

Fred Willians Calonego, Elias Taylor Durgante Severo  
Influência da posição diametral das tábuas e da vaporização nos defeitos de secagem de *Eucalyptus grandis*  
CERNE, vol. 13, núm. 1, janeiro-março, 2007, pp. 10-18,  
Universidade Federal de Lavras  
Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74413102>



*CERNE*,  
ISSN (Versão impressa): 0104-7760  
cerne@ufla.br  
Universidade Federal de Lavras  
Brasil

Como citar este artigo

Fascículo completo

Mais informações do artigo

Site da revista

[www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)

Projeto acadêmico não lucrativo, desenvolvido pela iniciativa Acesso Aberto

## INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DIAMETRAL DAS TÁBUAS E DA VAPORIZAÇÃO NOS DEFEITOS DE SECAGEM DE *Eucalyptus grandis*

Fred Willians Calonego<sup>1</sup>, Elias Taylor Durgante Severo<sup>2</sup>

(recebido: 5 de maio de 2006; aceito: 27 de outubro de 2006)

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo avaliar os defeitos de secagem de *Eucalyptus grandis* em função da posição diametral das tábuas e da vaporização de toras. Para tanto, toras com diâmetros de 20 a < 25cm, de 25 a < 30cm e de 30 a < 35cm foram vaporizadas a 90°C durante 20 horas. Todas as toras (controles e vaporizadas) foram desdobradas pelo sistema de corte tangencial. As tábuas foram secas em estufa piloto de secagem convencional e após o processo, medições dos defeitos de secagem foram realizadas. Os resultados evidenciaram que: (1) as tábuas provenientes de toras controle apresentam diferentes magnitudes dos defeitos em função da posição diametral. As rachaduras e os arqueamentos aumentaram em direção à medula, os encurvamentos em direção à casca e os encanoamentos foram maiores nas tábuas intermediárias; (2) as tábuas provenientes de toras vaporizadas apresentaram uma redução dos defeitos em função do diâmetro e uma distribuição mais homogênea na direção medula à casca.

Palavras-chave: *Eucalyptus grandis*, defeitos de secagem, vaporização, posição diametral.

### INFLUENCE OF BOARDS DIAMETRICAL POSITION AND STEAMING ON THE DRYING DEFECTS OF *Eucalyptus grandis*

**ABSTRACT:** This study evaluated the *Eucalyptus grandis* drying defects acting on boards diametrical position and on log steaming. Half of the logs, with diameter from 20 to <25, 25 to <30 and 30 to <35cm, were steamed during 20 hours at 90°C of temperature. Subsequently, the logs (control and steamed) were sawn. The boards were dried in the dry-kiln pilot and the resulting defects from the drying process were measured. The results indicate that: (1) the boards coming from control logs presented different magnitude defects in function of the diametrical position. The split and spring to increase in direction to pith, the bow to increase in direction to bark and cupping were bigger in intermediary boards; (2) the boards coming from steamed logs presented a reduction from drying defects in function of logs diameter and its more homogeneous index in the pith-bark direction.

Key words: *Eucalyptus grandis*, drying defects, logs steaming, diametrical position.

### 1 INTRODUÇÃO

A secagem é a etapa do processamento da madeira sólida responsável por melhor agregar valor ao produto.

Com as elevadas distâncias entre as regiões de produção de madeira nativa da Amazônia e os pólos consumidores das regiões sul e sudeste do Brasil, aliado com as restrições sócio-ambientais quanto ao uso de espécies nativas, a utilização do eucalipto vem se acentuando.

As madeiras de eucalipto são consideradas de secagem lenta e difícil devido à baixa permeabilidade, a qual é responsável pelo acentuado gradiente de umidade e conseqüente formação de tensões de secagem. Assim, durante a secagem, as camadas superficiais da peça ficam sob esforço de tração e o centro sob compressão, ocasionando rachaduras superficiais e de topo e empenamentos (JANKOWSKY et al., 2000; SEVERO, 2004; VERMAAS, 1995).

Severo (1998), Simpson (1991) e Touza & Saavedra (2002) entre outros autores, afirmam que o colapso é um defeito ocasionado durante a retirada de água capilar e está diretamente associado com as altas temperaturas no início da secagem.

Assim, Hartley & Gouch (1990), Severo (1998), Simpson (1991) e Vermaas (1995) afirmam que a secagem da madeira de eucalipto, em estufa convencional, deve sempre iniciar com temperaturas inferiores a 45°C até a remoção de toda a água capilar e Andrade (2000) e Calonego & Severo (2004) recomendam temperatura inicial de 40°C.

Abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), até a madeira atingir o teor de umidade final de 10-12%, a secagem da madeira de Eucalipto não é mais problemática e a temperatura pode ser aumentada consideravelmente (TOUZA & SAAVEDRA, 2002).

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Departamento de Recursos Naturais e Ciências Florestais da UNESP – Fazenda Experimental Lageado – 18603-970 – Botucatu, SP – fwcalonego@fca.unesp.br

<sup>2</sup>Professor do Departamento de Recursos Naturais e Ciências Florestais da UNESP – Fazenda Experimental Lageado – 18603-970 – Botucatu, SP – severo@fca.unesp.br

Entretanto, o emprego de programas de secagem caracterizados como suaves aumentam o tempo de secagem e oneram o processo produtivo.

Assim, a vaporização da madeira é uma técnica que pode solucionar o problema pois é aplicada para uma grande variedade de propósitos, dentre os quais destacam-se: redução dos níveis de tensões de crescimento, aumento da permeabilidade, melhora na estabilidade dimensional, alterações de cor, redução do teor de umidade inicial, redução no gradiente de umidade e aumento da taxa de secagem (CALONEGO & SEVERO, 2004; MACKAY, 1971; SEVERO, 1998, 2004; SEVERO & TOMASELLI, 2000; WEIK et al., 1984).

Segundo Kininmonth (1971) e Nicholas & Thomas (1968), a vaporização da madeira promove a hidrolização parcial da membrana da pontoação, desaspiração da pontoação e conseqüentemente aumento da permeabilidade.

No tocante à qualidade da madeira seca, Calonego & Severo (2004), ao vaporizarem toras de *Eucalyptus grandis* de 30 a <35, de 25 a <30 e de 20 a <25 cm, verificaram, respectivamente, reduções significativas na ordem de 18,4, 27,7 e 43,4% para o comprimento das rachaduras, reduções inferiores a 10% nos índices de encurvamento e de arqueamento e reduções de 23,7; 23,1 e 59,7% para a flecha do encanoamento, porém, sem observar esses comportamentos no sentido medula à casca.

Estudos conduzidos por Touza (2001) evidenciaram que o sistema de corte tangencial em *Eucalyptus globulus* ocasiona deformações na madeira serrada, de modo que o primeiro corte produz tábuas com encurvamento acentuado e à medida que se realiza cortes sucessivos, as tábuas próximas à medula apresentam como defeitos mais evidentes o arqueamento e as rachaduras. Estes comportamentos podem ser verificados na Figura 1B.

Segundo Santos (2002), as duas projeções ortogonais “R” x “E”, ver Figura 1A, da força resultante (RT) responsável pela deformação da madeira serrada, provocam, respectivamente, as rachaduras e o encurvamento das peças. Como na tábua diametral a projeção ortogonal “R” é a que mais influencia na deformação da peça, predomina-se as rachaduras. Na tábua periférica a projeção ortogonal que mais influencia na deformação é a “E”, então, predomina-se o encurvamento.

Em estudos semelhantes, Del-Menezzi et al. (2001), Garcia (1995), Rocha & Tomaselli (2002) e Scanavaca Junior & Garcia (2003) concluíram que o comprimento das rachaduras de topo presentes na madeira serrada é influenciado pela posição diametral em que foi retirado o material, sendo que as peças centrais (contendo a medula) apresentaram maior índice de rachaduras quando comparado com as peças retiradas próximo da casca.

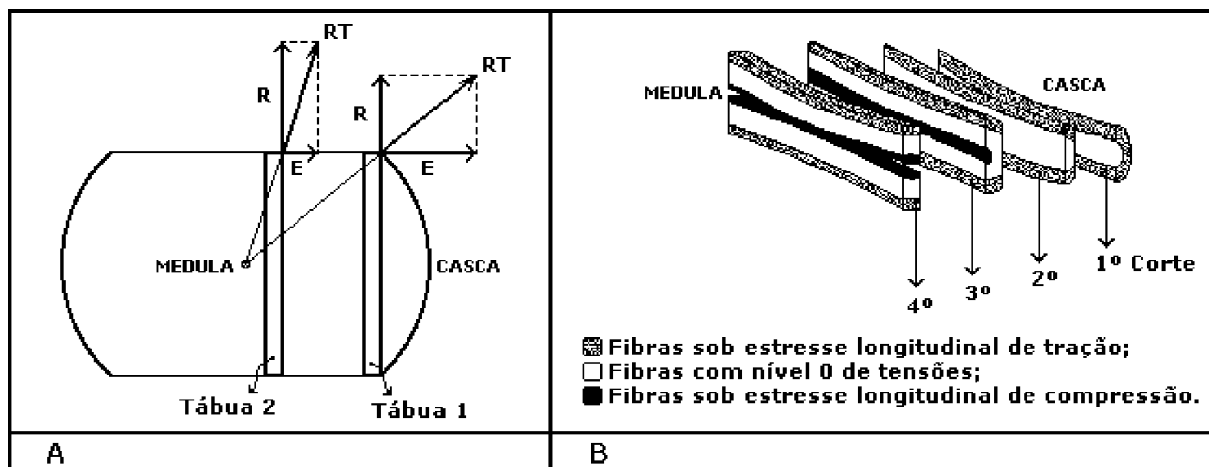


Figura 1 – Esquema das forças responsáveis pela deformação de tábuas (A) e comportamento de defeitos (rachaduras e empenamentos) em tábuas retiradas no sentido medula à casca (B), adaptados de Santos (2002) e Touza (2001).

Figure 1 – Schematic of forces which caused deformation of boards (A) and of dry-defects behavior (split and warping) in boards remained in the pith bark directions (B), adapted from Santos (2002) and Touza (2001).

Garcia (1995) e Santos (2002) citam que, toras de eucalipto que foram desdobradas em cortes tangenciais, apresentam arqueamento maior nas peças retiradas do centro do fuste e menor nas da periferia, e comportamento inverso ocorre para o encurvamento. A peça que contém a medula não apresenta ou apresenta baixo índice de encanoamento e as peças retiradas próximo ao centro apresentam encanoamento máximo, devido à grande anisotropia de contração, e o defeito decresce até as peças da periferia.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da vaporização de toras no comportamento dos defeitos de secagem nas tábuas retiradas na direção medula à casca do fuste de *Eucalyptus grandis*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta e preparo do material

O material foi coletado da Floresta Estadual de Santa Bárbara, São Paulo. A área em estudo, com 2,2 hectares, possuía espaçamento inicial de 2,0 x 3,0 m e antes da coleta do material passou por apenas 3 (três) desbastes seletivos apresentando 208 árvores/ha.

Para o presente estudo foram selecionados, aleatoriamente, 42 (quarenta e dois) toretes com 2,90 m de comprimento, retirados ao longo do fuste de 12 (doze) árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden com 30 anos de idade. Os toretes foram agrupados nas classes de diâmetros entre 20 a <25 cm, 25 a <30 cm e 30 a <35 cm de maneira que cada classe diamétrica continha 14 toretes.

Imediatamente após a derrubada das árvores, as toras sofreram anelamento a 10 cm de cada uma das extremidades numa profundidade aproximada de 1/3 do raio da tora, conforme proposto por Kubler (1987) e Sales (1986).

Posteriormente, 7 (sete) toretes de cada uma das classes de diâmetro foram mantidos como controle e os restantes foram submetidos ao tratamento de vaporização. Os toretes foram vaporizados nas seguintes condições: 90°C e 100% de umidade relativa, por 20 horas.

A vaporização foi realizada durante o período de 30 dias entre a derrubada das árvores e o desdobro de todos os toretes (controles e vaporizados) em tábuas tangenciais (TOUZA, 2001). Inicialmente, os toretes foram transformadas em blocos através de um sistema de corte tangencial balanceado com o auxílio de uma serra de fita dupla e, posteriormente, estes blocos foram desdobrados em tábuas através de um sistema de corte tangencial não balanceado com o auxílio de uma serra de fita simples.

Todas as tábuas apresentaram espessura equivalente a 28 mm, comprimento de 2,70 m e como os toretes desdobrados estavam agrupados nas classes de diâmetro de 20 a <25 cm, de 25 a <30 cm e de 30 a <35 cm, as tábuas apresentaram larguras de 14,0 cm, de 17,5 cm e de 21,0 cm respectivamente definidas de acordo com as dimensões dos blocos.

### 2.2 Secagem da madeira

Todas as tábuas foram empilhadas de modo gradeado e secas em uma estufa piloto de secagem convencional com capacidade para aproximadamente 2,5 m<sup>3</sup> de madeira serrada. O programa de secagem utilizado é apresentado na Tabela 1.

### 2.3 Avaliação dos defeitos de secagem

Após a secagem, a quantificação dos defeitos foi realizada com base na norma de classificação de madeira serrada de folhosa (IBDF, 1983) e na classificação proposta por Mendes & Severo (1984). Os defeitos avaliados foram:

a) Empenamentos.

O encurvamento e arqueamento foram medidos e quantificados percentualmente em relação ao comprimento da peça, conforme a equação (1).

$$I_{ea} = \frac{x}{L_1} \times 100 \quad (1)$$

em que:

$I_{ea}$  = Intensidade do encurvamento ou arqueamento, %;

$x$  = flecha na curvatura da peça, mm;

$L_1$  = comprimento da tábua, mm.

O encanoamento foi medido e apresentado como sua flecha máxima em milímetros conforme sugerido por Rocha & Tomaselli (2002).

b) Rachaduras

As rachaduras de topo foram avaliadas e quantificadas considerando-se o somatório dos comprimentos individuais das rachaduras em relação ao comprimento da peça, conforme a equação (2):

$$R = \frac{(l_2 + l_3 + \dots + l_n)}{L_1} \times 100 \quad (2)$$

em que:

$R$  - índice representativo das rachaduras, %;

$l_2 + l_3 + \dots + l_n$  - comprimento individual das rachaduras, mm

$L_1$  - comprimento total da peça, mm.

**Tabela 1** – Programa de secagem para tábuas de *Eucalyptus grandis* com 28 mm de espessura.**Table 1** – Kiln schedule for *Eucalyptus grandis* boards with 28mm of thickness.

Umidade da Madeira	Ts (°C)	Tu (°C)	UR(%)	UE(%)	PS
Aquecimento	40,0	38,0	88,0	18,4	*
Até 50	40,0	38,0	88,0	18,8	2,5
50	40,0	38,0	88,0	18,8	2,6
45	40,0	38,0	88,0	18,0	2,5
40	40,0	37,5	85,0	17,5	2,2
35	40,0	37,5	85,0	16,7	2,0
30	40,0	36,0	77,0	14,3	2,0
25	51,0	45,5	72,0	11,9	2,1
20	57,0	49,0	62,0	9,5	2,1
15	65,0	52,0	50,0	7,1	2,1
10	65,0	52,0	50,0	7,1	2,1
Uniformização	65,0	58,0	68,0	10,0	*
Condicionamento	65,0	62,0	85,0	15,0	*

Em que: Ts - temperatura do bulbo seco, °C; Tu - temperatura do bulbo úmido, °C; UR - umidade relativa, %; UE - umidade de equilíbrio, %; PS - potencial de secagem.

### c) Colapso

A determinação do colapso foi realizada através da remoção de alguns milímetros da superfície da tábua com uma plaina levando-se em consideração os seguintes critérios:

(1) Madeira livre de colapso: tábuas que após a remoção de 1- 1,5 mm da superfície não apresentarem ondulações superficiais;

(2) Madeira com colapso leve: tábuas que após a remoção de 2,5 mm da superfície não apresentarem ondulações superficiais;

(3) Madeira com colapso médio: tábuas que após a remoção de 3,5 mm da superfície não apresentarem ondulações superficiais;

(4) Madeira com colapso forte: tábuas que apresentarem ondulações após remoção de 3,5 mm da superfície.

Para os defeitos estudados foram calculadas os valores médios entre tábuas equidistantes do centro de cada bloco. Desta forma, para tábuas provenientes de toras de 30 a <35 cm de diâmetro as referências: 1 significa a média das tábuas A e G; 2 a média das tábuas B e F; 3 a média das tábuas C e E; e 4 a tábua D. O mesmo foi realizado para tábuas oriundas das toras de 25 a <30 cm e 20 a <25 cm. Pela Figura 2, ilustra-se o procedimento adotado.

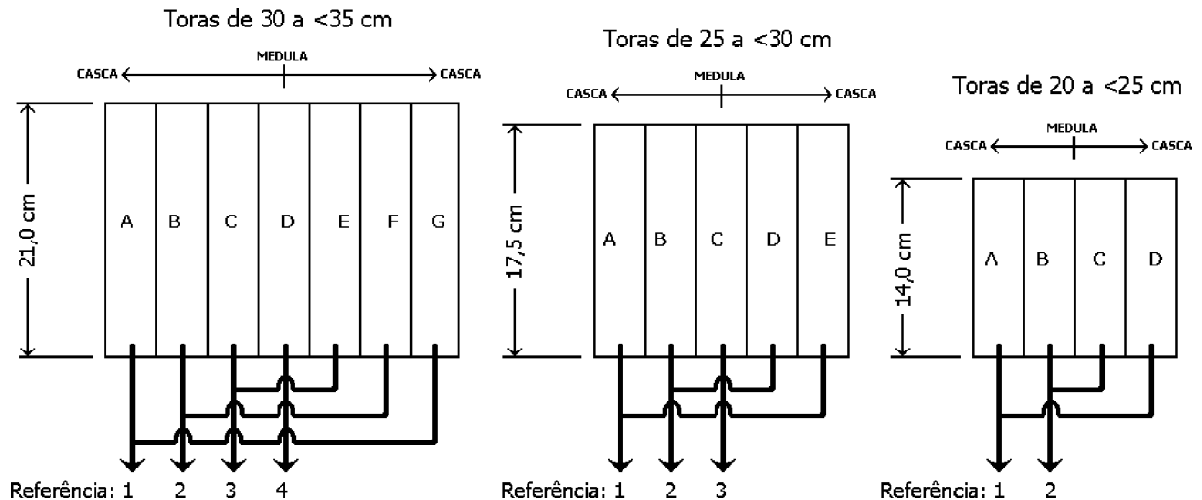
A análise exploratória dos dados indicou a presença dos pressupostos necessários para o desenvolvimento

de métodos paramétricos para a análise de variância. Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial em que os fatores analisados foram a vaporização com dois níveis (com e sem vaporização) e a posição diametral das tábuas com dois, três e quatro níveis, respectivamente, para as referências das toras de 20 a <25 cm, 25 a <30 cm e 30 a <35cm de diâmetro. Essa análise foi realizada para os índices de rachaduras, arqueamentos, encurvamentos, flechas do encanoamentos e colapso produzidos durante a secagem por classe diamétrica (três experimentos).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação das tábuas indicou que não houve colapso tanto em tábuas provenientes de toras controle como de toras vaporizadas. Tudo indica que a ausência de colapso está relacionada com a utilização de um programa de secagem caracterizado como suave devido à adoção de temperatura inicial de 40°C.

Tal fato é explicado por Severo (1998), Simpson (1991) e Touza & Saavedra (2002), os quais constataram que o colapso está diretamente relacionado com as altas temperaturas no início da secagem e por Hartley & Gouch (1990), Severo (1998) e Vermaas (1995) que recomendam para a madeira de eucalipto, iniciar a secagem com temperatura inferior a 45°C e Andrade (2000) e Calonego & Severo (2004) temperatura inicial de 40°C.



**Figura 2** – Obtenção de tábuas para a análise dos defeitos de secagem de *E. grandis*.

**Figure 2** – Boards of *E. grandis* obtained for analysis of the drying-defects.

Os resultados obtidos sobre o efeito da vaporização na redução dos índices de defeitos decorrentes da secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* e o comportamento desses defeitos no sentido diametral do fuste são mostrados na Tabela 2 e melhor visualizados na Figura 3.

Verifica-se, pela Tabela 2, que houve variações entre os índices médios de rachaduras e dos empenamentos nas tábuas no sentido medula à casca, tanto nas madeiras controles quanto nas vaporizadas, das três classes de diâmetro de toras.

Tanto para as tábuas retiradas de toras controles quanto para as vaporizadas com diâmetros entre 30 a <35 cm, 25 a <30 cm e 20 a <25 cm verifica-se, na Tabela 2 e na Figura 3, que os índices de rachaduras apresentaram tendência decrescente em direção à periferia do fuste.

O comportamento das rachaduras das tábuas são semelhantes aos relatados por Del-Menezzi et al. (2001), Rocha & Tomaselli (2002), Scanavaca Junior & Garcia (2003) e Touza (2001), que ao estudarem, respectivamente, as rachaduras na madeira serrada de *Eucalyptus cloeziana*, de *Eucalyptus globulus*, de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* e de *Eucalyptus urophylla*, concluíram que há uma diminuição da intensidade desse defeito no sentido medula-casca.

A presença acentuada das rachaduras nas tábuas que continham a medula e o baixo nível desse defeito nas tábuas retiradas próximas à periferia do tronco pode ser explicada por Santos (2002). Segundo o autor, a projeção

ortogonal “R” (ver Figura 1A) da força resultante (RT) responsável pela deformação da madeira serrada provoca as rachaduras das peças e como na tábua diametral a projeção ortogonal que mais influencia na deformação é a “R”, predomina-se as rachaduras.

Aliado a este fato está a presença dos lenhos juvenil e adulto em diferentes proporções nas tábuas retiradas no sentido medula à casca, principalmente nas toras de classe diamétrica de 30 a <35 cm. O lenho juvenil, sempre presente próximo à medula, apresenta resistência mecânica inferior quando comparada com aquela encontrada no lenho adulto e a presença do cerne quebradiço está associado à presença de madeira juvenil, de menor densidade, fibras mais curtas e maior ângulo microfibrilar (HILLIS & BROWN, 1978; MAEGLIN, 1987; ZOBEL & TALBERT, 1984).

Também, através da Tabela 2 e da Figura 3 pode-se verificar o efeito do tratamento de vaporização no comportamento das rachaduras de topo. Para as três classes de diâmetro de toras constata-se que a vaporização a 90°C durante 20 horas ocasionou reduções significativas na magnitude das rachaduras na ordem de 7,3 a 44,4% em função do diâmetro e da posição diametral de retirada do material. A vaporização também foi responsável por uma homogeneização do defeito no sentido medula à casca no material retirado de todas as classes de diâmetro de toras estudadas.

**Tabela 2** – Efeito da posição diametral das tábuas e da vaporização de toras de *E. grandis* sobre os defeitos de secagem.  
**Table 2** – Effect of boards diametrical position and steaming of *E. grandis* logs on dry-defects.

Tora (cm)	Tábua	Índice das rachaduras (%)			Índice de encurvamento (%)			Índice de arqueamento (%)			Encanoamento (mm)		
		Média		Redução ou (Aumento)	Média		Redução ou (Aumento)	Média		Redução ou (Aumento)	Média		Redução ou (Aumento)
		C	V	%	C	V	%	C	V	%	C	V	%
30 a <35	1	25,7 a	23,9 a	7,3 <sup>NS</sup>	0,302 a	0,277 a	8,5 <sup>NS</sup>	0,310 a	0,333 a	(7,6) <sup>NS</sup>	2,92 ab	2,63 a	9,7 <sup>NS</sup>
	2	37,3 a	27,8 a	25,5 <sup>NS</sup>	0,338 a	0,304 a	10,1 <sup>NS</sup>	0,333 a	0,333 a	0,1 <sup>NS</sup>	4,41 a	1,76 a	60,0 *
	3	37,5 a	33,0 a	11,9 <sup>NS</sup>	0,274 a	0,265 a	3,4 <sup>NS</sup>	0,366 a	0,339 a	7,5 <sup>NS</sup>	2,74 ab	1,86 a	31,9 <sup>NS</sup>
	4	55,8 b	31,3 a	44,0 *	0,213 a	0,198 a	7,0 <sup>NS</sup>	0,424 a	0,290 a	31,5 <sup>NS</sup>	1,21 b	1,48 a	(22,2) <sup>NS</sup>
25 a <30	1	27,8 a	24,1 a	13,3 <sup>NS</sup>	0,278 a	0,247 a	11,2 <sup>NS</sup>	0,255 a	0,315 a	(23,5) <sup>NS</sup>	2,38 a	1,85 a	22,2 <sup>NS</sup>
	2	28,9 a	24,9 a	13,8 <sup>NS</sup>	0,254 a	0,209 a	17,7 <sup>NS</sup>	0,299 a	0,276 a	7,7 <sup>NS</sup>	3,70 a	2,83 a	23,6 <sup>NS</sup>
	3	33,5 a	25,8 a	22,9 <sup>NS</sup>	0,255 a	0,226 a	11,4 <sup>NS</sup>	0,417 b	0,274 a	34,3 *	2,73 a	2,15 a	21,4 <sup>NS</sup>
20 a <25	1	24,6 a	13,6 a	44,4 *	0,310 a	0,316 a	(1,9) <sup>NS</sup>	0,297 a	0,288 a	3,0 <sup>NS</sup>	3,04 a	1,39 a	54,5 *
	2	27,2 a	17,4 a	36,2 *	0,264 a	0,263 a	0,4 <sup>NS</sup>	0,338 a	0,326 a	3,6 <sup>NS</sup>	3,13 a	1,38 a	55,8 *

Em que: C - controle e V - vaporizada; Tukey - letras diferentes indica que há diferença significativa, ao nível de 95% de probabilidade, entre as tábuas no sentido medula-casca, e letras iguais indica que não há diferença estatística; Teste F - \* indica que há diferença significativa, ao nível de 95% de probabilidade, entre as tábuas controle e as vaporizadas retiradas da mesma posição no sentido medula-casca e <sup>NS</sup> indica que não há diferença estatística.

Resultados semelhantes foram encontrados por Calonego & Severo (2004) que ao vaporizar em toras de *Eucalyptus grandis* de 20 a <25, de 25 a <30 e de 30 a <35 cm por um período de 20 horas, verificaram, respectivamente, reduções significativas na ordem de 18,4, 27,7 e 43,4% porém sem observar o comportamento do defeito no sentido medula à casca.

As rachaduras das tábuas retiradas das toras da classe diamétrica de 30 a <35 cm de diâmetro foi a única variável também influenciada pela interação entre a posição das tábuas e o tratamento de vaporização. A possível explicação para este fato é a presença dos lenhos juvenil e adulto nas toras de maiores classes de diâmetro, como discutido anteriormente.

Quanto aos comportamentos do encurvamento e do arqueamento verifica-se, que tábuas provenientes das toras vaporizadas apresentaram, quase que em sua totalidade, menores índices dos defeitos após a secagem. Embora a redução, de ambos os defeitos, com a vaporização não tenham sido significativas, observa-se uma redução e uma homogeneização na magnitude dos defeitos.

Tanto para as tábuas retiradas de toras controle quanto de toras vaporizadas com 30 a <35 cm, 25 a <30 cm e 20 a <25 cm de diâmetro verifica-se, na Tabela 2 e na Figura 3, que os índices dos arqueamentos apresentaram incrementos em direção à medula e os índices de encurvamentos aumentaram em direção à periferia do fuste.

Esses comportamentos são semelhantes aos descritos por Garcia (1995), Santos (2002) e Touza (2001), os quais afirmaram que toras de eucalipto desdobradas pelo sistema de corte tangencial apresentam índices de arqueamento maior nas peças retiradas do centro do fuste e menor nas da periferia e comportamento inverso ocorre para os índices de encurvamento. Segundo Touza (2001), o arqueamento está associado às rachaduras de topo e portanto seguem o mesmo padrão nas tábuas da medula à casca. Já para o encurvamento, segundo Santos (2002), a projeção ortogonal “E” (Figura 1A) da força resultante (RT) responsável pela deformação da madeira serrada provoca o encurvamento das peças e na tábua periférica como a projeção ortogonal que mais influencia na deformação é a “E” predomina-se o encurvamento.

Também pela Tabela 2, observa-se que a flecha do encanoamento das tábuas que continham a medula e das tábuas periféricas retiradas de toras com 30 a <35, 25 a <30 e 20 a <25 cm de diâmetro apresentaram-se menores quando comparadas com o defeito das tábuas retiradas de posições intermediárias no sentido medula à casca.

Tábuas de toras de 30 a <35 cm

Tábuas de toras de 25 a <30 cm

Tábuas de toras de 20 a <25 cm

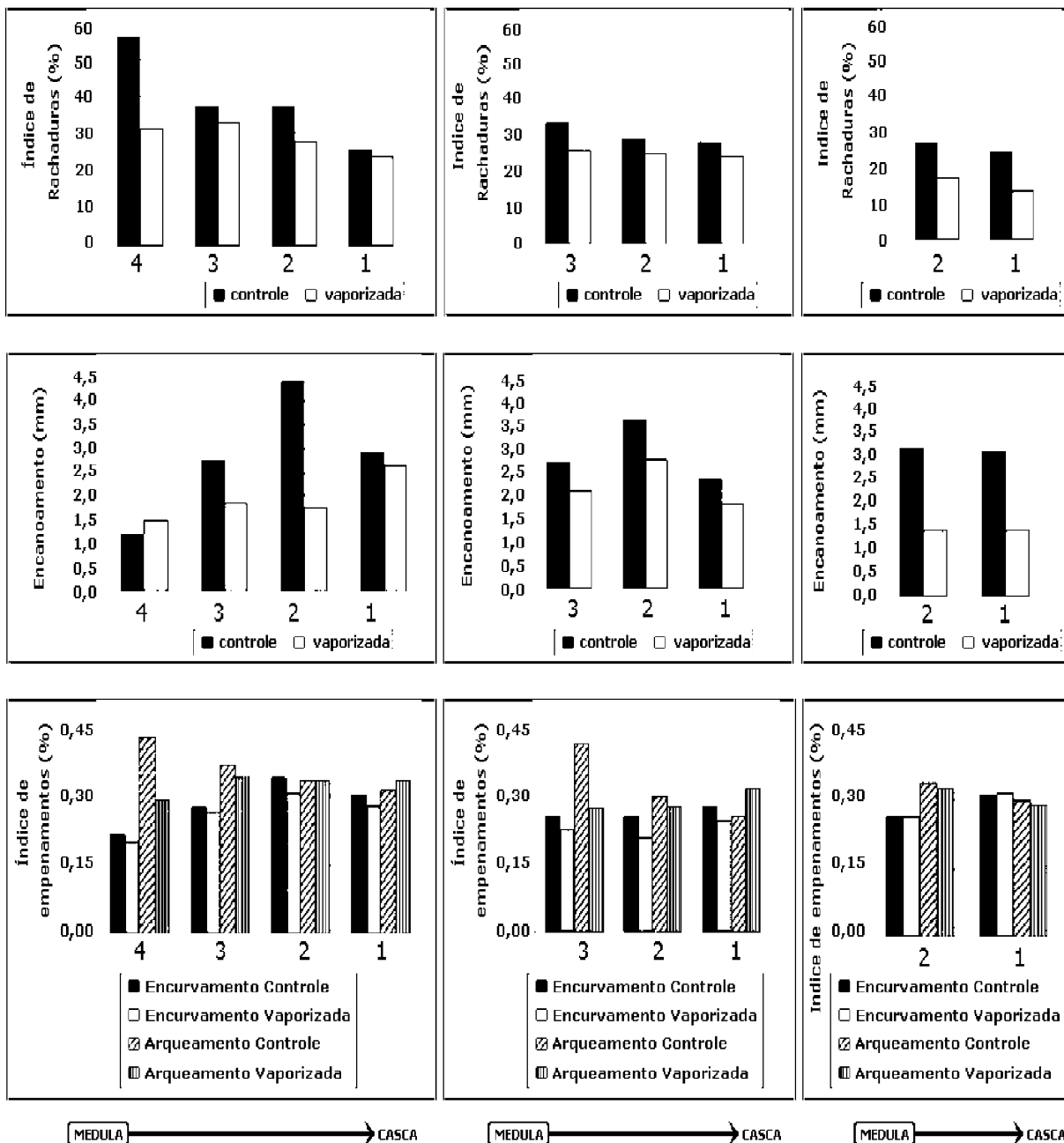


Figura 3 – Qualidade da secagem de *Eucalyptus grandis* em função da posição diametral e da vaporização de toras.

Figure 3 – Drying quality of *Eucalyptus grandis* wood in function of the diametrical position and the log steaming.



Os resultados são coerentes com os descritos por Garcia (1995) e Santos (2002) pois segundo os mesmos, as peças que contêm a medula apresentam baixo índice de encanoamento e as peças retiradas próximo ao centro apresentaram encanoamento máximo e decresce novamente nas peças da periferia. Rocha & Tomaselli (2002) explicam que o defeito está relacionado com a grande anisotropia de contração das peças que apresentam, concomitantemente, a face tangencial e radial.

Quanto ao efeito da vaporização sobre o encanoamento, observa-se uma redução significativa ao nível de 5%, nas tábuas retiradas de algumas posições diametrais nas três classes de diâmetro de toras, sendo melhor evidenciado no material retirado das toras de 20 a <25 cm através de reduções na ordem de 54,5 e 55,8%, respectivamente, para as referências 1 e 2.

Os resultados mostram, também, que quanto menor o diâmetro das toras, maior será a eficiência do tratamento de vaporização a 90°C por 20 horas, tanto nos índices de empenamentos das tábuas como na presença de rachaduras. Este fato instiga a realização de um estudo sobre a determinação do tempo ótimo de vaporização para cada classe de diâmetro de toras na redução dos defeitos de secagem.

Constata-se, também, que de modo geral a vaporização de toras é uma técnica que permite a obtenção de tabuas com menor índice de rachaduras e empenamentos e maior homogeneidade do produto.

#### 4 CONCLUSÕES

A quantificação dos defeitos de secagem de *Eucalyptus grandis* em função da posição diametral de retirada da madeira serrada e da vaporização de toras permite as seguintes conclusões:

As rachaduras e os arqueamentos aumentaram em direção à medula, os encurvamentos em direção à casca e os encanoamentos foram maiores nas tábuas intermediárias.

A vaporização homogeneizou o índice dos defeitos nas tábuas retiradas na direção medula à casca.

A vaporização promoveu redução significativa dos defeitos, sendo melhor evidenciado nas rachaduras e nos encanoamentos da madeira serrada de toras de 20 a <25 cm de diâmetro.

Por meio do presente trabalho, recomenda-se a realização de estudos sobre a determinação de tempos ótimos de vaporização para cada classe de diâmetro de toras e sua influência na redução dos defeitos de secagem.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro através dos processos nº 02/05028-6 e nº 00/02165-7.

#### 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. **Indicação de programas para a secagem convencional de madeiras**. 2000. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Efeito da vaporização de toras na secagem da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 7-13, 2004.

DEL-MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. R.; SOUZA, M. R. Aspectos tecnológicos da produção de madeira serrada de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, n. 70, p. 75-81, 2001.

GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais/Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. p. 59-67.

HARTLEY, J.; GOUGH, D. K. Future sawnood drying in Australia. **FDC**, [S.l.], v. 181, n. 94, p. 179-190, 1990.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978. 434 p.

IBDF. **Norma para classificação de madeira serrada de folhosas**. Brasília, DF: Brasiliense, 1983. 67 p.

JANKOWSK, I. P.; SANTOS, G. R. V.; ANDRADE, A. Secagem da madeira serrada de eucalipto. Separata de: JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS, 15., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: [s.n.], 2000. p. C2-1-C2-14.

KININMONTH, J. A. Effect of steaming on the fine structure of *Nothofagus fusca*. **New Zeland Journal Forest Science**, Rotorua, n. 1, p. 129-139, 1971.

KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, Farnham Royal, v. 10, n. 3, p. 61-119, 1987.

- MACKAY, J. F. G. Influence of steaming on water vapor diffusion in hardwoods. **Wood Science**, [S.l.], v. 4, n. 3, p. 156-160, 1971.
- MAEGLIN, R. R. Juvenile wood, tension wood, and growth stresses effects on processing hardwoods. In: **APPLYING THE LATEST RESEARCH HARDWOODS: ANNUAL HARDWOOD SYMPOSIUM OF THE HARDWOOD RESEARCH COUNCIL**, 15., 1987, Memphis. **Proceedings...** Memphis: Hardwood Research Council, 1987. p. 100-108.
- MENDES, A. M.; SEVERO, E. T. D. Estudo comparativo entre três técnicas de secagem natural conduzido na região de Manaus com madeira de *Hura Creptans*. **Boletim Informativo do Centro de Pesquisas de Produtos Florestais/INPA**, [S.l.], n. 4, p. 1-14, 1984.
- NICHOLAS, D. D.; THOMAS, R. J. Influence of steaming on ultrastructure of bordered pit membrane in loblolly pine. **Forest Products Journal**, Madison, v. 8, n. 1, p. 57-59, 1968.
- ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito de modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 70-83, 2002.
- SALES, C. G. Growth stresses: main results obtained on the study of guayana species and consequences for and use. In: **IUFRO WORLD CONGRESS**, 18., 1986, Ljubljana. **Proceedings...** Ljubljana: IUFRO, 1986. v. 5, p. 234-248.
- 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**. 2002. 153 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, 2003.
- SEVERO, E. T. D. **Estudo sobre o efeito da vaporização nas propriedades e comportamento de secagem na madeira de *Eucalyptus dunnii* Maid**. 1998. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- SEVERO, E. T. D. **Pré-vaporização: uma técnica para otimizar a secagem de madeira sólida de *Eucalyptus grandis***. 2004. 85 f. Tese (Livre Docência em Secagem da Madeira) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.
- SEVERO, E. T. D.; TOMASELLI, I. Efeito da vaporização no alívio das tensões de crescimento em toras de duas procedências de *Eucalyptus dunnii*. **Scientia Agrária**, [S.l.], v. 1, n. 1/2, p. 29-32, 2000.
- SIMPSON, W. T. **Dry kiln operator's manual**. Madison: U.S. Department of Agriculture, 1991. 274 p.
- TOUZA, M. C. Proyecto de investigación sobre sistemas de aserrado adecuados para procesar *Eucalyptus globulus* con tensiones de crecimiento. **Revista Del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia**, Orense, n. 6, p. 8-37, 2001.
- TOUZA, M. C.; SAAVEDRA, F. P. Una propuesta industrial de secado de madera de Eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*) de Galicia. **Revista Del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia**, Orense, n. 8, p. 28-36, 2002.
- VERMAAS, H. F. Drying eucalypts for quality: material characteristics, pré-drying treatments, drying methods, schedules and optimization of drying quality. **Suid-Afrikaance Bosbouydskrif**, South Africa, n. 174, p. 41-49, 1995.
- WEIK, B. B.; WENGERT, E. M.; SCHROEDER, J.; BRISBIN, R. Practical drying techniques for yellow-poplar S-D-R fliches. **Forest Products Journal**, Madison, v. 34, p. 39-44, 1984.
- ZOBEL, B. J.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: Wiley, 1984. 511 p.