

VARIAÇÕES DE DENSIDADE DA MADEIRA E SUAS  
RELAÇÕES COM AS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM  
PROGÊNIES DE *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE

PLINIO DE SOUZA FERNANDES

Orientador: Prof. Dr. EPAMINONDAS S. B. FERRAZ

Dissertação apresentada à Escola  
Superior de Agricultura "Luiz de  
Queiroz", da Universidade de São  
Paulo, para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Florestal.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Junho, 1982

Aos meus pais,  
Alice, Christiana, Francisco e Marina

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Epaminondas Sansígolo de Barros Ferraz e Prof. Dr. Antonio Paulo M. Galvão pela orientação e apoio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Y. Kageyama e Prof. Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto, pela amizade, estímulo, sugestões e auxílio nas análises estatísticas.

Ao Prof. Ivaldo P. Jankowsky pela amizade, sugestões e auxílio prestado.

Às bibliotecárias Marialice Poggiani e Maria Helena Rodrigues pelo apoio e camaradagem.

Ao Eng<sup>o</sup> Fl<sup>tal</sup>. Elizeu de Souza Baena pela oportunidade.

Aos Eng<sup>os</sup>. Fl<sup>ais</sup>. Reinaldo H. Ponce, Joaquim A.A. Viana Neto e José Elidinei P. Neto pela colaboração e amizade.

À Dra. Yone P.C.Pásztor, pelo apoio e colaboração.

Aos Profs. Drs. Mário Ferreira, Mário Tomazello Filho, Luiz E.G. Barrichelo e Walter de Paula Lima, pelas sugestões e colaborações.

Ao Dr. Alceu de Arruda Veiga, Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Ricardo G. Montagna e Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Ruy Gomes S. Osório pelo incentivo e amizade.

À EUCATEX S.A. Indústria e Comércio pela oportunidade e apoio.

Ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo, pela oportunidade e apoio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de uma bolsa de estudos.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo pela cessão do equipamento de desdobro.

Ao Departamento de Silvicultura da ESALQ e Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais pelo apoio e colaboração.

Aos funcionários do Departamento de Silvicultura da ESALQ, IPEF e Instituto Florestal, especialmente aos Srs. Benedito Lopes, Edivaldo Modesto de Abreu e Jair Diehl, pela dedicação e colaboração.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente e que tiveram seus nomes aqui omitidos,

MUITO OBRIGADO

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	viii
SUMMARY .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Ocorrência natural e potencialidade da espécie .....	3
2.2. Tensões de crescimento em <i>Eucalyptus</i> spp. origem, padrão de distribuição e causas .....	5
2.3. Fatores do meio e características da madeira associadas às tensões de crescimento .....	12
2.4. Variações e controle genético das tensões de crescimento .....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1. Condições ecológicas do local de colheita dos toretos .....	25
3.2. Histórico do talhão .....	26
3.3. Preparo dos Toretos para estudo de tensões .....	27
3.3.1. Eleição das árvores de estudo .....	28
3.4. Preparo do material para avaliação das tensões de crescimento .....	29
3.5. Avaliação das tensões de crescimento e determi- nação do índice de rachaduras (IR%) .....	31
3.6. Preparo do material para determinação do gra- diente de densidade no sentido medula-casca .....	31

3.7. Determinação do gradiente de densidade da madeira no sentido medula-casca .....	33
3.7.1. Escolha do raio para determinação densiométrica .....	33
3.7.2. Cálculo do coeficiente angular do gradiente de densidade .....	34
3.7.3. Densidade média da madeira .....	35
3.7.4. Densidade da periferia dos discos de madeira .....	36
3.8. Análise estatística dos dados .....	36
3.8.1. Variação entre progênies .....	36
3.8.2. Variação entre árvores dentro de progênies ....	37
3.8.3. Correlação entre características .....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1. Variação entre médias das progênies para as características estudadas .....	39
4.1.1. Diâmetro à altura do peito (DAP) .....	39
4.1.2. Índice de Rachaduras (IR%) .....	41
4.1.3. Coeficiente angular e gradiente de densidade no sentido medula-casca .....	47
4.1.4. Densidade média da madeira .....	50
4.1.5. Densidade da periferia dos discos de madeira .....	55
4.2. Variação das características entre árvores dentro de progênies .....	59

4.2.1. Variação entre árvores para índice de rachaduras (IR%) .....	61
4.2.2. Variação do coeficiente angular entre árvores .....	63
4.2.3. Variação entre árvores da densidade média da madeira .....	64
4.2.4. Variações entre árvores da densidade da periferia .....	65
4.3. Correlação entre as características estudadas .....	66
4.3.1. Correlação entre IR(%) e o DAP .....	66
4.3.2. Correlação entre IR(%) e o coeficiente angular .....	68
4.3.3. Correlação entre IR(%) e a densidade média da madeira .....	70
4.3.4. Correlação entre IR(%) e a densidade da periferia da madeira .....	71
5. CONCLUSÕES .....	75
LITERATURA CITADA .....	78

VARIAÇÕES DE DENSIDADE DA MADEIRA E SUAS RELAÇÕES  
COM AS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM PROGÊNIES DE  
*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

Plínio de Souza Fernandes

Orientador: Prof.Dr.Epaminondas S.B. Ferraz

RESUMO

De um teste de cinco progênies/procedências de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake com onze (11) anos de idade, instalado no Horto Florestal de São Paulo, foram abatidas 50 árvores visando estudar a distribuição das tensões internas de crescimento e a sua correlação com as características da densidade (densidade média, densidade da periferia e gradiente de densidade no sentido medula-casca), medida a 10% de umidade.

No experimento utilizou-se um torete com 3,0m de comprimento por árvore, cortado acima do DAP. As tensões de crescimento foram avaliadas quantificando-se as rachaduras nas duas extremidades de uma prancha com 6,0cm de espessura retirada da parte central do torete. Essa quantificação foi feita 48 horas após o abate das árvores.

Para a determinação das características da densidade foram utilizados dois (2) discos por árvore, retirados no DAP e 3,0m acima, correspondendo à base e ao topo dos toretes.

Os perfis radiais da variação da densidade dos discos foram obtidos por atenuação da radiação gama de baixa energia, em pontos espaçados



de 1,0mm a partir da medula. Dos perfis obtiveram-se a densidade média, o coeficiente angular do gradiente de densidade e a densidade da periferia.

A comparação dos resultados foi feita através da análise da variância entre e dentro das progênies, sendo que a correlação entre rachaduras e as características da densidade foi estudada através da análise de regressão linear simples.

As principais conclusões do presente trabalho são:

- a - foram detectadas grandes variações na intensidade das rachaduras nas extremidades das pranchas centrais, sendo que as variações dentro das progênies foram maiores que entre progênies;
- b - o gradiente de densidade apresentou-se mais inclinado no topo do que na base dos toretes;
- c - a intensidade das rachaduras foi maior no topo dos toretes (correspondente à parte mais alta das árvores) do que na base (nível do DAP);
- d - a densidade nas extremidades dos toretes foi variável, com progênies apresentando madeira mais densa no topo do que na base e progênies com o comportamento inverso;
- e - não foram detectadas correlações entre a intensidade das rachaduras com a inclinação do gradiente de densidade e com a densidade média da madeira;
- f - em duas progênies, dentre as cinco estudadas, encontrou-se uma forte associação entre a intensidade das rachaduras e a densidade da periferia da madeira na base dos toretes (nível do DAP).

THE VARIATION OF WOOD DENSITY AND ITS RELATIONSHIP WITH  
GROWTH STRESSES IN PROGENIES OF  
*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

Plinio de Souza Fernandes

Adviser: Prof.Dr. Epaminondas S.B. Ferraz

SUMMARY

Ten trees of a progenies/provenances test of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake were felled for each of the five treatments, aiming to study the growth stresses and its relationship to wood density characteristics (average density, outer density and the pith-bark density gradient), at 10% wood moisture content. The test was established at Horto Florestal of São Paulo and the trees were eleven (11) years old.

In the experiment it was utilized a basal log with 3,0m length for each tree, cut above the DBH. The growth stresses was estimated by measuring the end-splitting of a 6,0cm thickness central board. The estimation of growth stresses was done 48 hours after tree felling.

The measurement of density characteristics was done sampling two discs of wood by tree, taken at DBH level and 3,0m above of this point, correspondent to the base and top of the log.

The pattern of the variation of density of the discs was achieved through the gamma radiation attenuation technique of low energy

in 1mm spaced points, at pinth-bark direction. Through these gradient data was calculated average density, the angular coefficient of the gradient density and the outer density of the wood.

The comparison of the results was made through analysis of variance among and within progenies, and the correlations among splittings and the density characteristics was studied through the simple linear regression analysis.

The main conclusions of the present work are:

- a - It was found large variations in end-splittings intensity of the central boards. The variations within progenies was greater than among progenies.
- b - The density gradient was sloper in the top of the log than in the base of the log.
- c - The splitting intensity was greater in the upper part of the log than in the base of the logs.
- d - The wood density in the top-logs was variable; in some progenies the density in the top-logs was lower than in the base, and in others the pattern was inverse.
- e - It didn't find correlation among the end-splitting intensity with the gradient density slop and with the average wood density.
- f - In two progenies within the five studied, it was found a strong association between the splitting intensity and the outer wood density in the base logs (DBH level).

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização mais ampla da madeira de espécies de rápido crescimento e com características silviculturais adequadas é uma meta desejável por razões de disponibilidade, além de permitir um alívio da pressão sobre as reservas de madeiras nativas em processo de escassez. Entretanto, a qualidade da madeira produzida a partir dessas espécies é inadequada para satisfazer a demanda existente, devido a certos problemas no seu processamento. A falta de um conhecimento mais profundo de suas características não permite, até o presente, que vários segmentos de transformação madeireira utilizem mais intensamente esse material, especialmente em idade juvenil.

No processamento da madeira de espécies de *Eucalyptus* de rápido crescimento, o principal responsável pelos baixos rendimentos é a tendência para rachamento das toras antes e durante o seu desdobro. As altas tensões de crescimento nas árvores são a principal causa dessas rachaduras. As rachaduras das extremidades das toras não somente reduzem o rendimento no desdobro como também reduzem as dimensões das peças a serem obtidas (De VILLIERS, 1973).

Como qualquer outro material, 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 são empreendidas para determinar suas aptidões para vários usos, além de procurar métodos para manter, modificar e melhorar essas propriedades.

A densidade é um dos principais índices na análise da qualidade da madeira e qualquer modificação na sua estrutura anatômica terá grande importância na sua utilização industrial, pela alteração de suas qualidades de acordo com BRASIL e FERREIRA (1972). Dessa forma, os padrões de variação da densidade no sentido medula-casca sugerem tendências de comportamento no seu desdobro.

O presente trabalho objetiva estudar os níveis de tensão de crescimento em progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, aos onze anos de idade e suas relações com características da densidade da madeira, de forma a contribuir com os trabalhos de melhoramento dessa espécie para produção de madeira para serraria.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Ocorrência natural e potencialidade da espécie

O *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake é uma das duas espécies de *Eucalyptus* tropicais que não ocorrem naturalmente na Austrália. Sua área de distribuição natural está compreendida numa faixa situada entre 7°30' e 10° de latitude Sul e limitada pelos meridianos 127°E e 122°E. Nessa área estão situadas as ilhas de Timor, Wetar, Alor, Pantar, Lomblen, Adonara e Flores, integrantes do Arquipélago de Sonda (MARTIN et COSSALTER, 1975). De acordo com esses autores, a espécie apresenta características montanhosas e sub-montanhosas, ocorrendo em altitudes de 300 a 2.900m. Nas várias micro-regiões de ocorrência natural, a precipitação pluviométrica média anual varia de 1.500 mm a 2.550 mm, com períodos marcantes de deficiência hídrica e temperaturas médias anuais de 15°C a 24°C.

Talvez em virtude de não ocorrer naturalmente na Austrália, centro natural e primário de interesses em eucaliptos, somente a partir

da expedição de estudos realizada por Martin e Cossalter ao Arquipélago de Sonda nos anos de 1972 a 1974, foi possível um conhecimento satisfatório da espécie.

No Brasil, a despeito da importância dessa espécie, já demonstrada pelas recomendações de NAVARRO de ANDRADE em 1939, "tanto pelo seu rápido crescimento como pela natureza de seus produtos", sempre foi incorretamente designada de *Eucalyptus alba* Reinw.

PRYOR (1971) sugere que teria havido um erro de identificação por parte da firma fornecedora da espécie introduzida por Navarro de Andrade como *Eucalyptus alba* e propõe a sua denominação de *Eucalyptus urophylla*. O citado autor considera provável que os povoamentos formados com sementes da espécie introduzida por Navarro de Andrade em Rio Claro (SP) sejam híbridos entre o *E. urophylla* e *E. tereticornis*, *E. saligna* e provavelmente outras. Estudos de comportamento comparativo de procedências de material genético de Timor e Rio Claro, conduzidos por PÁSZTOR (1975), apresentaram diferenças morfológicas marcantes, sugerindo a autora tratar-se de duas espécies distintas. MARTIN e COSSALTER (1975) esclarecem melhor os fatos, pois a denominação constante no Horto Botânico de Bogor, Ilha de Java, é de *Eucalyptus alba* aos exemplares lá existentes, produtores das sementes introduzidas por Navarro de Andrade. Essa denominação de *E. alba*, erroneamente atribuída ao *E. urophylla*, remonta dos primeiros estudos sobre a espécie pelos holandeses na época colonial. Blakely (1978), citado em FAO (1981), descreveu a espécie como *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e definitivamente o material oriundo de Rio Claro pode ser considerado um híbrido dessa espécie.

Em função de suas características de boa adaptação e rápido crescimento, o *Eucalyptus urophylla*, híbrido de Rio Claro, sempre ocupou espaço entre as espécies mais plantadas no Brasil. Além disso, a partir da susceptibilidade das espécies *E. grandis* e *E. saligna* ao cancro provocado pelo fungo *Chriphonectria cubensis* em regiões de clima quente e úmido, a espécie *E. urophylla* e seus híbridos naturais, pela sua resistência natural ao ataque do referido fungo, passou a merecer destaque crescente, motivo da expedição realizada pelo Eng<sup>o</sup> F<sup>tal</sup> Edgard Campinhos em 1975 às regiões de ocorrência natural dessa espécie, para colheita de sementes. Aliadas a essas qualidades, as suas características tropicais tornam a espécie uma interessante opção para reflorestamento das regiões mais quentes do Brasil.

## 2.2. Tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. - origem, padrão de distribuição e causas

De acordo com citação de CHAFE (1979), a primeira tentativa para explicar a causa das tensões de crescimento partiu de Martley (1928). Aquele autor, observando o abaulamento de pranchas de olmo (*Ulmus silvestris*) após o desdobro, questionou se o gradiente de tensão existente no sentido medula-casca não seria causado pelo crescente peso morto do lenho, acumulado no tronco durante o desenvolvimento da árvore. Contudo o autor calculou a compressão máxima provável no centro da árvore e detectou um valor de apenas 2,1 MPa\*, considerado como sendo insuficiente para justificar as deformações observadas após o desdobro.

\* 1 MPa =  $10^6 \text{N/m}^2$ .



As rachaduras das extremidades das toras são manifestações das altas tensões de crescimento existentes na árvore viva. Essas tensões, de acordo com VAN WYK (1978), existem na árvore como forma de oferecer estabilidade, da mesma forma que uma antena é pressionada pelos cabos laterais que lhe dão apoio.

A natureza e a causa das tensões de crescimento foram estudadas por JACOBS (1938, 1939, 1945 e 1965), BOYD (1950, 1972) e NICHOLSON (1973). Os estudos de JACOBS (1938), demonstraram a existência de um gradiente longitudinal de deformações, que ocorre em qualquer seção transversal. Essas deformações são provocadas por uma tensão de tração longitudinal nas camadas externas do tronco, com intensidade crescente na direção de periferia, e uma tensão longitudinal de compressão na parte central do tronco, que se intensifica na direção da medula. As posteriores medições dessas tensões confirmaram os resultados de JACOBS (1945).

Estudos de BOYD (1950b) demonstraram que as rachaduras de topo das toras são causadas pela energia de deformação longitudinal, que é convertida em forças transversais manifestadas nas faces resultantes de um seccionamento transversal. Intensas tensões de tração podem ser induzidas tangencialmente na direção dos anéis de crescimento e na região da medula, causando o desenvolvimento das rachaduras de topo.

De acordo com WILHELMY e KUBLER (1973), as tensões de crescimento longitudinal 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 da tora 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.

JACOBS (1938, 1939, 1945 e 1965) concluiu que as tensões de crescimento têm origem nas deposições consecutivas das novas camadas de células formadas a partir do câmbio durante o desenvolvimento da árvore. Essas novas células tendem a se expandir lateralmente, enquanto, ao mesmo tempo, se contraem no sentido longitudinal. Como consequência, as forças longitudinais de tração são crescentes, da mesma forma que são cumulativas as tensões de compressão no sentido radial. A resistência oferecida pelo lenho relativamente rígido e maduro origina as tensões de crescimento. Os trabalhos desenvolvidos por BOYD (1972), demonstraram uma relação aparente entre a lignificação e a expansão lateral das células das novas camadas justapostas.

Os estudos de JACOBS (1938), levaram-no a concluir que as tensões de compressão das porções interiores do tronco aumentam com o crescimento diametral da árvore, atingindo valores descritos como "tremendos" em árvores de grandes diâmetros, conforme ilustra a Figura 1.

Os trabalhos conduzidos por JACOBS (1939, 1945), com *Eucalyptus delegatensis*, deixaram evidente que os valores de tensões de tração medidos na periferia dos troncos não estavam relacionados com o diâmetro. Assim, o valor de 8,3 MPa encontrado na periferia de fustes de 2,5 cm de diâmetro, foi similar àquele encontrado em troncos avantajados. Por outro lado, numa árvore com 61 cm de diâmetro, o autor calculou

um valor teórico mínimo de 76 MPa para as tensões de compressão nas proximidades da medula. Entretanto, esses valores nunca são detectados nas medições realizadas, de acordo com o citado autor.

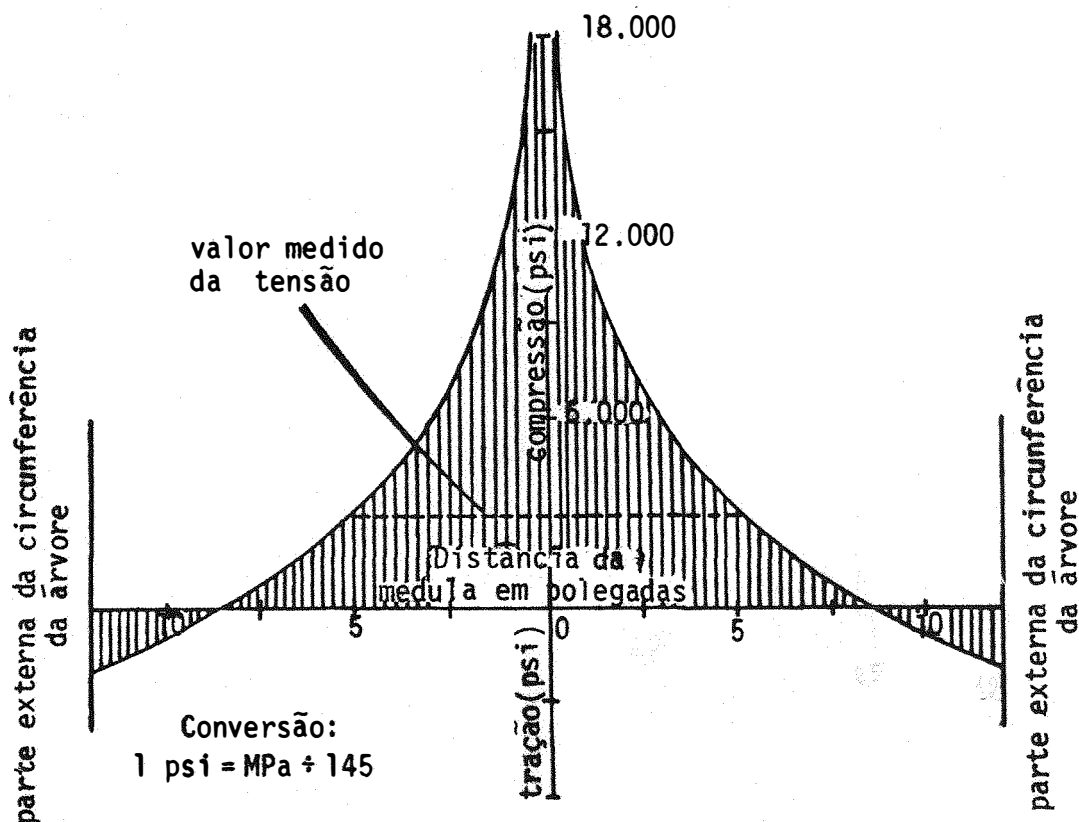


Figura 1. Distribuição teórica das tensões de crescimento longitudinais. A linha quebrada dentro da área sombreada representa o valor medido de tensão de compressão.

Fonte: BOYD (1950b).

Das investigações de JACOBS (1939, 1945), e posteriormente BOYD (1950a), concluiu-se que os valores teóricos nunca são atingidos na prática, em razão das tensões internas excederem o limite de elasticidade da madeira, provocando colapsos parciais, e/ou pela ação plástica da madeira. Dessa forma somente uma parte da deformação é mensurável.

Com relação às tensões transversais, JACOBS (1939), demonstrou que as partes externas de um disco de madeira estão sob compressão, enquanto as partes internas estão sob tração. Assim, na remoção dos anéis externos de um disco, eles se expandem, enquanto a porção interna contrai-se, transversalmente. JACOBS (1945) concluiu que numa árvore, as partes periféricas do tronco estão em estado de compressão tangencial no sentido transversal, enquanto a madeira interior está sob tração radial transversalmente. Os valores encontrados para espécies distintas de madeiras moles e madeiras duras foram similares, variando de 0,2 a 2,5 MPa, para as tensões transversais.

Os trabalhos conduzidos por BOYD (1950a), confirmaram os resultados de JACOBS (1945), e permitiram estabelecer os padrões de distribuição das tensões no sentido medula-casca. O autor encontrou valores máximos de tensão de tração longitudinal na periferia, variando de 7 a 14 MPa. Em todas as toras examinadas BOYD obteve um valor de tensão igual a zero (0) a aproximadamente  $1/3$  do raio, a partir da periferia. Por outro lado Kubler, citado por WILHELMY e KUBLER (1973) considerou que o valor zero (0) ocorre a  $2/5$  do raio, a partir da periferia do tronco, mostrando que o valor zero (0) de tensão está próximo deste ponto.

BOYD (1950a) estudou mais detalhadamente as tensões transversais e, embora tenha encontrado valores semelhantes àqueles descritos por JACOBS (1945), considerou que estas ocorrem sob tres (3) diferentes formas:

a) tensões transversais originadas da tensão periférica primária, ocasionada pela deposição das novas camadas de células;

b) tensões transversais secundárias que se desenvolvem a partir das variações diametraís, induzidas pela tensão primária existente na direção longitudinal; e

c) tensões transversais secundárias que resultam das variações de comprimento das células próximas à face de seccionamento do tronco.

A primeira forma é gerada pelo crescimento periférico. A segunda, das variações diametraís das células, induzidas pelas tensões longitudinaís. BOYD (1950a) deduziu os valores do segundo tipo de tensões como sendo de apenas 0,14 MPa e afirma que podem ser mascaradas pelas tensões transversais primárias, com valores aproximados de 2,1 MPa. A terceira forma de tensão, segundo o autor, é de considerável interesse, pois ela descreve a maneira pela qual a tensão longitudinal é completamente aliviada no seccionamento e transformada na face de corte, atingindo valores elevados, os quais provocam as deformações terminais. O autor, detalhando suas afirmações, relata que o alívio das deformações longitudinaís, na face do corte transversal do tronco, manifesta-se pelo encurtamento das células da periferia (originalmente sob tração) e um aumento do comprimento das células na direção da medula (originalmente sob compressão). Esses ajustes das dimensões celulares distorce o plano original do corte transversal, que toma a forma côncava. BOYD (1950a) concluiu que as tensões radiais, da ordem de dezenas de MPa, são de grande importância com respeito ao "heart checking" que ocorre em muitas árvores após o abate.

Afora as ocasionais rachaduras de topo que ocorrem imediatamente após o abate, às vezes explosivas, CHAFE (1979) considera que os efeitos mais drásticos das tensões de crescimento são frequentemente observados durante a fase de desdobro das toras, onde o equilíbrio estabelecido após o abate é novamente alterado, provocando os abaulamentos, torções, empenamentos e rachaduras, que partem da medula.

Com relação à grandeza das tensões de crescimento desenvolvidas, Kubler (1959), citado por WILHELMY e KUBLER (1973), afirma: "se assumirmos que a tensão de tração  $\sigma_a$  da camada de madeira recém-formada permanece constante em todos os anos de crescimento da árvore e que a força de cada nova camada comprime uniformemente os tecidos adultos interiores, nós obtemos na distribuição das tensões de crescimento longitudinal, uma tensão  $\sigma$  através do diâmetro do tronco", de acordo com a Figura 2 e a relação:

$$\sigma = \sigma_a (1 + 2 \ln r/a)$$

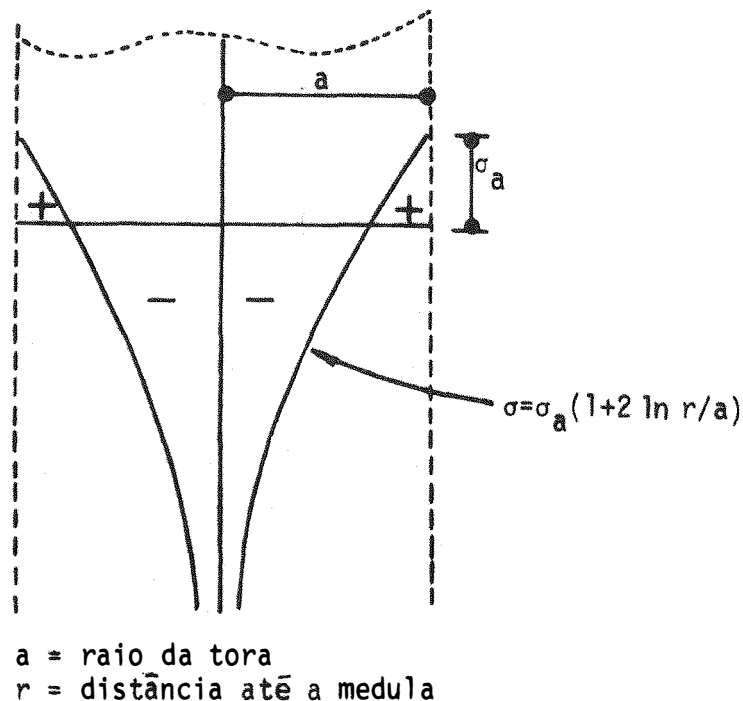


Figura 2. Distribuição teórica das tensões longitudinais de crescimento numa tora infinitamente comprida.

FONTE: WILHELMY e KUBLER, (1973)

### 2.3. Fatores do meio e características da madeira associadas às tensões de crescimento

A partir das sugestões de NICHOLSON (1973), de que as variações de tensões de crescimento são desenvolvidas como resposta às necessidades de suporte pela árvore, deve-se esperar uma influência dos fatores ambientais na intensidade manifestada por aquela característica. As sugestões de NICHOLSON (1973) encontraram apoio nos estudos de Boyd e Foster (1974), citados por CHAFE (1979) os quais encontraram uma associação entre estimulantes externos de tensão e o nível de tensão formado pelos novos tecidos, de acordo com uma necessidade estrutural da árvore.

CHAFE (1979) afirma que numa árvore de pé a ação de ventos, por exemplo, aumenta sua resistência à flexão, com uma conseqüente mudança do padrão de tensão interna.

MARSH e BURGERS (1967), estudaram a influência de práticas culturais no aumento progressivo das tensões de crescimento e densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e concluíram que a produção de madeira com características desejáveis para desdobro em serraria, deve ocorrer a partir de uma rotação de aproximadamente 30 anos, quando o diâmetro médio ao nível do peito atinge aproximadamente 55 cm; que esse objetivo deve ser seguido por desbastes conservadores na 1ª fase do ciclo, afim de limitar a formação de madeira de qualidade inferior, após o qual os desbastes devem ser de intensidade crescente, visando uma taxa de crescimento equilibrada. Apesar das limitações do ciclo de rotação na intensidade das tensões de crescimento desenvolvidas, HARDIE(1974) discute medidas para minorar os problemas associados em madeira de *E. grandis*, cujos povoamentos são conduzidos para corte num ciclo de 8 anos.

Com relação à taxa de crescimento, MALAN (1979) cita Waugh (1974), cujos trabalhos com *E. regnans* não mostraram correlação entre crescimento diametral e o nível de tensão de crescimento. MALAN (1979) afirma ter encontrado uma leve mas significativa e positiva correlação entre o incremento médio anual e níveis de rachaduras em *Eucalyptus grandis* de diferentes idades e regiões da África do Sul. No mesmo material o citado autor encontrou uma forte correlação negativa entre o comprimento da copa (expressa como porcentagem da altura total) e rachaduras de topo. Essa associação implica na adoção de técnicas



silviculturais que permitam às árvores desenvolverem grandes copas. Uma maior copa está relacionada a uma maior produção volumétrica, de acordo com VAN WYK (1980).

Numa análise dos problemas mais comuns encontrados nas madeiras das plantações da África do Sul, EDWARDS (1973), salienta que as tensões de secagem são acentuadas e inseparáveis, na madeira de curta rotação, rápido crescimento e de pequenas dimensões. Os defeitos de secagem são inseparáveis daqueles provocados pelas tensões de crescimento, numa análise final do produto acabado, porém, com padrões e origens distintas. Nesse sentido os trabalhos de WOORHIES e GROMAN (1982) concluem que existe uma forte relação entre retração longitudinal e o ângulo microfibrilar da camada  $S_2$  da lamela média, e que esse ângulo diminui a partir da medula, até atingir um valor mais ou menos constante na madeira adulta. O conhecimento do processo de movimentação fibrilar, pela perda de umidade a partir do ponto de saturação das fibras (PSF), permite esperar distorções consideráveis numa mesma peça de madeira submetida à secagem, com um gradiente transversal de ângulos microfibrilares.

Em apoio à tese da influência diametral no nível de rachaduras, CURRO e CIVIDINI (1961) afirmam que no *Eucalyptus camaldulensis* as deformações causadas pelas tensões de crescimento decrescem com o aumento diametral dos troncos.

Analisando os aspectos silviculturais, de exploração e métodos de conversão que afetam a qualidade da madeira, DE VILLIERS (1965),

descreve as modificações das características anatômicas com o decorrer da idade da árvore, destacando a transição do lenho juvenil para adulto. Os aspectos que o autor recomenda observar, para obtenção de madeira com características desejáveis são: escolha adequada da espécie; local adequado; espaçamento conveniente, de forma a evitar o desenvolvimento exagerado de madeira juvenil; desbastes adequados e ciclos suficientemente longos, para permitir a formação de uma maior proporção de lenho adulto em relação ao lenho juvenil e limitado apenas por aspectos de retorno financeiro do investimento e, finalmente, melhoramento genético das características importantes.

No Brasil, GALVÃO (1975), numa diagnose dos aspectos envolvidos na utilização da madeira de *Eucalyptus* spp em serraria, afirma ser viável seu uso desde que sejam considerados os seguintes aspectos: espécies adequadas, desdobro de toras com mais de trinta anos de idade, métodos de desdobro que permitam obter peças radiais, secagem controlada em estufa, além de técnicas adequadas de manejo e melhoramento genético. Em relação ao efeito das práticas culturais e de manejo na qualidade da madeira de *E. grandis*, SCHÖNAU (1974) concluiu que menores espaçamentos produziram maiores volumes de madeira, porém com classes diamétricas menores do que nos espaçamentos mais abertos. A densidade da madeira estava inversamente relacionada aos diâmetros, mas não relacionada ao espaçamento e efeito da desrama.

Estudando as relações da densidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, de diferentes regiões da África do Sul, TAYLOR (1973, 1974), encontrou uma variação da densidade entre árvores, porém, não a

nível de locais; a densidade não estava associada à taxa de crescimento diametral e uma forte correlação foi encontrada entre a densidade do lenho juvenil próximo a medula e o lenho adulto das últimas camadas de crescimento. O autor ainda encontrou uma queda da densidade da madeira de 1,5m até 4,5m e um crescimento contínuo da densidade acima de 4,5m de altura.

Em nosso meio, BRASIL e FERREIRA (1971) estudaram as variações da densidade básica da madeira de diversas espécies de *Eucalyptus* e encontraram variações significativas por efeito de local e espécie. Os mesmos autores (1972), analisaram a densidade básica do *E. grandis* aos dezesseis anos de idade e detectaram um crescente aumento dessa característica no sentido medula-casca. FERREIRA (1970, 1972) encontrou que a densidade básica cresce no sentido da base para a copa, em todas as classes de alturas estudadas. Da mesma forma, a densidade cresce no sentido medula-casca, em todas classes diametraes estudadas, nas espécies *E. grandis* e *E. saligna*, com idades de cinco a sete anos e *E. grandis* com idades de onze, doze, treze, catorze e dezesseis anos.

O aspecto densidade da madeira tem merecido importância na associação com as rachaduras de toras provocadas por tensões de crescimento. Nesse sentido, BARRET *et alii* (1975), na Rodésia, desenvolveram estudos associando as rachaduras com algumas propriedades da madeira de *E. grandis*, aos 5,5 anos de idade de diversas procedências e encontraram correlação entre intensidade de rachaduras e densidade básica, com um valor de  $r = + 0,36$ , indicando uma fraca e não significativa tendência para madeiras mais densas racharem mais acentuadamente. Para o *Eucalyptus saligna*, com 5,5 anos de idade, encontraram

uma forte correlação, com  $r = + 0,80$ , indicando que nessa espécie as madeiras mais densas racham mais intensamente. As relações entre densidade e manifestação das tensões de crescimento, encontraram apoio nos estudos desenvolvidos por Carvalho (1960), citado por FERREIRINHA (1961), que verificou um aumento de densidade no *E. globulus* acompanhado por um aumento no fendilhamento das toras.

As tensões de crescimento são características de todas as árvores e é improvável que elas possam crescer sem desenvolver energias de deformação de alguma espécie. Entretanto, algumas medidas, baseadas em informações disponíveis, parecem indicar a possibilidade de certo controle, de acordo com CLARK (1939). Este enfatiza a necessidade de cultivar árvores retas, em condições equilibradas e uniformes, de modo a evitar o aparecimento de defeitos associados às condições de crescimento da árvore.

De acordo com TURNBULL (1965), as distorções que ocorrem nas madeiras comerciais não são devidas apenas às tensões de crescimento. A influência da retração diferencial, durante a secagem, é sem dúvida um fator relevante. O mesmo autor afirma que os efeitos das tensões de crescimento são mais severos em árvores de crescimento rápido com pouca idade e pequenos diâmetros, quando comparados a árvores mais idosas e de maiores diâmetros da mesma espécie.

Os efeitos dos desbastes na qualidade da madeira são analisados por DE VILLIERS (1965), o qual afirma que as variações de intensidade de crescimento num mesmo indivíduo pode resultar num gradiente de

propriedades através do seccionamento de uma peça de madeira, o qual favorecerá o aparecimento de empenamentos. O citado autor recomenda a análise do gradiente de densidade no sentido medula-casca como indicativo do comportamento do material a ser desdobrado.

#### 2.4. Variações e controle genético das tensões de crescimento

As tensões de crescimento constituem sérios defeitos em *Eucalyptus* de rápido crescimento (HILLIS, 1973). Os estudos de NICHOLSON (1971) demonstraram que não há relação entre taxa de crescimento e valor da tensão periférica, embora haja considerável variação entre os valores de tensão entre árvores, mesmo adjacentes. Esse fato sugere que tensão de crescimento deve estar substancialmente controlada por fatores genéticos.

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. A estrutura das novas células do xilema depositadas num determinado ponto da superfície do tronco é controlada pela árvore com o propósito de obter um nível determinado de tensão longitudinal, o qual regula a posição espacial da copa. Parece que as condições ambientais são fatores que contribuem significativamente no nível de tensão. O citado autor salienta a necessidade de se conhecer mais profundamente as interações genótipo x ambiente e seus efeitos na qualidade da madeira, de forma a se projetar técnicas silviculturais adequadas.

A grandeza dos problemas decorrentes das tensões de crescimento, durante a conversão das toras pode ser extremamente variável de árvore para árvore e mesmo entre toras de uma mesma árvore. Assim, enquanto o desdobro de uma tora ocorre com relativa facilidade, produzindo altos rendimentos, uma outra pode prender a serra, produzir madeira empenada, rachada e com baixos rendimentos.

Enquanto as tensões de crescimento têm um embasamento teórico de origens biológicas e mecânicas, as causas específicas da variabilidade das tensões de crescimento permanecem quase que completamente desconhecidas (CHAFE, 1979). JACOBS (1945) determinou que enquanto a tensão de crescimento periférica varia consideravelmente entre indivíduos, esta variação não estava relacionada à idade ou diâmetro da árvore. O autor calculou que uma tensão média de tração periférica de 8,3 MPa era continuamente desenvolvida pelo *Eucalyptus gigantea*.

NICHOLSON (1973) estudou a variação entre e dentro de árvores de *E. regnans* e encontrou uma tensão de tração periférica variando de 4,9 MPa a 16,3 MPa e uma média de 10,4 MPa, para 41 árvores pesquisadas. O autor encontrou significantes variações 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 da tensão 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 grandezas similares. Entretanto,

as tensões de crescimento na zona periférica à medula são crescentes. Esse crescimento é mais rápido em árvores de pequenos diâmetros, em comparação com árvores de maiores diâmetros (BOYD, 1950b). A Tabela 1 ilustra os valores teóricos de tensão de compressão longitudinal calculado de acordo com BOYD (1950b), a 1,3cm da medula, para diferentes diâmetros.

Tabela 1. Valores teóricos de tensão de compressão longitudinal no centro da árvore para diferentes diâmetros (segundo BOYD, 1950b)

Diâmetros da árvore (cm)	Tensão de compressão (MPa)
5,1	12
10,2	36
15,2	50
20,3	60
25,4	69
38,1	84
50,8	95
76,2	111
101,6	123
127,0	132

Para efeito de cálculo, foi utilizado o valor de 10,3 MPa para a tensão de tração periférica, que é o valor determinado por

NICHOLSON (1973), para *E. regnans*, o qual assumiu um módulo de elasticidade de 17.200 MPa, correspondente a uma deformação de tração periférica de 0,0006 para aquela espécie (CHAFE, 1979).

De acordo com a tabela 1, observa-se que quanto maiores os diâmetros da árvore, maiores são as tensões de compressão presentes, justificando assim a formação da madeira quebradiça, (brittleheart). Da mesma forma passa a ser compreensível o aparecimento de madeira quebradiça em árvores de pequenos diâmetros. Assim, pela tabela 1 observa-se que uma árvore de 15,2 cm de diâmetro apresenta uma tensão interna de compressão de 50 MPa, valor que, de acordo com CHAFE (1979), excede o limite de resistência à compressão paralela à grã do *E. regnans*, que é de 30 MPa, com um conseqüente acúmulo de deformações nas paredes celulares, associadas com a madeira quebradiça. O mesmo autor salienta que como a madeira juvenil é mais fraca do que a madeira adulta, pode-se esperar o aparecimento do "brittleheart" em árvores de diâmetros menores que 15,2 cm.

As observações gerais são de que, após o abate, os troncos de menores diâmetros são mais propensos ao desenvolvimento das rachaduras devidas às tensões de crescimento, do que aqueles de maiores diâmetros. A esse respeito, BOYD (1950b), 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 periferia-medula, sendo que essa inclinação é mais acentuada nos indivíduos mais finos, conforme pode-se observar pelos dados da tabela 1.



NICHOLSON (1973), postulou que o nível médio de tensões de crescimento longitudinal da periferia, parece variar independentemente da taxa de crescimento e fatores ambientais, como exposição a ventos, densidade do povoamento e altitude do local. Como o autor encontrou grandes diferenças na taxa de tensão de crescimento entre árvores adjacentes, e naturalmente sob as mesmas condições ambientais, sugeriu que essas diferenças possam estar, até certo ponto, sob controle genético. Em apoio, NICHOLSON *et alii* (1972), estudando associações das tensões de crescimento periférico, numa árvore de *Eucalyptus 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 tese de NICHOLSON (1973) encontrou apoio nos estudos de Waugh (1974) citado por CHAFE (1979), o qual não encontrou relação entre taxa de crescimento e tensão periférica em progênies de meio-irmãos de *E. regnans*. Por outro lado, CHAFE (1979b) não detectou associação entre dureza da madeira e tensão de crescimento.

A despeito das divergências entre características da madeira e defeitos associados às tensões de crescimento, existem programas de seleção em desenvolvimento, com resultados considerados satisfatórios. Assim, DE VILLIERS (1973), descreve o método utilizado na África do Sul, que basicamente consiste na propagação vegetativa de árvores que apresentem índices de aproveitamento considerados satisfatórios. De

acordo com VAN WYK (1980) esse programa caminhou muito lentamente no seu início, visto que os trabalhos eram demorados pela necessidade de se processar cuidadosamente toda árvore fenotipicamente superior. Entretanto, após os trabalhos de MALAN (1979), a tendência de rachamento das extremidades das toras, que é uma manifestação das tensões de crescimento internas, são facilmente avaliadas no campo. O método consiste em se abater toda árvore com características fenotípicas superiores e seccioná-la em toras de 4m, até um diâmetro de 20cm. O aumento na circunferência das extremidades das toras é avaliado 72 h. após o seccionamento. VAN WYK (1980) esclarece que esse aumento diametral pode ser influenciado por fatores externos, como local e condições climáticas, mas como regra, esse limite está estabelecido em 3,5%.

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), citado por VAN WYK (1980), avaliou um teste de progênie de polinização livre e encontrou variações significativas entre famílias. Obteve uma estimativa de 0,20 para herdabilidade da característica, com predições de ganhos genéticos da ordem de 6,4% na redução das rachaduras, em relação à média da população.

Em nosso meio, KAGEYAMA e outros (1982), num estudo de variação genética para densidade da madeira em progênies de árvores selecionadas de *Eucalyptus grandis*, em 4 locais distintos, encontraram coeficientes de herdabilidade no sentido restrito variando de 0,70 a 1,00, revelando assim um forte controle genético para a característica.

Esses resultados indicam boas possibilidades de melhoramento, se confirmada a associação entre densidade da madeira e nível de tensões de crescimento.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Condições ecológicas do local de colheita dos toretes

Os toretes foram obtidos de um ensaio de procedências, localizado no Horto Florestal da Capital, da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. O local está a  $46^{\circ}36'$  de longitude oeste de Greenwich e  $23^{\circ}24'$  de latitude sul, e 776 m de altitude. Pela carta climática de GODOY & ORTOLANI (s.d.), com base no sistema de Köppen, o clima é do tipo Cfb, temperado e sem estiagem. A temperatura média do mês mais quente é superior a  $21^{\circ}\text{C}$  e a do mês mais frio é inferior a  $18^{\circ}\text{C}$ . O total das chuvas do mês mais seco é 41mm, ocorrendo em julho. A precipitação média anual é 1545mm.

O solo é do tipo latossol vermelho amarelo fase arenosa (LVr) (BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA, COMISSÃO DE SOLOS, 1960).

### 3.2. Histórico do talhão

O talhão do qual foram obtidos os toretes para estudo constitui-se num teste de Procedências instalado por PÁSZTOR, em 1968, com o título "Estudo Comparativo do Comportamento das Espécies *Eucalyptus alba* Reinw e *E. decaisneana* Blune, na região de São Paulo".

O *E. decaisneana* (atualmente classificado como *E. urophylla* S.T.Blake) é procedente da ilha de Timor (por colheita efetuada pelo Dr. M.R.Jacobs, da Divisão de Pesquisa Florestal da CSIRO). As sementes foram remetidas pelo Forestry and Timber Bureau, Camberra, A. C.T. As procedências representavam diversas altitudes do Timor, conforme consta na Tabela 2.

Tabela 2. Números dos lotes das sementes de *Eucalyptus urophylla* e respectivas altitudes dos locais de origem

Lote	Espécie	Altitude (m)
8239	<i>E. urophylla</i>	1.219
8242	"	1.524
8243	"	1.554
8244	"	1.829

Fonte: PÁSZTOR (1975)

A testemunha, *E. urophylla*, híbrido, é oriunda das matrizes nºs 93, 95, 113 e 143, localizadas no Horto Florestal da antiga Companhia Paulista de Estradas de Ferro, em Rio Claro, SP.

O teste foi instalado sob delineamento de Blocos casualizados, com 4 repetições.

Em 1978, visando obter informações sobre a base genética do material oriundo de Timor, o Dr. J.C.Doran, da Seção de Sementes da Divisão de Pesquisa Florestal da CSIRO, informou que as procedências remetidas referiam-se às sementes colhidas de simples árvores na região de Dili/Maubise, Timor-Leste. Assim, o experimento de PÁSZTOR (1968) pode ser considerado como um teste de progênie de diferentes procedências.

### 3.3. Preparo dos Toretos para estudo de tensões

#### 3.3.1. Levantamento dendrométrico do talhão

Aos 11 anos de idade, efetuou-se o levantamento dendrométrico das árvores integrantes do talhão, obtendo-se os dados de crescimento constantes da Tabela 3.

Tabela 3. Diâmetros médios a altura do peito (DAP) e alturas médias (H) das progênies de *Eucalyptus urophylla* aos 11 anos de idade

Progênie	DAP (cm)	H (m)
8239	23,42	27,90
8242	20,48	27,30
8243	21,36	25,80
8244	22,60	28,20
Híbrido de (testemunha) Rio Claro	22,87	27,90

## 3.3.2. Eleição das árvores de estudo

De cada progênie, elegeu-se e identificou-se 10 árvores com DAP próximo à média, de forma a obter-se um conjunto uniforme quanto às características fenotípicas.

A numeração das árvores das cinco (5) progênies/procedências e respectivos DAP constam da Tabela 4.

Tabela 4. Dados de diâmetros a altura do peito (DAP) das árvores marcadas para estudo, das cinco (5) progênie/procedências e respectiva numeração (entre parentesis)

Progênies	DAP (cm)				Híbrido de Rio Claro (Testemunha)
	8239	8242	8243	8244	
	21,0 (30)*	24,0 (1)	22,5 (6)	24,5 (12)	23,5 (43)
	23,5 (31)	21,0 (2)	29,0 (7)	24,5 (13)	21,0 (44)
	24,5 (32)	20,5 (3)	21,0 (8)	26,0 (14)	22,5 (45)
	24,0 (33)	21,0 (4)	17,0 (9)	21,5 (15)	21,5 (46)
	24,5 (34)	19,0 (5)	20,5 (10)	22,0 (16)	22,5 (47)
	25,0 (35)	23,5 (26)	19,5 (11)	25,0 (21)	22,0 (50)
	24,5 (36)	22,5 (27)	16,0 (17)	23,5 (22)	23,0 (41)
	21,0 (37)	26,0 (28)	23,0 (18)	22,5 (23)	21,0 (42)
	24,0 (38)	27,0 (29)	20,0 (19)	24,0 (24)	23,0 (48)
	24,0 (39)	25,0 (40)	24,5 (20)	21,0 (25)	22,5 (49)
Médias	23,60	22,95	21,35	23,45	22,25

\* número de identificação das árvores

### 3.4. Preparo do material para avaliação das tensões de crescimento

As árvores eleitas para estudo foram abatidas e, a partir do nível do DAP, cortou-se um torete com três (3) metros de comprimento. Os toretes foram identificados conforme a numeração constante da tabela 4.

Após 24 horas do abate, os toretes foram conduzidos para a serraria do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, onde procedeu-se o desdobro em serra de quadro marca LINK, com as especificações:

- modelo US-56
- velocidade de alimentação - 2m/minuto
- velocidade do quadro - 340 rpm
- espessura da serra - 2,5mm
- espessura do corte - 4,1mm

O desdobro foi efetuado de forma a obter-se uma prancha central com 6cm de espessura e as laterais com 2,5cm, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

De cada torete utilizou-se a prancha central para avaliação do nível de tensões internas de crescimento, pois essa peça é a que manifesta mais fielmente o gradiente de tensões no sentido medula-casca.

A avaliação das tensões de crescimento foi efetuada 24 horas após o desdobro, dentro de um espaço de tempo seguro para esse tipo de análise conforme preconizam MALAN (1979) e De VILLIERS (1973).



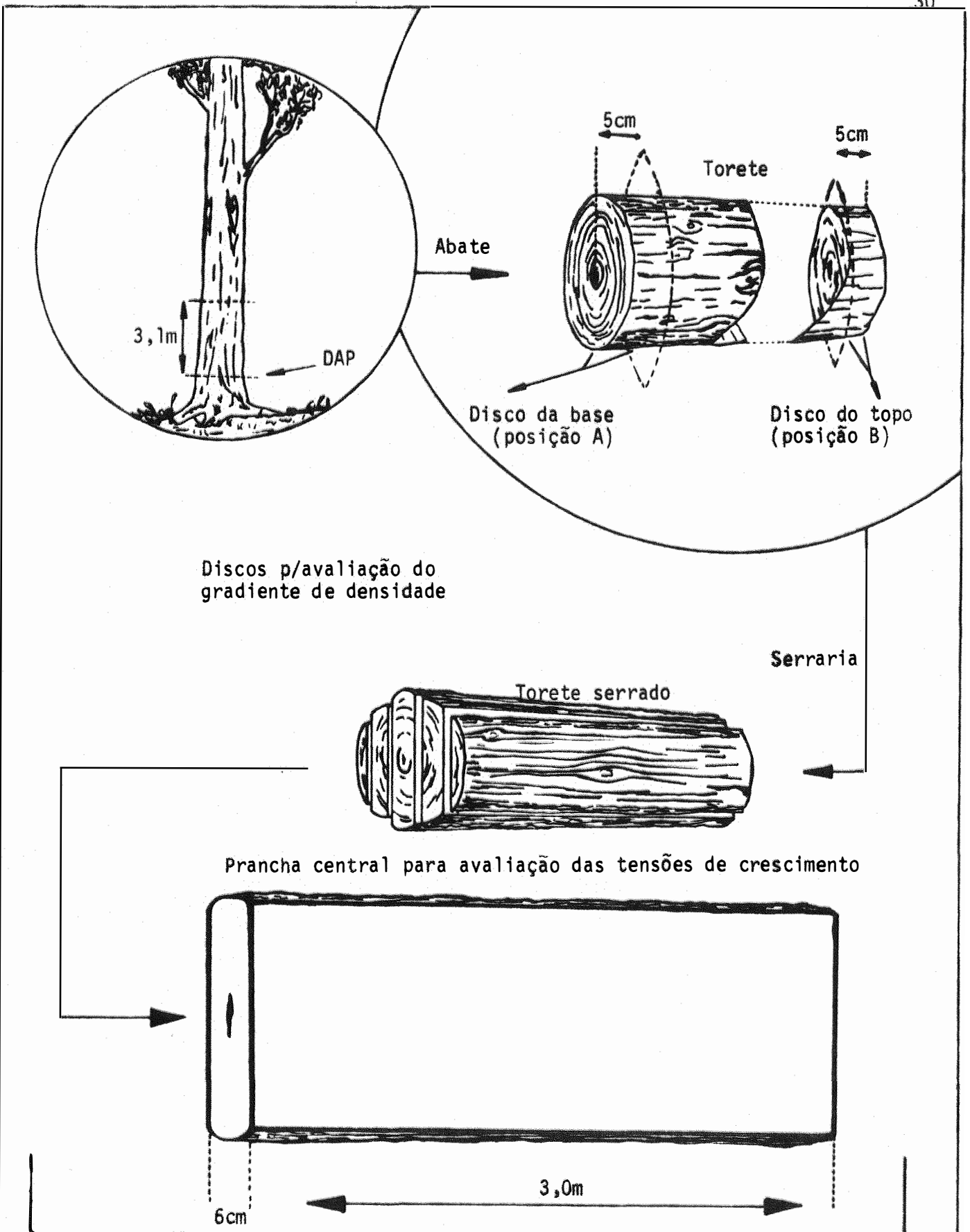


Figura 3. Esquema da metodologia adotada na preparação do material para avaliação do gradiente de densidade e das tensões de crescimento.

### 3.5. Avaliação das tensões de crescimento e determinação do Índice de rachaduras (IR%)

Todas as rachaduras e deformações que ocorrem na madeira com umidade acima do ponto de saturação das fibras (PSF) têm sua origem nas tensões internas de crescimento. Dessa forma as avaliações efetuadas dois dias após o abate podem não manifestar o total de tensões de crescimento antes do abate, mas certamente refletem o nível de intensidade dessas forças, sem a presença de tensões de secagem.

Dessa forma nas extremidades de todas as pranchas centrais efetuou-se a medição das larguras efetivas e respectivas aberturas das rachaduras, conforme ilustra a Figura 4.

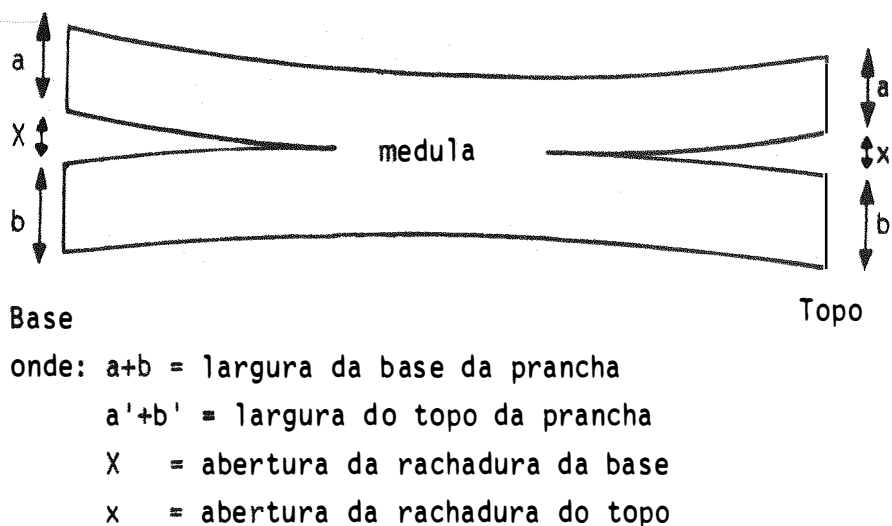


Figura 4. Ilustração das medições efetuadas para quantificar o nível das tensões de crescimento manifestada pelas pranchas centrais

Através da relação  $\frac{X}{a+b} \cdot 100$  e  $\frac{x}{a'+b'} \cdot 100$ , obteve-se um índice que foi denominado "Índice de rachadura" (IR), para as extremidades base e topo, respectivamente.

O IR reflete a dimensão do vão provocado pela rachadura em relação a largura original da extremidade da peça.

### 3.6. Preparo do material para determinação do gradiente de densidade no sentido medula-casca

No momento do preparo dos toretes, foram retirados dois discos com 5cm de espessura, um ao nível do DAP e outro 3 metros acima, de forma a permitir a avaliação das características de densidade nas extremidades de cada torete (figura 3).

Os discos de madeira foram conduzidos para a Seção de Instrumentação do CENA (Centro de Energia Nuclear para a Agricultura), em Piracicaba, sendo então submetidos à secagem em ambiente controlado de forma a se obter um teor de umidade de 10%, base seca, equivalente à umidade de equilíbrio determinada pelas condições ambientais daquele laboratório

Após a secagem, os discos foram manipulados em torno mecânico visando deixar as duas faces rigorosamente paralelas e com espessura de 3cm. Antes da determinação da densidade, passaram por nova climatização no ambiente do laboratório

### 3.7. Determinação do gradiente de densidade da madeira no sentido medula-casca

Os levantamentos dos perfis radiais de densidade dos discos foram realizados pelo processo de atenuação da radiação gama de baixa energia, de acordo com o método descrito por FERRAZ (1976), em pontos espaçados de um (1) mm, a partir da medula.

As determinações de densidade foram realizadas com a madeira a 10% de umidade, base seca, e dessa forma os valores obtidos referem-se a relação:  $d_m = \frac{m_s}{V_u}$ , conforme AGUIAR (1980), sendo:

$d_m$  = densidade da madeira a 10% de umidade em g/cm<sup>3</sup>

$m_s$  = massa da madeira seca

$V_u$  = volume do sistema (madeira-água-ar)

#### 3.7.1. Escolha do raio para determinação densiométrica

Inicialmente, ao acaso, foram tomados dez (10) discos de madeira e levantados os perfis de densidade dos raios nas quatro (4) direções principais, a saber: norte, sul, leste e oeste. A análise preliminar dos resultados obtidos indicou que o raio oeste é o que melhor representa o perfil médio das quatro direções. Idêntico resultado obteve TROVATI (1982) trabalhando com discos de *Pinus oocarpa* Schiede. Dessa forma as determinações dos perfis de densidade de todas as amostras foram realizadas no raio oeste.

### 3.7.2. Cálculo do coeficiente angular do gradiente de densidade

Com os valores de densidade obtidos nos pontos espaçados de um (1) mm, a partir da medula, foram testadas várias expressões de regressão. Dessas, a que apresentou a maior significância para representar a relação distância da medula e densidade no ponto foi a regressão linear simples, confirmando a análise de TROVATI (1982).

O coeficiente angular da reta obtida através da análise de regressão linear expressa a variação da densidade com a distância, a partir da medula, conforme ilustra a Figura 5.

A regressão linear simples é expressa pela equação geral

$$Y = a + bx,$$

onde:

Y = densidade da madeira em g/cm<sup>3</sup>

x = distância em mm a partir da medula

a e b = coeficientes de regressão

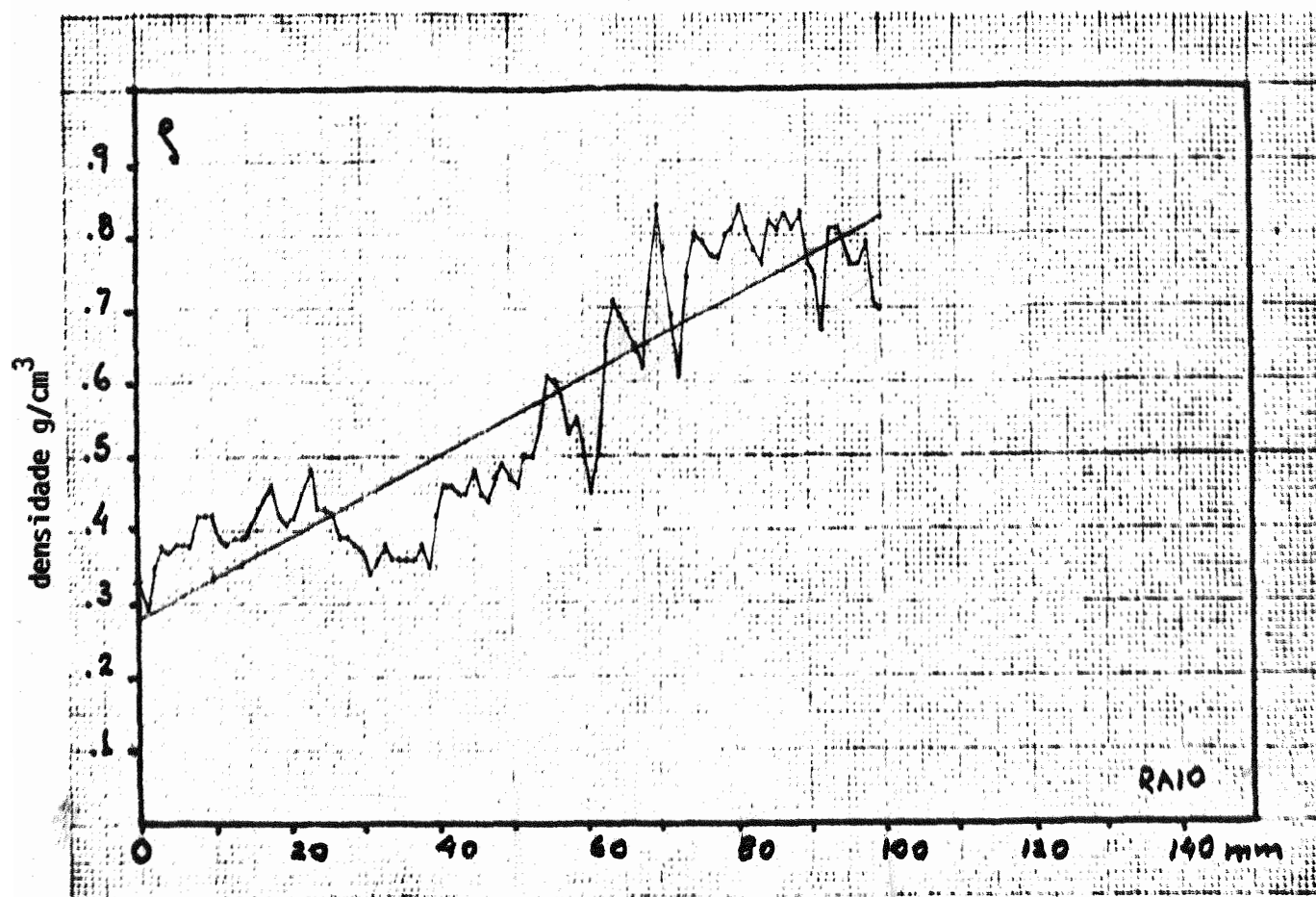


Figura 5. Perfil de densidade do raio oeste do disco de madeira retirado da árvore nº 34, ao nível do DAP, e respectiva reta obtida pela análise de regressão linear dos pontos levantados. Neste exemplar o coeficiente angular calculado foi 0,00542.

### 3.7.3. Densidade média da madeira

A densidade média da madeira a 10% de umidade foi calculada através da reta de regressão linear  $Y = a + bx$ , quando  $x$  é igual ao raio geométrico médio do disco.

O raio geométrico médio foi calculado pela relação:

$$r = \sqrt{\frac{R^2}{2}},$$

onde:

r = raio geométrico médio do disco

R = raio oeste do disco

#### 3.7.4. Densidade da periferia dos discos de madeira

As densidades periféricas dos discos de madeira a 10% de umidade, foram calculadas através da média aritmética das densidades obtidas nos dez (10) últimos pontos de cada raio, a partir da medula.

### 3.8. Análise estatística dos dados

Para uma melhor interpretação dos resultados obtidos decidiu-se efetuar a análise da variação entre progênies, dentro das progênies, e testar a correlação entre o IR e as características de densidade da madeira.

#### 3.8.1. Variação entre progênies

No estudo da variação entre progênies para as diversas características estudadas (DAP, IR, Coeficiente angular, densidade média da madeira e densidade da periferia dos discos de madeira), utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, considerando-se as progênies como tratamentos e as árvores dentro das progênies como repetições.

Devido a perda de um torete em algumas progênies, foram usadas apenas nove (9) repetições na análise de variância.

Para a análise de variância dos IR (%) os dados foram transformados em  $\text{arc. sen. } \sqrt{\text{IR} \% + 0,5}$ . De acordo com STEEL (1980 p.236), os dados percentuais, com ampla variação de valores e geralmente apresentando uma distribuição binomial, devem ser transformados em  $\text{arc. sen. } \sqrt{X}$ .

A comparação dos dados de médias de progênies foi realizada através do teste Tukey, segundo PIMENTEL GOMES (1976).

### 3.8.2. Variação entre árvores dentro de progênies

A avaliação das variações entre árvores das progênies, para as diferentes características estudadas (IR, DAP, Coeficiente angular, densidade média da madeira e densidade da periferia dos discos de madeira), foi efetuada através do coeficiente de variação, calculado individualmente para cada progênie.

O coeficiente de variação foi calculado visando dar não só o valor da progênie para cada característica, mas também a magnitude dessa variação.

### 3.8.3. Correlação entre características

Para o estudo das relações entre o índice de rachaduras (IR) e as características das árvores (DAP, coeficiente angular, densidade média e densidade da periferia da madeira), foram testadas, para todos os dados obtidos, as seguintes equações de regressão:



- a) linear  $Y = a + b x$   
 b) hiperbólica  $Y = a + \frac{b}{x}$   
 c) bilogaritmica  $\log Y = a + b \log x$   
 d) semi-logaritmica  $Y = a + b \log x$   
 e) log-inversa  $\log Y = a + \frac{b}{x}$   
 f) monologaritmica  $\log Y = a + b x$

onde:

$Y$  é o índice de rachaduras

$X$  é a característica da árvore

Pelos resultados gerais dos diferentes modelos de equação (coeficiente de correlação, teste F e suas significâncias) a regressão linear foi a que mais se ajustou aos dados e portanto a associação entre as características estudadas foi feita somente por esse modelo de equação.

O teste de significância dos valores de  $r$  obtidos, foi realizado através do teste  $t$ , pela fórmula:

$$t = \frac{r \sqrt{(n - 2)}}{\sqrt{(1 - r^2)}},$$

onde:

$r$  = coeficiente de regressão linear

$n$  = número de dados em cada variável.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variação entre médias das progênes para as características estudadas

As performances das progênes são apresentadas na Tabela 5.

#### 4.1.1. Diâmetro à altura do peito (DAP)

A análise de variância dos dados do DAP das progênes consta da Tabela 6.

Tabela 5. Médias do DAP, índice de rachadura (IR), coeficiente angular, densidade média e densidade periférica, das progênie estudadas

Progênie		DAP (cm)	IR (%)	Coeficiente angular	Densidade média* (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade periférica* (g/cm <sup>3</sup> )
8239	A	23,60	48,04	0,00390	0,595	0,653
	B		54,79	0,00462	0,594	0,661
8242	A	22,95	4,99	0,00334	0,590	0,621
	B		19,53	0,00333	0,594	0,616
8243	A	21,35	39,61	0,00311	0,536	0,605
	B		35,55	0,00342	0,561	0,633
8244	A	23,45	6,47	0,00340	0,587	0,656
	B		7,14	0,00441	0,614	0,683
Testemunha (Híbrido de Rio Claro)	A	22,55	21,43	0,00288	0,637	0,719
	B		71,98	0,00393	0,673	0,743

A = Dados referentes ao nível do DAP (base dos toretes)

B = Dados referentes a 4,30m do solo (topo dos toretes)

\* Densidade da madeira a 10% de umidade

Tabela 6. Análise de variância dos dados das progênes estudadas

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
tratamentos	4	32,20	8,05	1,48ns
resíduo	40	217,61	5,44	
Total	44	249,81		

Coefficiente de variação experimental = 10,25%

Média geral = 22,75 cm

A análise de variância aplicada aos valores de DAP revelou não significância para os valores de F obtidos para tratamentos, revelando que não há diferenças para essa característica, entre as progênes estudadas. Isso mostra que a eleição das árvores para estudo atingiu o objetivo de uniformidade fenotípica desejado, ao menos para a característica de diâmetro ao nível do peito (DAP). O baixo valor obtido para o coeficiente de variação (10,25%) indica uma boa precisão para o experimento. Assim, a pequena variação nos dados de DAP não devem ser considerados como causa explicativa das diferentes intensidades de rachaduras ou outra característica de densidade da madeira, entre as progênes.

#### 4.1.2. Índice de Rachaduras (IR%)

A análise de variância dos resultados obtidos para o IR, expressos em percentagem (%) e transformados em arc. sen.  $\sqrt{\frac{\%}{100} + 0,5}$ ,

consta nas Tabelas 7 e 9 respectivamente, para a base e topo dos toretes. Nas Tabelas 8 e 10 são apresentados os quadros de médias dos IR, respectivamente para a base e topo dos toretes, comparando as médias das progênes através do teste Tukey (5%).

Tabela 7. Resultados da análise de variância dos dados de índice de rachaduras, transformados em  $\text{arc. sen. } \sqrt{\% + 0,5}$ , tomados na base dos toretes das progênes (posição A)

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
tratamentos	4	7.405,91	1.851,48	5,866**
resíduo	40	12.636,24	315,91	
Total	44	20.042,14		

\*\* Ao nível de 1% de significância, pelo menos um contraste de médias difere de zero.

Coeficiente de variação experimental = 67,47%

Média geral (IR%) = 26,34

A análise de variância aplicada aos dados de IR(%) obtidos na base dos toretes revelou valores de F significativos ao nível de 1% de probabilidade.

O valor elevado do coeficiente de variação experimental (67,47%) revela as grandes variações que ocorrem entre os valores de IR para as árvores das progênes, ao nível do DAP (base dos toretes).

Mesmo com a alta variação verificada entre as árvores, expressa pelo coeficiente de variação experimental, a variação entre progênies revelou diferenças expressivas para o IR(%), de acordo com o teste F altamente significativo.

Tabela 8. Médias dos Índices de rachaduras comparando as progênies através do teste Tukey (5%) para a base dos toretes (posição A)

Progênies	Médias*
8239	42,25 a
8243	38,66 a
Testemunha	27,01 ab
8244	12,42 b
8242	11,38 b
DMS	23,93

\* As médias com as mesmas letras não diferem entre si.

A comparação entre as médias, pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância, para o índice de rachadura, revelou que as progênies nºs 8239, 8243 e testemunha não diferem entre si e, por apresentarem os maiores valores de médias, são as de menor interesse para fins de serraria. As progênies nºs 8242 e 8244 também não diferem entre si e apresentam os menores valores para o índice de rachaduras, o que as tornam mais desejáveis para desdobro em serraria, ao menos para a base dos toretes. A Figura 6 ilustra um torete da progênie nº 8244 (árvore nº 14) que obteve um valor de IR, igual a zero (0) para as duas extremidades e um representante da progênie nº 8239 (árvore nº 35) que obteve um valor de IR igual a 40% e 60%, respectivamente para a base e topo do torete.

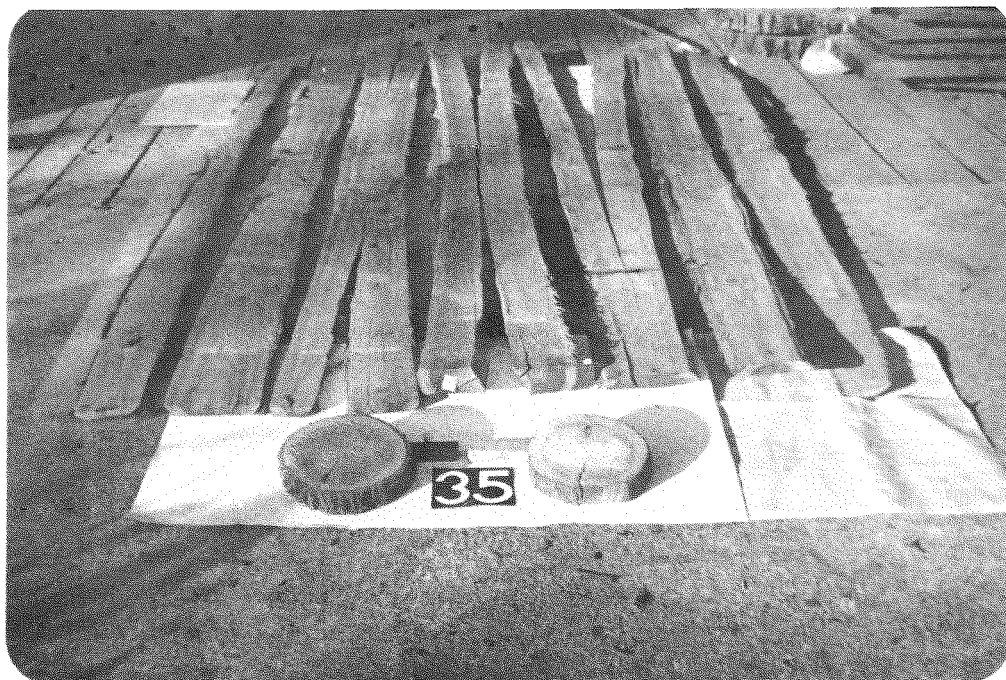


Figura 6. A foto superior ilustra o torete, retirado da árvore nº 14, pertencente à progênie nº 8244 (após o desdobro), que obteve um IR(%) igual a zero (0) para as duas extremidades. Na foto inferior o torete retirado da árvore nº 35, pertencente à progênie nº 8239 que obteve valores de 40% e 60%, respectivamente, para o IR da base (1º plano) e topo (2º plano).

Tabela 9. Análise de variância dos dados de índice de rachaduras (%) transformados em arc. sen.  $\sqrt{\% + 0,5}$ , tomados no topo dos toretes (posição B)

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
tratamento	4	12.218,56	3.054,64	4,82**
resíduo	40	25.324,31	633,11	
Total	44	37.542,87		

\*\* Ao nível de 1% de significância pelo menos um contraste de médias difere de zero.

Coefficiente de variação = 70,51%

Média geral (IR%) = 35,69

Tabela 10. Médias dos índices de rachaduras, comparando as progênies, através do teste de Tukey (5%), para o topo dos toretes (posição B)

Progênies	Médias*
Testemunha	59,67 a
8239	46,76 ab
8243	35,60 ab
8242	23,19 b
8244	13,23 b
DMS	33,88

\* As médias com as mesmas letras não diferem entre si.



A análise de variância dos dados de IR(%) obtidos no topo dos toretes (tabela 9) apresentou valores de F significativos ao nível de 1%, mostrando haver variação para essa característica entre as diferentes progênies.

O valor obtido para o coeficiente de variação experimental foi elevado, superando aquele encontrado para a base dos toretes. Isso significa que as variações entre os valores de IR das árvores nas progênies são mais amplas no topo do que na base dos toretes.

Conforme nota-se na tabela 5, com exceção da progênie nº 8243, o IR no topo dos toretes (posição B) é sempre maior do que na base (posição A). Uma explicação para esse fato pode residir no maior nível de tensão existente nessa posição, expresso em IR(%) em relação à base das toras, como função direta do menor diâmetro da ponta mais fina dos toretes, baseado numa maior inclinação do gradiente de tensões, de acordo com BOYD (1950b), conforme os dados constantes da tabela 1. Outra hipótese pode estar baseada na maior densidade que ocorre nas partes mais altas da árvore, coincidindo assim com as conclusões de Carvalho (1960) citado por FERREIRINHA (1961) o qual encontrou uma associação entre o aumento do fendilhamento das toras, com maiores valores de densidade, em *E. globulus*.

Os menores valores de IR (%) encontrados, e que não diferem significativamente entre si, ocorrem nas progênies nºs 8244 e 8242 e, portanto, as mais indicadas para o propósito de desdobro. Esses dados comparados com aqueles obtidos na base dos toretes mostram uma constância de qualidade, ou seja, as progênies que racham menos na base (com

menores valores de IR) também racham menos no topo dos toretes. Como a grandeza do IR mede a intensidade das rachaduras e essas refletem o nível interno de tensões de crescimento, de acordo com JACOBS (1938, 1939, 1940), BOYD (1950, 1972), NICHOLSON (1973), Van WYK (1978) e outros, pode-se inferir da existência de um alto grau de variabilidade genética nas tensões de crescimento, já que foram idênticos os fatores ambientais de crescimento para todas as progênes estudadas. Essa assertiva concorda com o postulado de NICHOLSON (1973), citado na página 22.

A grande variação entre as progênes sugere alta variabilidade nas populações dessa espécie para a característica IR. Dessa forma, um programa de melhoramento baseado em populações amplas dessa espécie permitirá a seleção de indivíduos com baixos níveis de rachaduras e, portanto, aptos para serraria.

Uma solução a curto prazo seria a propagação vegetativa desses indivíduos que mostraram um baixo índice de IR e aproveitamento em plantações clonais.

#### 4.1.3. Coeficiente angular e gradiente de densidade no sentido medula-casca

A análise de variância dos valores do coeficiente angular, obtidos por regressão linear simples, dos pontos de densidade espaçados entre si de um mm, no sentido medula-casca, são apresentados nas tabelas 11 e 12, respectivamente para base e topo dos toretes.

A análise de variância aplicada aos valores do coeficiente angular não revelou significância para o teste F aplicados aos

tratamentos, mostrando que não há diferenças para essa característica na base dos toretes, entre as progênes estudadas.

Tabela 11. Análise de variância dos dados de Coeficiente angular da reta obtida por regressão linear simples dos pontos de densidade espaçadas de 1mm, no sentido medula-casca, para a base dos toretes

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
tratamentos	4	0,000005428	0,000001357	0,68 ns
resíduo	40	0,000079317	0,000001983	
Total	44	0,000084746		

Coeficiente de variação = 42,38%

Média geral = 0,00333

O coeficiente angular expressa a intensidade de incremento da densidade no sentido medula-casca. Uma vez que a densidade da madeira é uma propriedade resultante de diversas características anatômicas do lenho, esperava-se que o aumento do coeficiente angular provocaria um aumento na intensidade das rachaduras. Entretanto a análise de variância aplicada ao valor de IR (tabelas 7 e 9) e aos coeficientes angulares (tabelas 11 e 12) não mostrou essa relação.

O coeficiente de variação encontrado (42,38%) comprova uma ampla variação no desenvolvimento da densidade no sentido medula-casca entre os indivíduos das progênes estudadas, concordando com as afirmações de De VILLIERS (1965).

Tabela 12. Análise de variância dos dados de coeficiente angular da reta obtida por regressão linear simples dos pontos de densidade espaçados de um mm, no sentido medula-casca, para o topo dos toretes

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
tratamentos	4	0,0000101	0,00000252	1,18 ns
resíduo	40	0,0000853	0,00000213	
Total	44	0,0000954		

Coeficiente de variação = 36,80%

Média geral = 0,00394

A análise de variância aplicada aos dados dos coeficientes angulares das progênies não revelou significância para os valores de F para tratamentos, indicando que não há diferença entre as progênies, para essa característica, no topo dos toretes e mantendo, assim, a mesma tendência obtida na base dos mesmos.

Nessa análise observa-se um coeficiente de variação também elevado (36,80%), indicando que ocorre uma grande variação dessa característica entre os indivíduos das progênies estudadas, mas em nível menor que na base dos toretes, onde o coeficiente de variação encontrado foi 42,38%. Esse fato indica que ocorrem menores variações no gradiente de densidade no sentido medula-casca, no topo dos toretes, em relação à base.

Observando-se o valor médio do coeficiente angular das progênies estudadas, nota-se que o topo dos toretes apresenta um valor de 0,00394 e, portanto, superior à média dos valores encontrados na base dos toretes (0,00332). Isso significa que o gradiente de densidade é mais acentuado no topo do que na base dos toretes, indicando que o incremento da densidade é maior nas partes mais altas do fuste (topo dos toretes). Esse fato pode ser devido aos menores diâmetros do topo, em relação à base dos toretes, nas classes de diâmetros utilizadas.

A não significância na variação entre progênies aliada ao alto coeficiente de variação experimental indica que, ou não há variação expressiva entre progênies para a característica coeficiente angular, ou a variação entre indivíduos encobriu as variações entre progênies. A análise da variação entre indivíduos das progênies, que será discutida no item 4.2.2. confirmará essas suposições.

#### 4.1.4. Densidade média da madeira

A análise dos dados obtidos de densidade média da madeira (10% de umidade), calculados através da reta de regressão linear simples, no ponto geométrico médio do raio oeste, consta nas Tabelas 13 e 15, respectivamente para a base e topo dos toretes. Nas Tabelas 14 e 16 são fornecidas as médias dessa característica, comparando as progênies pelo teste Tukey (5%), para a base e topo dos toretes, respectivamente.

A análise de variância dos dados de densidade média da base dos toretes apresentou valores de F significativos ao nível de 5%,

indicando que existe variação entre progênes.

O baixo coeficiente de variação obtido (9,31%) indica que ocorre pequena variação dessa característica entre as progênes estudadas.

Tabela 13. Análise de variância das densidades médias em g/cm<sup>3</sup>, tomadas na base dos toretes das progênes estudadas

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
tratamentos	4	0,0461	0,0115	3,82*
resíduo	40	0,1207	0,0030	
Total	44	0,1668		

\* Ao nível de 5% de significância, pelo menos um contraste de médias difere de zero.

Coeficiente de variação = 9,31%

Média geral = 0,59

A comparação entre médias da densidade da base dos toretes, pelo teste Tukey (5%), revela que a testemunha difere apenas da progênie nº 8243, não diferindo as demais entre si. Uma explicação para um valor significativamente maior da densidade média da testemunha pode residir na sua condição de híbrido, que, de acordo com PRYOR (1971), o material oriundo de Rio Claro provavelmente seja um produto do cruzamento entre o *Eucalyptus urophylla* e o *E. tereticornis*, *E. saligna* e outros, de densidades médias superiores ao material puro.

Tabela 14. Médias das densidades da madeira no ponto geométrico médio do raio oeste, comparando as progênes pelo teste Tukey (5%), para a base dos toretes

Progênes	Médias
Testemunha	0,637a
8239	0,595ab
8242	0,590ab
8244	0,587ab
8243	0,536 b
DMS	0,0739

\* As médias com as mesmas letras não diferem entre si

A pequena variação dessa característica entre as progênes oriundas das Ilhas de Timor pode ser justificada pela pequena representatividade do material estudado, indicando insuficiência da base genética para trabalhos específicos de manipulação genética com a densidade da madeira. Ainda, os dados sugerem a existência de variabilidade dessa característica na população, embora com amplitude bem menor que a verificada para o IR e coeficiente angular.

Tabela 15. Análise de variância das densidades médias (em  $\text{g/cm}^3$ ) tomadas no topo dos toretes das progênes trabalhadas

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
tratamentos	4	0,0711	0,0178	6,41**
resíduo	40	0,1109	0,0028	
Total	44	0,1821		

\*\* Ao nível de 1% de significância pelo menos um contraste de médias difere de zero.

Coefficiente de variação = 8,68%

Média geral = 0,607

A análise de variância dos dados de densidade média do topo dos toretes apresentou valores de F significativos ao nível de 1% de probabilidade, indicando uma variação entre progênes.

O coeficiente de variação obtido (8,68%) foi ainda menor que aquele obtido para a base dos toretes (9,31%), indicando uma menor variabilidade dessa característica no topo dos toretes.

A aplicação do teste Tukey (5%), para comparação entre as densidades médias das progênes no topo dos toretes, indica que a testemunha não difere apenas da progênie nº 8244 e esta não difere das demais. Resultado similar foi obtido para a base dos toretes, sugerindo que o padrão para alta ou baixa densidade é mantido nos dois níveis de altura da árvore.



Tabela 16. Dados de médias das densidades da madeira (em  $\text{g/cm}^3$ ) no ponto geométrico médio do raio oeste, comparando as progênes pelo teste Tukey (5%), para o topo dos toretes

Progênes	Médias*
Testemunha	0,673 a
8244	0,614 ab
8242	0,594 b
8239	0,594 b
8243	0,561 b
DMS	0,0709

\* As médias com as mesmas letras não diferem entre si

Numa comparação dos dados constantes das tabelas 14 e 16 observa-se que há uma tendência para os valores médios de densidade serem mais altos no topo em relação à base dos toretes. Esse aspecto está mais detalhadamente discutido no item 4.1.5.

Na comparação entre os valores médios de maior e menor densidade, respectivamente testemunha e progênes nº 8243, verifica-se que a primeira apresenta um valor aproximadamente 20% superior em relação à segunda, considerando-se os dados tanto da base como do topo dos toretes. Esse fato reveste-se de importância na eleição do material genético com o maior potencial produtivo de matéria seca/ha/ano, já que em termos de produtividade volumétrica ambas se equiparam, de acordo com PÁSZTOR (1975).

#### 4.1.5. Densidade da periferia dos discos de madeira

A análise dos valores obtidos de densidade periférica, a 10% de umidade, constam das Tabelas 17 e 19, para a base e topo dos toretes, respectivamente. Os quadros de médias dessa característica, comparando as progênies pelo teste Tukey (5%) constam das Tabelas 18 e 20, respectivamente para a base e topo dos toretes.

Tabela 17. Análise de variância das densidades periféricas (em  $\text{g/cm}^3$ ) tomadas na base dos toretes

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
tratamentos	4	0,0696	0,0174	5,28**
resíduo	40	0,1318	0,0033	
Total	44	0,2014		

\*\* Ao nível de 1% de significância pelo menos um contraste de médias difere de zero.

Coeficiente de variação = 8,82%

Média geral = 0,651

A análise de variância dos valores de densidade periférica tomados na base dos toretes apresentou valores de F significativos ao nível de 1%, indicando que existe uma variação dessa característica entre as progênies estudadas. Essa variação contudo é pequena, de acordo com o baixo valor encontrado para o coeficiente de variação (8,82%) e mantendo assim, o mesmo padrão de variação encontrado para a densidade média da madeira.

Tabela 18. Quadro de médias das densidades periféricas comparando as progênes pelo teste Tukey (5%) para a base dos toretes

Progênes	Médias*
Testemunha	0,719 a
8244	0,656 ab
8239	0,653 ab
8242	0,621 b
8243	0,605 b
DMS	0,0773

\* As médias com as mesmas letras não diferem entre si

A aplicação do teste Tukey (5%) para comparação entre as densidades periféricas médias das progênes na base dos toretes, revelou que, embora a testemunha (híbrido de Rio Claro) apresente o maior valor médio, não difere significativamente das progênes nºs 8244 e 8239 e essas não diferem das progênes nºs 8242 e 8243. Esse posicionamento dos valores médios das progênes é similar àquele encontrado pela maioria dos autores que estudaram o assunto, os quais afirmam haver uma tendência para a manutenção da grandeza dessa característica com o desenvolvimento diametral do fuste. A comparação das tabelas 18 e 14 também indica valores maiores para a densidade periférica, em relação aos valores de densidade média, confirmando assim um contínuo incremento da densidade, a partir da medula, até a idade em que foi efetuado o abate (11 anos). Essa observação, aliás, já é confirmada pela existência de um

gradiente de densidade a partir da medula e expresso pelo coeficiente angular.

Tabela 19. Análise de variância das densidades periféricas, tomadas no topo dos toretes

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
tratamentos	4	0,1070	0,0267	6,14**
resíduo	40	0,1742	0,0043	
Total	44	0,2813		

\*\* Ao nível de 1% de significância pelo menos um contraste de médias difere de zero.

Coeficiente de variação = 9,90%

Média geral = 0,667.

A análise de variância dos dados de densidade periférica tomados no topo dos toretes apresentou valores de F significativos ao nível de 1%, indicando que ocorre uma variação dessa característica entre as progênes estudadas. O baixo valor encontrado para o coeficiente de variação (9,90%) indica uma uniformidade dos valores em torno da média e com a mesma tendência observada para os valores tomados na base dos toretes, que apresentou um coeficiente de variação de 8,82%.

As comparações entre os valores médios de densidades periféricas do topo dos toretes, pela aplicação do teste Tukey (5%), revelou a mesma tendência observada e discutida para os valores encontrados na base dos toretes.

Tabela 20. Quadro de médias das densidades periféricas comparando as progênes pelo teste Tukey 5% para o topo dos toretes

Progênes	Médias*
Testemunha	0,743 a
8244	0,683 ab
8239	0,661 b
8243	0,633 b
8242	0,616 b
DMS	0,0889

\* As médias com as mesmas letras não diferem entre si.

Calculando-se os incrementos das densidades (média e periférica) da base para o topo dos toretes, encontrou-se os valores constantes da Tabela 21.

Tabela 21. Incremento da base para o topo nas densidades média e periférica da madeira, expresso em porcentagem

Progênie	Densidade média g/cm <sup>3</sup>	Densidade periférica g/cm <sup>2</sup>
8239	1,2%	-0,2%
8242	-0,8%	0,7%
8243	4,6%	4,7%
8244	4,1%	4,6%
Testemunha (híbrido de Rio Claro)	3,3%	5,6%

Embora diversos autores, dentre os quais FERREIRA (1972) e TAYLOR (1973), afirmem que a densidade da madeira aumenta em direção à copa das árvores, os dados constantes da tabela 21, mostram que essa tendência não é válida para todas as progênes, tanto para a densidade média, como para a densidade das periferias. Assim, as progênes n<sup>o</sup>s 8239 e 8242 tiveram incrementos negativos ou próximo de zero (0), enquanto nas demais progênes as densidades (tanto média como periférica) cresceram com intensidades diferentes, da base para o topo dos toretes.

Pela tabela 5 observa-se que as progênes n<sup>o</sup>s 8239 e 8243 apresentaram valores de IR % respectivamente altos (48,04 e 54,79 no topo) e baixos (4,99 na base e 19,53 no topo). Isso leva à conclusão de que o índice de rachaduras varia entre as progênes independentemente do incremento da densidade ao longo do tronco das árvores ao menos para a altura de 4,30m, correspondente ao topo dos toretes estudados.

#### 4.2. Variação das características entre árvores dentro de progênes

Os valores médios das características estudadas, dentro de progênes com os respectivos coeficientes de variação, são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Valores médios das progênes encontrados para o índice de rachaduras (IR%), coeficiente angular, densidade média e densidade da periferia, com os respectivos coeficientes de variação entre árvores das progênes estudadas, para a base e topo dos toretes

Progênie nº	Posição no torete	Características			
		I, R. %	Coeficiente angular	Densidade* média (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade* periférica (g/cm <sup>3</sup> )
8239	A	$\bar{X} = 48,04$ CV = 84,68%	0,00390 35,92%	0,595 10,02%	0,653 11,83%
	B	$\bar{X} = 54,79$ CV = 80,73%	0,00462 26,60%	0,594 10,10%	0,661 10,49%
8242	A	$\bar{X} = 4,99$ CV = 140,98%	0,00334 43,27%	0,590 10,55%	0,621 8,16%
	B	$\bar{X} = 19,53$ CV = 142,13%	0,00333 41,98%	0,594 7,98%	0,616 7,18%
8243	A	$\bar{X} = 39,61$ CV = 105,12%	0,00311 44,76%	0,536 13,39%	0,605 8,12%
	B	$\bar{X} = 35,55$ CV = 118,99%	0,00342 43,37%	0,561 8,83%	0,633 12,41%
8244	A	$\bar{X} = 6,47$ CV = 210,39%	0,00340 34,52%	0,587 8,23%	0,656 7,76%
	B	$\bar{X} = 7,14$ CV = 202,03%	0,00441 34,05%	0,614 9,50%	0,683 11,78%
Testemunha (híbrido de Rio Claro)	A	$\bar{X} = 21,43$ CV = 58,68%	0,00288 55,03%	0,637 10,08%	0,719 6,68%
	B	$\bar{X} = 71,98$ CV = 67,93%	0,00393 44,07%	0,673 6,83%	0,743 7,33%
Médias gerais		$\bar{X}_A = 24,11$	0,00333	0,590	0,651
		$\bar{X}_B = 37,80$	0,00394	0,607	0,667
		$\overline{CVA} = 119,97\%$	42,70%	10,45%	8,51%
		$\overline{CVB} = 122,36\%$	38,01%	8,65%	9,84%

A - Base dos toretes

B - Topo dos toretes

\* Densidade da madeira a 10% de umidade.

#### 4.2.1. Variação entre árvores para Índice de rachaduras (IR%)

O índice de rachaduras reflete o nível das tensões internas de crescimento, manifestado nas extremidades dos toretes examinados. Dessa forma é a característica mais interessante para os propósitos de qualificar a aptidão dos toretes para desdobro em serraria. Esse índice expressa não são os níveis internos de tensão de crescimento, como outras características interagindo e atuando na manifestação das rachaduras nas extremidades das peças desdobradas.

Numa análise dos resultados constantes da tabela 22 verifica-se que a progênie nº 8244 apresentou o menor valor médio de IR com 6,47% e 7,14% para a base e topo, respectivamente. Isso sugere que essa é a progênie de melhor aptidão para propósitos de desdobro, ou a que apresenta a menor perda de madeira devido às rachaduras nas extremidades das peças desdobradas.

Com índices decrescentes de IR% e em ordem de interesse, para objetivos de desdobro, aparecem as progênies nºs 8242, 8243, híbrido de Rio Claro e finalmente a nº 8239.

O material oriundo de Rio Claro (híbrido) apresentou valores bem discrepantes, com o IR da base dos toretes (21,43%) sendo bem menor que no topo (71,98%). As diferenças entre as médias das duas extremidades dos toretes desse material demonstra a existência de indivíduos com valores de IR bastante elevados no topo, enquanto que na base mantêm um nível razoável. O mesmo não acontece com a progênie nº 8239, na qual os valores de IR são altos tanto na base como no topo dos toretes, ou seja, os toretes oriundos dessa progênie racham com grande



intensidade tanto na base como no topo. Essa mesma tendência é observada em todas as progênies oriundas de Timor, sugerindo que para a espécie *E. urophylla* pura, a análise do nível de tensões ao nível do DAP (base dos toretes) é suficiente para a avaliação das tensões existentes nas duas extremidades da tora. Essa conclusão é de vital interesse para futuros programas de seleção de indivíduos.

Ainda na análise da tabela 22 observa-se que a média dos IR% da base dos toretes apresentou um valor de 24,11%, enquanto que no topo dos toretes foi 37,80%. Essas diferenças, mesmo isolando-se o material híbrido de Rio Claro, são mantidas, indicando que nas partes mais altas do fuste (topo dos toretes) existe um nível maior de tensões internas, que se manifesta na forma de rachaduras mais intensas, por ocasião do processamento. Esse fato encontra apoio em NICHOLSON (1973b), o qual afirma serem as variações de tensões de crescimento desenvolvidas como resposta às necessidades de suporte pela árvore.

Os coeficientes de variação do índice de rachaduras encontrados nas progênies são bastante elevados, demonstrando uma grande variabilidade dessa característica entre os indivíduos das respectivas progênies. Um aspecto importante é que as progênies com menores valores médios de IR são as que apresentam os maiores valores de coeficiente de variação, indicando que nesses materiais ainda há possibilidade de seleção para a melhoria do comportamento às rachaduras.

Como as variações dentro das progênies são devidas a uma componente genética e outra ambiental, torna-se de fundamental interesse

a determinação da porção de natureza genética dessa variabilidade.

A única citação em literatura referente a herdabilidade da característica rachaduras das extremidades das toras é de MALAN (1979), o qual avaliou um teste de progênies de *E. saligna* e estimou um valor de 0,20 para a herdabilidade no sentido restrito. Como esse valor é considerado baixo, é recomendável o desenvolvimento de estudos para confirmação e determinação dessa componente genética para outras espécies/procedências de interesse em nossas condições.

#### 4.2.2. Variação do coeficiente angular entre árvores

A análise da tabela 22 indica que os coeficientes de variação dessa característica são moderadamente elevados dentro das progênies. Esse fato aliado à discussão do item 4.1.3 permite concluir que a variação não significativa demonstrada pela análise de variância constante das tabelas 11 e 12 foi parcialmente mascarada pela variação entre indivíduos dentro das progênies.

Como uma tendência geral, observa-se que os valores de coeficiente angular encontrados nos topos dos toretes são maiores que aqueles da base, indicando que o incremento da densidade, à partir da medula, é mais intenso nas partes mais altas das árvores. Entretanto, na progênie nº 8242 os valores encontrados na base e topo foram idênticos (0,00334). No material híbrido de Rio Claro ocorreram as maiores diferenças (0,00288 e 0,00393, respectivamente para a base e topo dos toretes). Esses resultados permitem concluir que não existe um padrão definido de variação do gradiente de densidade ao longo do fuste.

A grandeza dessa característica, indicando um maior ou menor incremento da densidade no sentido da periferia a partir da medula, pode ser importante na medida em que as variações de densidade, num mesmo indivíduo, interfiram em outras características do material processado. Nesse sentido é de se esperar que indivíduos com valores elevados de coeficiente angular apresentem problemas de empenamentos e rachaduras, durante o processo de secagem, de acordo com a existência de uma estreita associação entre retração longitudinal e densidade da madeira.

Ainda, pela tabela 22, observa-se que os coeficientes angulares da base dos toretes apresentam maiores coeficientes de variação em relação ao topo dos toretes. Esse fato sugere uma tendência a menores variações da densidade no sentido medula casca, nas partes mais altas da árvore, entre indivíduos.

#### 4.2.3. Variação entre árvores da densidade média da madeira

As variações da densidade média da madeira, a 10% de umidade, que ocorrem entre as árvores das diferentes progênes mostram na tabela 22 um coeficiente de variação médio de 10,45% para a base e 8,65% para o topo dos toretes. Dessa forma, como ocorre com o coeficiente angular, as variações da densidade média da madeira no sentido medula-casca são menores entre os indivíduos, nas partes mais altas do fuste das árvores. Entretanto pela tabela 22 concluiu-se que essa tendência não é generalizada, pois na progênie nº 8244 o topo dos toretes apresentou um coeficiente de variação (9,50%) maior que na base (8,23%).

A despeito do baixo nível do coeficiente de variação da densidade média da madeira apresentado pelas progênes estudadas, essa característica oferece boas possibilidades de melhora genética, em função do alto coeficiente de herdabilidade que apresenta, de acordo com diversos autores, dentre os quais KAGEYAMA *et alii* (1982).

#### 4.2.4. Variações entre árvores da densidade da periferia

A densidade da periferia dos discos de madeira, em  $\text{g/cm}^3$ , consta da tabela 22, para a base e topo dos toretes, a 10% de umidade.

Os valores médios dos coeficientes de variação foram 8,51% e 9,84%, respectivamente para a base e topo dos toretes. Embora sejam valores baixos, ocorre uma tendência para maiores variações no topo em relação à base dos toretes, entre as árvores das progênes e assim, de forma inversa do que ocorre, com a densidade média da madeira, conforme discutido no item 4.2.3.

Pela tabela 22 observa-se ainda que nas progênes nºs 8239 e 8242 os coeficientes de variação entre a base e topo dos toretes foram bem próximos, porém no topo dos toretes ocorrendo menores variações dessa característica, em relação à base.

Embora com as pequenas discrepâncias observadas, nota-se que a grandeza das variações entre a densidade média e a densidade da periferia da madeira são similares. Esse fato, se confirmada sua generalização, é de relevante interesse em programas de melhoramento da característica densidade da madeira, pois permite a seleção de indivíduos a partir de métodos rápidos e não destrutivos, dispensando, inclusive, o uso da sonda de Presler.

#### 4.3. Correlação entre as características estudadas

Dentre os vários modelos testados para expressar o relacionamento entre as variáveis estudadas, o que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo da regressão linear simples, conforme descrito no item 3.8.3.

As Tabelas 23, 24, 25 e 26 apresentam os valores obtidos pela análise de regressão linear para a correlação entre o IR(%) e as outras características estudadas (DAP, coeficiente angular, densidade média e densidade da periferia da madeira).

##### 4.3.1. Correlação entre IR(%) e o DAP

A análise de regressão linear não apresentou correlação significativa entre os valores de IR(%) e os respectivos DAPs das progênies estudadas, conforme os dados da Tabela 23.

Esses resultados cotejados com os elevados coeficientes de variação para o IR(%) constantes da tabela 22 encontram apoio nos resultados de NICHOLSON (1973), que trabalhou com *Eucalyptus regnans* e sugeriu um forte controle genético para os níveis das tensões de crescimento, como única explicação para as grandes variações encontradas entre árvores, com características fenotípicas similares.

Tabela 23. Análise de regressão linear entre os IR(%) e os  $\overline{\text{DAP}}$  das progênie

Progênie nº	IR(%)*	$\overline{\text{DAP}}(\text{cm})$	r	$r^2$	t	a	b	F
8239	48,04	23,55	+0,34	0,11	0,95 ns	-78,0614	5,1075	0,91 ns
8242	4,99	22,95	+0,20	0,04	0,58 ns	- 2,3160	0,6050	0,33 ns
8243	39,61	21,39	-0,16	0,02	0,43 ns	62,6370	-1,1211	0,18 ns
8244	6,47	23,45	-0,17	0,03	0,49 ns	39,4116	-1,1681	0,23 ns
Testemunha (Híbrido de Rio Claro)	21,43	23,39	+0,11	0,01	0,29 ns	- 1,2750	-1,2635	0,08 ns
Médias	24,11	22,95						

\* Valores correspondentes apenas ao nível do DAP (base dos toretes)

r = coeficiente de correlação

$r^2$  = coeficiente de determinação

t = valor do teste t de "Student"

F = valor do teste "F"

ns = não significativo

a e b = parâmetros da equação estimados pelo método dos quadrados mínimos.

#### 4.3.2. Correlação entre IR(%) e o coeficiente angular

Os dados constantes da Tabela 24, da análise de regressão linear entre os valores de IR(%) e os coeficientes angulares, respectivamente para a base e topo dos toretes das progênes são discrepantes, não mostrando uma tendência definida. Dessa forma os valores de  $r^2$  significativos pelo teste t foram encontrados apenas para as progênes nº 8242 e 8243, e somente para a base dos toretes, com coeficientes de determinação de 0,54 e 0,48, respectivamente. Entretanto, para a primeira progênie citada o valor do coeficiente de correlação foi negativo (-0,74), enquanto que para a segunda progênie esse coeficiente apresentou um valor positivo (+0,69), evidenciando dessa forma a não existência de um padrão definido de associação entre o IR(%) e o coeficiente angular.

É interessante notar que na progênie nº 8242 o gradiente de densidade no sentido medula-casca, expresso em coeficiente angular, manteve-se praticamente constante para a base e topo dos toretes, com valores respectivos de 0,00334 e 0,00333. Na progênie nº 8243 essa constância não se manteve e o topo dos toretes apresentou uma inclinação mais acentuada do gradiente de densidade, em relação à base, com valores respectivos de 0,00342 e 0,00311.

Esses resultados permitem concluir que não existe uma associação entre o gradiente de densidade (expresso em coeficiente angular) e o nível de tensões, nos toretes de *Eucalyptus urophylla* estudados.

Tabela 24. Análise de regressão linear entre os IR(%) e os coeficientes angulares da base (posição A) e topo (posição B) dos toretes das progêneses estudadas

Progênie nº	IR(%)	Coefficiente angular	r	r <sup>2</sup>	t	a	b	F
8239	A	48,04	0,00390	0,092	0,833 ns	61,4227	-4911,0800	0,70 ns
	B	54,79	0,00462	0,013	0,323 ns	60,1009	- 0,0269	0,10 ns
8242	A	4,99	0,00334	0,546	3,100*	24,9691	-4018,3200	9,61**
	B	19,53	0,00333	0,001	0,103 ns	24,1704	- 0,0052	0,01 ns
8243	A	39,61	0,00311	0,477	2,525*	- 4,1968	13765,0000	6,38*
	B	35,55	0,00342	0,205	1,345 ns	5,4741	0,0881	1,81 ns
8244	A	6,47	0,00340	0,001	0,081 ns	12,9616	- 276,9960	0,01 ns
	B	7,14	0,00441	0,006	0,213 ns	10,2447	0,0058	0,05 ns
Testemunha (Híbrido de Rio Claro)	A	21,43	0,00288	0,068	0,712 ns	22,6904	1502,8100	0,51 ns
	B	71,98	0,00392	0,064	0,731 ns	43,0410	0,0392	0,54 ns
Médias	A	24,11	0,00333					
	B	37,80	0,00394					

r = coeficiente de correlação. - r<sup>2</sup> = coeficiente de determinação. - t = valor do teste t de "Student". - F = valor do teste "F". - ns. = não significativo

\*\* significativo ao nível de 1% - \* significativo ao nível de 5%

a e b = parâmetros da equação estimados pelo método dos quadrados mínimos.



#### 4.3.3. Correlação entre IR(%) e a densidade média da madeira

A análise de regressão linear entre os valores de IR(%) e a densidade média da madeira (a 10% de umidade) da base e topo dos toretes das respectivas progênie estudadas, conforme consta da Tabela 25, também não mostrou uma tendência definida.

A progênie nº 8244 foi a única que apresentou uma associação mais estreita, com coeficientes de determinação igual a 0,19 (base dos toretes) e 0,52 (topo dos toretes). Desses, apenas no topo dos toretes a correlação foi significativa pelo teste t. Numa confrontação com os dados da tabela 24, observa-se que a progênie nº 8244, que apresentou os menores índices de IR, (6,47% e 7,14% respectivamente para base e topo dos toretes), foi a que apresentou o segundo maior valor de coeficiente angular no topo dos toretes (0,00441), sendo superado apenas pela progênie nº 8239 (0,00462). Isso indica a não interferência do desenvolvimento do gradiente de densidade, ou suas variações do topo em relação à base dos toretes, com o IR(%).

Com relação à grandeza da densidade média da madeira, a comparação entre médias efetuada pelo teste Tukey, conforme tabelas 14 e 16, indicou que a progênie nº 8244, com os menores índices de rachaduras, não diferiu das demais nas duas extremidades dos toretes.

Dos resultados obtidos conclui-se que não houve uma tendência ou indicação para progênie com valores de densidades médias, altas ou baixas se associarem aos respectivos IR(%). Esses resultados contradizem aqueles obtidos por Carvalho (1960), citado por FERREIRINHA (1961) e BARRET *et alii* (1975), que encontraram, respectivamente para o

*E. globulus* e *E. saligna*, uma forte associação entre a intensidade das rachaduras com o aumento da densidade. As divergências com os resultados de outros autores parece residir na metodologia de avaliação das rachaduras, pois, invariavelmente, os trabalhos pesquisados e que tratam das relações entre densidade da madeira e intensidade de rachaduras não dissociam as tensões de crescimento daquelas originadas no processo de secagem, além da não representatividade do material estudado,

Esses aspectos, contudo, não invalidam a conveniência de se trabalhar com indivíduos de madeiras mais leves e com as menores variações possíveis no sentido medula-casca e ao longo do fuste, decorrentes dos problemas de secagem associados às variações de densidade numa mesma peça e às maiores retrações que ocorrem nas madeiras mais densas.

#### 4.3.4. Correlação entre IR(%) e a densidade da periferia da madeira

A análise de regressão linear entre os valores de IR(%) e a densidade da periferia dos discos de madeira, conforme Tabela 26, indica valores expressivos para os coeficientes de determinação nas progênies nº 8243 e 8244. A aplicação do teste t, entretanto, revelou significância apenas para a base dos toretes, com coeficientes de correlação positivos (+0,80 e +0,69 para a base dos toretes das progênies nº 8243 e 8244, respectivamente). Para as demais progênies não foi encontrada uma associação entre essas características.

Tabela 25. Análise de regressão linear entre os IR(%) e a densidade média da madeira na base (posição A) e topo (posição B) dos toretes das progênie estudadas

Progênie nº	IR(%)	Densidade média (g/cm <sup>3</sup> )	r	r <sup>2</sup>	t	a	b	F	
8239	A	48,04	0,595	-0,45	0,206	1,33 ns	145,3720	-173,2920	1,82 ns
	B	54,79	0,594	+0,10	0,009	0,283 ns	18,9632	48,2604	0,08 ns
8242	A	4,99	0,590	+0,08	0,007	0,232 ns	5,4800	10,3142	0,05 ns
	B	19,53	0,594	+0,18	0,034	0,533 ns	-23,6484	77,5350	0,28 ns
8243	A	39,61	0,536	+0,07	0,005	0,185 ns	-6,2112	83,6610	0,03 ns
	B	35,55	0,561	+0,57	0,327	1,845 ns	-151,3200	332,9540	3,40 ns
8244	A	6,47	0,587	+0,43	0,188	1,362 ns	-47,7060	101,7330	1,85 ns
	B	7,14	0,614	+0,72	0,519	2,935*	-75,7588	144,1930	8,65**
Testemunha (Híbrido de Rio Claro)	A	21,43	0,637	+0,04	0,001	0,106 ns	23,6938	5,2108	0,01 ns
	B	71,98	0,673	-0,17	0,029	0,486 ns	125,3200	-99,3761	0,24 ns
Médias	A	24,11	0,589						
	B	37,80	0,607						

r = coeficiente de correlação. - r<sup>2</sup> = coeficiente de determinação. - t = valor do teste t de "Student". - F = valor do teste "F". - ns = não significativo

\*\* significativo ao nível de 1% - \* significativo ao nível de 5%

a e b = parâmetros da equação estimados pelo método dos quadrados mínimos.

Os dados obtidos indicam que ocorre uma tendência para a densidade da periferia da madeira exprimir o nível de tensões de crescimento expresso em IR(%), para as duas progênies citadas, que entretanto se relaciona mais significativamente na base dos toretes (nível do DAP). Esse fato aliado ao discutido no item 4.2.4 é de vital interesse na seleção de indivíduos com baixos níveis de tensões internas de crescimento, por métodos rápidos e não destrutivos.

Do exposto pode-se concluir que de todas as características estudadas a densidade da periferia dos toretes foi a única que apresentou uma correlação alta e positiva com o índice de rachaduras, para duas progênies dentre as cinco estudadas.

Esses resultados aliados aos elevados coeficientes de variação do IR(%), conforme tabela 22, e pelas evidências de um forte controle genético dessa característica, de acordo com NICHOLSON (1973), sugerem a conveniência de estudos de populações para um melhor conhecimento do relacionamento dessas duas características.

Tabela 26. Análise de regressão linear entre os IR(%) e a densidade da periferia da madeira na base (posição A) e topo (posição B) dos toretes das progênes estudadas

Progênie nº	IR(%)	Densidade da periferia (g/cm <sup>3</sup> )	r	r <sup>2</sup>	t	a	b	F
8239	A	48,04	0,653	0,082	0,801 ns	97,4263	-84,5290	0,63 ns
	B	54,79	0,661	0,009	0,255 ns	21,3088	39,8426	0,07 ns
8242	A	4,99	0,621	0,061	0,729 ns	-12,1774	38,2005	0,52 ns
	B	19,53	0,616	0,003	0,142 ns	37,6868	-24,7242	0,02 ns
8243	A	39,61	0,605	0,645	3,552**	-235,0980	452,2400	12,70**
	B	35,55	0,633	0,424	2,266 ns	-115,8940	239,1180	5,16*
8244	A	6,47	0,656	0,471	2,682*	-88,1750	152,6910	7,13*
	B	7,14	0,683	0,331	1,971 ns	-44,2556	83,4930	3,96 ns
Testemunha (Híbrido de Rio Claro)	A	21,43	0,719	0,005	0,186 ns	17,2626	13,5555	0,04 ns
	B	71,98	0,743	0,004	0,170 ns	82,0150	-31,6997	0,04 ns
Médias	A	24,11	0,651					
	B	37,80	0,667					

r = coeficiente de correlação. - r<sup>2</sup> coeficiente de determinação. - t = valor do teste "Student". - F = valor do teste "F". - ns = não significativo

\*\* significativo ao nível de 1% - \* significativo ao nível de 5%.

a e b = parâmetros da equação estimados pelo método dos quadrados mínimos.

## 5. CONCLUSÕES

A partir da análise dos dados obtidos de cinco progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake, os resultados permitem concluir que:

a - Ocorrem grandes variações na intensidade das rachaduras nas extremidades dos toretes, sendo que as variações dentro de progênies são maiores que entre progênies;

b - A progênie introduzida sob nº 8244, seguida da nº 8242, produziram madeira com baixos níveis de rachaduras;

c - Não ocorre variação significativa no gradiente de densidade no sentido medula-casca entre progênies, mas existe uma variação alta entre árvores das progênies estudadas;

d - O gradiente de densidade (expresso em coeficiente angular) é mais inclinado no topo dos toretes;

e - A densidade média e periférica da madeira do *Eucalyptus urophylla* híbrido, procedente de Rio Claro, é maior do que nas progênes oriundas de Timor;

f - A densidade nas extremidades dos toretes é variável, com progênes apresentando madeira mais densa no topo do que na base e progênes com o comportamento inverso;

g - A intensidade das rachaduras é mais intensa no topo dos toretes (correspondente à parte mais alta das árvores) do que na base (nível do DAP);

h - Não foi detectada correlação entre a intensidade das rachaduras com a inclinação do gradiente de densidade no sentido medula-casca;

i - Não se encontrou correlação entre a densidade média da madeira e a intensidade das rachaduras nas extremidades dos toretes;

j - As progênes nºs 8243 e 8244 apresentaram uma correlação significativa da intensidade das rachaduras com a densidade da periferia da madeira na base dos toretes (correspondente ao nível do DAP);

k - Os dados obtidos sugerem um alto controle genético da tendência dos toretes racharem nas extremidades;

l - A avaliação do nível interno de tensões de crescimento pode ser efetuada na posição correspondente aos DAPs das árvores;

Tendo em vista os resultados obtidos sugere-se:

1º - A formação de plantios clonais a partir dos exemplares de melhor comportamento ao rachamento, das progêneses nºs 8244 e 8242;

2º - O desenvolvimento de estudos visando a determinação da componente herdável da tendência das toras racharem na fase de processamento mecânico.



## LITERATURA CITADA

AGUIAR, O., 1980. Determinação de Gradientes de Umidade em Madeira por Atenuação de Radiação Gama do  $^{241}\text{Am}$ . Piracicaba, 1980. 84 p. (Tese de Mestrado, ESALQ-USP).

ANDRADE, E.N.de, 1939. O eucalipto. São Paulo, Chácaras e Quintais. 122 p.

BARRET, R.L., D.T.CARTER e B.R.T.SEWARD, 1975. *Eucalyptus grandis* in Rhodesia. Research bulletin. Rhodesia Forestry Commission, Salisburg (6):1-87.

BOYD, J.D., 1950. Tree growth stresses: I-Growth stresses evaluation. Australian Journal of Scientific Research: series B - biological sciences, Melbourne, 3:270-93.

BOYD, J.D., 1950b. Tree growth stresses: II-The development of shakes and other visual failures in timber. Australian Journal of Applied Science, Melbourne, 1:296-312.

- BOYD, J.D., 1950c. Tree growth stresses: III-The origin of growth stresses. Australian Journal of Scientific Research: series B-biological sciences, Melbourne, 3:294-309.
- BOYD, J.D., 1972. Tree growth stresses: V-Evidence of an origin in differentiation and lignification. Wood Science and Technology, Berlin, 6:251-62.
- BRASIL, M.A.M. e M.FERREIRA, 1971. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw, *E. saligna* Smith e *E.grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade em função do local e do espaçamento. IPEF, Piracicaba, 2/3:129-49.
- BRASIL, M.A.M. e M.FERREIRA, 1972. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do DAP. IPEF, Piracicaba, 5:81-90.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, 634 p.
- CLARK, S.H., 1939. Stresses and strains in growing timber. Forestry, Oxford, 13(1):68-79.
- CHAFE, S.C., 1979. Growth stresses in trees. Australian Forest Research, Melbourne, 9:203-23

- CHAFE, S.C., 1979b. Wood hardness as a poor indicator of growth stress. Australian Forest Research, Melbourne, 9:147-8.
- CURRÕ, P. e R. CIVIDINI, 1961. Preliminary observations on growth stresses in eucalypts. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, São Paulo, 13-28 agosto 1961. Relatório e Documentos. São Paulo. v.2, p.1123-33.
- DE VILLIERS, A.M., 1965. Silvicultural, exploitation and conversion methods that affect timber quality: part I. South African Forestry Journal, Pretoria (55):21-31.
- DE VILLIERS, A.M., 1965. Silvicultura, exploitation and conversion methods that affect timber quality. part II. South African Forestry Journal, Pretoria (56):5-9.
- DE VILLIERS, A.M., 1973. Utilization problems with some eucalypts in South Africa. In: IUFRO MEETING DIVISION 5, Pretoria, 1973. Proceedings. Pretoria. v.2, p.238-55.
- EDWARDS, D.W., 1973. Defects of fast-grown eucalypts in New South Wales. In: IUFRO MEETING DIVISION 5, Pretoria, 1973. Proceedings. Pretoria. v.2, p.256-70.
- FAO, 1981. Eucalyptus for planting. Rome, FAO. p.503-6.

FERRAZ, E.S.B., 1976. Determinação da densidade de madeiras por atenuação de radiação gama de baixa energia. IPEF, Piracicaba, 12:61-68.

FERREIRA, M., 1970. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *E. saligna* Smith. IPEF, Piracicaba, 1: 83-96.

FERREIRA, M., 1972. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. IPEF, Piracicaba, 4:65-89.

FERREIRINHA, M.P., 1961. Propriedades físicas e mecânicas das madeiras de eucaliptos. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, São Paulo, 13-28 ago.1961. Relatório e Documentos. São Paulo, v.2, p.1113-22.

GALVÃO, A.P.M., 1976. Aspectos da utilização da madeira de eucalipto no Brasil - Seu aproveitamento em serraria. Boletim Informativo IPEF. Piracicaba, 4(12).

GODOY, H. e A.A.ORTOLANI, (s.d.). Carta Climática do Estado de São Paulo. Campinas. Instituto Agrônômico.

HARDIE, A.D.K., 1974. Defects in the wood of fast-grown *Eucalyptus grandis* in Zambia. Commonwealth Forestry Review, Oxford, 53(4): 310-7.

- HILLIS, W.E., 1973. Defects in fast-grown eucalypts. In: IUFRO MEETING DIVISION 5, Pretoria. Proceedings. Pretoria, v.2, p.483-6.
- 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.
- JACOBS, M.R., 1939. Further studies on fibre tension. Bulletin, Commonwealth Forestry Bureau, Canberra, 24:7-34.
- JACOBS, M.R., 1945. The growth stresses of wood stems. Bulletin, Commonwealth Forestry Bureau, Canberra, (28):1-67.
- JACOBS, M.R., 1965. Stresses and strains in tree trunks as they grow in length and width. Leaflet. Commonwealth of Australia, Department of National Development. Forestry and Timber Bureau, Canberra, (96): 1-15.
- KAGEYAMA, P.Y. *et alii*, 1982. Variação genética para densidade da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, Belo Horizonte, 10-14 maio 1982. (no prelo).
- MALAN, F.S., 1979. The control of end splitting in sawlogs: a short literature review. South African Forestry Journal, Pretoria, (109): 14-8.

- MARSH, E.K. e T.F.BURGES, 1967. The relation between silvicultural treatment and timber quality in *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Forestry in South Africa, Pretoria (8):63-74.
- MARTIN, B. e C.COSSALTER, 1975. Les *Eucalyptus* des Iles de la Sonde. Bois et Forêts des Tropiques, Nogent-Sur-Marne (163):3-25, set./out. (164):3-14, nov./dez. 1975.
- MARTIN, B. e C.COSSALTER, 1976. Les *Eucalyptus* des Iles de la Sonde. Bois et Forêts des Tropiques, Nogent-Sur-Marne (165):3-20, jan./fev.
- NICHOLSON, J.E., 1971. A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs. Wood Science and Technology, Berlin, 5:40-8.
- NICHOLSON, J.E., 1973. Growth stress differences in Eucalypts. Forest Science, Washington, 19(3):169-74.
- NICHOLSON, J.E., G.S.CAMPBELL e D.L.BLAND, 1972. Association between wood characteristics and growth stress level: a preliminary study. Wood Science, Madison, 5(2):109-12.
- PÁSZTOR, Y.P.C., 1975. Estudo comparativo do comportamento das espécies *Eucalyptus alba* Reinw e *E.decaisneana* Bluné, na Região de São Paulo. IPEF, Piracicaba, 11:1-16.

- PIMENTEL GOMES, F., 1976. Curso de Estatística Experimental, 6<sup>a</sup> ed. São Paulo, Livraria Nobel, 430 p.
- PRYOR, L.D., 1971. Aspectos da cultura do eucalipto no Brasil. IPEF, Piracicaba, (2/3):53-9.
- SCHÖNAU, A.P.G., 1974. The effect of planting espacement and pruning on growth, yield and timber density of *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal, Pretoria, (88):16-23.
- STEEL, R.G.D. e J.H.TORRIE, 1980. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2<sup>a</sup> ed. Tokio, McGraw-Hill, p.236.
- TROVATI, L.R., 1982. Resposta da densidade dos anéis de crescimento de *Pinus oocarpa* Schiede aos fatores climáticos. Piracicaba, 107 p.(Tese de Mestrado, ESALQ-USP).
- TURNBULL, R.F., 1965. Review of current attitudes to growth stresses. In: IUFRO MEETING OF SECTION 41, Melbourne. Proceedings. Melbourne, CSIRO. v.3; 8p.
- VAN WYK, J.L., 1978. Hardwood sawmilling can have a bright future in South Africa. South African Forestry Journal, Pretoria, (107):47-53.
- VAN WYK, G., 1980. The prospects of improving the inherent timber properties of *Eucalyptus saligna* by means of selective breeding. HARDWOOD SYMPOSIUM, Pretoria. Proceedings. Pretoria, CSIR, 8p.

VOORHIES, G. e W.A.GROMAN, 1982. Longitudinal shrinkage and occurrence of various fibril angles in juvenile wood of young-growth ponderosa pine. Arizona Forestry Notes, Flagstaff, (16):1-18.

WILHELMY, V. e H.KUBLER, 1973. Stresses and cheks in log ends from relieved growth stresses. Wood Science, Madison, 6(2):136-42.