

Efeito do desbaste e da fertilização nas tensões  
de crescimento em *Eucalyptus grandis*Effect of thinning and fertilization on  
growth stress in *Eucalyptus grandis*<sup>1</sup>Israel Luiz de Lima; <sup>2</sup>José Nivaldo Garcia;  
<sup>3</sup>José Luiz Stape e <sup>4</sup>Sônia Maria De Stefano Piedade**Resumo**

O presente trabalho teve como objetivo estudar a influência do manejo florestal na qualidade tecnológica da madeira serrada de uma população plantada de *Eucalyptus grandis*, de 21 anos de idade, manejada pelo sistema de desbastes seletivos com aplicação de fertilizantes na época do início dos desbastes, aos 5 anos de idade. Os fatores utilizados foram três intensidades de desbastes seletivos (37, 50 e 75%), presença ou ausência de fertilizantes, duas classes de diâmetro, duas posições verticais ao longo da altura do fuste comercial e três posições radiais. As influências dos fatores e de suas combinações nas tensões de crescimento das árvores foram avaliadas de forma indireta através das rachaduras de extremidade de tábua, encurvamento e arqueamento de tábua. Todas as avaliações foram efetuadas na condição de madeira verde, imediatamente após o desdobro. As rachaduras de extremidade de tábua, encurvamento e arqueamento sofreram influência dos fatores desbaste, adubação e classe de diâmetro apenas em algumas situações específicas. O índice de rachadura de tábua verde diminuiu da medula para a casca, enquanto que o encurvamento de tábua aumentou nesse mesmo sentido. O arqueamento das tábuas não apresentou nenhuma tendência de variação ao longo do raio da tora. A intensidade de 75% de desbaste propiciou, de maneira geral, maior homogeneidade de qualidade da madeira ao longo do raio.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus*, Rachaduras, Encurvamento, Arqueamento, Tensões de crescimento

**Abstract**

This paper studied the influence of forestry practices on some technological quality of sawn wood from a 21 years old grown *Eucalyptus grandis* stand treated by selective thinning and fertilizers application, just after the first thinning when the stand was 5 years old. The three thinning intensities (37, 50 and 75%), presence or absence of fertilizers, two diameter classes, two vertical positions along the stem commercial height and three longitudinal positions along the tree radius were taken as the study factors. The influences of those treatments and their combinations on tree growth stresses were evaluated indirectly through green lumber end splitting, green lumber bow and spring. Green lumber bow and spring were influenced by thinning, fertilization and diameter class in some specific situations. Green lumber end splitting index decreased from pith to bark and green lumber bow increased toward the periphery of the tree. Green lumber spring did not present any variation tendency along the log radius. In general, the thinning intensity as 75% slightly promoted a better homogeneity of sawn wood quality along the tree radius.

**Keywords:** *Eucalyptus*, Splitting, Bow, Spring, Growth stresses

**INTRODUÇÃO**

O gênero *Eucalyptus* apresenta grande potencial para a indústria da madeira, devido ao seu rápido crescimento, à boa adaptação às condições ambientais brasileiras e à produção de ma-

deira de boas propriedades físicas e mecânicas. Podendo ser produzidas a baixos custos, as madeiras de cores agradáveis contribuem para destacar e valorizar algumas espécies desse gênero.

O *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden destaca-se pela alta produtividade em madeira. Produz

<sup>1</sup>Pesquisador do Instituto Florestal do Estado de São Paulo - Divisão de Dasonomia - Rua do Horto, 931 - São Paulo, SP - 02377-000 - E-mail: [israelima@iflorestal.sp.gov.br](mailto:israelima@iflorestal.sp.gov.br)

<sup>2</sup>Professor Livre-Docente do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ - Universidade de São Paulo - Caixa Postal 9 - Piracicaba, SP - 13400-970 - E-mail: [jngarcia@esalq.us.br](mailto:jngarcia@esalq.us.br)

<sup>3</sup>Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ - Universidade de São Paulo - Caixa Postal 9 - Piracicaba, SP - 13400-970 - E-mail: [stape@esalq.usp.br](mailto:stape@esalq.usp.br)

<sup>4</sup>Professora Doutora do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ - Universidade de São Paulo - Caixa Postal 9 - Piracicaba, SP - 13400-970 - E-mail: [soniamsp@esalq.usp.br](mailto:soniamsp@esalq.usp.br)

madeira leve mas de boa resistência; de fácil trabalhabilidade; de coloração castanha avermelhada clara, próxima à do mogno; de textura fina e grã direita, que favorecem a usinagem; de gosto e cheiro indistintos. É utilizada intensivamente na Austrália e na África do Sul, como madeira de construção, quando oriunda de plantações de ciclo longo. A madeira produzida em ciclos curtos é utilizada para caixotaria (FERREIRA, 1979 e LAMPRECH, 1990).

A madeira oriunda de árvores de rápido crescimento apresenta, normalmente, problemas de empenamentos e rachaduras quando do desdobra. Plantações convenientemente manejadas podem produzir madeira excelente para serraria (OLIVEIRA, 1997).

No processamento mecânico da madeira de eucaliptos de rápido crescimento, a ocorrência de rachaduras e empenamentos é a principal causa dos baixos rendimentos encontrados na produção de madeira serrada. Esses defeitos são originários das elevadas tensões de crescimento nas árvores. As tensões de crescimento são aquelas que se desenvolvem no interior dos troncos de árvores vivas (DINWOODIE, 1966). Essas tensões originam-se na região cambial dos troncos das árvores, durante a maturação das células, ou seja, na diferenciação completa da camada  $S_2$  da parede secundária da fibra (BOYD, 1950; WILHELMY e KUBLER, 1973).

As tensões de crescimento podem ser decompostas nas suas componentes longitudinal, tangencial e radial. As tensões radiais surgem como reação ao equilíbrio às tensões tangenciais que são conseqüências da compressão circunferencial oriunda da expansão diametral da célula. As tensões longitudinais são devidas ao encurtamento das fibras na periferia da árvore. A liberação das tensões de crescimento ocorre com a quebra do equilíbrio natural existente dentro da árvore (BOYD, 1950, DINWOODIE, 1966 e KUBLER, 1987).

A tensão de crescimento não pode ser medida diretamente e, portanto, é calculada pelo produto da deformação de crescimento pelo módulo de elasticidade. A deformação de crescimento é definida pela relação entre o deslocamento relativo de dois pontos desconfinados e a distância inicial entre esses dois pontos. Na prática, é mais comum medir-se o deslocamento relativo através de relógios comparadores, mas também é possível medir-se diretamente a deformação através de extensômetros elétricos (GARCIA, 2005).

Dentre os tratamentos silviculturais corren-

tes, o espaçamento e o desbaste são os que controlam a competição entre árvores e aliado a uma fertilização podem influenciar nas diversas variáveis que explicam a qualidade da madeira.

Os desbastes, caso não provoquem a reorientação das copas das árvores, podem contribuir para a diminuição dos efeitos das tensões de crescimento. Quando as intensidades de desbaste forem muito rigorosas, a ponto de provocar novas orientações das copas das árvores, então o nível das tensões de crescimento pode ser aumentado (KUBLER, 1987).

Malan e Hoon (1992) analisaram um povoamento de *Eucalyptus grandis* de 34 anos de idade, em diferentes séries de desbastes sucessivos. Concluíram que os desbastes gradativos não tiveram uma tendência sistemática de reduzir ou aumentar os níveis de tensões de crescimento.

Ferrand (1983) verificou que desbastes moderados não influenciaram o nível de deformação de crescimento em *E. delegatensis* e *E. nitens*. Entretanto, desbastes intensos e precoces provocaram a redução do nível de deformação de crescimento. O nível de deformação de crescimento parece ser fortemente relacionado com a competição entre árvores. Isso foi verificado pela comparação da área basal do povoamento com o nível de deformação de crescimento.

Wilkins e Kitahara (1991) avaliaram os efeitos de desbastes em *E. grandis*, no nível de deformações de crescimento periféricas e concluíram que houve um aumento na taxa de crescimento aliado a uma diminuição no nível de suas deformações.

Shield (1995) considera que com o aumento do diâmetro da tora, seja através de desbastes ou da rotação, diminui o efeito da tensão de crescimento sobre as peças serradas. Segundo o autor, isso é atribuído a uma diminuição do gradiente de tensão com o aumento do diâmetro e não à diminuição propriamente dita da intensidade da tensão.

Lima *et al.* (2000) concluíram que diferentes intensidades de desbastes avaliadas em *E. grandis* de 18 anos de idade não influenciaram significativamente nas rachaduras de tábuas verdes, porém, influenciaram no encurvamento dessas mesmas peças.

O objetivo do presente trabalho foi o de estudar a influência da fertilização e de diferentes intensidades de desbastes na tensão de crescimento, avaliada de forma indireta através dos deslocamentos que ocorrem por ocasião da liberação das tensões de crescimento em árvores de uma população de 21 anos de *E. grandis*.

## METODOLOGIA

O material utilizado nessa pesquisa foi obtido de uma população experimental de *Eucalyptus grandis* ex-Maiden, de 21 anos de idade, procedência Botucatu (origem Coff's Harbour), com nível de Melhoramento de P.S.C. (Pomar de Semente Clonal), segundo Stape e Martini, 1991. A área experimental está localizada no município de Lençóis Paulista, SP e pertence à Ripasa S/A Celulose e Papel. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, de textura média e o clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen.

O experimento, composto de 22 parcelas de 900 m<sup>2</sup>, cada uma representado um tratamento diferente, foi instalado em dezembro de 1982 compreendendo um total equivalente de 2.222 árvores/ha plantadas em espaçamento inicial de 3,0 x 1,5m. Inicialmente foram aplicados 222 kg/ha de NPK 6:30:6 distribuídos nos sucos de plantio. Em 1987 foram iniciados os desbastes do tipo seletivo, intensidade de 37, 50 e 75%. Após o desbaste foi feita adubação com 1000 kg de NPK 12:06:12 e 100 kg de Lama-cal por hectare, distribuídos nas entrelinhas de 11 das parcelas, caracterizando o tratamento com adubo. Após a adubação foi efetuada uma gradagem leve para incorporar o adubo ao solo. Depois do último dos três desbastes, que ocorreu aos 8,5 anos, o experimento foi mantido sem alteração até o início do presente estudo.

A Tabela 1 apresenta os tratamentos que foram selecionados para o presente estudo.

Inicialmente realizou-se um inventário do experimento e a partir da distribuição diamétrica obtida, foram eleitas 2 classes DAP para o estudo, sendo: a classe mediana (DAP entre 25 e 30 cm) e classe superior (DAP entre 30 e 35 cm).

Dentro de cada uma das parcelas foram tomadas 8 árvores, sendo 4 em cada uma das classes definidas, totalizando 48 árvores, que foram devidamente identificadas no campo.

Foram retiradas 2 toras de cada uma das árvores selecionadas, sendo a tora 1, de 3 m de comprimento, retirada à altura de 1,70 a 4,70m e a tora 2, de 3 m de comprimento retirada à altura de 6,4 a 9,40 m.

O desdobro das toras 1 e 2 foi realizado na serraria comercial da CAF em Martinho Campos, MG, segundo a estratégia de desdobro praticada pela empresa na produção de peças serradas de dimensões comerciais. Essa serraria foi escolhida para esta pesquisa porque a mesma processa comercialmente toras de eucalipto e tem grande experiência nessa atividade.

A operação de desdobro foi iniciada e concluída dentro da semana da derrubada das árvores no campo.

Para a realização do desdobro foi utilizada uma serra de fita dupla seguida de uma serra circular múltipla.

### Índice de rachaduras de extremidade de tábua verde (IRTV)

Esse índice representa a média, na tora, dos comprimentos acumulados das rachaduras das duas extremidades de cada uma das tábuas serradas no estado verde e foi calculado pela equação (1).

$$IRTV = \frac{\sum_{i=1}^n (C_1 + C_2)_i}{n} \quad (1)$$

Onde:

IRTV = Índice de rachaduras de extremidade de tábua serrada verde (cm);

C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> = comprimento das rachaduras respectivas das extremidades 1 e 2 da tábua no estado verde (cm);

n = no de tábua serradas obtidas da tora.

### Encurvamento

O encurvamento é utilizado para indicar o estado deformado de uma peça que sofreu flexão, como consequência dos deslocamentos diferenciados que os pontos da peça sofreram numa direção perpendicular às faces serradas.

**Tabela 1.** Caracterização dos tratamentos tomados de uma população experimental de *E. grandis* de 21 anos de idade. (Characterization of treatments which were taken from an experimental stand of 21-year old grown *E. grandis*)

| Parcela | Adubação aos 5 anos | (%) Desbaste | Idade no 1º desbaste | Idade no 2º desbaste | Idade no 3º Desbaste | Nº de árvores /ha aos 21 anos |
|---------|---------------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
| 1       | N                   | 37%          | 5                    | 6,5                  | 8,5                  | 549                           |
| 2       | S                   | 37%          | 5                    | 6,5                  | 8,5                  | 521                           |
| 3       | N                   | 50%          | 5                    | 7,5                  | -                    | 535                           |
| 4       | S                   | 50%          | 5                    | 7,5                  | -                    | 556                           |
| 5       | N                   | 75%          | 5                    | -                    | -                    | 535                           |
| 6       | S                   | 75%          | 5                    | -                    | -                    | 535                           |

Obs: N: não adubado; S: adubado

### **Flecha de encurvamento ( $F_E$ )**

Essa variável analisada sob o ponto de vista da engenharia das estruturas, surge pelo giro das seções transversais da peça em torno do seu eixo de menor inércia. No caso particular do presente estudo esse defeito surge em função da liberação das tensões residuais que existiam distribuídas ao longo da espessura da peça.

Na obtenção da flecha de encurvamento utilizou-se como instrumento auxiliar, uma linha fina, que bem esticada, simulava uma reta de referência da peça serrada supostamente indeformada. Essa linha era colocada junto à face cônica da peça de tal forma a ligar um ponto de uma extremidade ao ponto correspondente da outra extremidade e, dessa forma, a linha representava o plano da face indeformada da peça. A flecha de encurvamento, considerada como a distância da face deformada da peça ao plano virtual indeformado foi então medida, na metade do comprimento da peça.

O valor lido da flecha de encurvamento foi ajustado com base na proposição de Garcia (1992) dada pela equação (2) que mostra, que a relação entre duas flechas de encurvamento é igual ao quadrado da relação dos comprimentos da peça em que foram medidas as flechas.

As flechas de encurvamento, que medidas no comprimento real das tábuas foram todas corrigidas para o comprimento padrão de 3m, através da equação (2).

$$F_E = F_{E_M} \left( \frac{L_p}{L} \right)^2 \quad (2)$$

Onde:

$F_E$ : flecha de encurvamento da tábua, ajustada para um comprimento padrão  $L_p$  (tomado como sendo de 3m), (cm);

$F_{E_M}$ : flecha efetivamente medida na tábua (cm);

$L$  = comprimento real da tábua (m).

### **Arqueamento**

O arqueamento surge pelo giro das seções transversais da peça em torno do seu eixo de maior inércia e, analogamente ao encurvamento, esse defeito surge em função da liberação das tensões residuais que existiam distribuídas ao longo da largura da peça.

### **Flecha de arqueamento ( $F_A$ )**

A flecha de arqueamento foi obtida de maneira similar à de encurvamento, sendo dada pela distância da borda deformada à borda virtual indeformada, medida na metade do comprimento da peça serrada.

A flecha de arqueamento também foi ajustada para um comprimento padrão, através da

equação (3), similar à equação (2).

$$F_A = F_{A_M} \left( \frac{L_p}{L} \right)^2 \quad (3)$$

Onde:

$F_A$ : flecha de arqueamento da tábua, ajustada para um comprimento padrão  $L_p$ , tomado como sendo de 3m (cm);

$F_{A_M}$ : flecha do maior arqueamento medida na tábua (cm);

$L$ : comprimento real da tábua (m).

Na avaliação do experimento foi efetuado, inicialmente, o teste de homogeneidade de variância e para isso utilizou-se o teste de Hartley e, posteriormente, foi feito o teste F de análise de variância segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado, adotando-se o esquema fatorial 3 x 2 x 2 (desbastes, adubo e classes de DAP) para estudo das variáveis obtidas das toras 1 e 2.

Foi aplicado o teste de Tukey, sempre que observada diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, de algum tratamento no teste F.

No estudo das variáveis do processamento mecânico, ou seja, aquelas medidas nas tábuas, os dados foram separados por tora (tora 1 e tora 2) e, ainda, dentro de cada uma de três posições relativas do raio, ou seja, 0, 50 e 100% do raio.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

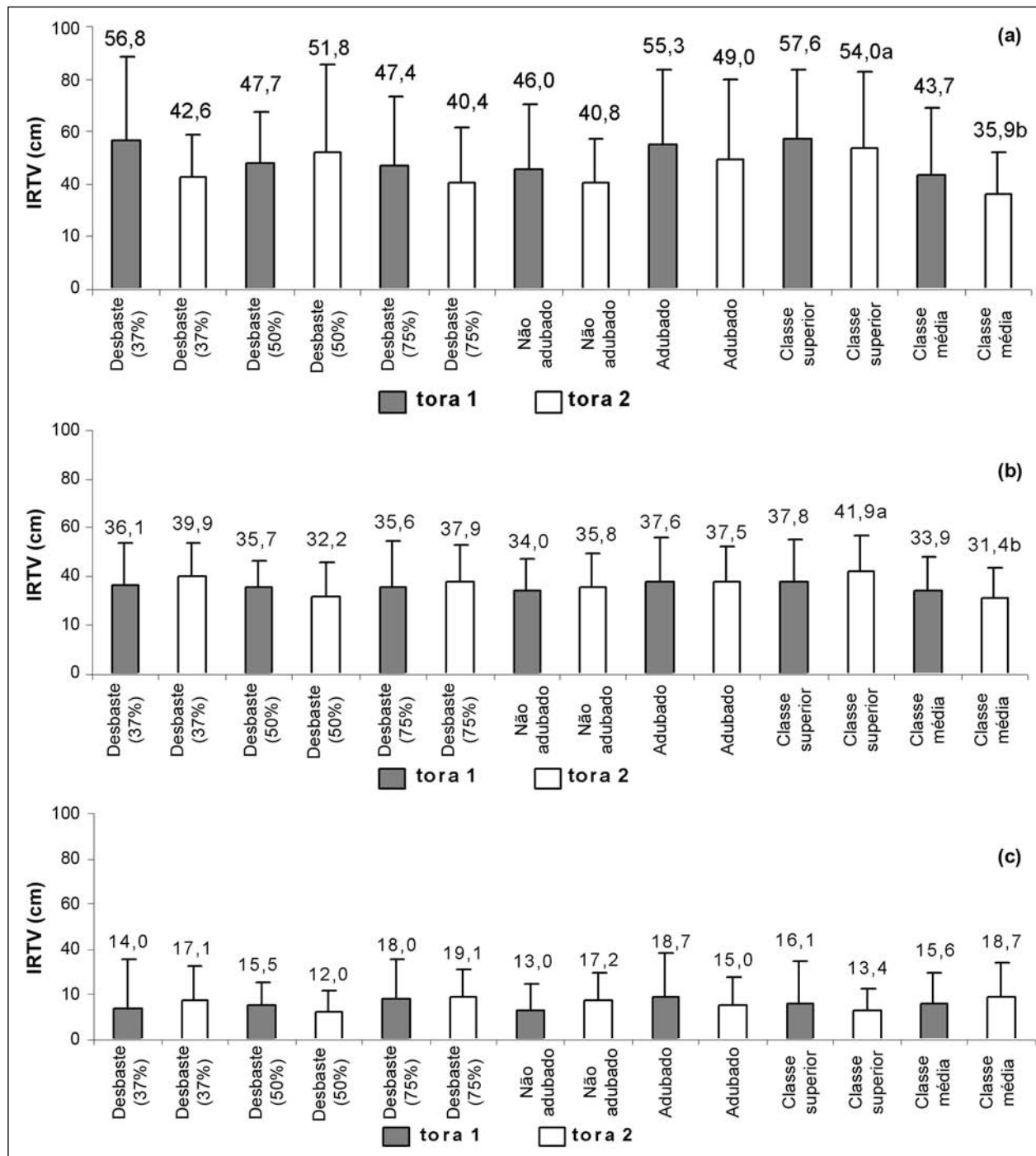
Nas Tabelas 2 e 3 encontram-se os resultados das análises estatísticas realizadas para a variável IRTV e na Figura 1 encontram-se os valores médios dos tratamentos e respectivos desvios padrão.

Não foram observadas diferenças significativas entre as três intensidades de desbaste, para cada tora e posição radial. Isso demonstra que as intensidades estudadas não foram suficientes para influir significativamente nos índices de rachaduras de extremidade de tábua verde e que, de acordo com a literatura, as rachaduras de extremidade de tábua são mais fortemente controladas por fatores genéticos. Esses resultados estão de acordo com Malan e Hoon (1992), que não verificaram efeitos de diferentes intensidades de desbastes na intensidade de rachaduras de extremidade de tábua em diferentes classes de DAP uma população de *E. grandis*. Lima et al. (2000) também observaram que diferentes intensidades de desbastes não influenciaram significativamente a intensidade de rachaduras de extremidade de tábua em *E. grandis*.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância efetuada para o índice de rachaduras de extremidade de tábua verde (IRTV) nas posições 0, 50 e 100% do raio da tora 1. (Summary of analysis of variance for green board end splitting index (IRTV) at 0, 50 and 100% of log 1 radius)

| Causa de Variação | GL | Posição radial (0%) |        | Posição radial (50%) |        | Posição radial (100%) |        |
|-------------------|----|---------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
|                   |    | F                   | Prob>F | F                    | Prob>F | F                     | Prob>F |
| Desbaste(D)       | 2  | 0,67 <sup>n.s</sup> | 0,5168 | 0,00 <sup>n.s</sup>  | 0,9958 | 0,20 <sup>n.s</sup>   | 0,8167 |
| Adubo (A)         | 1  | 1,52 <sup>n.s</sup> | 0,2250 | 0,50 <sup>n.s</sup>  | 0,4851 | 1,26 <sup>n.s</sup>   | 0,2691 |
| Classe (C)        | 1  | 3,37 <sup>n.s</sup> | 0,0745 | 0,61 <sup>n.s</sup>  | 0,4382 | 0,01 <sup>n.s</sup>   | 0,9196 |
| (D)x(A)           | 2  | 1,20 <sup>n.s</sup> | 0,3122 | 0,47 <sup>n.s</sup>  | 0,6261 | 0,26 <sup>n.s</sup>   | 0,7722 |
| (D)x(C)           | 2  | 0,53 <sup>n.s</sup> | 0,5918 | 0,14 <sup>n.s</sup>  | 0,8711 | 0,75 <sup>n.s</sup>   | 0,4811 |
| (A)x(C)           | 1  | 0,36 <sup>n.s</sup> | 0,5531 | 0,05 <sup>n.s</sup>  | 0,8246 | 0,22 <sup>n.s</sup>   | 0,6410 |
| (D)x(A)x(C)       | 2  | 0,35 <sup>n.s</sup> | 0,7056 | 0,29 <sup>n.s</sup>  | 0,7520 | 0,70 <sup>n.s</sup>   | 0,5053 |
| Resíduo           | 36 |                     |        |                      |        |                       |        |

Obs: n.s = não significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Figura 1.** Índice de rachaduras de extremidade de tábua verde (IRPV) na posição 0(a), 50(b) e 100% (c) do raio da tora de *E. grandis* de 21 anos de idade. (Green board end splitting index (IRTV) at 0 (a), 50 (b) and 100% (c) of 21-year old grown *E. grandis* log radius).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância efetuada para o índice de rachaduras de extremidade de tábua verde (IRTV) nas posições 0, 50 e 100% do raio da tora 2. (Summary of analysis of variance for green board end splitting index (IRTV) at 0, 50 and 100% of radius)

| Causa de Variação | GL | Posição radial (0%) |        | Posição radial (50%) |        | Posição radial (100%) |        |
|-------------------|----|---------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
|                   |    | F                   | Prob>F | F                    | Prob>F | F                     | Prob>F |
| Desbaste(D)       | 2  | 1,06 <sup>n.s</sup> | 0,3575 | 1,71 <sup>n.s</sup>  | 0,1950 | 1,34 <sup>n.s</sup>   | 0,2747 |
| Adubo (A)         | 1  | 1,46 <sup>n.s</sup> | 0,2355 | 0,24 <sup>n.s</sup>  | 0,6300 | 0,36 <sup>n.s</sup>   | 0,5519 |
| Classe (C)        | 1  | 7,04 <sup>*</sup>   | 0,0118 | 8,67 <sup>**</sup>   | 0,0056 | 2,13 <sup>n.s</sup>   | 0,1534 |
| (D)x(A)           | 2  | 1,20 <sup>n.s</sup> | 0,3119 | 2,96 <sup>n.s</sup>  | 0,0644 | 0,37 <sup>n.s</sup>   | 0,6913 |
| (D)x(C)           | 2  | 1,38 <sup>n.s</sup> | 0,2640 | 0,16 <sup>n.s</sup>  | 0,8528 | 0,74 <sup>n.s</sup>   | 0,4820 |
| (D)x(C)           | 1  | 0,09 <sup>n.s</sup> | 0,7712 | 0,00 <sup>n.s</sup>  | 0,9893 | 0,05 <sup>n.s</sup>   | 0,8230 |
| (D)x(A)x(C)       | 2  | 0,29 <sup>n.s</sup> | 0,7495 | 2,80 <sup>n.s</sup>  | 0,0743 | 2,39 <sup>n.s</sup>   | 0,1060 |
| Resíduo           | 36 |                     |        |                      |        |                       |        |

Obs: n.s = não significativo ao nível de 5% de probabilidade; \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade

Em um trabalho com *E. delegatensis* e *E. nitens*, Ferrand (1983) verificou que desbastes moderados não influenciaram na deformação de crescimento, que indicava, de forma indireta, o nível de tensão de crescimento que é a causa principal de rachaduras de extremidade tanto de tora quanto de tábua. Desbastes precoces e pesados influenciaram significativamente. Segundo esse autor, isso ocorreu porque a deformação de crescimento é fortemente relacionada com a competição entre árvores. Wilkins e Kitahara (1991) verificaram que desbastes efetuados em uma população de *E. grandis* de 12,5 anos de idade provocaram aumento da taxa de crescimento e diminuição do nível de deformação de crescimento.

Para o fator adubo foi observado que não houve diferenças significativas entre as parcelas adubadas e não adubadas, para cada tora e posição radial. Deve-se, então, considerar que a adubação efetuada aos 5 anos de idade, após o primeiro desbaste, não foi suficiente para interferir significativamente nas rachaduras de peça serrada verde que é um dos defeitos causados por altas tensões de crescimento.

No caso do fator classe de DAP, verificou-se que houve diferenças significativas entre as classes superior e média nas posições 0% e 50% da tora 2. A classe superior apresentou, na tora 2, maior intensidade de rachadura e, embora de maneira não significativa, a mesma tendência na tora 1. A diferença entre os níveis de significância da tora 1 e 2 deve-se ao fato de que a relação entre a largura da tábua e o diâmetro da tora foi maior na tora 2. Crêspo (2000) também encontrou, em populações de *E. grandis* e *E. saligna*, maiores valores de rachaduras de extremidade de tábua na classe superior e, a partir daí, concluiu que isso pode ser explicado pelo fato de esta classe produzir tábuas de larguras maiores do que aquelas que se pode produzir em classes inferiores.

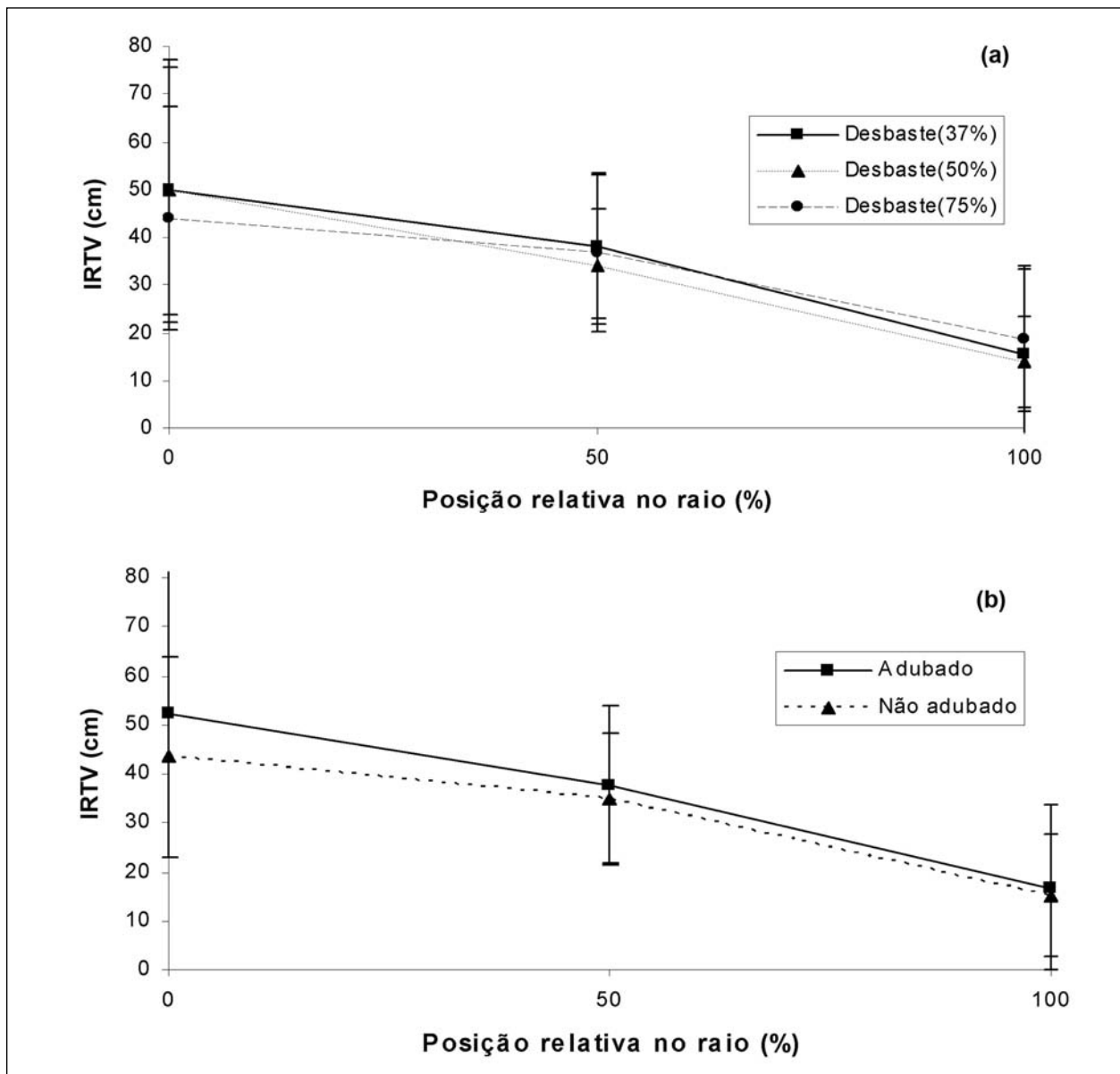
Na Figura 2 está apresentada a variação radial da rachadura de extremidade de tábua verde, podendo-se observar que há uma tendência das rachaduras diminuírem no sentido da medula para a casca. Del Menezzi (1999) observou a mesma tendência para *E. grandis* e *E. cloeziana*.

A diminuição da intensidade de rachadura no sentido medula-casca pode ser explicada pelo fato de ocorrer nas tábuas da região próxima à medula um efeito combinado de dois fatores importantes. O primeiro deles é que a madeira central, por ser predominantemente composta de madeira juvenil, apresenta menor resistência à tração normal às fibras e o segundo é que as componentes transversais originárias da tensão de crescimento longitudinal, quando esta é liberada no desdobro, são as máximas possíveis e coincidem com a direção paralela às faces, provocando, portanto, tração normal máxima (GARCIA, 1995). Dessa forma fica fácil entender a afirmação de Kubler (1987) de que a madeira da região próxima da medula apresenta menor resistência aos efeitos das tensões de crescimento manifestadas na forma de rachadura.

O momento liberado vai perdendo intensidade na direção paralela às faces e adquirindo maior importância na direção perpendicular às faces à medida que se caminha para a periferia da tora. Dessa forma, a energia de deformação que provoca rachadura vai se transformando, gradativamente, em energia de deformação que provoca encurvamento.

Comparando-se a curva relativa ao desbaste de 75% em comparação com os outros dois, depreende-se que árvores que crescem mais livre de competição tendem a produzir madeira mais homogênea no sentido medula-casca.

A variabilidade é importante no estudo da qualidade da madeira, pois deve ser considerada na seleção do tipo de manejo que resulta em madeira mais homogênea para utilizações industriais.



**Figura 2.** Índice de rachaduras de extremidade de tábua verde (IRTV) em função da intensidade de desbaste (a) e adubação (b) de *E. grandis* de 21 anos de idade. (Green board end splitting index (IRTV) due to thinning intensity (a) and fertilization (b) in 21-year old grown *E. grandis*)

Observa-se, ainda, na Figura 2, que as tábuas das parcelas adubadas racharam mais do que as tábuas das parcelas não adubadas em todas as posições radiais.

As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados das análises de variância para a flecha de encurvamento e a Figura 3 mostra as médias dos tratamentos e respectivos desvios padrão, obtidos apenas no estado verde das tábuas.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância efetuada para a flecha de encurvamento (FE) nas posições (0, 50 e 100%) do raio da tora 1. (Summary of analysis of variance for bowing deflection (FE) at 0, 50 and 100% of log 1 radius)

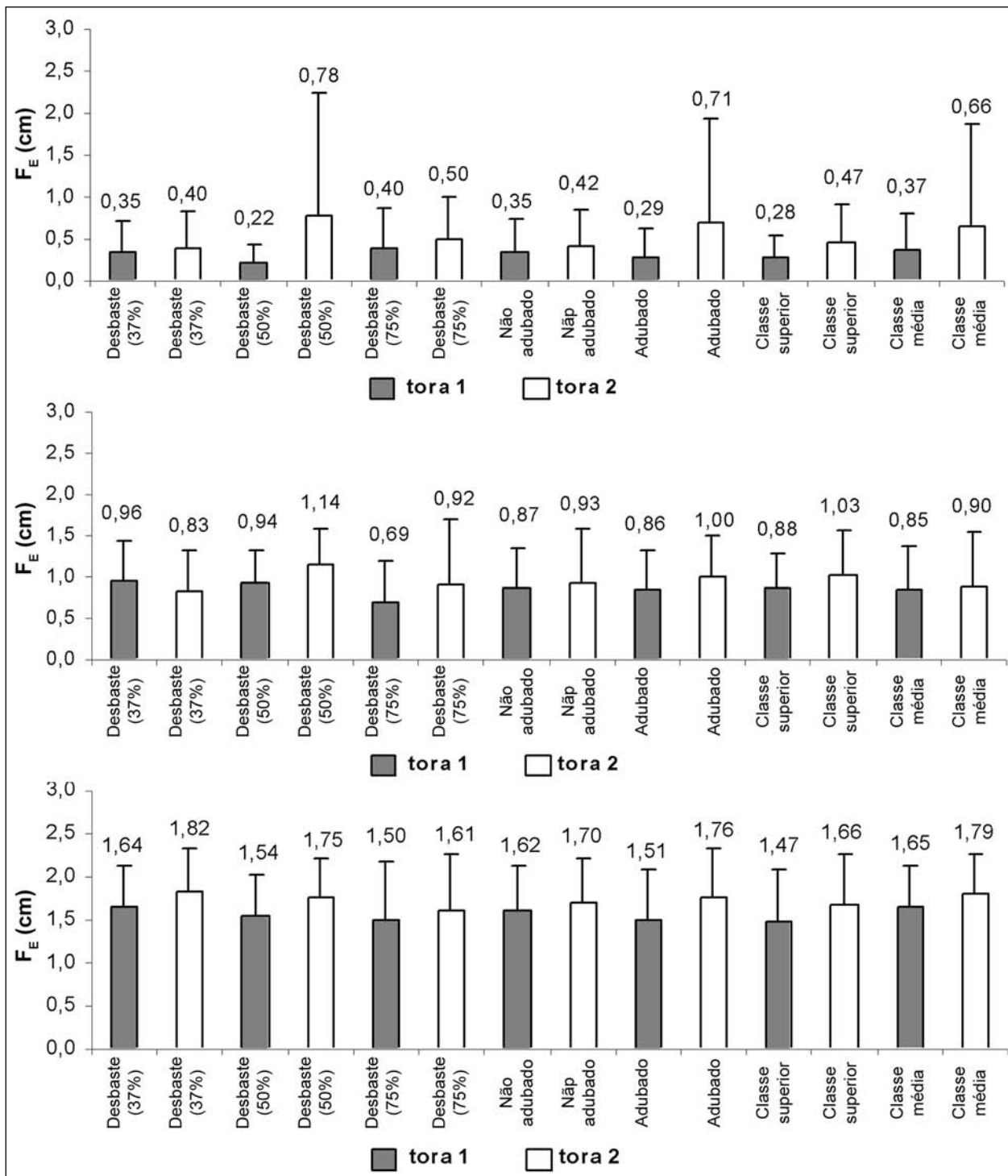
| Causa de Variação | GL | Posição radial (0%) |        | Posição radial (50%) |        | Posição radial (100%) |        |
|-------------------|----|---------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
|                   |    | F                   | Prob>F | F                    | Prob>F | F                     | Prob>F |
| Desbaste(D)       | 2  | 0,91 <sup>n.s</sup> | 0,4112 | 1,58 <sup>n.s</sup>  | 0,2193 | 0,27 <sup>n.s</sup>   | 0,7653 |
| Adubo (A)         | 1  | 0,33 <sup>n.s</sup> | 0,5719 | 0,02 <sup>n.s</sup>  | 0,8895 | 0,46 <sup>n.s</sup>   | 0,5023 |
| Classe (C)        | 1  | 0,56 <sup>n.s</sup> | 0,4575 | 0,05 <sup>n.s</sup>  | 0,8278 | 1,33 <sup>n.s</sup>   | 0,2940 |
| (D)x(A)           | 2  | 0,01 <sup>n.s</sup> | 0,9936 | 0,10 <sup>n.s</sup>  | 0,9053 | 0,88 <sup>n.s</sup>   | 0,4247 |
| (D)x(C)           | 2  | 0,17 <sup>n.s</sup> | 0,8470 | 1,88 <sup>n.s</sup>  | 0,1678 | 1,15 <sup>n.s</sup>   | 0,3273 |
| (A)x(C)           | 1  | 0,92 <sup>n.s</sup> | 0,3432 | 0,29 <sup>n.s</sup>  | 0,5914 | 0,02 <sup>n.s</sup>   | 0,8993 |
| (D)x(A)x(C)       | 2  | 0,09 <sup>n.s</sup> | 0,9140 | 1,05 <sup>n.s</sup>  | 0,3593 | 0,88 <sup>n.s</sup>   | 0,4242 |
| Resíduo           | 36 |                     |        |                      |        |                       |        |

Obs: n.s = não significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância efetuada para a flecha de encurvamento (FE) nas posições (0, 50 e 100%) do raio da tora 2. (Summary of analysis of variance for bowing deflection (FE) at 0, 50 and 100% of log 2 radius)

| Causa de Variação | GL | Posição radial (0%) |        | Posição radial (50%) |        | Posição radial (100%) |        |
|-------------------|----|---------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
|                   |    | F                   | Prob>F | F                    | Prob>F | F                     | Prob>F |
| Desbaste(D)       | 2  | 0,64 n.s            | 0,5327 | 1,05 n.s             | 0,3592 | 0,60 n.s              | 0,5536 |
| Adubo (A)         | 1  | 1,37 n.s            | 0,3080 | 0,14 n.s             | 0,7101 | 0,13 n.s              | 0,7198 |
| Classe (C)        | 1  | 0,47 n.s            | 0,4990 | 0,56 n.s             | 0,4599 | 0,64 n.s              | 0,4292 |
| (D)x(A)           | 2  | 0,36 n.s            | 0,7009 | 0,78 n.s             | 0,4661 | 0,31 n.s              | 0,7385 |
| (D)x(C)           | 2  | 0,09 n.s            | 0,9154 | 0,25 n.s             | 0,7811 | 1,01 n.s              | 0,3730 |
| (A)x(C)           | 1  | 1,16 n.s            | 0,2892 | 0,22 n.s             | 0,6428 | 0,79 n.s              | 0,3787 |
| (D)x(A)x(C)       | 2  | 0,55 n.s            | 0,5804 | 0,49 n.s             | 0,6176 | 0,20 n.s              | 0,8156 |
| Resíduo           | 36 |                     |        |                      |        |                       |        |

Obs: n.s = não significativo ao nível de 5% de probabilidade



**Figura 3.** Flecha de encurvamento (FE) na posição 0(a), 50(b) e 100% (c) do raio da tora de *E.grandis* de 21 anos de idade. (Bowing deflection (FE) at 0 (a), 50 (b) and 100% (c) of log radius of 21-year old grown *E. grandis* log radius)



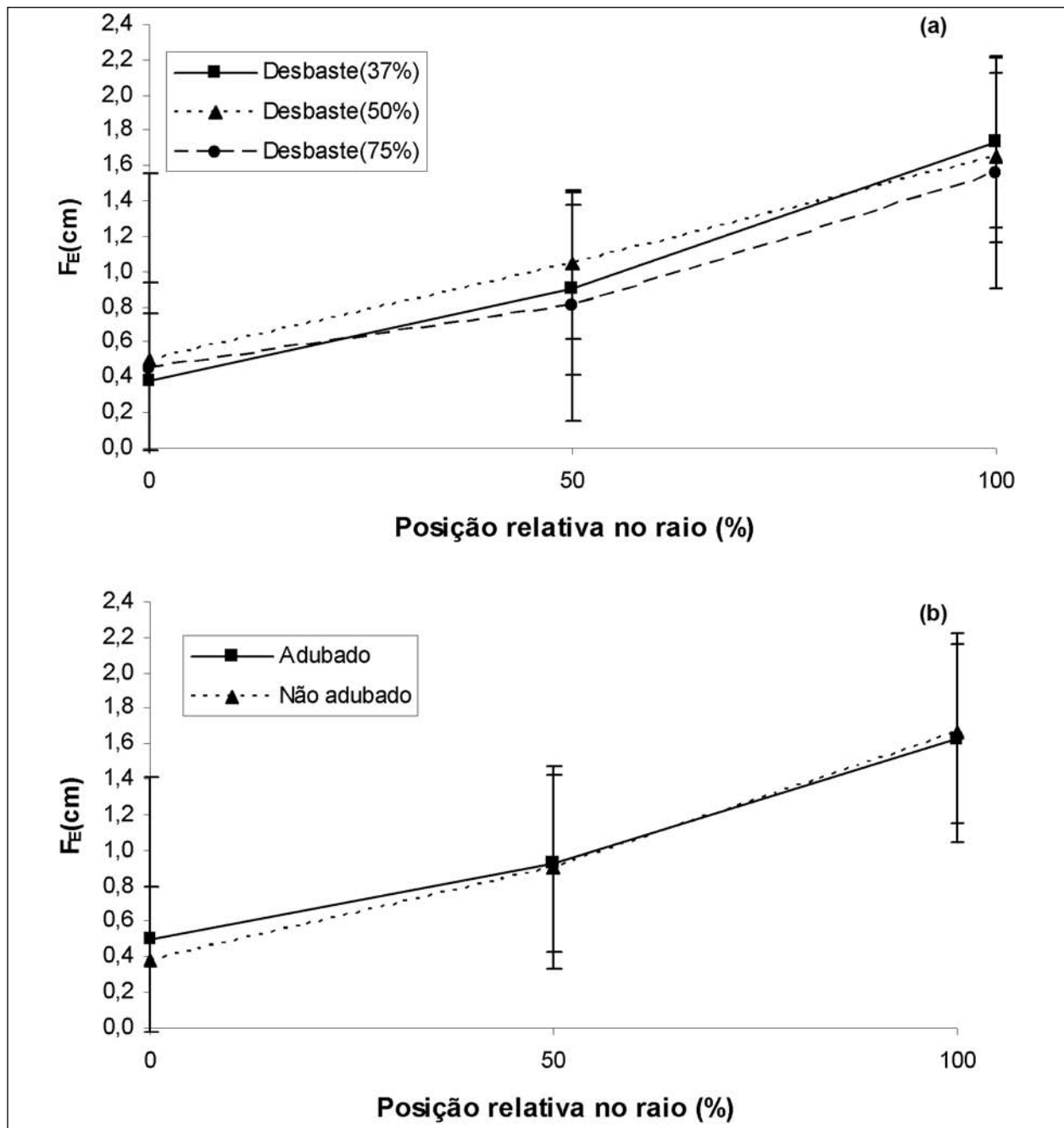
Não ocorreram diferenças significativas entre as três intensidades de desbaste, fato esse muito importante do ponto de vista da flexibilidade do manejo florestal. Por outro lado, Lima et al. (2000) verificaram diferenças significativas entre as diferentes intensidades de desbaste para o encurvamento de peça de *E. grandis*, de 18 anos de idade, sendo que nesse caso houve diferenças entre as intensidades 0% e 83% de desbaste.

No fator adubo foi observado que não ocorreram diferenças significativas entre as parcelas adubadas e não adubadas. Também não houve diferenças significativas entre as duas classes de DAP.

A Figura 4 mostra as variações radiais da flecha de encurvamento, observando-se que a flecha de encurvamento aumenta no sentido da medula

para a casca. A explicação para essa tendência foi apresentada na discussão da rachadura de extremidade de tábua verde. As tábuas oriundas da região próxima à casca estão mais propensas ao encurvamento conseqüente das tensões de crescimento (KUBLER, 1987; GARCIA, 1995), porém, quando não ocorrer armazenamento de tensões residuais por influência da largura da tábua (GARCIA, 2005). Resultados semelhantes foram obtidos por Del Menezzi (1999) e Barchet (2001), porém esses autores utilizaram-se de outra metodologia para cálculo do encurvamento.

Nas Tabelas 6 e 7 observam-se os resultados das análises de variância para a flecha de arqueamento e na Figura 5, as médias dos tratamentos e seus respectivos desvios padrão para o caso de tábuas no estado verde.

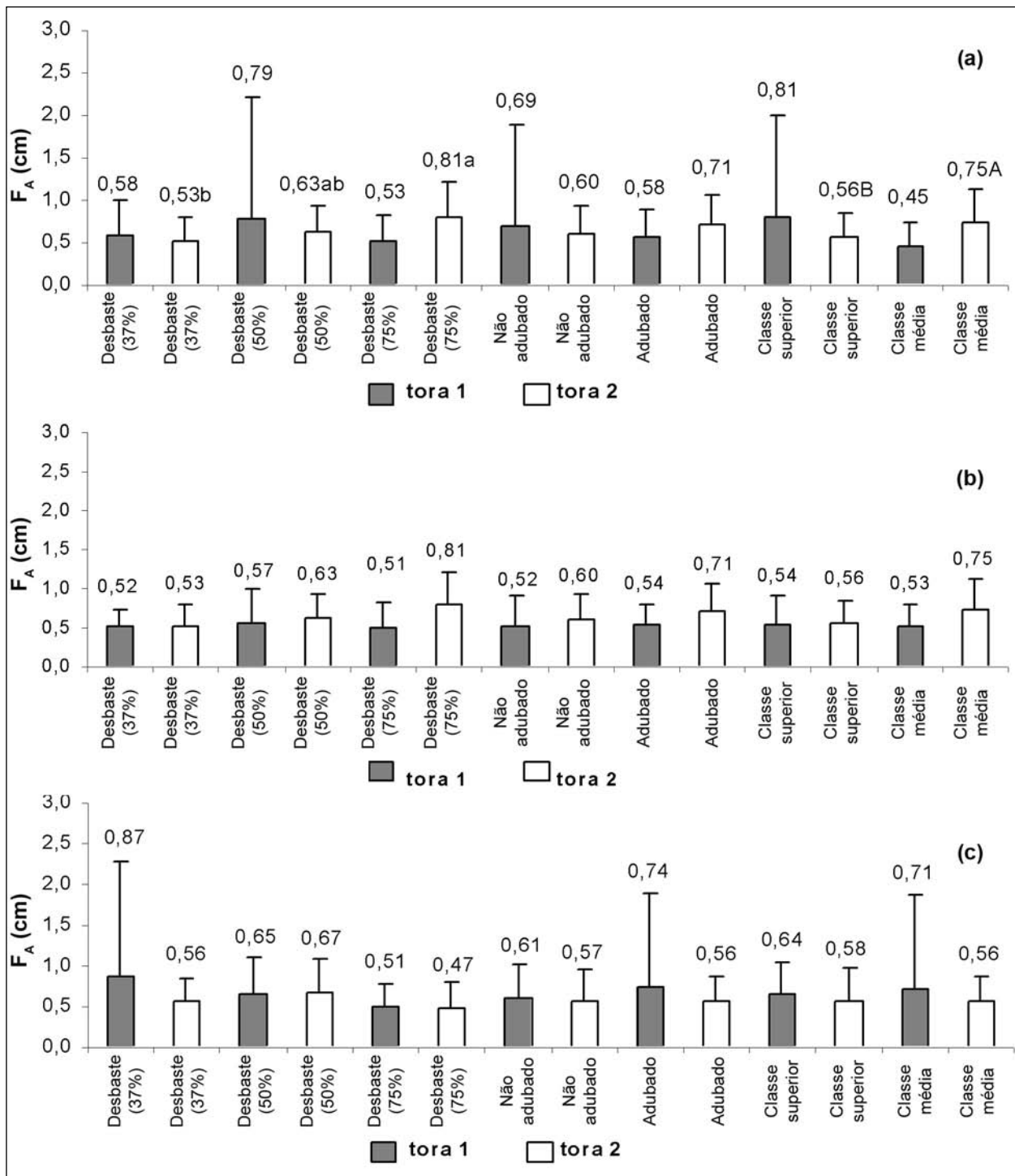


**Figura 4.** Flecha de encurvamento (FE) em função da intensidade de desbaste (a) e adubação (b) de *E. grandis* aos 21 anos de idade. (Deflection of bowing (FE) due to thinning intensity (a) and fertilization (b) of *E. grandis* at 21 years old).

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância efetuada para a flecha de arqueamento (FA) nas posições radiais 0, 50 e 100% do raio da tora 1. (Summary of analysis of variance for spring deflection (FE) at 0, 50 and 100% of log 1 radius)

| Causa de Variação | GL | Posição radial (0%) |        | Posição radial (50%) |        | Posição radial (100%) |        |
|-------------------|----|---------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
|                   |    | F                   | Prob>F | F                    | Prob>F | F                     | Prob>F |
| Desbaste(D)       | 2  | 0,39 <sup>n.s</sup> | 0,6782 | 0,13 <sup>n.s</sup>  | 0,8792 | 0,72 <sup>n.s</sup>   | 0,4938 |
| Adubo (A)         | 1  | 0,20 <sup>n.s</sup> | 0,6546 | 0,03 <sup>n.s</sup>  | 0,8750 | 0,30 <sup>n.s</sup>   | 0,5880 |
| Classe (C)        | 1  | 2,05 <sup>n.s</sup> | 0,1605 | 0,00 <sup>n.s</sup>  | 0,9710 | 0,06 <sup>n.s</sup>   | 0,8003 |
| (D)x(A)           | 2  | 1,32 <sup>n.s</sup> | 0,2802 | 0,27 <sup>n.s</sup>  | 0,7634 | 1,37 <sup>n.s</sup>   | 0,2661 |
| (D)x(C)           | 2  | 1,17 <sup>n.s</sup> | 0,3231 | 0,03 <sup>n.s</sup>  | 0,9658 | 1,05 <sup>n.s</sup>   | 0,3598 |
| (A)x(C)           | 1  | 0,75 <sup>n.s</sup> | 0,3913 | 0,62 <sup>n.s</sup>  | 0,4380 | 1,79 <sup>n.s</sup>   | 0,1893 |
| (D)x(A)x(C)       | 2  | 0,78 <sup>n.s</sup> | 0,4661 | 1,11 <sup>n.s</sup>  | 0,3397 | 1,38 <sup>n.s</sup>   | 0,2646 |
| Resíduo           | 36 |                     |        |                      |        |                       |        |

Obs: n.s = não significativo ao nível de 5% de probabilidade



**Figura 5.** Flecha de arqueamento (FA) na posição 0(a), 50(b) e 100% (c) do raio da tora de *E.grandis* de 21 anos de idade. (Spring deflection (FA) at 0(a), 50 (b) and 100% (c) of 21-year old grown *E. grandis* log radius).

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância efetuada para a flecha de arqueamento (FA) nas posições radiais 0, 50 e 100% do raio da tora 2. (Summary of analysis of variance for spring deflection (FE) at 0, 50 and 100% of log 2 radius)

| Causa de Variação | GL | Posição radial (0%) |        | Posição radial (50%) |        | Posição radial (100%) |        |
|-------------------|----|---------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
|                   |    | F                   | Prob>F | F                    | Prob>F | F                     | Prob>F |
| Desbaste(D)       | 2  | 3,41*               | 0,0441 | 0,54 n.s             | 0,5849 | 1,24 n.s              | 0,3004 |
| Adubo (A)         | 1  | 1,53 n.s            | 0,2238 | 0,00 n.s             | 1,0000 | 0,01 n.s              | 0,9241 |
| Classe (C)        | 1  | 4,28 n.s            | 0,0420 | 2,29 n.s             | 0,1390 | 0,02 n.s              | 0,8863 |
| (D)x(A)           | 2  | 1,66 n.s            | 0,2045 | 2,98 n.s             | 0,0633 | 0,78 n.s              | 0,4650 |
| (D)x(C)           | 2  | 1,85 n.s            | 0,1715 | 0,85 n.s             | 0,4352 | 0,59 n.s              | 0,5585 |
| (A)x(C)           | 1  | 0,24 n.s            | 0,6274 | 0,56 n.s             | 0,4572 | 0,11 n.s              | 0,7388 |
| (D)x(A)x(C)       | 2  | 0,84 n.s            | 0,4381 | 2,26 n.s             | 0,1189 | 1,51 n.s              | 0,2339 |
| Resíduo           | 36 |                     |        |                      |        |                       |        |

Obs: n.s = não significativo ao nível de 5% de probabilidade; \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

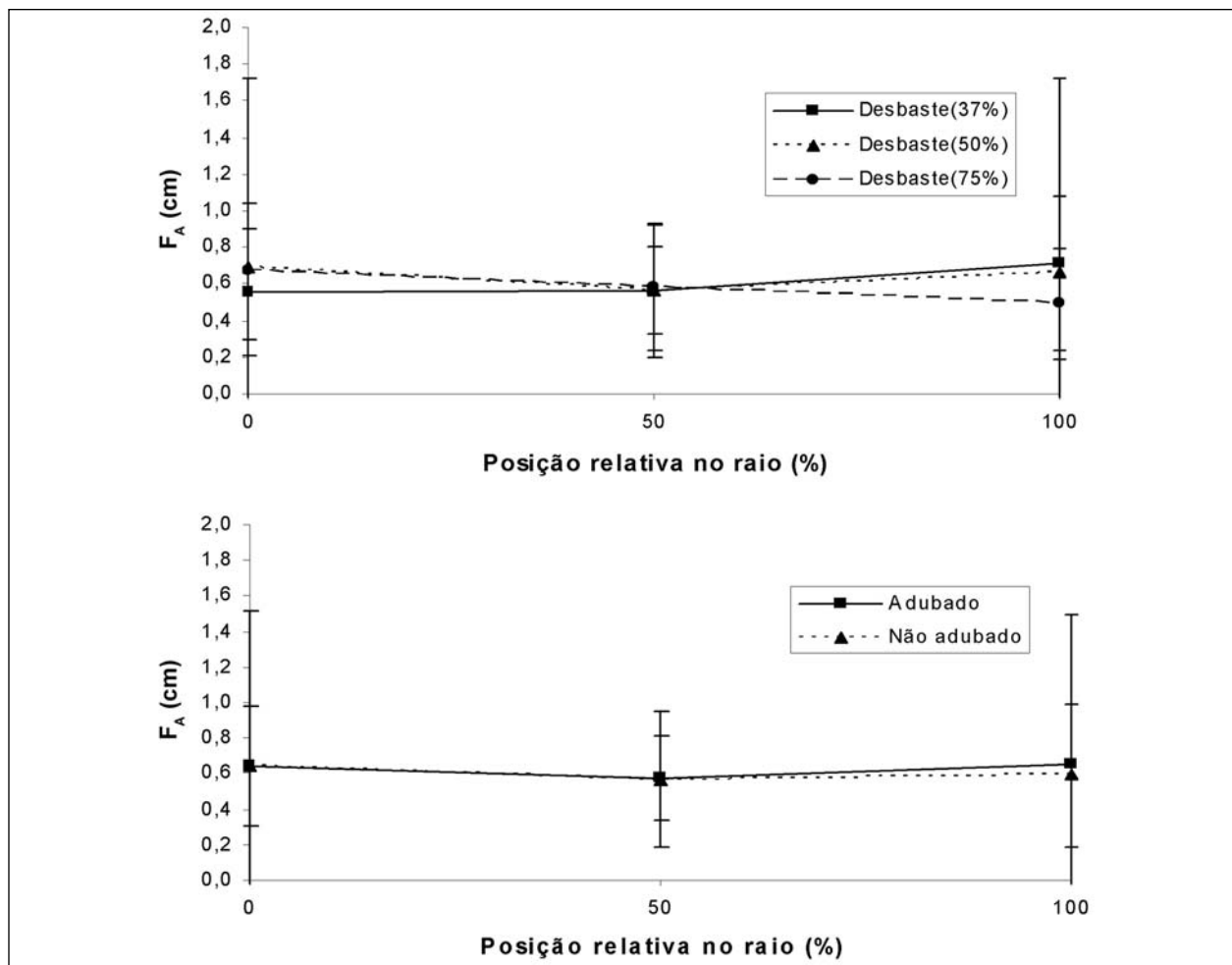
Para a flecha de arqueamento de tábua verde foi observado que somente ocorreu diferença significativa entre as intensidades de desbastes de 75% e de 37%, na posição radial 0% da tora 2. Esse fato pode ser explicado, muito provavelmente, pelo deslocamento de medula (também chamado de excentricidade natural da tora) que provocou um encurvamento localizado do semi-bloco durante o desdobro, mesmo que efetuado numa serra de cortes simétricos em relação à medula da tora, como foi o caso da serra de fita dupla utilizada no presente estudo. O encurvamento do semi-bloco transforma-se, naturalmente, em arqueamento das tábuas obtidas desse mesmo semi-bloco durante o corte na serra múltipla subsequente. Pode-se considerar,

entretanto, que as intensidades de desbaste estudadas não foram suficientes para provocar valores diferenciados de arqueamento de tábua verde.

No fator adubo foi observado que não houve diferença significativa entre as parcelas adubadas e não adubadas.

Para o fator classe de DAP foi verificado que somente ocorreu diferença significativa na posição 0% da tora 2, com maior flecha de arqueamento na classe média.

Na Figura 6 tem-se a representação da variação radial da flecha de arqueamento onde se verifica que essa variável não apresentou tendência ascendente ou descendente no sentido da medula para a casca.



**Figura 6.** Flecha de arqueamento (FA) em função da intensidade de desbaste (a) e adubação (b) de *E. grandis* de 21 anos de idade. (Spring deflection (FA) due to thinning intensity (a) and fertilization (b) in 21-year old grown *E. grandis*)

A não influência de qualquer dos fatores estudados era esperada porque esse defeito não deve aparecer quando a estratégia de desdobro adotada produz liberação de tensões residuais de forma equilibrada. Nessa situação somente ocorrerá arqueamento nas tábuas se houver alguma excentricidade natural na tora, dada pelo deslocamento de medula, ou alguma excentricidade operacional na serra, dada por um corte assimétrico causado por um erro de posicionamento da tora na alimentação da serra.

## CONCLUSÕES

- Não foram observadas diferenças significativas entre as três intensidades de desbaste, dentro de cada tora e posição radial, para a rachadura de extremidade de tábua verde;
- A rachadura longitudinal mais extensa de extremidade de tábua verde diminui no sentido da medula para a casca;
- A flecha de encurvamento de tábua não sofreu nenhuma influência significativa dos fatores desbaste, adubação e classe de diâmetro e aumento da medula para a casca;
- A flecha de arqueamento de tábua não sofreu nenhuma influência significativa dos fatores desbaste, adubação e classe de diâmetro e não apresenta tendência definida de crescimento ou diminuição ao longo do raio, quando a tábua é obtida de um bloco previamente desdobrado de forma balanceada.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem às empresas RIPASA S/A Celulose e Papel Ltda e CAF Florestal pelo fornecimento do material de estudo e o inestimável apoio logístico que propiciou o pleno desenvolvimento do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCHET, V.G. **Potencialidade de espécie de *Eucalyptus* para produção de madeira serrada.** 2001. 166p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

BOYD, J.D. Tree growth stresses: 1- growth stresses evaluation. **Australian Journal Science Research**, Melbourne, v.3, p.270-293, 1950.

CRÊSPO, E.A. **Tensão de crescimento e suas consequências, controláveis e não controláveis, no desdobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*.** Muell. 2000. 119p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DEL MENEZZI, C.H. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *E. cloeziana* F. Muell.** 1999. 77p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

DINWOODIE, J.M. Growth stresses in timber: a review of literature. **Forestry**, Oxford, v.39, n.2, p.162-170, 1966.

FERRAND, J.C. Growth stresses and silviculture of Eucalypts. **Australian Forest Research**, Melbourne, v.13, p.175-81, 1983.

FERREIRA, M. Escolha de espécies de eucalipto. **Circular Técnica. IPEF**, Piracicaba, v.47, p.1-19, 1979.

GARCIA, J.N. **Defeitos conseqüentes da tensão de crescimento e propriedades da madeira de *Eucalyptus* como indicadores puros para o manejo e melhoramento de florestas para serraria.** 2005. 213p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GARCIA, J.N. **Estado de tensão em árvores e de deformação em peças de madeira serrada.** 1992. 243p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

GARCIA, J.N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais.** Piracicaba: IPEF, 1995. p.59-67.

KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forestry Abstracts**, Oxford, v.48, p.131-189, 1987.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos.** Berlim: GTZ, 1990. 343p.

LIMA, I.L.; GARCIA, J.N.; NOGUEIRA, M.C.S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *E. grandis* Hill ex-Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.58, p.111-125, 2000.

MALAN, F.S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.163, p. 13-20, 1992.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 2v. 426p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SHIELD, E.D. Plantation grown eucalypts: utilization for lumber and rotary veneers - primary conversion. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1995. p.133-139.

STAPE, J.L.; MARTINI, E.L. Desbaste de *Eucalyptus*: opção de manejo para áreas com limitações ambientais ao corte raso. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL ABRACAVE, 5., 1991, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: ABRACAVE, 1991. p.30-50.

WILHELMY, V.; KUBLER, H. Stresses and checks in log ends from relieved growth stresses. **Wood Science**, Madison, v.6, n.2, p.136-42, 1973.

WILKINS, A.P.; KITAHARA, R. Silvicultural treatments and associated growth rates, growth strains and wood properties in 12.5-year-old *Eucalyptus grandis*. **Australian Forestry**, Canberra, v.54, n.1/2, p.99-104, 1991.