

TRABALHOS DE PESQUISA  
*RESEARCH PAPERS*





# Rachaduras de extremidades de tora e suas implicações nas rachaduras da madeira serrada

## Log end splitting and their implications on lumber end splitting

Israel Luiz de Lima  
José Nivaldo Garcia  
Sônia Maria de Stefano Piedade

---

**RESUMO:** Os efeitos da tensão de crescimento manifestam-se através de deformações de crescimento. As rachaduras de extremidades de toras úmidas são conseqüências diretas dessas deformações. Este trabalho apresenta quatro metodologias de quantificação dessas rachaduras, que foram comparadas entre si, ao serem utilizadas para avaliar as rachaduras de extremidade de toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden de 18 anos de idade. O objetivo principal foi o de verificar a praticidade de aplicação dessas metodologias no que se refere à discriminação de toras de diferentes intensidades de rachaduras em suas extremidades e, principalmente, prever as intensidades das rachaduras de extremidades das futuras peças serradas a serem obtidas dessas toras. Foram tomadas três toras representando as porções basal, meia altura comercial e última altura comercial, de cada uma de três árvores fenotipicamente parecidas. Após a quantificação das rachaduras de suas extremidades, as toras foram serradas numa serra de fita dupla seguida de uma serra circular multilâminas e, imediatamente após o desdobro, foram medidas as rachaduras das extremidades das peças serradas obtidas de cada tora. Cada metodologia produziu um valor significativamente diferente daquele produzido pelas demais. Entretanto, com exceção de uma, todas as metodologias permitiram chegar à mesma conclusão. Não houve diferenças entre as intensidades de rachaduras calculadas nas diferentes posições da árvore. Foi observada grande variabilidade tanto das rachaduras de extremidade de tora quanto das rachaduras de extremidade de peça serrada. Os índices obtidos pelas metodologias de Conradie ou de Wilson ajustada podem ser considerados como bons indicadores de seleção de toras e, conseqüentemente, de árvores para serraria. Entretanto, as rachaduras de extremidade de tora respondem por apenas metade da variação das rachaduras de extremidade de peça serrada.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Eucalyptus*, Serraria, Tensão de crescimento, Rachadura de tora, Rachadura de madeira serrada

**ABSTRACT:** The growth stress effects in trees are showed as growth strains that occur after any cut is made on the tree trunk. Log end splitting is a direct consequence of these strains. This paper deals four methodologies for quantifying those splits. They were compared to each other while they were utilized to evaluate the splits in the logs extremity of 18-year old grown *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. The main objective was to verify the practicality of utilizing these methodologies in discriminating logs having different end splitting intensities and mainly to predict sawn pieces end splitting of the sawn pieces which will be obtained of these previous logs. Three logs representing the basis, middle commercial height and top commercial height were taken of each three trees identical fenotypically. After quantifying their end splitting the

logs were sawed firstly in a twin band saw followed by a two arbor gang circular saw. Immediately after sawing the sawn pieces end splitting obtained from each log were recorded. Each methodology has produced a value significantly different from those produced by the others. However, except one of them, all methodologies allowed to arrive to the same conclusion. There were no differences between splitting intensities calculates in different tree position. It were observed great variability of either log end splitting and sawn board end splitting. The log end splitting index obtained by the Conradie's method and the Wilson's adjusted method can be considered as important indicators for selecting sawn logs. Consequently, these indexes are useful to select the best trees for sawing purposes. However log end splitting respond for only half a variation of sawn board end splitting.

**KEYWORDS:** *Eucalyptus*, Sawmill, Growth stress, Log splitting, Lumber splitting

## INTRODUÇÃO

Dentre as espécies de eucaliptos utilizadas em reflorestamento, com potencial para utilização em serraria, destaca-se o *Eucalyptus grandis*, embora apresente algumas características que de certa forma podem dificultar o seu aproveitamento como madeira serrada. Muitas dessas características são devidas à utilização de madeira originária de floresta não apropriadamente manejadas para esse fim. Entre as dificuldades que essa espécie pode apresentar estão as rachaduras de topo de toras e de peças serradas, que reduzem o aproveitamento da madeira, as quais são devidas às tensões de crescimento, normalmente elevadas nos eucaliptos.

A tensão de crescimento é calculada, indiretamente, através da deformação de crescimento mas uma das maneiras, também indireta de sua avaliação, é a medição das rachaduras de extremidades de tora.

Garcia (1995) comenta que a seção transversal de uma árvore recém cortada tem o seu diâmetro aumentado devido às elevadas tensões de crescimento. Esse aumento de diâmetro é quase sempre acompanhado por rachaduras de extremidades, as quais têm sido propostas como indicadores de seleção de árvores para serraria pela importância que desempenham.

As rachaduras de topo de toras, conseqüentes das tensões de crescimento, desenvolvem-se até 72 horas após a derrubada da árvore

(Malan, 1979); ou 5 dias, segundo Bariska (1990). As rachaduras adicionais que ocorrem posteriormente já sofrem influência de outros tipos de tensões (Hillis, 1984).

Schacht e Garcia (1997), estudando a variação de rachaduras de topo de toras entre e intra clones de *Eucalyptus urophylla*, concluíram que as rachaduras iniciais observadas até o 4º dia, após o traçamento, devem ser devidas ao efeito da interação das rachaduras de colapso com as rachaduras de tensões de crescimento. As rachaduras de secagem por retração começam a manifestar-se normalmente após o 4º dia, enquanto que as de colapso podem iniciar-se à cerca de 20 minutos após a exposição da seção transversal às condições ambientais. Esses resultados estão de acordo com Barnacle (1971) e Bariska (1990).

Purnell (1988) estudou a variação das rachaduras de topo de toras entre procedências de *Eucalyptus nitens* e observou que as rachaduras, após 48 horas da derrubada da árvore, não eram muito extensas e quando avaliadas, 6 semanas após, mostraram-se significativamente aumentadas.

Villiers (1973), em um estudo desenvolvido para detectar os efeitos das tensões de crescimento, realizou medições de diâmetros antes da derrubada e após 72 horas do seccionamento das toras, nas suas respectivas posições. Constatou que o rendimento em madeira serrada variava inversamente com o aumento

da circunferência em relação àquela medida antes do corte. Obteve um rendimento de 40% quando o acréscimo da circunferência foi de 0,20% e um rendimento de 32,5% para um acréscimo de circunferência de 2,4%. Essa metodologia tem a vantagem de ser mais rápida na avaliação e a desvantagem de avaliar somente as rachaduras que atingem a periferia das toras, que são as responsáveis pelo acréscimo de diâmetro (Malan, 1984). Apresenta, entretanto, um erro oriundo das dificuldades de identificação dos pontos de medidas, que após a derrubada da árvore ou traçamento, devem guardar a necessária correspondência com aqueles pontos medidos antes da derrubada ou do traçamento.

Conradie (1980) propôs uma metodologia para corrigir as eventuais falhas da metodologia de Villiers (1973). Nessa metodologia estão incluídas também as rachaduras que não atingem a periferia da seção de corte. A vantagem deste método consiste em se fazer, na prática, uma avaliação quase que visual, o que oferece uma maior rapidez na avaliação. Malan (1984) apresentou uma metodologia muito semelhante à de Conradie (1980), com algumas adaptações.

Wilson (1985) propôs uma metodologia baseada na proporção entre a área das rachaduras e a área da seção transversal, da tora correspondente. Essa metodologia foi utilizada por Schacht e Garcia (1997), que modificaram o critério de medição do comprimento das mesmas com o intuito de otimizar o tempo de medição.

Um outro método de avaliação foi desenvolvido por Bariska (1990), o qual consiste, simplesmente, na medição do comprimento das rachaduras da seção de corte, no 5º dia após o seccionamento da tora. O autor desenvolveu um índice de proporção de rachadura, denominado SIR (Split Index Ratio) e propôs 3 classes de qualidade para classificar a aptidão da madeira de eucalipto:  $SIR < 0,5$ , alta qualidade (material para serraria, com potencial para

ser clonado);  $0,5 < SIR < 1,5$ , média qualidade (material para uso em minas);  $SIR > 1,5$ , baixa qualidade (material para uso em celulose e energia).

Malan (1984) encontrou uma forte relação entre a abertura das rachaduras medidas no topo da tora e seus comprimentos longitudinais medidos na periferia da tora.

Segundo Malan (1995), a avaliação do nível de tensão de crescimento através das medidas das dimensões das rachaduras de topo das toras, como uma medida indireta das tensões de crescimento, consome muito tempo, é um método destrutivo e não é muito útil em material muito jovem. Pode ainda, sofrer a influência de outros fatores como, por exemplo, a capacidade inerente das árvores de resistirem às rachaduras. Dessa forma, propõe apenas as medições diretas das aberturas das rachaduras na periferia das toras, com um paquímetro (Malan, 1984).

O objetivo do presente trabalho foi o de testar quatro metodologias de avaliação das rachaduras de extremidades de tora, medidas em três posições verticais do fuste comercial de árvores de *Eucalyptus grandis*, e estudar as suas implicações nas rachaduras de extremidades das peças serradas, úmidas e secas, as quais realmente influenciam no rendimento em madeira serrada de qualidade satisfatória.

## METODOLOGIA

Utilizou-se uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, de 18 anos de idade, localizada no município paulista de Bofete. A área experimental situa-se nas coordenadas geográficas de 23º 04" de latitude sul e 48º 13" de longitude oeste, numa altitude média de 600 m. O solo é descrito como latossolo vermelho amarelo, transição para areia quartzosa, ocupando uma microbacia favorável.

A população inicial era de 2220 árvores/ha plantadas sob espaçamento de 3,0 m x 1,5 m.

Essa população foi manejada segundo o método CCT (Correlated Curve Trend), conforme Marsh (1957) e Hiley (1959), apresentando cinco intensidades de desbaste. As árvores remanescentes dos primeiros desbastes e também as testemunhas foram desramadas até à altura de 6,0 m.

Dentro de uma parcela que representa a intensidade de desbaste de 85%, selecionaram-se três árvores pertencentes à classe compreendida nos limites 27 e 32 cm de DAP, uma vez que essa classe foi considerada representativa de toda a população. Os diâmetros foram os mais uniformes possíveis para evitar-se as influências de sua variação sobre os caracteres a serem estudados.

De cada uma destas três árvores foram retiradas 3 toras de 2,5 m de comprimento: a basal, a mediana comercial e a comercial apical, sendo esta última obtida da altura correspondente ao diâmetro comercial de 20 cm, valor mínimo recomendado para serrarias em geral. As toras tiveram as suas extremidades cobertas com um saco plástico para que assim fossem minimizadas as perdas de sua umidade natural e, conseqüentemente, fossem minimizados os efeitos dessa secagem nas rachaduras de extremidades das toras. A densidade populacional no momento da derrubada das árvores amostradas era de 360 árvores/ha. O DAP médio das árvores retiradas para o corrente estudo foi praticamente o mesmo da parcela que era de 30,13 cm. A altura comercial média (HC) foi de 19,03 m.

Imediatamente antes do desdobro retirou-se o saco plástico de cada extremidade da tora e mediram-se o comprimento e a largura de cada rachadura, quando ocorria. Essas dimensões foram utilizadas nos cálculos dos índices de rachaduras e para isto foram utilizadas as expressões (1) a (4), representativas das quatro metodologias estudadas.

Essas metodologias foram comparadas entre si, no sentido de se verificar sua eficiência

no que se refere à predição de prejuízos futuros.

### Metodologia C

Está baseada na proposta de Conradie (1980), a qual foi, para maior facilidade de entendimento, sintetizada de forma matemática na equação (1a).

Nessa metodologia considera-se o peso 0,5 para todas as rachaduras que não atingem a periferia e o peso 1,0 para aquelas que alcançam o valor do raio da seção transversal em questão.

Uma interpretação rigorosa dessa expressão mostrou que o  $IR_c$  calculado representa um valor correspondente a 20% da área total das rachaduras do topo da tora podendo ser, então, expresso em  $cm^2$ . O autor denomina simplesmente de “score” ao resultado fornecido por essa equação.

A equação (1b) representa a metodologia C ajustada pelo fator de correção que aparece no segundo par de colchetes, deduzido especificamente para transformar a unidade de saída da equação (1a). Dessa forma a unidade  $cm^2$  foi transformada para porcentagem (%), tomada como um primeiro padrão para a comparação dessa metodologia com as demais que serão apresentadas em seguida.

$$IR_c = \left( \sum_{i=1}^n a_i P_i \right) 0,01 D \quad (1a)$$

$$IR_{Caj} = \left[ \left( \sum_{i=1}^n a_i P_i \right) 0,01 D \right] \left[ \frac{2000}{\pi D^2} \right] \quad (1b)$$

onde:

$IR_c$  = índice de rachadura adaptado de Conradie ( $cm^2$ );

$IR_{Caj}$  = índice anterior ajustado (%);

$a_i$  = abertura média da rachadura  $i$  suposta retangular (mm);

$P_i$  = peso (0,5 ou 1,0) atribuído a essa rachadura;

$D$  = diâmetro da seção transversal avaliada (cm);

$\left[ \frac{2000}{\pi D^2} \right]$  = fator de correção deduzido especificamente para a metodologia C expressa pela equação (1a).

### Metodologia M

Esta é a metodologia adaptada de Malan (1984), que também foi explicitada através da expressão matemática dada pela equação (2a).

Consiste em agruparem-se, primeiramente, todas as rachaduras em 3 classes de comprimento, medido na seção transversal, de acordo com a Tabela 1.

Às rachaduras que atingem a periferia, ou seja, de comprimento igual ao valor do raio, soma-se o valor 1,0 ao valor da abertura de cada

**Tabela 1.**

Classes de comprimento da rachadura pela metodologia de Malan.

(Splits weights according to Malan's methodology)

Classe de comprimentos	Peso ( $P_i$ )
iguais ao raio	1,00
menores que o raio e maiores que $\frac{3}{4}$ do raio	0,75
menores que $\frac{3}{4}$ do raio	0,50

uma delas. O resultado obtido é então somado aos pesos diretos das rachaduras que não atingem a periferia.

O índice calculado por essa metodologia, não tem uma unidade própria, podendo ser:

i) cm, quando representa a % do diâmetro que é transformada na soma dos comprimentos de todas as rachaduras. Essa situação só é válida para o caso em que nenhuma das rachaduras existentes no topo da tora atinge a periferia;

ii) cm, quando representa a % do diâmetro que é transformada na soma das aberturas de todas as rachaduras. Essa situação só é válida para o caso em que todas as rachaduras atingem a periferia;

iii) indefinida, quando ocorre uma situação mista onde pelo menos uma das rachaduras existente no topo da tora não atinge a periferia e, também, pelo menos uma delas atinge a periferia. Nesse caso a unidade tende para aquela do item (i) ou do item (ii), dependendo da proporção entre os tipos de rachaduras existentes.

Para contornar essa situação foi feito um ajuste dessa metodologia, culminando-se na equação (2b) que resulta, em qualquer dos casos, na unidade porcentagem (%).

$$IR_M = \frac{\sum_{i=1}^n [P_i + (a_i + 1)]}{0,01D} \quad (2a)$$

$$IR_{M_{aj}} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n [P_i + (a_i + 1)]}{0,01D} \right) \left( \frac{2}{\pi} \right) \quad (2b)$$

onde:

$IR_M$  = índice de rachadura adaptado de Malan (a unidade depende dos tipos de rachaduras existentes);

$IR_{M_{aj}}$  = índice anterior ajustado (%);

$a_i$  = abertura da rachadura  $i$  medida na seção transversal, na periferia da tora (mm);

$P_i$  = peso atribuído a essa rachadura, de acordo com a Tabela 1;

$\left( \frac{2}{\pi} \right)$  = fator de correção deduzido especificamente para a metodologia M expressa pela equação (2a).

metodologia M expressa pela equação (2a).

### Metodologia W

Esta é a metodologia de Wilson (1985) com as adaptações de Schacht e Garcia (1997). Consiste, inicialmente, em agruparem-se todas as rachaduras em 4 classes de comprimento,

**Tabela 2.**

Classes de comprimento da rachadura pela metodologia de Wilson.  
(Splits weights according to Wilson's methodology)

Classe	Comprimento das rachaduras	Peso (P <sub>i</sub> )
1	iguais ao raio da seção transversal	1,00
2	menores que o raio e maiores que ¾ deste	0,75
3	menores que ¾ do raio mas, maiores que ½ deste	0,50
4	menores que ½ do raio mas, maiores que ¼ deste	0,25

como mostra a Tabela 2, aplicando-se os pesos correspondente na equação (3a).

$$IR_w = 100 \left( \frac{\sum_{i=1}^n a_i P_i}{\pi D} \right) \quad (3a)$$

$$IR_{waj} = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i P_i) D}{4} \quad (3b)$$

Onde:

IR<sub>w</sub> = índice de rachadura adaptado de Wilson (%);

IR<sub>waj</sub> = índice anterior ajustado (cm<sup>2</sup>);

a<sub>i</sub> = abertura máxima da rachadura (cm), pertencente à classe de comprimento i (i=1,...,4);

P<sub>i</sub> = peso atribuído a essa rachadura, de acordo com a Tabela 2;

As rachaduras de formatos retangulares e trapezoidais são computadas subdividindo-se as mesmas em dois triângulos adjacentes.

### Metodologia P

Esta metodologia está sendo proposta no presente trabalho e consiste na medição direta das dimensões de cada rachadura, sem atribuição de pesos. O cálculo do índice de rachadura é feito de acordo com a equação (4a).

$$IR_p = 200 \left( \frac{\sum_{i=1}^n a_i C_i}{\pi D^2} \right) \quad (4a)$$

$$IR_{paj} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i C_i}{2} \quad (4b)$$

Onde:

IR<sub>p</sub> = índice de rachadura proposto (%);

IR<sub>paj</sub> = índice anterior ajustado (cm<sup>2</sup>);

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

C<sub>i</sub> = comprimento dessa rachadura (cm).

As equações (3b) e (4b) foram criadas para eliminar a unidade padrão porcentagem produzida pelas equações (3a) e (3b), respectivamente. Elas produzem a unidade cm<sup>2</sup> mas esse fato foi ignorado, quando foram comparadas com as equações (1a) e (2a).

Além do estudo de comparação dessas metodologias, as quais quantificam as rachaduras segundo procedimentos diferentes, realizou-se uma análise de correlação entre o IR calculado em cada caso e a rachadura de extremidades de peça serrada nos estados úmido e seco, sendo que para isso foram criadas as seguintes variáveis:

IRPU = Índice de rachadura de extremidade de peça serrada úmida

Esse índice foi calculado pela equação (5) e representa a média, por tora dos comprimentos acumulados das rachaduras das duas extremidades de cada uma das peças serradas, no estado úmido.



$$IRPU = \frac{\sum_{i=1}^n (r_{1u} + r_{2u})_i}{n} \quad (5)$$

onde:

$r_{1u}, r_{2u}$  = comprimentos das rachaduras medidas, respectivamente, nas extremidades 1 e 2 da peça serrada úmida (cm);

1u, 2u = são índices de rachaduras;

n = nº de peças serradas obtidas da tora.

IRPS = Índice de rachaduras de extremidade de peça serrada seca

O IRPS foi calculado pela equação (6), e representando o comprimento acumulado das rachaduras das duas extremidades de cada uma das peças serradas, médio por tora, no estado seco.

$$IRPS = \frac{\sum_{i=1}^n (r_{1s} + r_{2s})_i}{n} \quad (6)$$

onde:

$r_{1s}, r_{2s}$  = comprimentos das rachaduras medidas, respectivamente, nas extremidades 1 e 2 da peça serrada seca (cm);

1s, 2s = são índices de rachadura;

n = nº de peças serradas obtidas da tora.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do experimento foi efetuada de acordo com a técnica de parcelas subdivididas, onde as árvores foram consideradas como parcelas e as metodologias constituíram as subparcelas.

Tendo sido verificada a necessidade de transformação dos dados, através do teste de Hartley, utilizou-se a transformação potência (Box e Cox, 1964), dada pela equação (7).

$$IR = \left[ \frac{do^{0,2} - 1}{0,3176} \right] + 2 \quad (7)$$

onde:

IR = dado transformado;

do = dado original.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados da análise estatística realizada para os índices de rachaduras de extremidade de tora úmida.

**Tabela 3.**

Análise de variância para o índice de rachaduras de extremidades de tora (IR).

(Variance analysis for the log end splitting standardized in percentage (IR%) and taken as a simple score (IR))

Causa de variação	GL	Prob>F	
		Variável IR(%)	Variável IR
Árvore	2	0,0593 <sup>1</sup>	0,0320 <sup>1</sup>
Posição	2	0,3936 <sup>1</sup>	0,4013 <sup>1</sup>
Resíduo (A)	4		
Parcelas	8		
Metodologia	3	0,0000	0,000
Posição x Métodos	6	0,4370	0,0001
Resíduo (B)	18		
Subparcela	35		

<sup>1</sup>Correspondente ao quadrado médio do resíduo (A).

Observa-se nessa tabela que não houve diferenças significativas entre as três posições estudadas, tanto para o IR padronizado em porcentagem como para o IR adotado como "nota". As metodologias diferenciaram-se entre si, ou seja, produziram índices de rachaduras estatisticamente diferentes. Os valores foram de: 0,56% na metodologia W; 0,65% na metodologia P; 0,76% na metodologia M e 0,90% na metodologia C.

Esses resultados confirmam a expectativa de que a metodologia M tende a produzir valores mais elevados, pelo fato de somar uma unidade à abertura das rachaduras que atingem a periferia da tora. A metodologia C, nesse caso, superestimou o valor das rachaduras porque apresentou um índice de rachaduras superior àquele calculado pela metodologia P. Isso só ocorre quando a maioria das rachaduras apresentam comprimentos menores que a metade do raio da seção transversal da tora. Portanto,

o confronto do resultado produzido pela metodologia C com o resultado produzido pela metodologia P mostra que as rachaduras ficaram, na maioria dos casos, aquém da metade do raio da seção transversal da tora. Outro aspecto a ser observado, no caso das metodologias C, M e W, é que algumas rachaduras podem gerar dúvidas na atribuição dos pesos apropriados. Nesse aspecto a metodologia P é mais segura, pois as medidas do comprimento das rachaduras são obtidas pela medição direta e não por aproximação. Apesar dessa maior comodidade, a metodologia P não exigiu muito mais tempo na obtenção dos dados do que as outras metodologias.

A Tabela 4 mostra a média geral e os valores médios de IR(%) de cada posição tomada ao longo da altura da árvore.

**Tabela 4.** Valores médios dos índices de rachaduras de extremidade de tora (IR%) nas diferentes posições da árvore.

(Average log end splitting index (IR%) in different tree positions)

Posição vertical	IR(%)
Basal	0,50
Mediana comercial	1,01
Última comercial	0,64
Média	0,72

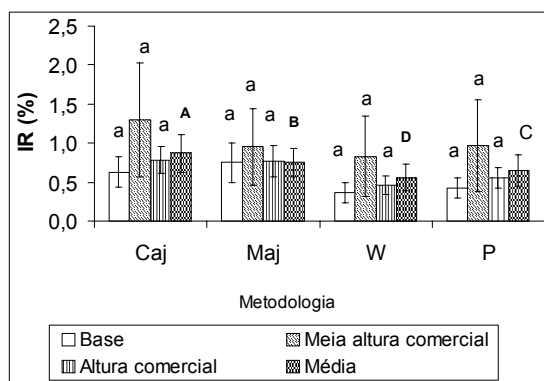
Observa-se que o IR% aumenta ligeiramente da base para o topo, passando por um máximo na região mediana da árvore. Os maiores valores de IR%, observados nas toras da meia altura comercial, podem ser explicados pela orientação mais retilínea da grã nesta parte da árvore.

Os resultados obtidos confirmam os resultados de Malan (1984), que utilizando a metodologia de Conradie (1980) em uma população de *E. grandis*, concluiu que o IR aumentou até à altura de 4,8 m e, a partir desse ponto, apresentou uma tendência de diminui-

ção. Entretanto, Purnell (1988) avaliou os IRs calculados pelo método de Wilson (1985) a cada 2,4 m desde a base até à altura de 12 m em *E. nitens* e constatou que o IR apresentou uma tendência de diminuir com a altura. Igualmente, Schacht et al. (1998), estudando uma população clonal de *E. urophylla*, utilizaram a metodologia de Wilson (1985) e também observaram que o IR apresentou uma tendência de diminuir ao longo da altura da árvore.

Observa-se ainda, na Tabela 3 que, para o caso do IR padronizado em porcentagem, não houve interação significativa da posição vertical com a metodologia, o mostrando que as metodologias apresentaram o mesmo comportamento relativo, independentemente da posição em que esteja sendo feita a medição do IR%.

A Figura 1 mostra os resultados obtidos para as rachaduras de extremidades de toras (IR%), segundo as metodologias citadas anteriormente, em cada uma das três posições da árvore.



**Figura 1.**

Índices de rachaduras de extremidade de tora (IR%) em função da posição da tora na árvore e da metodologia: Caj (ajustada de Conradie), Maj (ajustada de Malan), W (Wilson) e P (que propõe a obtenção das dimensões reais das rachaduras).

(Log end splitting indexes (IR%) due to log position in the tree and methodology: Caj (adjusted Conradie's), Maj (adjusted Malan's), W (Wilson's) and P (that proposes the measurements of the actual split dimensions).

Uma vez que houve diferenças significativas entre as metodologias, realizou-se um estudo de correlações e regressões entre as variá-

veis em estudo. O objetivo era encontrar pelo menos uma metodologia capaz de prever com segurança as rachaduras de extremidades das peças serradas úmidas e/ou secas.

Foi observado que nenhuma das metodologias que expressam o IR em %, ou seja, aquelas dadas pelas equações (1a), (2a), (3a) e (4a), podem ser consideradas úteis na predição das rachaduras de extremidade de peça serrada. Procedeu-se, então, um novo estudo com as equações (1b), (2b), (3b) e (4b), considerando-se o resultado de cada uma, com uma simples “nota” desprovida de unidade.

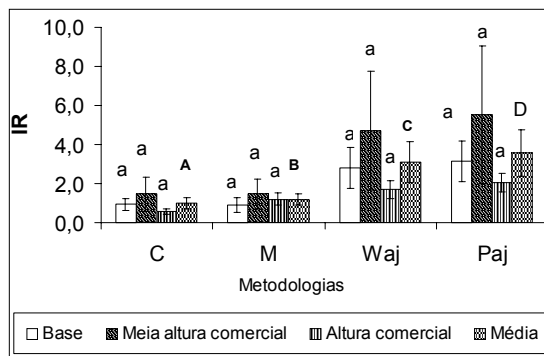
Os resultados da análise de variância efetuada com as “notas” obtidas, que também se encontram na Tabela 3, mostram que a única diferença encontrada, em relação à análise de variância anterior, está na significância da interação da metodologia com a posição. A metodologia de Malan, dada pela equação (2b) foi a responsável pela significância dessa interação porque ela produziu valores na mesma ordem da Tabela 4, enquanto que as demais metodologias apresentaram valores mais elevados na base da árvore do que no topo.

A Figura 2 resume essa discussão mostrando, de forma clara, os valores absolutos obtidos com a aplicação de cada uma das metodologias e a posição relativa de cada uma em relação às demais.

Foram testadas, novamente, as correlações entre os índices de rachaduras de extremidade de peça serrada úmida (IRPU) e seca (IRPS) e os IR<sub>s</sub> obtidos pela metodologias (1a), (2a), (3b) e (4b), na tentativa de obter-se uma forma de predição da rachadura de extremidade de tábuas em função da rachadura de extremidade de tora. Os resultados significativos dessas correlações estão apresentados na Tabela 5.

Observa-se na Tabela 5 que somente as metodologias de Conradie e Wilson ajustada podem prever, com significância, os valores de IRPU e IRPS. Observou-se altíssima correlação entre IRPU e IRPS. Diante desses resulta-

dos realizou-se um estudo de regressões e para isso as variáveis foram distribuídas em classes, geradas pelo próprio programa estatístico.



**Figura 2.** Índice de rachaduras de tora (IR) em função da posição da tora na árvore e da metodologia: C (Conradie), M (Malan), Waj (ajustada de Wilson) e Paj (que propõe a obtenção das dimensões reais das rachaduras, ajustada). (Log end splitting indexes (IR) due to log position in the tree and methodology: C (Conradie's), M (Malan's), Waj (adjusted Wilson's) and Paj (that proposes the measurements of actual splits dimensions, adjusted).

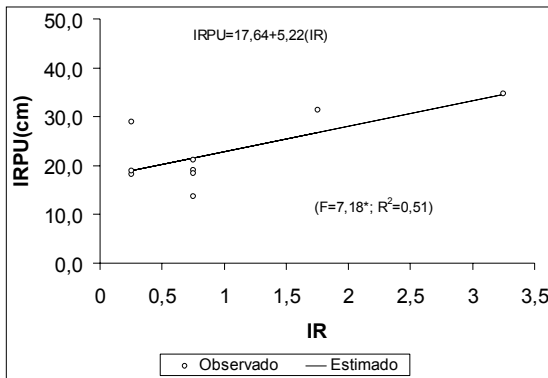
**Tabela 5.** Correlações significativas entre variáveis calculadas por diferentes metodologias. (Significant correlations between green board end green (IRPU) or dry (IRPS) board end splitting and log end splitting indexes variables calculated according to two different methodologies)

Variável	Metodologia	R	Prob > F
IRPU	C	0,7283	0,0261
IRPU	W <sub>aj</sub>	0,6995	0,0360
IRPS	C	0,7337	0,0244
IRPS	W <sub>aj</sub>	0,7053	0,0338
IRPS	IRPU	0,9869	0,0000

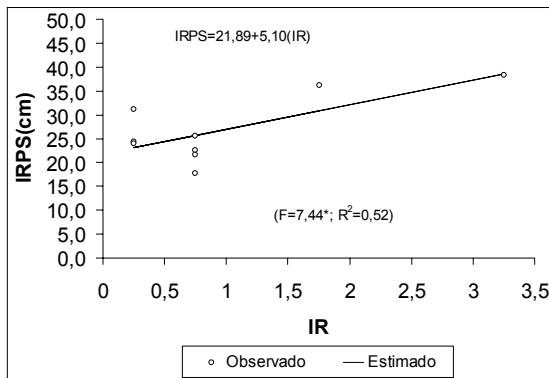
C = método de Conradie ;  
 W<sub>aj</sub> = método de Wilson, ajustado;  
 R = coeficiente de correlação obtido pelo teste “Pairwise”.

Nas Figuras 3 a 7, estão plotadas, conjuntamente com os dados observados, as regressões significativas obtidas.

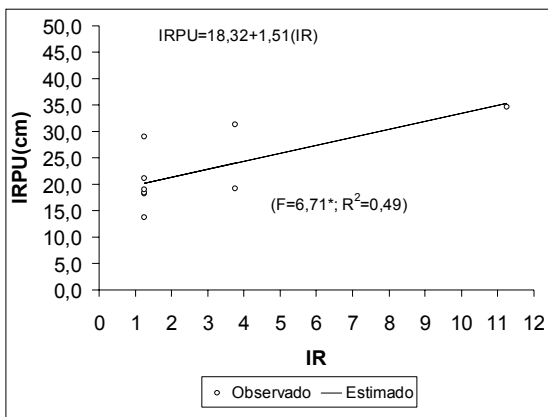
Observa-se, nessas figuras, que todos os modelos apresentados, embora significativos, demonstram que as rachaduras de extremidade de tora respondem por apenas 50% das ra-

**Figura 3.**

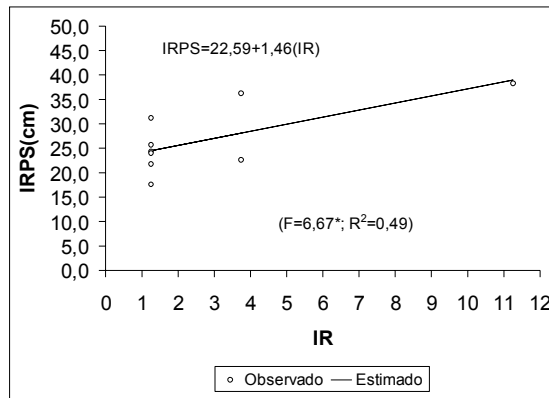
Índice de rachaduras de extremidade de peça serrada úmida (IRPU) e índice de rachaduras de extremidade de tora (IR) obtido pela metodologia de Conradie (C). (Green board end splitting index (IRPU) and log end splitting index (IR) obtained by Conradie's methodology (C)).

**Figura 5.**

Índice de rachaduras de extremidade de peça serrada seca (IRPS) e índice de rachaduras de extremidade de tora (IR) obtido pela metodologia de Conradie (C). (Dry board end splitting index (IRPS) and log end splitting index (IR) obtained by Conradie's methodology (C)).

**Figura 4.**

Índice de rachaduras de extremidade de peça serrada úmida (IRPU) e índice de rachaduras de extremidade de tora (IR) obtido pela metodologia de Wilson ajustada (Waj). (Green board end splitting index (IRPU) and log end splitting index (IR) obtained by adjusted Wilson's methodology (Waj)).

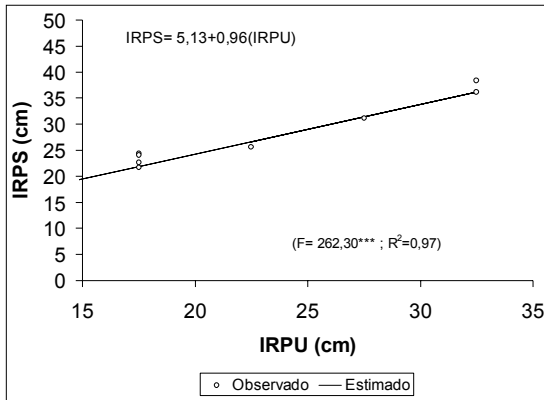
**Figura 6.**

Índice de rachaduras de extremidade de peça serrada seca (IRPS) e índice de rachaduras de extremidade de tora (IR) obtido pela metodologia de Wilson ajustada (Waj). (Dry board end splitting index (IRPS) and log end splitting index (IR) obtained by adjusted Wilson's methodology (Waj)).

chaduras de extremidade de peça serrada. Portanto, a seleção de árvores para serraria através das rachaduras de extremidade de tora pode produzir algum ganho concreto nas rachaduras de extremidade de peça serrada mas, recomenda-se buscar as variáveis importantes que respondem pelos outros 50%. Isso pode significar ganhos expressivos de tempo nas avaliações futuras e nas pesquisas sobre o efeito da ten-

são de crescimento nas rachaduras da madeira serrada.

Pode-se obter também o IRPS, medindo-se apenas o IRPU, com um grau de confiança ainda maior do que nas outras relações apresentadas. Durante a secagem as rachaduras propagaram-se de forma proporcional à intensidade de rachadura existente na extremidade da peça antes da secagem.



**Figura 7.** Índice de rachaduras de extremidade de peça serrada seca (IRPS) e índice de rachaduras de extremidade de peça serrada úmida (IRPU). (Dry board end splitting index (IRPS) and green board end splitting index (IRPU))

## CONCLUSÕES

Todas as metodologias estudadas produzem índices de rachaduras de extremidade de tora que se diferenciam entre si.

O índice de rachaduras de extremidade de tora tende a aumentar com a altura, mas foi ligeiramente maior na tora obtida à meia altura comercial da árvore. Este fato pode ser explicado pela tendência de melhor orientação da grã nessa parte da árvore. Porém, não foram encontradas diferenças significativas entre as posições base, meia altura comercial e comercial apical.

Nenhuma das metodologias que expressam o IR em porcentagem, pode ser considerada útil na predição das rachaduras de extremidades de peça serrada.

As rachaduras de extremidade de tora, avaliadas pelas metodologias de Conradie e de Wilson ajustada, permitem estimar o comprimento da rachadura de extremidade de peça serrada úmida e/ou seca. Entretanto, a precisão da estimativa pode ser considerada apenas razoável.

O índice de rachadura de topo de tora pode ser considerado uma propriedade muito importante e muito útil na seleção de árvores de

eucaliptos para uso em serraria, mas não responde pela totalidade das rachaduras encontradas na madeira serrada. Entretanto, pela facilidade com que pode ser obtida, a seleção de árvores pelas rachaduras de extremidade de toras pode ser efetuada até mesmo no campo.

## AUTORES E AGRADECIMENTOS

ISRAEL LUIZ DE LIMA é Pós-Graduando em Recursos Florestais no Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Av. Pádua Dias, 11 – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP - ildl@merconet.com.br

JOSÉ NIVALDO GARCIA é Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Av. Pádua Dias, 11 – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP - jngarcia@esalq.usp.br

SÔNIA MARIA DE STEFANO PIEDADE é Professora Doutora do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP. Av. Pádua Dias, 11 – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP - soniamsp@esalq.usp.br

Os autores agradecem à Eucatex Florestal Ltda e a seus funcionários pelo fornecimento do material de estudo e o inestimável apoio logístico que propiciou o pleno desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARISKA, M. A method for predicting timber quality in eucalypts. In: SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF *EUCALYPTUS GRANDIS* IN SOUTH AFRICA, Stellenbosch, 1990. **Proceedings**. Stellenbosch: University of Stellenbosch, 1990. p.215-228
- BARNACLE, J.E. Rapid effect of drying on development of heart cracks. **Australian forestry**, v.35, n.4, p.251-257, 1971.
- BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformation. **Journal of the Royal Statistical Society B**, v.26, p.211-243, 1964.
- CONRADIE, W.E. Utilization of South African grown *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex Maiden) as venner logs: part 1- control of end-splitting in venner logs. **CSIR special report**, n.206, p.1-27, 1980.

- GARCIA, J.N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1995. p.59-67
- HILEY, W.E. **Conifers: African methods of cultivation**. London: Faber and Faber, 1959. 123p.
- HILLIS, W.H. Wood quality and utilization. In: HILLIS, W.H.; BROWN, A.G. **Eucaliptos for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1984. 434p.
- MALAN, F.S. The control of end splitting in sawlogs: a short literature review. **South African forestry journal**, n.109, p.14-79, 1979.
- MALAN, F.S. Eucaliptos improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1995. p.1-19
- MALAN, F.S. **Studies on the phenotypic variation in growth stress intensity and its association with tree and wood properties of South African grown *Eucalyptus grandis***. Stellenbosch, 1984. 272p. Tese (Doutorado) - University of Stellenbosch.
- MARSH, E.K. Some preliminary results from O'Connor's correlated curve trend (CCT) experiments on thinnings and spacements and their practical significance. **British Commonwealth Forests Conference**, Australian and New Zealand, p.1-21, 1957.
- PURNELL, R.C. Variation in wood properties of *Eucalyptus nitens* in a provenance trial on the Eastern Transvaal Highveld in South Africa. **South African forestry journal**, n.144, p.10-22, 1988.
- SCHACHT, L.; GARCIA, J.N. Variação entre e intra clones nas rachaduras de topo em *Eucalyptus urophylla*. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1997. p.401-404
- SCHACHT, L.; GARCIA, J.N.; DIAS, C.T.S. Variação de rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus urophylla*: uma investigação metodológica. In: SCHACHT, L. **Variação de caracteres e suas implicações para o melhoramento genético da madeira serrada de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. Piracicaba, 1998. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. cap.3, p.17-25
- VILLIERS, A.M. Utilization problems with some eucalypts in South Africa. In: IUFRO MEETING DIVISION 5, Pretoria, 1973. **Proceedings**. Pretoria: IUFRO, 1973. v.2, p.238-255
- WILSON, P.J. Splitting studies on logs of *Eucalyptus macarthurii*, *E. elata*, and *E. radiata*. **Institute for Commercial Forestry Research annual report**, p.135-142, 1985.