940).

As dimensões das fibras foram tomadas com auxílio de um microscópio Zeiss e ocular micro-métrica KPL 8x.

Para as características quantitativas determinadas em cada amostra, efetuaram-se cálculos de médias (\bar{X}), variância (s^2), desvio padrão (S), número mínimo de medições necessárias para 95 % de confiabilidade (N), segundo FREESE (1967).

3.5 Análise Estatística dos Dados

Para a interpretação dos resultados obtidos efetuou-se a análise de variação entre procedências, dentro de procedências e testaram-se a correlação entre o índice de rachaduras (IR) com as densidades do lenho e as dimensões das fibras, de acordo com as recomendações de STEEL & TORRIE (1980).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variação das Médias para as Características Estudadas entre Procedências

A análise de variância aplicada aos valores médios de DAP, IR e densidades na região medular (Posição A), região mediana do raio (Posição B) e periferia do disco (Posição C), consta da TABELA 1.

Os dados da TABELA 1 indicam que os valores de DAP não diferem estatisticamente entre procedências. Assim, espera-se que as pequenas variações entre médias não sejam suficientes para interferir no comportamento dos demais parâmetros analisados.

Da mesma forma para a característica IR o valor de F apresentou-se não significativo. Assim, pode-se inferir que a variação dos valores de IR não sofre interferência da origem do material genético, não existindo procedências com tendências definidas de rachar mais ou menos por efeito das tensões de crescimento.

A análise dos dados de densidade básica nas Posições A, B e C indicou que somente na região periférica do lenho ocorreram diferenças significativas entre procedências, à nível de 1 % de probabilidade. Pelo Teste de Tukey a 5 % as procedências 4 e 1 apresentaram valores de densidade superiores às demais e similares entre si.

Os valores das dimensões das fibras nas posições próxima à medula (A); intermediária (B) e próximo à periferia (C) do disco de madeira do DAP constam das TABELAS 2, 3, 4 e 5.

Com relação à variação, entre procedências, das dimensões das fibras, a análise das TABELAS 2, 3, 4 e 5 indicou que:

a) comprimento de fibras: os dados da TABELA 2 indicam um aumento no comprimento das fibras do sentido medula-casca. Na Posição A encontraram-se variações significativas, por efeito de procedência, no com-

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

TABELA 1 - Resultados da análise de variância e comparação de médias entre procedências para DAP, índice de rachaduras (IR) e densidades básicas nas posições (A, B e C).

PROCEDENCIA	CARACTERISTICA	DAP (cm)	IR (%)	DENSIDADE (g/cm ³)		
				POS. A	POS. B	POS. C
1		17,20 a	179,52 a	0,434 a	0,480 a	0,570 ab
2		16,75 a	160,91 a	0,442 a	0,468 a	0,536 b
3		17,70 a	149,61 a	0,496 a	0,516 a	0,548 b
4		16,52 a	150,50 a	0,506 a	0,568 a	0,628 a
5		17,45 a	160,11 a	0,450 a	0,514 a	0,536 b
Teste F		0,38 NS	0,58 NS	2,52 NS	2,55 NS	4,46 **
CV %		10,294	22,162	9,986	10,721	7,251
X Geral		17,124	160,129	0,4656	0,5092	0,5636

Nota: - Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey em 5 % de probabilidade.

- NS = não significativo

** = significativo a nível de 1 % de probabilidade.

TABELA 2 - Análise de variância e comparação de médias dos valores de comprimento de fibras, para as posições A, B e C do disco do DAP entre procedências.

Procedência	POSIÇÃO			MÉDIAS DE TORAS DAS POSIÇÕES (µm)
	POSIÇÃO A (µm)	POSIÇÃO B (µm)	POSIÇÃO C (µm)	
1	906,59 a	1084,25 a	1095,25 b	1028,70 a
2	749,26 cd	1030,81 a	1094,10 b	957,12 bc
3	813,97 b	1050,74 a	1106,90 ab	990,54 ab
4	726,71 d	1021,33 a	1062,80 b	936,95 c
5	785,97 bc	1054,65 a	1162,95 a	1001,19 ab
Teste F	25,27 **	2,22 NS	4,91 **	9,17 **
CV (%)	17,51	15,57	14,94	21,11
X Geral	796,40	1048,39	1104,40	982,89

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em 5 % de probabilidade.

NS = não significativo

** = significativo a 1 % de probabilidade

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

TABELA 3 - Análise de variância e comparação de médias dos valores de largura de fibras para as posições A, B e C, do disco do DAP entre procedências.

PROCEDENCIA	POSIÇÃO			
	POSIÇÃO A (μm)	POSIÇÃO B (μm)	POSIÇÃO C (μm)	GERAL (μm)
1	19,36 a	19,21 a	20,22 a	19,59 a
2	17,72 bc	19,00 ab	19,63 ab	18,44 b
3	17,47 b	18,28 abc	18,45 bc	18,07 b
4	16,03 c	17,30 c	18,23 c	17,19 c
5	17,07 b	17,92 bc	19,74 a	18,24 b
Teste F	21,88 **	6,82 **	8,08 **	24,39 **
CV (%)	15,47	16,35	15,79	16,59
\bar{X} Geral	17,33	18,34	19,25	18,31

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em 5 % de probabilidade.

** = significativo a 1 % de probabilidade.

TABELA 4 - Análise de variância e comparação de médias dos valores de diâmetro do lume de fibras para as posições A, B e C, do disco do DAP entre procedências.

PROCEDENCIA	POSIÇÃO			
	POSIÇÃO A (μm)	POSIÇÃO B (μm)	POSIÇÃO C (μm)	GERAL (μm)
1	12,31 a	10,51 a	9,34 a	10,72 a
2	10,86 b	10,81 a	9,30 a	10,33 ab
3	10,26 b	10,05 ab	9,36 a	9,89 bc
4	9,04 c	7,57 c	6,76 b	7,79 d
5	10,52 b	9,22 b	8,49 a	9,41 c
Teste F	27,40 **	21,02 **	18,19 **	52,70 **
CV (%)	21,24	29,38	30,38	28,19
\bar{X} Geral	10,59	9,63	8,65	9,63

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em 5 % de probabilidade.

** = significativo a 1 % de probabilidade.

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

TABELA 5 - Análise de variância e comparação de médias dos valores de espessura de parede de fibras para as posições A, B e C, do disco do DAP entre procedências.

PROCEDENCIA \ POSIÇÃO	POSIÇÃO A (μm)	POSIÇÃO B (μm)	POSIÇÃO C (μm)	GERAL (μm)
1	3,53 ab	4,35 b	5,44 ab	4,44 a
2	2,93 c	4,09 b	5,16 b	4,06 b
3	3,60 a	4,11 b	4,54 c	4,09 b
4	3,49 ab	4,86 a	5,74 a	4,70 a
5	3,27 b	4,35 b	5,62 a	4,42 a
Teste F	10,98 **	7,40 **	18,65 **	12,43 **
CV (%)	24,50	26,11	20,81	30,33
\bar{X} Geral	3,36	4,35	5,30	4,34

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

** = significativo a 1 % de probabilidade.

primento de fibras. O mesmo ocorreu na região próxima à casca (POS. C). Na região mediana os valores encontrados apresentaram-se similares, estatisticamente. É interessante observar que a procedência 4 apresentou o menor valor para comprimento de fibras tanto na região medular como na região próxima à casca. De forma genérica, observa-se que o comprimento das fibras aumenta a partir da medula, em direção à casca, porém, mantendo a grandeza relativa inicial. Essa constatação é interessante em programas de melhoramento genético, podendo-se efetuar pressão de seleção para comprimento de fibras a partir de idades jovens;

b) largura de fibras: para largura de fibras os dados da TABELA

LA 3 indicam que ocorreram variações significativas entre as procedências, nas três posições analisadas. Da mesma maneira, que para comprimento de fibras, observa-se que há uma tendência de as procedências com fibras mais largas próximo da medula manterem essa característica na região periférica do lenho;

c) diâmetro do lume; observa-se pela TABELA 4 uma tendência de diminuição do diâmetro do lume das fibras com o aumento da idade da árvore, inversamente ao que ocorre com a largura das fibras. Também para o parâmetro diâmetro do lume, observa-se que as procedências com os maiores valores próximos à medula (idade jovem) mantém essa superioridade com o passar dos anos, sendo que

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

as procedências com os menores valores na fase inicial também apresentam os menores valores de diâmetro do lume com o aumento da idade e,

- d) espessura da parede: pela análise da TABELA 5 observa-se uma variação estatisticamente significativa entre procedências nas três posições amostradas no sentido medula-casca, da característica espessura da parede das fibras. A comparação desses dados com os da TABELA 4 indica uma inversão de correspondência, ou seja, menores valores de diâmetro do lume correspondem a maiores valores da espessura da parede. Essa é a razão pela qual a densidade básica aumenta no sentido medula-casca, isto é, com o aumento da idade da árvore há uma tendência de as fibras apresentarem menores diâmetros do lume e paredes mais espessas.

4.2 Variação das Médias dentro de Procedências

4.2.1 Componentes da variância para as dimensões das fibras

Efetou-se análise de variância para verificar se a amostragem foi representativa para os diversos componentes de variação. Os resultados obtidos constam da TABELA 6.

Os dados da TABELA 6 indicam que para medição das características das fibras, a maior variabilidade está entre posição dentro da árvore e entre medições dentro de cada posição. Para comprimento de fibras, por exemplo, 71,1395 % de variância total foi devida às posições dentro de ár-

vore e 28,7552 % entre determinações dentro de posição. Isso indica que se deve tomar mais amostras a nível de posições dentro de árvores e menos entre árvores dentro de procedências, para amostrar adequadamente o comprimento de fibras. Por outro lado, os dados obtidos indicam que a amostragem foi suficiente para analisar as fibras de procedências e árvores dentro de procedências. Esses resultados permitem orientar uma adequada amostragem para análise de fibras do lenho, em futuras pesquisas com *Eucalyptus grandis*.

4.2.2 Variação das características do lenho dentro de procedências

De acordo com os dados obtidos na TABELA 7, observa-se que o IR não varia significativamente dentro de procedências, de acordo com o valor de 0,58 obtido para o teste F. O valor relativamente alto obtido para o coeficiente de variação experimental (22,16 %) indica alta variação da característica IR entre árvores, das respectivas procedências, permitindo, dessa forma, pressão de seleção para melhoria genética dessa característica.

Com relação aos valores médios de densidade básica nas três posições do sentido medula-casca, observa-se que somente na posição C, ou próxima da casca, ocorrem diferenças significativas ao nível de 1 %, entre árvores. Esse aspecto, já constatado por FERNANDES (1982), com o *Eucalyptus urophylla* é de vital interesse nos trabalhos de melhoramento genético da densidade básica da madeira, ou seja, somente amostragem na região periférica do lenho é suficiente para esti-

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

TABELA 6 - Porcentagens dos componentes de variação para a análise de variância hierarquizada.

FONTE DE VARIACÃO	MEDIA (µm)	VALORES PERCENTUAIS DOS COMPONENTES DE VARIAÇÃO			
		PROCEDENCIA	ARVORE DEN- TRO DE PRO- CEDENCIA	POSICAO DEN- TRO DE ARVO- RE	DETERMINA- COES DENTRO DE POSICAO
compr.fibras	982,89	0,1353	0,0000	71,1395	28,7552
larg.fibras	18,31	4,8805	0,6708	34,9316	59,5170
diâm.lume	9,63	10,9759	11,4215	23,1387	54,4640
esp.parede	4,34	2,2424	0,0000	70,2889	27,4687

Nota: A soma dos valores percentuais de cada linha perfaz 100 %.

TABELA 7 - Análise de variância e comparação de médias dos valores de IR e densidade básica nas posições A, B e C, entre as árvores de todas as procedências.

CARACTERISTICAS	MEDIAS	TESTE F	CV %	TUKEY 5 %
IR	160,120	0,58 NS	22,16	-
Pos. A	0,465	2,52 NS	9,98	-
Pos. B	0,509	2,55 NS	10,72	-
Pos. C	0,563	4,46 **	7,25	4-1-3-2-5

Nota: NS = não significativo.

** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade

- As procedências não incluídas numa mesma barra são significativamente diferentes a 5 % de probabilidade.

mar a grandeza dessa característica.

4.3.1 Correlação entre IR e DAP

A TABELA 8 apresenta os valores obtidos pela análise de regressão linear simples, para a correlação entre o IR e os valores de DAP, entre procedências.

Pela análise dos dados obtidos nessa TABELA observa-se que existe uma correlação significativa entre os valores de IR e os respectivos DAPs, para as procedências 1, 2 e 3, enquanto que para as procedências 4 e 5 não

4.3 Correlação entre as Características Estudadas

Aplicou-se a análise de regressão linear simples para testar a correlação entre as variáveis estudadas, pois de acordo com FERNANDES (1982), esse foi o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais de mesma natureza.

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

TABELA 8 - Análise de regressão e testes estatísticos entre os valores de IR e os DAP, por procedência.

Proce- dências	R ²	IR	DAP (cm)	CV %	Teste F	EQUAÇÃO
1	0,5944**	179,517	17,20	17,69	19,048	IR= 641,24-28,84 x DAP
2	0,6719**	160,909	16,75	11,53	26,618	IR= 387,08-13,50 x DAP
3	0,8201**	149,606	17,70	10,17	59,256	IR= 387,35-13,43 x DAP
4	0,123NS	150,504	16,52	17,22	0,162	
5	0,1534NS	160,112	17,45	10,14	2,355	

DAP (Geral) = 17,124 cm

Nota: NS = diferença não significativa pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.
** = significativo a 1 % de probabilidade

foi detectado valor de F significativo. Na mesma TABELA são apresentadas as equações que expressam o relacionamento entre os IRs e os DAPs, para as procedências que apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

A análise de regressão aplicada aos valores de todas as árvores estudadas, para verificar o nível de dependência entre o IR e o DAP, indicou um valor $R^2 = 0,3421^{**}$, mostrando uma correlação significativa a um nível de 1 % de probabilidade. Os valores obtidos para os coeficientes da equação indicam que o índice de rachaduras (IR) decresce com o aumento de diâmetro à altura do peito (DAP), com a expressão: $IR = 365,363665 - 11,985150 \times DAP$.

Os resultados dessas análises corroborados pelas conclusões de FERNANDES et alii (1986), com o *Eucalyptus saligna* e CURRO

& CIVIDINI (1961), com o *E. camaldulensis*, mostram que, para determinados grupos genéticos de *Eucalyptus*, existe uma significativa associação entre o nível interno de tensões de crescimento, expresso em IR, e os diâmetros das toras, enquanto que, em outros grupos do mesmo gênero, o efeito da grandeza dos diâmetros na manifestação da intensidade das rachaduras, provavelmente por outras fontes de interferência, não fique evidente.

É oportuno salientar que, sob o ponto de vista teórico, é esperado um valor decrescente do IR com o aumento dos diâmetros, de acordo com WILHELMY & KUBLER (1973).

4.3.2 Correlação entre IR e as densidades básicas nas três posições distintas do sentido medula-casca.

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

TABELA 9 - Análise de regressão e testes estatísticos entre os valores de IR e as densidades básicas nas posições A, B e C, por procedência.

POSIÇÃO A (PROXIMA A MEDULA)

PROCEDENCIA	R ²	CV(%)	TESTE F	EQUAÇÃO
1	0,3884*	21,72	8,257	IR = -403,35+1.343,01xDens. Pos. A
2	0,0039 NS	20,09	0,051	
3	0,5189**	16,62	14,019	IR = 758,21-1.227,02xDens. Pos. A
4	0,6569**	10,15	24,894	IR = 369,72-433,22xDens. Pos. A
5	0,2414 NS	9,60	4,137	

POSIÇÃO B (REGIAO MEDIANA)

1	0,057 NS	26,97	0,786	
2	0,4181**	15,35	9,341	IR = -143,90+651,31xDens. Pos. B
3	0,8609**	8,94	80,479	IR = -535,61+1.327,94xDens. Pos. B
4	0,2199 NS	15,30	3,664	
5	0,0002 NS	11,02	0,002	

POSIÇÃO C (PROXIMO A CASCA)

1	0,8144**	11,96	57,037	IR = 640,72-809,13xDens. Pos. C
2	0,3869*	15,76	8,202	IR = -580,11+1.382,51xDens. Pos. C.
3	0,1800 NS	21,70	2,853	
4	0,0066 NS	17,27	0,087	
5	0,1500 NS	10,16	2,294	

DAP (Geral) = 17,124 cm

Nota: NS = não significativo

* = significativo a 5 % de probabilidade

** = significativo a 1 % de probabilidade

A análise de regressão linear simples aplicada para testar as correlações entre os valores de IR e as densidades básicas nas três posições no nível do DAP (posições A, B e C) constam da TABELA 9.

Por essa tabela observa-se que, a nível de procedência, existem associações significativas entre o IR e a densidade básica em alguma das três posições

analisadas, no nível do DAP. É interessante observar que as correlações significativas encontradas variam de posição, no sentido medula-casca conforme a procedência considerada. Os resultados obtidos revelam uma associação entre os valores de IR e a densidade básica da madeira, mas tal associação é variável no sentido medula-casca conforme a procedência considerada.

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

Na referida tabela são apresentadas as equações que expressam o relacionamento entre os IR e as densidades básicas, para as procedências que apresentaram correlações estatisticamente significativas nessas características.

Observa-se que as correlações significativas não mantêm uma tendência definida para expressarem um efeito positivo ou negativo do valor das densidades na grandeza do IR.

4.3.3 Correlações entre IR e dimensões das fibras

De acordo com os resultados obtidos na TABELA 10, verifica-se que não existe associação estatisticamente significativa entre os valores de IR e as dimensões das fibras (comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede), nas cinco procedências de *Eucalyptus grandis* analisadas. Somente a procedência nº 3 apresentou valor de regressão significativa a nível de 5 % para largura de fibras e significativo a nível de 1 % para diâmetro do lume.

A análise de regressão linear simples aplicada aos valores obtidos em todas as árvores, dentro de procedências, conforme TABELA 11, indica não haver dependência significativa entre o índice de rachaduras (IR) e qualquer das características analisadas em relação às fibras.

Os dados de análise obtidos não estão concordes com aqueles de MALAN (1984), o qual, na mesma espécie, encontrou níveis internos de tensão significativamente associados a maiores comprimentos de fibras e paredes ce-

lulares mais espessas.

A correlação significativa encontrada entre IR e a largura e o diâmetro do lume das fibras na procedência nº 3, indica que, à semelhança do analisado no item 4.3.1, determinados grupos genéticos superam outras interferências, na manifestação dessas associações, a nível de procedências.

4.3.4 Densidade básica ao nível do DAP x dimensões das fibras e gradiente de densidade, dentro de procedências.

Os dados da análise de regressão para testar a correlação entre os valores de densidade básica ao nível do DAP e as dimensões das fibras e o gradiente de densidade no sentido medula-casca, constam da TABELA 12.

De acordo com os valores obtidos na TABELA 12, observa-se que o diâmetro do lume das fibras apresentou valor de correlação significativo a 5 % de probabilidade e a espessura das paredes um valor de correlação significativo a 1 % de probabilidade. Dessa forma, pode-se afirmar que somente esses parâmetros interferiram na manifestação de grandeza da densidade básica.

Os valores de comprimento e largura de fibras, por outro lado, apresentaram-se como não interferentes, na densidade da madeira.

Na TABELA 12 ainda são apresentadas as equações que relacionam a densidade da madeira com o diâmetro do lume e a espessura das paredes das fibras.

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

TABELA 10 - Análise de regressão e testes estatísticos entre os valores de IR e as dimensões das fibras, por procedência.

PROCEDENCIA 1 - (Warburton - AFRICA DO SUL)					EQUAÇÕES
	COMPRI- MENTO	LARGURA	LUME	PAREDE	
R ²	0,0017 NS	0,1103 NS	0,0260 NS	0,0129 NS	—
Teste F	0,022	1,612	0,347	0,169	—
CV(%)	27,751	26,197	27,410	27,595	—
Procedência 2 - (N. Coffs Harbour - NSW)					
R ²	0,0016 NS	0,0339 NS	0,1461 NS	0,0002 NS	—
Teste F	0,021	0,457	2,224	0,002	—
CV(%)	20,111	19,783	18,599	20,126	—
Procedência 3 - (Atherton - QLD)					
R ²	0,1953 NS	0,2896*	0,5089**	0,1297 NS	—
Teste F	3,155	5,300	13,473	1,907	IR = 314,8334-23,5937xLarg.
CV(%)	21,499	20,200	16,795	22,381	IR = 255,7686-27,6849xLume
Procedência 4 - (NE Gympie - QLD)					
R ²	0,0147 NS	0,0000	0,0153 NS	0,0054 NS	—
Teste F	0,194	0,001	0,202	0,070	—
CV(%)	17,203	17,330	17,198	17,284	—
Procedência 5 - (Rio Claro - SP)					
R ²	0,0013 NS	0,0013 NS	0,02600 NS	0,0229 NS	—
Teste F	0,017	0,017	0,347	0,305	—
CV(%)	11,016	11,016	10,879	10,896	—

Nota: NS = não significativo
 * = 5 % de probabilidade
 ** = 1 % de probabilidade

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

TABELA 11 - Análise de regressão e testes estatísticos entre os valores de IR e as dimensões das fibras dentro de procedências, para todas as posições amostradas no sentido medula-casca.

DIMENSOES DAS FIBRAS	R ²	TESTE F	CV (%)	MEDIA GERAL (µm)
C	0,0349 NS	0,796	21,677	982,89
L	0,0436 NS	1,003	21,579	18,31
D	0,0151 NS	0,338	21,898	9,63
E	0,0328 NS	0,747	21,701	4,34

Nota: NS = não significativo

C = comprimento da fibra

L = largura da fibra

D = diâmetro do lume da fibra

E = espessura da parede da fibra

TABELA 12 - Análise de regressão e testes estatísticos entre os valores de densidade básica, as dimensões das fibras e o gradiente de densidade, dentro de procedências.

CARACTERISTICA	R ²	TESTE F	CV (%)	EQUAÇÕES
C	0,0104 NS	0,231	10,186	—
L	0,0046 NS	0,101	10,216	—
D	0,1808 *	4,855	9,267	Dens=0,5975-0,012886xDiam.Lum.
E	0,3616 **	12,448	8,183	Dens=0,3176+0,042507xEsp.Parede
G	0,3544 **	40,079	10,673	Dens=0,4148+0,049xGradiente

Nota: NS = não significativo

* = significativo a 5 % de probabilidade

** = significativo a 1 % de probabilidade

C = comprimento da fibra

L = largura da fibra

D = diâmetro do lume da fibra

E = espessura da parede da fibra

G = gradiente de densidade no sentido medula casca

Os resultados obtidos estão concordes com os dados de literatura disponíveis e que tratam do relacionamento entre densidade da madeira e características das fibras.

Com relação ao gradiente de densidade, observa-se um alto valor de correlação com a densi-

dade básica. Isso indica que os valores altos de gradientes sugerem valores elevados de densidade na periferia dos fustes e dessa forma a análise do lenho nas partes mais externas do tronco, pode prever a grandeza da densidade média sem necessidade de destruição na coleta de amostras para análise.

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

5 CONCLUSOES

Os resultados obtidos nas condições do trabalho permitem concluir que:

- a) para estudos das fibras há necessidade de maior número de amostras no sentido medula-casca dos discos de madeira, retirados ao nível do DAP. Por outro lado, a amostragem foi suficiente para estudos das procedências e árvores dentro de procedências;
- b) não ocorre variação significativa nos níveis de tensões de crescimento, medida através do IR, entre as cinco (05) procedências analisadas de *Eucalyptus grandis*;
- c) diferenças de densidade básica no sentido medula-casca, entre procedências são observadas somente na região periférica do lenho;
- d) as dimensões das fibras (comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede) variam significativamente por efeito da procedência do material genético;
- e) existe significativa associação entre os valores de IR e a densidade básica da madeira, que varia de posição no sentido medula-casca conforme a procedência considerada. Entretanto, não existe uma tendência de maiores ou menores densidades determinarem, respectivamente, maiores ou menores índices de rachaduras (IR);
- f) não existem associações significativas entre as dimensões

das fibras e os índices de rachaduras (IR);

- g) somente a espessura da parede e o diâmetro do lume das fibras contribuem para a manifestação da grandeza da densidade básica da madeira, e;
- h) a análise da densidade da madeira próxima à casca, na região do DAP, é suficiente para predizer sua grandeza média no sentido medula-casca.

6 LITERATURA CITADA

- BOYD, J. D. 1950a. Tree growth stresses. II - The development of shakes and other visual failures in timber. *Australian Journal of Applied Science*, Melbourne, 1:296-312.
- , 1950b. Tree growth stresses. III - The origin of growth stresses. *Australian Journal of Scientific Research*, Melbourne, 3:294-309. (Séries Biological Sciences)
- CHAFE, S. C. 1979. Growth stresses in trees. *Australian Forest Research*, Melbourne, 9:203-223.
- CLARKE, S. H. 1939. Stresses and strains in growing timber. *Forestry*, Oxford, 13(1):68-79.
- CURRO, P. & CIVIDINI, R. 1961. Preliminary observations on growth stresses in *eucalyptus*. In: CONFERENCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, São Paulo - SP, 1961. *Relatórios e Documentos*, São Paulo, 2:1123-1133.
- DINWOODIE, J. M. 1966. Growth stresses in timber; a review of literature. *Forestry*, Oxford,

- FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica
- 39(2):162-170.
- FERNANDES, P. S. 1982. *Variações de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênies de Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Piracicaba, ESALQ - USP. 85p. (Tese de Mestrado)
- FERNANDES, P. S. & FERREIRA, M. C. 1986. Tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus saligna* Smith, e suas relações com os diâmetros. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5, Olinda - PE, nov. 23-28, 1986. *Boletim Técnico IF*, São Paulo, 40A:639-655. pt. 2 (Edição Especial)
- FREESE, F. 1967. *Elementary statistical methods for foresters*. Washington, US. Government Printing Office. (Agricultural Handbook, 317)
- GODOY, H. & ORTOLANI, A. A. s.d. *Carta climática do Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agrônomo.
- HILLIS, W. E. 1973. Defects in fast-grown *eucalyptus*. In: IU-FRO MEETING DIVISION, 5, Pretória, 1973. *Proceedings...* p.438-446 v.2
- JACOBS, M. R. 1938. The fibre tension of wood stems, with special reference to the genus *Eucalyptus*. *Bulletin Commonwealth Forestry Bureau*, Canberra, 22:7-37.
- 1939. Further studies on fibre tension. *Bulletin Commonwealth Forestry Bureau*, Canberra, 24:7-34.
- 1945. The growth stresses of wood stems. *Bulletin Commonwealth Forestry Bureau*, Canberra, 28:1-67.
- JOHANSEN, D. A. 1940. *Plant microtechnique*. New York, McGraw-Hill Book. 523p.
- KOEHLER, A. 1933. A new hypothesis as to the causes of shakes and rift cracks in green timber. *Journal of Forestry*, Maryland, 31(5):551-556.
- MALAN, F. S. 1979. The control of end splitting in saw logs; a short literature review. *South African Forestry Journal*, Pretoria, (109):14-18.
- 1984. *Studies on the phenotypic variation in growth stresses intensity and its association with tree and wood properties of South African grown Eucalyptus grandis (Hill ex Maiden)*. Stellenbosch, University of Stellenbosch. 258p. (Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy Wood Science)
- NICHOLSON, J. E. 1971. A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs. *Wood Science and Technology*, Berlin, 5:40-48.
- et alii. 1972. Association between wood characteristics and growth stresses level a preliminary study. *Wood Science*, Madison, 5(2):1909-1912.
- 1973. Growth stresses differences in *Eucalyptus*. *Forest Science*, Washington, 19(3):169-174.
- STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. 1980. *Principles and procedures of statistics: a biometrical*
- Rev. Inst. Flor., São Paulo, 1(1):215-234, 1989.

FERNANDES, P. de S. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica

cal approach. 2th ed. Tokio,
Mc Graw Hill. p. 236

VAN WYK, J. L. 1978. Hardwood sawmilling can have a bright future in South Africa. *South African Forestry Journal*, Pretoria, (107):47-53.

-----, 1980. The prospects of improving the inherent tim-

ber properties of *Eucalyptus saligna* by means of selective breeding. In: HARDWOOD SYMPOSIUM, Pretoria, 1980. *Proceedings...* 8p.

WILHELMY, V. & KUBLER, H. 1973. Stresses and chekes in log end from relivied growth stresses. *Wood Science*, Madison, 6(2):136-142.