

## Posição da tora na árvore e sua relação com a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis*

### Log position in the tree and its relationship with sawn timber quality of *Eucalyptus grandis*

Paulo Eduardo Telles dos Santos  
José Nivaldo Garcia  
Isaias Olívio Geraldi

---

**RESUMO:** O presente estudo foi conduzido a partir de dois testes de progênes de *Eucalyptus grandis*, com o objetivo de se investigar os padrões de variação na direção longitudinal das árvores quanto a algumas características de qualidade da madeira para finalidade de serraria, bem como determinar os indicadores de qualidade mais apropriados. Os experimentos foram instalados no delineamento blocos ao acaso, com 3 repetições e parcelas lineares de 6 plantas. As avaliações foram realizadas à idade de 8 anos. Para isso, foram escolhidas 2 árvores de cada parcela, com base em crescimento, forma e sanidade. De cada árvore, foram retirados 3 discos de madeira a intervalos aproximados de 2,60 m, para determinação da densidade básica e da umidade natural. Das árvores mais vigorosas foram obtidas toras que foram avaliadas quanto ao teor de casca, rachaduras de extremidades e relação alburno/cerne. Posteriormente, as toras foram convertidas em tábuas em serraria industrial. As tábuas foram avaliadas na condição verde quanto aos empenamentos e, nas condições verde e seca (12% de umidade), quanto às rachaduras de extremidades. O padrão de variação ao longo da primeira parte do tronco no sentido base-topo foi de grande decréscimo inicial seguido de pequeno aumento para a densidade básica e, no caso da umidade natural, de contínuo decréscimo. Os caracteres teor de casca, relação alburno/cerne, encurvamento e rachaduras de extremidades de tora e de tábuas foram influenciados pela posição de amostragem na árvore. Houve comportamento semelhante entre as primeiras e as segundas toras em relação ao total de rachaduras e ao arqueamento das tábuas produzidas. A densidade da madeira e o encurvamento de tábuas mostraram-se adequados para avaliar a qualidade da madeira para serraria.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Eucalyptus grandis*, Qualidade da madeira, Madeira serrada

**ABSTRACT:** This work was based on two progeny tests of *Eucalyptus grandis*, with the aim of investigating the variation in longitudinal direction of trees regarding wood quality traits for sawn timber purpose, as well as identifying the more appropriate indicators of quality. The trials were established in a randomized complete block design. The evaluations were performed at 8 years of age. For this purpose, two trees were chosen in each plot, based on growth, stem form and sanity. Three discs from each tree were obtained, 2.60 m apart, in order to determine the basic density and the moisture content. The logs were evaluated for bark content, end splits and sapwood/heartwood ratio. The primary and secondary mechanical processing of the logs were carried out in an industrial sawmill equipped with a twin band saw and a two-shaft circular saw, respectively. The boards were evaluated in green condition for warping and in green/dried (12% of moisture) condition for end splits. The pattern of variation along the first part of the bole in the bottom-top direction was of a large initial decrease followed by a small increase of basic density, and a continuous decrease of moisture content. The traits bark content, sapwood/heartwood ratio, bowing, log end splitting and board end splitting were influenced by sample position in the tree. A similar performance was detected among the first and second logs in relation to total end board splitting and crooking. Basic density and bowing showed suitable for wood quality evaluation for sawn timber purpose.

**KEYWORDS:** *Eucalyptus grandis*, Wood quality, Sawn timber

## INTRODUÇÃO

Os eucaliptos, de modo geral, estão assumindo um papel cada vez mais importante na obtenção de produtos sólidos de madeira. Ao contrário da fabricação de celulose e papel a partir da madeira de eucalipto, em que as características básicas da matéria-prima e os padrões tecnológicos desejáveis pelas indústrias são melhor conhecidos, o perfil da madeira visando sua utilização final como produto sólido requer, ainda, uma série de estudos básicos.

Os problemas mais marcantes verificados na conversão de árvores de eucalipto em produtos sólidos são aqueles oriundos das tensões de crescimento. As tensões de crescimento são forças geradas internamente na árvore em crescimento (Kubler, 1987), ocasionando variados defeitos na madeira, tais como rachaduras, empenamentos e reduzida resistência da madeira na parte mais central (Nicholson, 1973; Chafe, 1979).

Em relação à variação das tensões de crescimento em função da altura na árvore, os resultados apresentados pelas pesquisas são diversos. Num estudo conduzido por Chafe (1985) em *E. nitens*, medidas tomadas a seis diferentes alturas revelaram que tanto a deformação periférica de crescimento quanto a tensão de crescimento tinham relação inversa com a altura na árvore. Por outro lado, estudos efetuados em *E. regnans* também por Chafe (1981) mostraram existir relação direta entre altura e tensão de crescimento. Outras investigações reportam não haver efeito significativo da altura (Jacobs, 1945; Nicholson, 1971) ou haver efeito representativo porém de comportamento alternado, com aumento até um certo ponto seguido de declínio, conforme mencionado por Yao (1979).

Chafe (1981) ressalta que as variações nas propriedades da madeira encontradas na árvore podem ser importantes na sua utilização. No caso da tensão de crescimento, as toras obtidas das regiões superiores do tronco seriam mais propensas às rachaduras de extremidades por causa das mais altas tensões de crescimento, bem como dos mais acentuados gradientes de tensão presentes nas toras de menor diâmetro. De acordo com o autor, essa tendência algumas vezes observada no campo sugere que as toras basais seriam mais apropriadas para desdobro.

Em outro trabalho, Chafe (1979) comenta que a tensão de crescimento poderia mostrar variação

considerável dentro de árvores, entre árvores e entre espécies e que tal variabilidade pode derivar de influências ambientais, como a disposição das árvores individuais na floresta, ou de influências genéticas.

Duas investigações realizadas no Brasil sobre a influência da posição da madeira na árvore quanto às rachaduras merecem destaque. A primeira, publicada por Fernandes e Ferreira (1986), reporta uma avaliação em 142 árvores de *E. saligna* à idade de 9 anos, em que se detectou que a intensidade das rachaduras das tábuas foi maior na extremidade superior dos toretes do que na base (correspondente ao nível do diâmetro à altura do peito - DAP). A segunda, realizada por Crêspo (2000), ao comparar a incidência de rachaduras nas extremidades de toras de *E. grandis* e *E. saligna*, ambas com 20 anos de idade, revelou que as extremidades correspondentes à posição topo rachavam mais do que a base, porém as diferenças não foram estatisticamente significativas. Neste último trabalho, o autor também verificou existir tendência de aumento do índice de rachaduras no sentido base topo da árvore, considerando amostragem de toras a quatro diferentes alturas em relação ao solo. Todavia, do ponto de vista estatístico, novamente tais diferenças não foram significativas.

Ao estudar o efeito de posições de amostragem ao longo do fuste em *E. saligna*, Lopes (2000) não constatou diferenças estatísticas para densidade básica e umidade natural, considerando quatro diferentes posições (ao nível do DAP, 25%, 50% e 75% da altura comercial) numa amostra de 12 árvores de 22 anos de idade.

Calori e Kikuti (1997), ao estudarem a variação da densidade básica em três diferentes posições (base, meio e topo do fuste) de cinco árvores de *E. dunnii* aos 20 anos de idade, também não encontraram diferenças significativas entre os pontos de amostragem. Na verdade, a variação da densidade básica no sentido longitudinal do fuste não obedece a um padrão específico, conforme evidenciado na literatura. Diversos autores encontraram situações contrastantes, entre eles Bamber et al. (1969), Panshin e De Zeeuw (1970), Hillis (1978), Malan (1979), Malan (1988), Chafe (1981) e Chafe (1985). Verificou-se que pode ocorrer redução, aumento, redução até um certo ponto da altura seguido de aumento ou pode, ainda, dentro de um intervalo não ocorrer modificação com a altura.

Ao analisarem a porcentagem de casca em volume para o *E. dunnii* de 20 anos de idade, Calori e Kikuti (1997) observaram uma tendência de diminuição até 50% da altura comercial e crescimento desse ponto até 100% da altura comercial, sendo que, como um todo, as árvores estudadas apresentaram valor médio de 10,4% de conteúdo de casca. Já para o *E. saligna* aos 22 anos de idade, Lopes (2000) constatou tendência uniforme de redução do conteúdo de casca à medida que se avançava em direção ao topo da árvore.

Dentro desse contexto, o presente trabalho compreendeu o estudo de uma população de *Eucalyptus grandis* para características tecnológicas e de produção para fins de serraria, com os seguintes objetivos: investigar a variação de algumas características que afetam a qualidade da madeira na direção longitudinal da árvore dentro da porção normalmente utilizada para desdobro e os melhores indicadores de qualidade para esse tipo de aproveitamento. Procurou-se também encontrar subsídios para um entendimento das possíveis implicações da utilização da madeira proveniente de árvores jovens na obtenção de produtos serrados.

## METODOLOGIA

O material foi obtido a partir de dois testes de progênes de polinização aberta de *Eucalyptus grandis*, procedência Luís Antônio e originário da macrorregião de Atherton - QLD, Austrália, instalados em Altinópolis, SP (latitude 21°04'42"S, longitude 47°22'02"W e altitude 703 m) e pertencentes à empresa Votorantim Celulose e Papel.

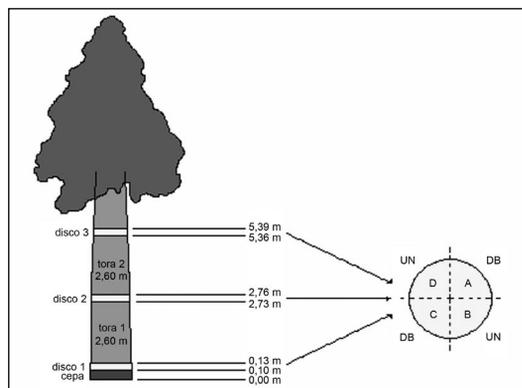
As progênes avaliadas originaram-se do intercruzamento de árvores de bons padrões fenotípicos de uma Área de Produção de Sementes (APS) existente na região de Ribeirão Preto, SP. Os experimentos foram instalados em 1992 e as avaliações foram realizadas aos 8 anos de idade. Os experimentos foram estabelecidos segundo o delineamento Blocos ao Acaso, contendo no total 41 progênes distintas, sendo 20 progênes no experimento 1 e 21 progênes no experimento 2, ambos com três repetições e parcelas lineares de seis árvores. O espaçamento inicial entre plantas era de 3 m x 2 m e a taxa de sobrevivência média das árvores nos testes por ocasião do estudo era de 70%.

Para o estudo foram selecionadas árvores dominantes e co-dominantes, sem ocorrência de bifurcação, tortuosidade, inclinação ou evidências de problemas fitossanitários.

## Obtenção das toras e desdobro

As toras utilizadas no estudo foram obtidas mediante derrubada das árvores e seccionamento do fuste com o uso de motosserra. A conversão das toras em tábuas foi realizada em serraria industrial da empresa Eucatex S/A Indústria e Comércio, situada em Salto, SP, sendo o desdobro realizado em serra de fita dupla e a resserragem do semi-bloco em serra circular múltipla de dois eixos. As tábuas tiveram as seguintes dimensões: comprimento 260 cm, espessura 2,54 cm e largura 10 ou 15 cm. As duas opções de largura das tábuas programadas para o bitolador da serra de fita dupla foram escolhidas com base no diâmetro médio das toras (aproximadamente 20,0 cm com casca), procurando-se buscar um melhor aproveitamento em termos de tábuas úteis e uma maior facilidade para o operador do equipamento.

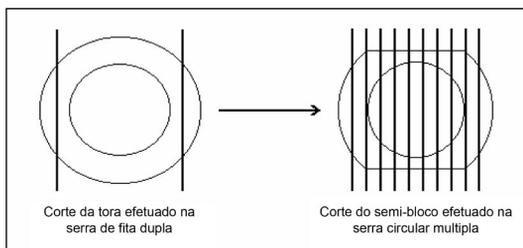
A Figura 1 mostra as denominações adotadas na identificação das toras e dos discos (incluindo as cunhas) utilizadas na caracterização tecnológica do material experimental, bem como as indicações das posições de amostragem em relação ao nível do solo. A Figura 2 ilustra a seqüência das operações de corte das toras e dos semi-blocos resultantes.



**Figura 1**

Posições de retirada das toras e dos discos nos caules para a caracterização da madeira. Significado das abreviaturas: UN – Umidade Natural, DB - Densidade Básica. As letras A, B, C e D identificam as cunhas.

(Sampling positions of logs and discs in the trees for wood characterization. Meaning of the abbreviations: UN – Moisture Content, DB – Basic Density. The wood wedges are identified by letters A, B, C and D)



**Figura 2**

Diagrama da conversão das toras em tábuas efetuada na serraria.

(Diagram of conversion of logs into boards carried out at the sawmill)

### Relação alburno/cerne

A partir do diâmetro médio do cerne e da espessura média do alburno foram determinadas as áreas do cerne e do alburno, cujos valores possibilitaram estabelecer a relação alburno/cerne.

### Teor de casca

O teor de casca foi determinado a partir da diferença entre os volumes de tora com e sem casca (calculados com base na fórmula de Smalian) em relação ao volume total da tora com casca.

### Rachaduras de extremidade da tora (convertidas em índices)

As avaliações de rachaduras de extremidade foram efetuadas no máximo até 6 horas após a derrubada da árvore, em cada uma das extremidades (base e topo) da primeira tora, obtida de acordo com o seccionamento da árvore mostrado na Figura 1. Foram utilizados dois índices, descritos a seguir:

a) Índice de rachaduras de extremidade de tora - 1 (IRET-1): baseado em Lima (2000), consiste numa relação entre a área ocupada pelas rachaduras e a área total da secção transversal que contém as rachaduras, conforme a equação (1).

$$IRET - 1 = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_i)}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que:

A<sub>i</sub>: abertura máxima (cm) da rachadura i (i = 1, ..., n);

C<sub>i</sub>: comprimento (cm) da rachadura i (i = 1, ..., n);

D: diâmetro médio da secção transversal (cm) que contém as rachaduras;

n: número de rachaduras encontradas na extremidade da tora.

b) Índice de rachaduras de extremidade de tora - 2 (IRET-2): adaptado da metodologia proposta por Conradie (1980), consiste na medição da abertura máxima de cada rachadura e classificação segundo duas classes de comprimento, a saber: classe 1 - rachaduras de comprimento igual ao raio da secção transversal, sendo atribuído peso 1,0; classe 2 - rachaduras de comprimento menor que o raio, sendo neste caso atribuído peso 0,5. O IRET-2 foi determinado pela equação (2), conforme descrição a seguir.

$$IRET - 2 = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot P_i) \cdot 0,01 \cdot D \quad (2)$$

Em que:

A<sub>i</sub>: abertura (mm) da rachadura i (i = 1, ..., n), suposta retangular, pertencente à classe de comprimento 1 ou 2;

P<sub>i</sub>: peso da rachadura i (i = 1, ..., n) da classe 1 ou 2;

D: diâmetro médio da secção transversal (cm) que contém as rachaduras;

n: número de rachaduras encontradas na extremidade da tora.

### Densidade básica

A densidade básica foi obtida a partir de discos de madeira sem casca de 2 a 3 cm de espessura. De cada disco retiraram-se duas cunhas opostas com o intuito de se obter um valor médio. Para a determinação desta variável, empregou-se o método da balança hidrostática. A densidade básica final do disco correspondeu à média aritmética das densidades das duas cunhas.

### Teor de umidade natural

O teor de umidade natural foi avaliado no prazo de dez dias a contar da data da coleta, por meio da pesagem conjunta das duas cunhas opostas remanescentes dos discos, as quais foram previamente embaladas em saco plástico impermeável. Nos cálculos foi contabilizada a umidade condensada na embalagem, obtida pela diferença de peso em relação à mesma completamente seca. Posteriormente, as cunhas foram secas em estufa até peso constante, permitindo a determinação do teor de umidade natural (base seca).

### Flechas do encurvamento e do arqueamento

As flechas do encurvamento e do arqueamento foram medidas na condição verde em

cada uma das peças serradas. Como instrumento auxiliar para as medidas, utilizou-se um perfil de alumínio de 3,50 m x 2,5 cm x 5,0 cm como referência indeformável, por ser leve e de grande rigidez, o qual encostado de modo equidistante das extremidades da tábua possibilitou a realização da leitura da flecha. A flecha equivale ao afastamento existente entre o ponto central da peça (face côncava), tomado perpendicularmente em relação ao perfil de alumínio. Para cada tora, obteve-se um valor médio das flechas do arqueamento e do encurvamento, resultado da soma de todas as flechas para cada tipo de empenamento, dividido pelo número de tábuas.

### Índice de rachaduras de extremidades de tábuas verdes (IRTV) e índice de rachaduras de extremidades de tábuas secas (IRTS)

As avaliações de rachaduras foram feitas a partir das tábuas obtidas de cada semi-bloco. As rachaduras de maior comprimento, paralelamente ao eixo da tábua, foram medidas no topo e na base de cada tábua, tanto na condição verde quanto na condição seca. O processo inicial de secagem das tábuas foi natural e variou de 2,5 a 5 meses, em função do processamento escalonado de cada repetição do experimento, atingindo uma umidade entre 20 e 25%. Ao final, o lote completo de madeira foi submetido a processo industrial de secagem complementar em estufa durante 4 dias, a fim de se equalizar os lotes e remover a água residual da madeira até que a umidade final ficasse próxima de 12%. Os índices foram gerados dividindo-se o somatório das rachaduras de todas as tábuas pelo número de tábuas obtidas (o número variou de 3 a 7 em função do diâmetro mínimo da tora).

### Análise estatística dos dados experimentais

O processamento dos dados experimentais foi realizado usando-se o programa SAS®, sendo empregado o procedimento GLM (General Linear Model) nas análises estatísticas. O modelo matemático utilizado na comparação direta entre as primeiras e as segundas toras seguiu o arranjo hierárquico (entre e dentro de toras) conforme descrito na expressão (3). Neste caso, as amostras foram formadas apenas pelas toras prove-

nientes das árvores que produziram duas toras úteis, ou seja, pelas árvores de maior crescimento, que perfizeram uma amostra final de 60 árvores, resultando em 120 toras.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + d_{i(j)} \quad (3)$$

Em que:

$Y_{ij}$ : valor observado do tratamento  $ij$ ;

$\mu$ : média geral (constante);

$t_i$ : efeito da tora  $i$  ( $i = 1$  e  $2$ ), assumido como fixo;

$d_{i(j)}$ : efeito médio entre toras dentro de árvores.

A hipótese testada no presente modelo foi:

$$H_0 (1): t_i = 0$$

Nenhum efeito de tora é diferente de zero.

O esquema da análise de variância é mostrado conforme a Tabela 1.

**Tabela 1**

Esquema da análise de variância para a comparação efetuada entre as primeiras e as segundas toras.

(Analysis of variance scheme for comparison among the first and second logs)

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	QM	Teste F
Entre Toras	$(i-1)$	$QM_2$	$QM_2:QM_1$
Dentro de Toras	$i(j-1)$	$QM_1$	
Total	$ij-1$		

O modelo matemático adotado para as variáveis contemplando duas ou três posições de amostragem na árvore está representado pela expressão (4). As análises de variância para esse modelo, contendo os graus de liberdade de cada fonte de variação e as expressões das esperanças dos quadrados médios, são mostradas na Tabela 2.

$$Y_{ijk(m)} = \mu + t_m + p_{i(m)} + r_{j(m)} + e_{ij} + h_{k(m)} + e_{jk} + (ph)_{ik(m)} + e_{ijk(m)} \quad (4)$$

Em que:

$Y_{ijk(m)}$ : valor observado na progênie  $i$  na repetição  $j$  na posição  $k$  dentro do respectivo experimento  $m$ ;

$\mu$ : média geral da análise combinada (constante);

$t_m$ : efeito do experimento  $m$  ( $m_1 = 1$  e  $m_2 = 2$ ), assumido como fixo;

$p_{i(m)}$ : efeito médio da progênie  $i$  ( $i_1 = 1, \dots, p_1; i_2 = 1, \dots, p_2$ ) dentro do respectivo experimento ( $m_1$  ou  $m_2$ ), assumido como aleatório;

$r_{j(m)}$ : efeito médio da repetição  $j$  ( $j = 1, \dots, r$ ) dentro de experimento, considerado como aleatório;

$e_{ij} = e_{(a)}$ : resíduo médio oriundo dos fatores não controlados no modelo devido aos efeitos das progênes e repetições, em que se admite  $e_{ij} \sim N(0; \sigma_{e(a)}^2)$ ;

$h_{k(m)}$ : efeito médio da posição  $k$  ( $k = 1, \dots, h$ ) dentro de experimento, assumido como fixo;

$e_{jk} = e_{(b)}$ : resíduo médio oriundo dos fatores não controlados no modelo devido aos efeitos das posições e repetições, em que se admite  $e_{jk} \sim N(0; \sigma_{e(b)}^2)$ ;

$(ph)_{ijk(m)}$ : efeito médio da interação entre a progênie  $i$  ( $i_1 = 1, \dots, p_1; i_2 = 1, \dots, p_2$ ) e a posição  $k$  ( $k = 1, \dots, h$ ) dentro do respectivo experimento ( $m_1$  ou  $m_2$ ), assumido como aleatório;

$e_{ijk(m)} = e_{(c)}$ : resíduo médio global oriundo dos fatores não controlados no modelo resultante da combinação dos efeitos das progênes, repetições e posições, em que se admite  $e_{ijk} \sim N(0; \sigma_{e(c)}^2)$ .

A hipótese testada no presente modelo foi:

$$H_0(1): h_{k(m)} = 0$$

Nenhum efeito de posição dentro de experimento é diferente de zero;

Os testes de médias utilizados para comparar os níveis dos efeitos fixos “posições” e “toras” foram o Teste de Agrupamento de Bonferroni e o Teste de Agrupamento de Tukey, respectivamente.

**Tabela 2**

Esquema da análise de variância combinada (dois experimentos), considerando modelo misto contendo dois efeitos fixos (experimentos e posições) e dois aleatórios (repetições e progênes), dados balanceados e duas ou três posições na árvore.

Combined analysis of variance scheme (two experiments), considering a mixed model with two fixed effects (experiments and positions), two random effects (replications and progenies), balanced data and two or three positions in the tree.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	QM	Teste F
Experimentos	$(m-1)$	-	-
Repetições/Experimentos	$m(r-1)$	$QM_7$	-
Progênes/Experimentos	$[m_1(p_1-1)+m_2(p_2-1)]$	$QM_6$	-
Progênes/Exp. 1	$m_1(p_1-1)$	-	-
Progênes/Exp. 2	$m_2(p_2-1)$	-	-
Erro <sub>(a)</sub> Médio	$[m_1(p_1-1)+m_2(p_2-1)](r-1)$	$QM_5$	-
Posições/Experimentos	$m(h-1)$	$QM_4$	$(QM_4+QM_1):(QM_3+QM_2)$
Erro <sub>(b)</sub> Médio	$m(h-1)(r-1)$	$QM_3$	-
Prog. x Pos. / Exptos	$[m_1(p_1-1)+m_2(p_2-1)](h-1)$	$QM_2$	-
Erro <sub>(c)</sub> Médio	$(h-1)[m_1(p_1-1)+m_2(p_2-1)](r-1)$	$QM_1$	-
Total	$(p_1+p_2)rh-1$		

Nota:  $m = m_1$  (exp.1) +  $m_2$  (exp.2) = 2 experimentos combinados.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 3 as variáveis IRTV, IRTS e arqueamento revelaram valores não significativos para o teste F, demonstrando a inexistência de diferenças entre as primeiras toras (toras 1) e as segundas toras (toras 2). Para a variável encurvamento o valor de F foi significativo, indicando haver diferenças de comportamento entre as toras 1 e 2. Já para as variáveis teor de casca e relação alborno/cerne, os valores de F foram altamente significativos, mostrando que existe uma diferença marcante entre as toras 1 e toras 2. Na Tabela 4 nota-se que para as diferentes alturas de amostragem de discos nas árvores e para as primeiras toras, o efeito “posições” apresentou significância estatística para todas as variáveis analisadas.

Para as variáveis IRTV, IRTS e arqueamento, não foram observadas diferenças significativas de comportamento entre as primeiras e as segundas toras (Tabela 5). Da mesma forma, Lopes (2000) não encontrou influência da posição vertical das toras no fuste da árvore nas rachaduras de extremidade de tábuas, ao avaliar quatro diferentes posições em 12 árvores de *E. saligna* de 22 anos de idade. Nesse mesmo estudo, também não foram detectadas diferenças para as rachaduras de extremidades de tora.

**Tabela 3**

Análise de variância para as diversas variáveis estudadas, considerando-se as primeiras toras e as segundas toras nas árvores.

(Analysis of variance for several variables studied, considering the first and second logs in the trees)

Variáveis	IRTV	IRTS	Teor de Casca	Rel. Alburno/ Cerne	Arqueamento	Encurvamento	
Unidade original	cm	cm	%	adimensional	mm	mm	
Transformação	$\sqrt{x}$	$\sqrt{x}$	log x	log x+1	$\sqrt{x}$	log x	
Fonte de Variação	GL	QM	QM	QM	QM	QM	
Entre Toras	1	0,1169 <sup>ns</sup>	0,8769 <sup>ns</sup>	1,4220**	0,0048**	0,0014 <sup>ns</sup>	0,0696*
Dentro de Toras	118	0,6403	0,5911	0,0043	0,0046	0,1812	0,0104
Total	119						
CV exp.(%)	20,72	17,37	5,89	24,63	19,11	8,66	
Média geral	15,54	20,17	13,45	0,92	5,14	15,59	

ns - não significativo; \* P ≤ 5%; \*\* P ≤ 1%.

**Tabela 4**

Análise de variância para as diversas variáveis estudadas, com base em médias de parcelas (duas plantas) e para as diferentes posições de amostragem nas árvores e nas primeiras toras.

(Analysis of variance for several variables evaluated on a plot mean basis (two individuals) and for the different sampling positions in the trees and in the first logs)

Variáveis	Densidade Básica	Umidade Natural	IRET-1	IRET-2	IRTV	IRTS		
Unidade original	kg/m <sup>3</sup>	%	%	cm <sup>2</sup>	cm	cm		
Transformação	-	-	$\sqrt{x}$	$\sqrt{x}$	$\sqrt{x}$	$\sqrt{x}$		
Fonte de Variação	GL	QM	GL	QM	QM	QM		
Experimentos	1	6.420	571,5	1	0,04022	0,03466	0,3111	0,6345
Repetições / Exp.	4	3.455	554,7	4	0,34189	0,08296	1,0477	0,5028
Progênes / Exp.	39	4.050*	237,0 <sup>ns</sup>	39	0,04777 <sup>ns</sup>	0,02058 <sup>ns</sup>	0,3527 <sup>ns</sup>	0,2830 <sup>ns</sup>
Erro <sub>(a)</sub> Médio	76	2.305	291,5	76	0,03604	0,01393	0,3674	0,3144
Posições / Exp.	4	120.872**	4.287,1**	2	1,12705**	0,09446**	3,2947*	4,5990*
Erro <sub>(b)</sub> Médio	8	679	42,3	4	0,01592	0,00304	0,2172	0,1309
Prog.xPos. / Exp.	78	708**	103,3 <sup>ns</sup>	39	0,00791 <sup>ns</sup>	0,00210 <sup>ns</sup>	0,1067 <sup>ns</sup>	0,1577 <sup>ns</sup>
Erro <sub>(c)</sub> Médio	150	419	111,9	75	0,00862	0,00224	0,1663	0,1722
Total	360			240				
CV parcelas(%)	5,29	11,64		20,78	22,94	17,64	14,40	
CV subparcelas(%)	4,98	7,69		19,53	15,16	19,18	13,14	
CV erro <sub>(c)</sub> (%)	3,91	12,50		14,37	13,00	16,78	15,07	
Média geral	523,78	84,66		0,460	0,145	6,20	7,91	

ns - não significativo; \* P ≤ 5%; \*\* P ≤ 1%.

As variáveis rachaduras de tora, rachaduras de tábuas e arqueamento estão sujeitas a maior influência de fatores ambientais e de processos tecnológicos. As metodologias de avaliação das rachaduras podem também diferir de estudo para estudo. No caso do IRTV e IRTS, além das ten-

sões de crescimento, as tensões de secagem e as oriundas dos choques mecânicos podem interferir nos resultados. No caso do arqueamento, há efeitos adicionais às tensões de crescimento que são provocados pela excentricidade da medula da tora e/ou pelo processo de desdobro.

**Tabela 5**

Comparação de médias (Teste de Agrupamento de Tukey) para o efeito fixo "toras" para as variáveis IRTV (cm), IRTS (cm), teor de casca (%), relação alburno/cerne, arqueamento (mm) e encurvamento (mm), com a indicação da diferença mínima significativa (DMS).

Means comparison (Tukey's Grouping Test) for the fixed effect "logs" for the variables board end splitting index in green condition (IRTV, cm), board end splitting index in dried condition (IRTS, cm), bark content (%), sapwood/heartwood ratio, crooking (mm) and bowing (mm), with the indication of least significant difference (DMS).

Toras	IRTV (cm)	IRTS (cm)	Teor de Casca (%)	Relação Alburno/Cerne	Arqueamento (mm)	Encurvamento (mm)
Primeira (Tora 1)	15,27 <sup>A</sup>	19,42 <sup>A</sup>	16,72 <sup>A</sup>	0,83 <sup>A</sup>	5,13 <sup>A</sup>	14,74 <sup>A</sup>
Segunda (Tora 2)	15,83 <sup>A</sup>	20,96 <sup>A</sup>	10,18 <sup>B</sup>	1,01 <sup>B</sup>	5,15 <sup>A</sup>	16,44 <sup>B</sup>
DMS ( $\alpha=0,05$ )	2,25	2,46	0,71	0,11	0,69	1,31

médias seguidas de mesma letra não são significativamente diferentes entre si

Conforme dados apresentados na Tabela 5, quanto ao teor de casca, as toras 1 apresentaram maior valor do que as toras 2. Para a relação alburno/cerne, verificou-se maior valor para as toras 2. Em relação ao teor de casca, os resultados do presente trabalho coadunam com os encontrados por Calori e Kikuti (1997) e Lopes (2000).

Em relação à madeira, nas árvores o lenho mais jovem é o que se situa na parte mais externa do fuste. Em função do crescimento lateral se dar de forma concomitante ao longo de todo o fuste, a participação das camadas recém-formadas na proporção total de madeira vai aumentando gradativamente da base para o topo do caule. Assim, proporcionalmente, existe mais madeira jovem do que adulta nas posições mais altas. Como o desenvolvimento do cerne acompanha o avanço da idade do lenho, a proporção do mesmo é maior onde o lenho é mais velho, ou seja, a proporção de cerne diminui da base para o topo da árvore.

Malan (1991) afirma que como o lenho juvenil estende-se desde a base até o topo da árvore, conseqüentemente a proporção de madeira juvenil aumenta nesse sentido ao se examinar a seção transversal do fuste. Adicionalmente a essa constatação, sabe-se que o cerne começa a ser formado nos eucaliptos entre 5 e 10 anos de idade (Hillis, 1973). Tendo em vista essas considerações, o resultado encontrado no presente estudo quanto ao aumento da relação alburno/cerne com a altura na árvore está coerente com o padrão normal de crescimento e desenvolvimento (Tabela 5).

Para a variável encurvamento encontrou-se que a segunda tora deforma-se significativamente mais que a primeira tora. Essa variável é menos afetada por efeitos ambientais, tornando-se por isso menos sujeita a erros do ponto de vista de

avaliação das tensões de crescimento (Tabela 5).

Para as variáveis densidade básica e umidade natural, conforme os resultados apresentados na Tabela 6, observou-se que o efeito "posições" mostrou-se significativo. No caso da densidade, o disco tomado na posição base foi o que exibiu o maior valor. Em seguida, em ordem decrescente, aparece a posição 5,20 m e por último a posição 2,60 m. O comportamento do teor de umidade foi de um gradativo decréscimo no sentido base topo da tora.

**Tabela 6**

Comparação de médias (Teste de Agrupamento de Bonferroni) para o efeito fixo "posições" dos discos na árvore para as variáveis densidade básica (kg/m<sup>3</sup>) e umidade natural (%), com a indicação da diferença mínima significativa (DMS).

(Means comparison (Bonferroni's Grouping Test) for the fixed effect "position" of the wood discs in the tree for the variables basic density (kg/m<sup>3</sup>) and moisture content (%), with the indication of least significant difference)

Posição de Amostragem	Densidade Básica (kg/m <sup>3</sup> )	Umidade Natural (%)
0,00 m	575,06 <sup>A</sup>	94,54 <sup>A</sup>
2,60 m	493,89 <sup>B</sup>	83,07 <sup>B</sup>
5,20 m	500,88 <sup>C</sup>	77,57 <sup>C</sup>
DMS ( $\alpha=0,05$ )	6,36	3,42

Médias seguidas de mesma letra não são significativamente diferentes entre si

Verificou-se a existência de diferenças significativas entre as posições base e topo em relação aos índices de rachaduras de extremidades de tora (Tabela 7), sendo consistente a maior ocorrência de rachaduras na posição topo, independentemente do método de avaliação. O mesmo

**Tabela 7**

Comparação de médias (Teste de Agrupamento de Bonferroni) para o efeito fixo "posições" na primeira tora para as variáveis IRET-1 (%), IRET-2 (cm<sup>2</sup>), IRTV (cm) e IRTS (cm), com a indicação da diferença mínima significativa (DMS).

Means comparison (Bonferroni's Grouping Test) for the fixed effect "position" in the first log for the variables log end splitting index – criterion 1 (IRET 1, %), log end splitting index – criterion 2 (IRET-2, cm<sup>2</sup>), board end splitting index in green condition (IRTV, cm) and board end splitting index in dried condition (IRTS, cm), with the indication of least significant difference (DMS).

Posições	IRET-1 (%)	IRET-2 (cm <sup>2</sup> )	IRTV (cm)	IRTS (cm)
Base	0,32825 <sup>A</sup>	0,12254 <sup>A</sup>	5,43 <sup>A</sup>	6,85 <sup>A</sup>
Topo	0,59104 <sup>B</sup>	0,16830 <sup>B</sup>	6,96 <sup>B</sup>	8,96 <sup>B</sup>
DMS ( $\alpha=0,05$ )	0,0355	0,0113	0,48	0,58

Médias seguidas de mesma letra não são significativamente diferentes entre si

comportamento foi encontrado para os caracteres IRTV e IRTS, ou seja, na posição topo os índices foram maiores. Depreende-se da literatura (Chafe, 1981; Fernandes e Ferreira, 1986; Crêspo, 2000) que existe tendência dos níveis de tensão de crescimento aumentarem da base para o topo da árvore. Os resultados obtidos confirmaram essa propensão, respaldados no fato de que tanto os índices de rachaduras de extremidade de tora como os índices de rachaduras de extremidade de tábuas serem indicadores indiretos de tensão de crescimento, muito embora as rachaduras, de modo geral, se configurem como menos consistentes para esse propósito do que o encurvamento de tábuas (Santos, 2002).

Assim, com base nas evidências encontradas no estudo, mais o fato da facilidade de determinação e baixos coeficientes de variação experimental, recomenda-se a utilização da densidade básica como um indicador apropriado de qualidade da madeira para serraria, a qual é determinante para a melhor adequação de uso da madeira, e também o encurvamento de tábuas, por estar estreitamente relacionado com a maior ou menor propensão da tora quanto à ocorrência de defeitos associados às tensões de crescimento.

Além da qualidade da madeira em si, fatores tecnológicos exercem grande influência sobre o rendimento e a qualidade dos produtos serrados. Os fatores tecnológicos mais relevantes são o sistema de desdobro, a qualidade dos equipamentos empregados, os cuidados na afiação e regulação das serras e o processo de secagem.

## CONCLUSÕES

- 1) O teor de casca, a relação alburno/cerne, o encurvamento, a densidade básica e a umidade natural sofreram influência de posição na árvore;
- 2) Nas primeiras toras, a quantidade de rachaduras

de extremidades de tora e de tábuas foi distinguível entre posições;

3) As primeiras e as segundas toras apresentaram comportamento semelhante para as tábuas produzidas em relação ao arqueamento e ao total de rachaduras;

4) A densidade da madeira e o encurvamento de tábuas mostraram-se apropriados para avaliar a aptidão das árvores para serraria.

## AUTORES E AGRADECIMENTOS

PAULO EDUARDO TELLES DOS SANTOS é Engenheiro Florestal, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas pela ESALQ/USP e Pesquisador da Embrapa Florestas – Estrada da Ribeira, km 111 - Caixa Postal 319 - Colombo, PR - 83411-000 – E-mail: peduardo@cnpf.embrapa.br

JOSE NIVALDO GARCIA é Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: jngarcia@esalq.usp.br

ISAIAS OLÍVIO GERALDI é Professor Doutor do Departamento de Genética da ESALQ/USP – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: iogerald@esalq.usp.br

Os autores agradecem o suporte técnico-operacional recebido das empresas Votorantim Celulose e Papel e Eucatex S/A Indústria e Comércio, nas pessoas dos engenheiros florestais Celina Ferraz do Valle, César Augusto V. Bonine e Marcelo Onuki, sem o qual não seria possível a realização da presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAMBER, R.K.; FLOYD, A.G.; HUMPHREYS, F.R. Wood properties of flooded gum. *Australian forestry*, n.33, p.3-12, 1969.

- CALORI, J.V.; KIKUTI, P. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos de idade. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Proceedings**. Colombo: Embrapa/IPEF/SIF/Seagri-DDF, 1997. v.3, p.321-326
- CHAFE, S.C. Growth stress in trees. **Australian forest research**, v.9, n.3, p.203-223, 1979.
- CHAFE, S.C. Variations in longitudinal growth stress, basic density and modulus of elasticity with height in the tree. **Australian forest research**, v.11, n.1, p.79-82, 1981.
- CHAFE, S.C. Variation in longitudinal growth stress with height in trees of *Eucalyptus nitens* Maiden. **Australian forest research**, v.15, n.1, p.51-55, 1985.
- CONRADIE, W.E. **Utilization of South African grown *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex Maiden) as veneer logs: part 1- control of end splitting in veneer logs**. Pretoria: National Timber Research Institute/CSIR, 1980. 27p. (Special report, 206).
- CRÊSPO, E.A. **Tensão de crescimento e suas conseqüências, controláveis e não controláveis, no dobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. Piracicaba, 2000. 119p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- FERNANDES, P.S.; FERREIRA, M.C. Tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus saligna* Smith e suas relações com os diâmetros. **Boletim técnico do Instituto Florestal de São Paulo**, v.40A, n.2, p.639-655, 1986.
- HILLIS, W.E. Properties of eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. **Appita journal**, v.26, p.113-122, 1973.
- HILLIS, W.E. Wood quality and utilization. In: HILLIS, W.E.; BROWN, A.G., ed. **Eucalypts for wood production**. 2.ed. Adelaide: CSIRO, 1978. cap.12, p.259-289.
- JACOBS, M.R. **The growth of woody stems**. Canberra: Commonwealth Forestry Bureau, 1945. 67p. (Bulletin, 28).
- KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forestry abstracts**, v.48, n.3, p.131-189, 1987.
- LIMA, I.L. **Varição de propriedades indicativas da tensão de crescimento em função da posição na árvore e da intensidade de desbaste**. Piracicaba, 2000. 90p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- LOPES, G.A. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associada aos padrões de casca apresentados pela população**. Piracicaba, 2000. 74p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- MALAN, F.S. The control of end splitting in sawlogs: a short literature review. **South African forestry journal**, n.109, p.14-18, 1979.
- MALAN, F.S. Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. **South African forestry journal**, n.157, p.16-23, 1991.
- MALAN, F.S. Wood density variation in four trees of South African *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden). **South African forestry journal**, n.144, p.36-42, 1988.
- NICHOLSON, J.E. Growth stress differences in eucalypts. **Forest science**, v.19, n.3, p.169-174, 1973.
- NICHOLSON, J.E. A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs. **Wood science and technology**, v.5, p.40-48, 1971.
- PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1970. v.1, 705p.
- SANTOS, P.E.T. **Avaliação de características tecnológicas de madeira para serraria em progênies de polinização aberta de eucalipto e implicações para o melhoramento genético**. Piracicaba, 2002. 153p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- YAO, J. Relationships between height and growth stresses within and among white ash, water oak, and shagbark hickory. **Wood science**, v.11, n.4, p.246-251, 1979.