

Comparação da qualidade da madeira serrada de três espécies de *Eucalyptus*

Comparison of the quality of lumber of three *Eucalyptus* species

Rui André Maggi dos Anjos¹
Ana Paula Namikata Fonte^{2(*)}

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo comparar os defeitos da madeira recém serrada de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. Foram avaliados os efeitos do diâmetro e da espécie e, com este intuito, foram desdobradas 75 toras, sendo 25 de cada espécie, separadas em três classes de diâmetro, que resultaram em 786 tábuas, sendo 238, 355 e 263 de cada espécie respectivamente. As tábuas foram mensuradas conforme a norma ABNT 14806, de fevereiro de 2002. Mediram-se os defeitos das tábuas, e os resultados foram analisados em delineamento de fatorial duplo, espécie e diâmetro da tora. As médias dos índices de encurvamento, arqueamento e rachaduras foram comparadas usando teste de Tukey-Kramer. A frequência relativa dos defeitos, nas espécies, foi analisada usando o diagrama de Venn. Os resultados apontaram que a espécie com a melhor qualidade de madeira foi *Eucalyptus dunnii*, pois apresentou a menor quantidade de tábuas defeituosas.

Palavras-chave: diâmetro; *Eucalyptus dunnii*; *Eucalyptus grandis*; *Eucalyptus saligna*; usinagem; defeitos.

Abstract

This research aimed to the newly sawn wood defects *Eucalyptus dunnii*, *E. grandis* and *E. saligna*. The effects of diameter and species, for this purpose were deployed logs 75, 25 of each separate species in three diameter classes, which resulted in 786 boards with 238, 355 and 263 of each species respectively. The boards were measured according to ABNT 14086 Feb 2002. We measured the defects of tablets, and the results were analyzed in double factorial design type and diameter of the

-
- 1 Dr.; Engenheiro Florestal; Professor do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná, UFPR; Endereço: Avenida Lothário Meissener, no 3400, Jardim Botânico, CEP: 80210-170 - Curitiba, Paraná – Brasil; E-mail: rui@ufpr.br.
 - 2 Mestranda em Ciências Florestais - Tecnologia da Madeira na Universidade Federal do Paraná, UFPR; Endereço: Avenida Lothário Meissener, no 3400, Jardim Botânico, CEP: 80210-170 - Curitiba, Paraná – Brasil; E-mail: ana.namikata@gmail.com (*) Autora para correspondência.

Recebido para publicação em 22/8/2016 e aceito em 13/10/2016

Ambiência Guarapuava (PR) v.13 n.1 p. 151 - 165 Jan./Abr. 2017 ISSN 2175 - 9405
DOI:10.5935/ambiencia.2017.01.10

log. The mean bending index, bending and cracking were compared using the Tukey-Kramer test. The relative frequency of defects in the species was analyzed using the Venn diagram. The results showed that the species with the best quality was *E. dunnii*, it showed the least amount of defective boards.

Key words: diameter; *E. dunnii*; *E. grandis*; *E. saligna*; saw wood; defects.

Introdução

A madeira de *Eucalyptus* sp vem sendo cada vez mais utilizada em serrarias e, há menos de uma década, existiam grandes dificuldades para seu uso. Mas, atualmente, já existem dezenas de unidades industriais que trabalham exclusivamente com esse produto (ANJOS, 2013). Somente no polo madeireiro de Telêmaco Borba, no Paraná, são mais de 40 serrarias, nas quais predomina o uso de *E. grandis*, seguido de *E. dunnii*. Também podem ser encontradas toras de *E. saligna*. Essas espécies são usadas devido às condições climáticas da região, da produtividade e das características da madeira.

A qualidade da madeira serrada é fundamental para sua utilização. Os defeitos presentes na madeira reduzem a capacidade de utilização da peça (ROCHA; TOMASELLI, 2002). O correto processamento da tora pode minimizar o surgimento de defeitos nas peças serradas, no entanto, nem mesmo a equipe mais qualificada, com máquinas eficientes, poderá eliminar todas as características indesejáveis que surgirão nas tábuas da madeira de eucalipto (OLIVEIRA, 1997). O gênero apresenta tensões de crescimento que, durante o processamento, podem causar variações nas dimensões das peças serradas, empenamentos e rachaduras (GARCIA, 1995).

Segundo Ponce (1995), os empenamentos ocorrem na madeira durante o desdobro e a secagem. Durante o desdobro,

há uma tendência de a peça que está sendo serrada curvar-se de tal modo que as suas extremidades se afastam do centro da tora. Garcia (1995) explica que o empenamento causado pela expressão das tensões de crescimento pode ocorrer ao longo da peça serrada, no sentido radial, tangencial ou transversalmente à orientação das fibras. O autor nomeia os empenamentos que ocorrem no sentido longitudinal de encurvamentos e no sentido transversal às fibras, de arqueamentos. Estabeleceu também que o empenamento ocorre proporcionalmente ao quadrado do seu comprimento, ou seja, menores comprimentos tendem a diminuir o efeito do empenamento. O autor explica que a tensão interna da tábua é manifestada durante o desdobro em função do movimento ocorrido na madeira e essa manifestação depende da genética da planta, do local de crescimento e da forma de processamento.

As manifestações de tensão que prejudicam a qualidade da madeira serrada sofrem influência da espécie, do sistema de desdobro utilizado, do regime silvicultural empregado no plantio florestal e da posição que a peça serrada ocupava no fuste da árvore. Ferreira et al. (2004) afirmam que os defeitos podem ser influenciados pela forma da tora (conicidade e excentricidade da medula).

O rachamento das tábuas e toras de *Eucalyptus* foi largamente estudado por Lisboa (1993). O autor comenta que esse

tipo de defeito é oriundo das forças internas da tora, que são liberadas após o abate da árvore. Segundo o autor, enquanto a árvore está viva, as células do centro da tora que estavam sujeitas à compressão tendem a alongar-se, e os tecidos da periferia do diâmetro que ficavam submetidos à flexão contraem-se após a derrubada da árvore. Esse desbalanceamento das forças pode provocar a ruptura do tecido vegetal, originando as rachaduras. Garcia (1995) complementa que o rachamento em tábuas ocorre devido à liberação desequilibrada das forças de flexão e compressão. Segundo Jankovsky (1995), as rachaduras trazem como resultado perdas significativas de madeira durante o processamento industrial. Esse aspecto tem sido considerado como um dos principais entraves à utilização econômica de espécies de eucaliptos. Outro autor que enfatiza as perdas causadas pelas rachaduras é Malan (1979), que atribuiu ao rachamento das toras antes e durante o seu desdobro a razão pelos baixos rendimentos em madeira serrada.

Hillis e Brown (1978), buscando encontrar fatores que influenciavam na manifestação das rachaduras, observaram diferenças expressivas entre árvores de várias espécies na Austrália, concluindo que as rachaduras encontravam-se sob alguma influência genética.

Miranda e Nahuz (1999) estudaram o rachamento de tábuas de *E. grandis* em diferentes espaçamentos e alturas e não conseguiram estabelecer uma relação clara entre o espaçamento e o índice de rachamento, mas observaram que as peças retiradas de toras mais altas apresentaram maior incidência desse tipo de defeito.

Rocha (2000), comparando dois sistemas de desdobro, percebeu que quando o desdobro era realizado tangencialmente,

aos anéis de crescimento, ocorriam mais rachaduras. O autor também comenta que ocorreram diferenças na intensidade das rachaduras em toras mais finas (abaixo de 25 cm de diâmetro) e mais grossas (de 25 a 30 cm de diâmetro). Rocha e Trugilho (2006), serrando madeira de *Eucalyptus. dunnii* concluíram que, no sistema tangencial, as rachaduras atingiram 16,2% do comprimento das peças e no radial apenas 5,6%. Lisboa (1993) comenta que a intensidade das rachaduras no gênero *Eucalyptus* pode ser sutil em algumas espécies e intensa em outras.

De maneira geral, um dos defeitos mais comentados na madeira de *Eucalyptus* é o arqueamento. Del Menezzi (1999), estudando *E. cloeziana* de 17 anos de idade e *E. grandis* de 21 anos de idade, afirmou que o arqueamento reduz o aproveitamento da madeira serrada, pois as peças com essa característica precisam ser encurtadas e/ou suas larguras precisam ser reduzidas. Crêspo (2000) indicou que uma das causas do surgimento desse defeito é o tecido próximo do centro da árvore encurtar-se devido às tensões de crescimento. Rocha (2000) e Rocha e Tomazelli (2002) afirmam que os desdobros que retiram mais tábuas tangenciais reduzem tanto o arqueamento quanto o encurvamento. Rocha e Trugilho (2006), investigando toras de *E. dunnii* em dois sistemas de desdobro, notaram uma diminuição do arqueamento em tábuas tangenciais, e nas suas conclusões expõem que esse defeito é um dos mais influenciados pelo sistema de desdobro.

O objetivo deste estudo foi analisar os defeitos da madeira serrada de três espécies de *Eucalyptus*, comparando os índices de encurvamento, arqueamento e de rachaduras de tábuas recém serradas e o efeito do diâmetro sobre os defeitos.

Material e Métodos

Caracterização do material testado

Para este estudo foram produzidas 856 tábuas provenientes de 75 toras de três espécies do gênero *Eucalyptus*, sendo 355 de *E. grandis* Maiden, 238 de *E. dunnii*, e 263 de *E. saligna*. As toras eram provenientes de plantios florestais pertencentes à Klabin, oriundas de árvores com 11 anos de idade,

com diâmetros entre 20 e 45 cm e plantadas em espaçamento de 2,5 x 3,0 m. Foram utilizadas apenas as toras da base até 3 metros de altura. Os plantios eram áreas experimentais que continham 1115 árvores. Foram selecionadas 75 árvores com base na distribuição diamétrica local, buscando cobrir a máxima variação de diâmetro dentro da área. Conforme o delineamento da tabela 1.

Tabela 1 - Delineamento experimental

Espécie	<i>E. dunnii</i>			<i>E. grandis</i>			<i>E. saligna</i>		
	Classe I	Classe II	Classe III	Classe I	Classe II	Classe III	Classe I	Classe II	Classe III
Diâmetro (cm)	20-26,9	27-34	> 34	20-26,9	27-34	> 34	20-26,9	27-34	> 34
Número de repetições por classe	8	9*	8	8	9	8	8	9	8

Fonte: ANJOS (2013).

Nota: * O número de amostras foi maior por que essa classe de diâmetro é mais abundante no plantio representando 68% das árvores amostradas.

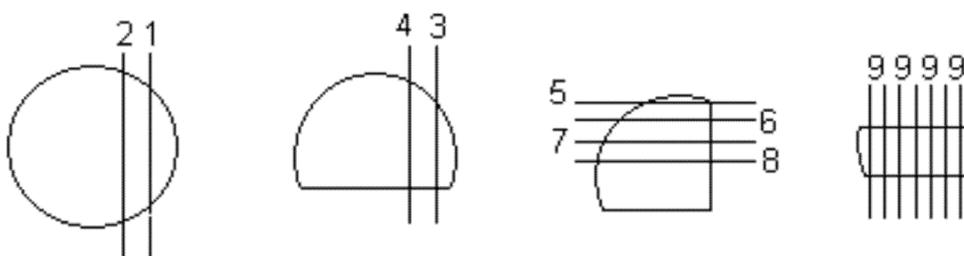
As peças serradas possuíam comprimento nominal de 300 cm, espessura nominal de 2,5 cm e largura variável entre 6 e 19 cm.

Obtenção do material

As árvores foram cortadas rente ao solo e imediatamente enviadas para a serraria JR Madeiras, também no município

de Telêmaco Borba. A primeira tora, mais próxima da base, com 3,2 m comprimento foi rigorosamente medida pelo método de Smalian e seguiu para o desdobro. O desdobro foi realizado conforme o diagrama da figura 1. As linhas retas e os números indicam a posição das serras e a ordem sequencial dos cortes, respectivamente. Os cortes de 1 a 8

Figura 1 - Diagrama de desdobro com as linhas retas indicando a posição das serras e os números indicando a seqüência dos cortes.



Fonte: ANJOS (2013).

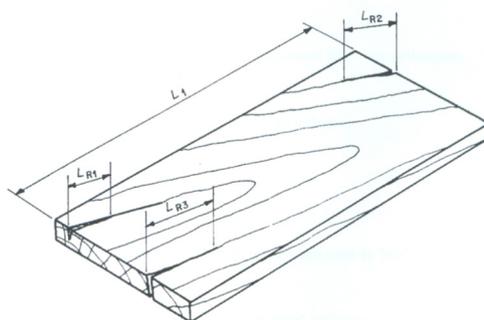
foram feitos em serra fita vertical e o corte 9 em serra circular múltipla.

Mensuração dos defeitos

Os defeitos foram medidos conforme

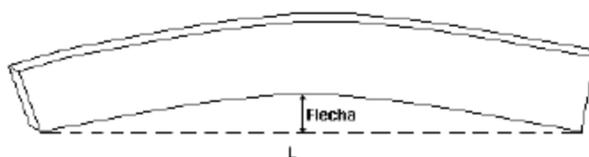
as determinações da norma ABNT 14806 de fevereiro de 2002. Foram aferidas as flechas de encurvamento e arqueamento e o comprimento das rachaduras, conforme a figura 2.

Figura 2 - Exemplo de rachamento, encurvado e arqueamento



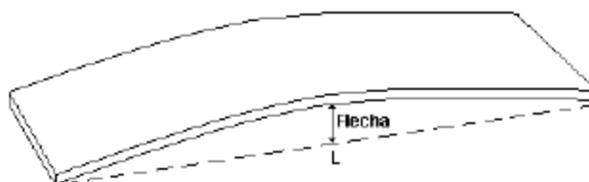
Fonte: ABNT 14806

$$\text{Índice de rachamento} = \frac{LR1 + LR2 + LR3 + \dots + LR_n \text{ (cm)}}{\text{Comprimento da peça (m)}}$$



Fonte: ABNT 14806

$$\text{Índice de arqueamento} = \frac{\text{Flecha de arqueamento (mm)}}{\text{Comprimento da peça (m)}}$$



Fonte: ABNT 14806

$$\text{Índice de encurvamento} = \frac{\text{Flecha de encurvamento (mm)}}{\text{Comprimento da peça (m)}}$$

Tratamento estatístico dos dados

Foi utilizado um delineamento em fator duplo desbalanceado com três espécies e três diâmetros por espécie, sendo oito repetições nas classes de diâmetro finas e médias e nove repetições na classe de diâmetro das toras grossas. Totalizaram 75 toras distribuídas em nove grupos amostrais. O número de unidades amostrais foi determinado pelos recursos disponíveis à pesquisa que não permitiram inclusão de mais unidades experimentais.

Testaram-se as hipóteses de igualdade entre as espécies e os diâmetros para os índices de encurvamento, arqueamento e rachaduras. A hipótese da nulidade foi rejeitada e as médias dos índices foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey-Kramer com nível de confiança de 5%.

Para analisar quantitativamente os resultados, foi utilizado o diagrama de Venn com frequências relativas, o que permitiu comparar as quantidades de tábuas defeituosas de cada espécie.

Resultados e Discussões

Os valores médios do Índice de Encurvamento encontrados para diferentes espécies estudadas estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Médias do índice de encurvamento (mm/m) entre as espécies

Espécie	Índice de encurvamento (mm/m)		
	Média (mm/m)	Coef. de Variação (%)	Resultado Tukey
<i>E. grandis</i>	3,24	25,47	A
<i>E. dunnii</i>	3,86	31,96	AB
<i>E. saligna</i>	4,49	46,86	B

Fonte: ANJOS (2013).

Nota: Nível de confiança 5%, onde letras iguais representam valores estatisticamente iguais.

A análise do resultado do teste de Tukey indicou que as espécies *E. saligna* e *E. grandis* são diferentes em relação ao encurvamento. As tábuas de *E. grandis* apresentaram os menores valores de índice de encurvamento e de *E. saligna* apresentaram os valores mais altos. Já as tábuas de *E. dunnii* apresentaram comportamento intermediário, com valores de encurvamento que se assemelham a *E. grandis* e *E. saligna*. Rocha (2000) também encontrou resultado semelhante quando comparou os valores de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis*. Nota-se também que os valores dos índices de encurvamento estão acima dos encontrados por Ferreira et al. (2004) o qual registrou valores entre 2,9 e 3,2 mm/m que, comparado a Rocha e Trugilho (2006), os valores foram inferiores às peças tangenciais, (5,58 mm/m) e superiores às radiais (1,79 mm/m).

A comparação entre toras de diferentes diâmetros (Tabela 3) apresentou evidências de que o diâmetro exerceu pouca influência sobre o encurvamento das tábuas. Apenas as toras da classe 3 de *E. grandis* e *E. saligna* apresentaram médias de índice de encurvamento diferentes das demais. Contudo, a relação entre diâmetro da tora e índice de encurvamento é fraca, por razões que serão discutidas posteriormente.

Os valores indicam que apenas as toras da classe 3 de *E. grandis* e *E. saligna* diferem entre si. Em *E. grandis* o encurvamento das toras da classe 3 foi estatisticamente inferior a todas as classes testadas. Já o encurvamento da classe 3 de *E. saligna* foi o maior verificado em todo o experimento. As demais classes diamétricas são semelhantes entre si. A razão para isso reside na variação da intensidade do encurvamento. Algumas tábuas de *E. grandis*, na classe 3, apresentaram encurvamentos diminutos, próximos a zero.

Tabela 3 - Médias do Índice de encurvamento (mm/m) incluindo o efeito do diâmetro

Espécie	Diâmetro	Índice de encurvamento		
		Média (mm/m)	Coef. de Variação	Resultado Tukey
<i>E. grandis</i>	Classe 3	2,852	25,63%	A
	Classe 2	3,541	31,08%	AB
	Classe 1	3,405	16,53%	AB
<i>E. dunnii</i>	Classe 3	3,627	33,94%	AB
	Classe 2	4,060	28,97%	AB
	Classe 1	3,920	33,66%	AB
<i>E. saligna</i>	Classe 3	5,224	38,55%	B
	Classe 2	3,320	59,69%	AB
	Classe 1	3,948	39,71%	AB

Fonte: ANJOS (2013).

Nota: Nível de confiança de 5%, onde letras iguais representam valores estatisticamente iguais (Autor, 2013).

Outras peças obtidas de toras da classe 3 de *E. saligna* apresentaram defeitos com intensidades superiores a 15 mm/m, sendo que uma ou duas tábuas que apresentem valores elevados de índice de encurvamento provocam o aumento da média do índice e, por consequência, alteram o coeficiente de variação observado. Foi exatamente esse fenômeno que foi observado no desdobro das toras de *E. saligna*.

Lisboa (1993) observou em seus resultados que algumas toras de *Eucalyptus grandis* apresentarem manifestação de tensão explosiva, enquanto que outras não apresentavam qualquer defeito. O índice de encurvamento é uma variável que sofre influência da espécie, do diâmetro, da forma do desdobro e da posição que a tábua ocupava na tora e essa afirmação é corroborada pelos resultados observados por Rocha (2000) e Ferreira et al. (2004).

O encurvamento das tábuas para todos os clones analisados por Ferreira et al. (2004) em três métodos de desdobro,

apresentou valores de pequena magnitude, entre 2,9 mm/m a 3,2 mm/m. Estes valores são diferentes ao encontrados por Rocha (2000) e Del Menezzi (1999), de 2,26 mm/m e 5,65 mm/m, respectivamente, ambos trabalhando com *E. grandis*. Santos, Geraldi e Garcia (2003), em um desdobro misto retirando tábuas radiais e tangenciais, perceberam encurvamento maior nas tábuas de posições acima de 3 m de altura, de 16,44 mm/m e 14,71 mm/m para as tábuas retiradas abaixo disso. As tábuas tinham comprimento nominal de 2,7 m. Santos, Geraldi e Garcia (2003) encontraram uma média de encurvamento de 15,71 mm/m para oito progênies de *E. grandis*. Rocha e Trugillo (2006) encontraram valores de 14,8 mm/m para um desdobro tangencial e 14,40 mm/m em um desdobro radial.

As toras de maior diâmetro de *E. grandis*, (Classe 3) apresentaram menores índices de encurvamento quando comparados às outras duas espécies, com a menor amplitude dentro do grupo.

Nota-se, na tabela 3, que o coeficiente de variação do índice de encurvamento foi menor para as classes 1 e 3 de *E. grandis*, médio em *E. dunnii* e mais alto para Classe 3 do *E. saligna*. Em *E. grandis* os valores de encurvamento variaram de 2,8 a 3,4 mm/m em torno da média, mas chegaram a 5,2 mm/m na classe de toras médias de *E. saligna*, sugerindo que a presença de encurvamento foi influenciada pela espécie e pelo diâmetro. Os resultados apontam que o índice de encurvamento apresentou variação acentuada em algumas peças, sendo constatados encurvamentos acima de 5 mm/m e em outras, praticamente não houve defeitos, como atestam as observações de Lisboa (1993).

Para o arqueamento, rejeitou-se a hipótese da nulidade entre as três espécies a um nível de significância de 95%, e os valores de índice de arqueamento estão na tabela 4.

Tabela 4 – Médias dos índices de arqueamento das tábuas no nível de 95%

Espécie	Índice de arqueamento (mm/m)		
	Média (mm/m)	Coef. de Variação (%)	Resultado Tukey
<i>E. grandis</i>	2,13	53,2%	A
<i>E. dunnii</i>	2,69	31,9%	B
<i>E. saligna</i>	2,13	45,6%	A

Fonte: ANJOS (2013).

Nota: Nível de confiança de 5%, onde letras iguais representam valores estatisticamente iguais.

O resultado das análises indicou que *E. dunnii* apresentou comportamento diferente de *E. grandis* e *E. saligna* com relação ao arqueamento. O *E. dunnii* obteve valores médios de índice de arqueamento de 2,69 mm/m, o que se encontra acima da faixa verificada por Rocha (2000). O

autor constatou diferenças entre *E. grandis* e *E. dunnii*, observando valores médios de 0,15 mm/m e máximo de 1,56 mm/m para *E. grandis* e valores médios de 0,23 mm/m e máximo de 2,80 mm/m para *E. dunnii*. Os resultados da tabela 4 também se encontram acima dos valores citados por Ferreira et al. (2004), que encontrou valores médios de arqueamento que variaram entre 0,9 mm/m e 1,1 mm/m. O mesmo pode ser visto em Mattos et al (2003), que calcularam valores médios de arqueamento de 0,38 mm/m. Ferreira et al. (2004) observaram índice médio de arqueamento de 44 clones de *Eucalyptus* variando entre 0,8 mm/m, 0,9 mm/m e 1,1 mm/m, para as diferentes formas de desdobro utilizadas pelos autores. Rocha (2000), analisando *E. grandis* e *E. dunnii* com idades de 12 e 16 anos, observou valores de 1,56 mm/m e 2,8 mm/m, respectivamente. Ambos os autores notaram redução no arqueamento em desdobro tangencial. Garcia (1995) indica que uma das formas para mitigar os efeitos do arqueamento é o desgaste de uma das faces da peça serrada, ou simplesmente reduzir seu comprimento.

A explicação para os valores apresentados na tabela 4 encontrarem-se acima dos valores de literatura pode estar na forma de desdobro utilizada. Cada autor citado utilizou uma técnica de desdobro diferente. Isso afeta como as tensões de crescimento são distribuídas pela tora e como se manifestam nas peças serradas.

Na confecção das tábuas utilizou-se uma técnica que propiciou a retirada proporcional de peças de orientação radial, tangencial e mista, sem privilegiar uma orientação específica, pois as condições testadas se aproximavam o melhor possível da forma comercial do desdobro das toras de eucalipto. Observou-se, durante a coleta

de dados, que as tábuas retiradas com orientação radial próximas ao centro da tora tinham flechas de arqueamento maiores do que aquelas de orientação tangencial e retiradas próximas a periferia da tora. Corroboram para teoria as observações feitas por Rocha (2000) e Rocha e Tomaselli (2001). Os autores observaram arqueamentos em desdobros radiais significativamente maiores se comparados aos vistos nas tábuas orientadas tangencialmente. Outra evidência que ampara essa explicação está nos coeficientes de variação dos valores de arqueamento e empenamento. Os resultados

mostram que ocorreram amplitudes grandes nos dados de arqueamento e encurvamento, demonstrando que algumas peças serradas apresentavam leves empenamentos, enquanto que outras apresentavam severos defeitos, como concorda Lisboa (1993). O autor encontrou defeitos muito díspares quando estudou as tensões de crescimento. Garcia (1995) e Garcia (2005), juntamente com Rocha e Tomaselli (2001), afirmam que a posição da peça serrada na tora, as dimensões da tora e a forma como o desdobro é efetuado influenciam a manifestação das tensões de crescimento sobre a madeira serrada.

Tabela 5 – Médias dos índices de arqueamento dos tratamentos

Espécie	Diâmetro	Índice de encurvamento		
		Média (mm/m)	Coef. de Variação	Resultado Tukey
<i>E. grandis</i>	Classe 3	2,1781	58,66%	AB
	Classe 2	2,3173	21,52%	AB
	Classe 1	1,8876	28,65%	A
<i>E. dunni</i>	Classe 3	2,3788	35,23%	AB
	Classe 2	2,5057	15,10%	AB
	Classe 1	3,212	53,75%	B
<i>E. saligna</i>	Classe 3	1,7751	13,34%	A
	Classe 2	2,0069	26,39%	AB
	Classe 1	2,6514	48,90%	AB

Fonte: ANJOS (2013).

Nota: Nível de confiança de 5%, onde letras iguais representam valores estatisticamente iguais.

No que diz respeito à comparação entre os diâmetros, observaram-se diferenças (Tabela 5).

Ao analisar os resultados percebe-se que as peças serradas oriundas das toras finas de *E. grandis*, juntamente com as toras grossas de *E. saligna*, apresentaram menores

arqueamentos. Já as toras mais finas de *E. dunni* e *E. saligna* apresentaram maiores índices de arqueamento. A tendência de toras com diâmetros maiores resultarem em tábuas com menores arqueamentos e toras finas com grandes arqueamentos é vista nos trabalhos de Garcia (2005) e

Silva (2008) e confirmada para *E. dunnii* e *E. saligna*. As toras de *E. grandis* não acompanharam a mesma tendência, mas apresentaram valores ligeiramente menores que as outras duas espécies. Comparando-se os resultados, constatou-se que todos os valores encontrados ficaram acima das médias de Ferreira et al. (2004), os quais observaram valores na faixa de 0,92 mm/m para os índices de arqueamento.

A análise dos coeficientes de variação do arqueamento indicou grande alteração de uma classe diamétrica para outra. A evidência estatística aponta para resultados pouco constantes desse tipo de empenamento. Esse fato pode estar ligado à forma de desdobro das toras, de acordo com os trabalhos de

Rocha (2000) e Rocha e Tomaseli (2001). Sabe-se que as peças serradas com orientação radial apresentam maiores arqueamentos, se comparadas às orientadas tangencialmente. As peças analisadas apresentavam orientação de ambos os tipos, apontando que esse fator pode ter interferido na constância dos resultados de índice de arqueamento.

O resultado do índice de rachadura aceitou hipótese da nulidade entre as espécies e os diâmetros. Isso significa dizer que as três espécies e os diâmetros não apresentaram diferenças relevantes pela comparação das médias. Entretanto, notou-se uma tendência das tábuas provenientes de árvores mais grossas a racharem com menores intensidades (Tabela 6).

Tabela 6 - Resultado das médias dos índices de rachamento (cm/m)

Espécie	Diâmetro	Índice de rachaduras por espécie e por classe de diâmetro			
		Média (cm/m)	Coef. de Variação	Média (cm/m)	Coef. de Variação (%)
<i>E. grandis</i>	Classe 3	58,30	34,84%	12,236	38,42%
	Classe 2			15,116	82,13%
	Classe 1			12,199	54,35%
<i>E. dunnii</i>	Classe 3	54,63	15,01%	12,035	53,80%
	Classe 2			14,696	29,29%
	Classe 1			19,234	80,80%
<i>E. saligna</i>	Classe 3	57,89	22,31%	11,507	62,57%
	Classe 2			11,209	61,33%
	Classe 1			15,845	49,76%

Fonte: ANJOS (2013).

Nota: Nível de confiança de 5%, onde letras iguais representam valores estatisticamente iguais.

Os resultados do rachamento são bastante variáveis. Algumas peças não apresentaram esse defeito e outras têm rachaduras de quase um metro, o que leva a uma variação muito maior dentro do tratamento, que as variações entre os

tratamentos. Nota-se, no entanto, que as maiores rachaduras encontradas pertenciam às tábuas das toras mais finas de *E. dunnii*, seguidas das toras finas de *E. saligna*. Rocha e Trugilho (2006) relataram rachaduras médias próximas a 12 cm para tábuas

tangenciais e próximas a 5 cm nas tábuas desdobradas no sistema radial. Os dados constantes na tabela 6 foram tomados de um sistema de desdobro que gera peças serradas com orientação radial, tangencial ou mista. Isso pode explicar a grande variação nos resultados, pois Rocha e Trugilho (2006), estudando o índice de rachamento em tábuas de *E. dunni*, orientadas tangencialmente e radialmente, verificaram diferenças de 37% entre o índices de rachadura. Os autores relataram rachaduras máximas de 100 cm no sistema tangencial e 37 cm nas peças serradas radiais. Crêspo (2000), estudando *E. grandis* e *E. saligna* percebeu uma relação positiva de 77% entre as rachaduras das toras e as rachaduras nas tábuas. Ferreira et al. (2004) mediram as rachaduras apenas no seu comprimento máximo, atingindo média de 97 cm em tábuas de comprimento nominal de 2,8m. Garcia (2005) também comenta rachaduras próximas a um metro de comprimento e Del Menezzi (1999) afirma que mediu rachaduras que cobriam todo o comprimento da peça serrada quanto essa era retirada da porção central da tora.

Contudo, apenas a orientação da tábua não é suficiente para explicar as diferenças observadas nos resultados. Pode-se argumentar, também, que a posição da tábua na tora tenha algum tipo de influência de como a manifestação da tensão de crescimento ocorre na madeira recém-serrada. Nos escritos de Santos (2002) encontra-se uma referência à posição da tábua na tora. O autor aventa a hipótese e propõem que os efeitos das tensões de crescimento são afetados tanto pela dimensão da tora quanto da peça serrada e a posição que a peça ocupa na tora, ou seja, os empenamentos da peça serrada e o rachamento derivam das forças liberadas no momento do desdobro, e não

somente de uma característica intrínseca do material. Os resultados amparam a teoria do autor, pois os coeficientes de variação indicam valores discrepantes que não poderiam ser explicados apenas por um fator isolado. Garcia (1995), decompondo as forças resultantes das componentes das tensões de crescimento, também reconhece o efeito da posição de uma peça serrada mais próxima do centro da tora ou próxima à periferia no comportamento discrepante em relação ao surgimento de empenamentos e rachaduras.

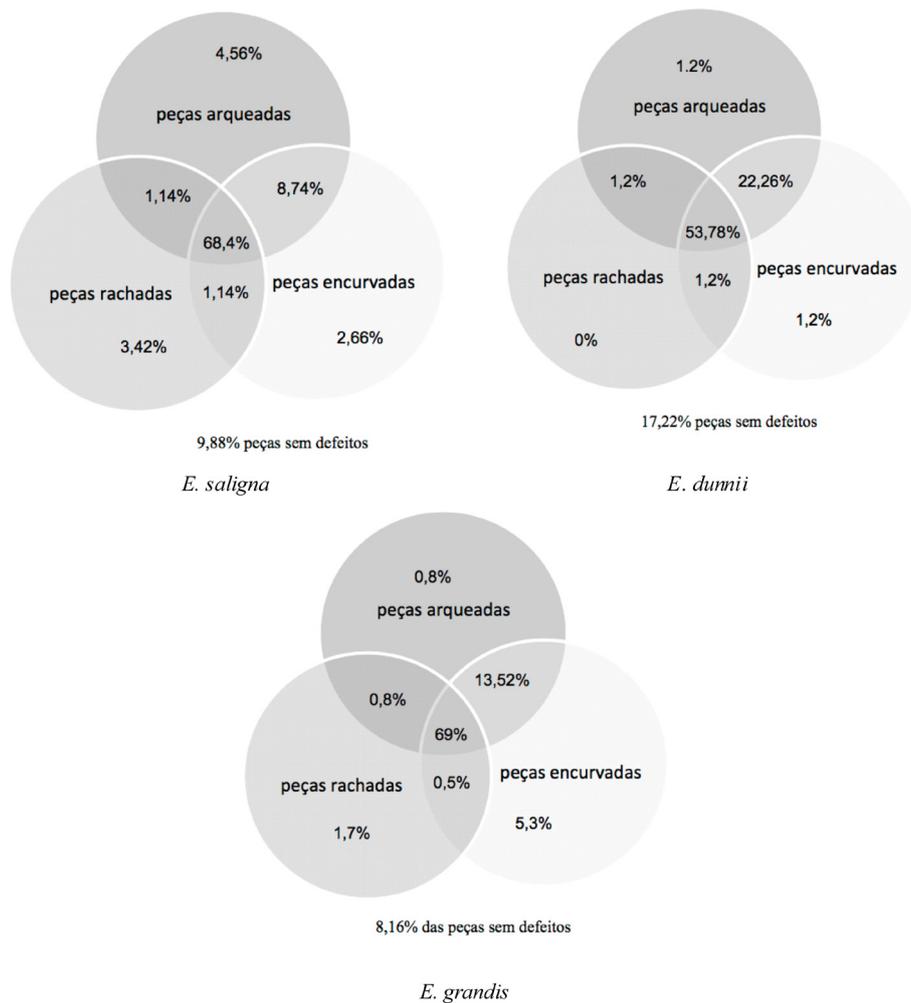
Notou-se, durante a confecção das tábuas, que a posição da tábua na tora influenciou o comprimento das rachaduras. As porções centrais da tora forneceram tábuas com rachaduras de maior intensidade se comparadas com as porções periféricas. Não raro, tábuas apresentarem rachaduras superiores à metade do seu comprimento, quando, da mesma tora, eram confeccionadas peças que sequer apresentavam o problema.

Essas observações vão ao encontro das afirmações de Santos (2002), que observou uma grande variação desse defeito em *E. grandis* e concluiu que as toras com maiores diâmetros apresentavam peças rachadas nas porções centrais e tábuas não defeituosas nas regiões da periferia. Silva (2008) também ressaltou a grande variação da intensidade do rachamento e a não ocorrência de diferenças estatísticas entre os grupos estudados de *E. benthamii*.

A análise da frequência dos defeitos está demonstrada nos diagramas da figura 2.

Os três diagramas indicam que, nas espécies estudadas, a maior parte das tábuas apresenta defeitos complexos como arqueamento, encurvamento e as rachaduras na mesma peça. Pode-se notar que *E. dunni* apresentou a menor porcentagem de tábuas

Figura 2 - Distribuição das frequências de tábuas encurvadas, arqueadas e rachadas para as três espécies



Fonte: Anjos, R. A. M.; Fonte, A. P. (2013).

nessas condições com 53%, seguido de *E. saligna* com 68% e *E. grandis* com 69%.

Suas análises comprovaram que esses valores são estatisticamente iguais, concluindo que essa característica não foi influenciada pelo desdobro. Garcia (1995) aponta o encurvamento como uma fonte de seleção de indivíduos mais aptos ao desdobro, pois essa característica esta ligada às tensões de crescimento e, por consequência, à expressão

no genótipo da planta. A mesma afirmação é encontrada em Silva (2008), que apontou as características como uma das fontes de seleção para materiais de *E. benthamii*, pois a população estudada apresentou bom controle genético sobre esse defeito.

Os diagramas permitem concluir que existiu uma relação entre as peças encurvadas e arqueadas, ou seja, para as três espécies estudadas, peças que

apresentam arqueamento apresentarão algum grau de encurvamento.

Os resultados indicam que, das 856 peças mensuradas, menos de 4% apresentaram apenas um tipo de defeito, sendo raros os casos em que a peça serrada não apresentava defeitos ou apenas um tipo de alteração. Observa-se, nos diagramas que, dentre as tábuas analisadas, o mais comum foi a peça serrada apresentar dois ou três tipos de defeitos, simultaneamente. Para Crêspo (2000), o defeito de mais difícil mitigação são os arqueamentos, visto que, em peças rachadas, pode-se efetuar o seccionamento da parte afetada e o encurvamento pode ser minorado pelo empilhamento. Garcia (1995) afirma que o arqueamento pode ser reduzido através da redução do comprimento da peça serrada ou do estreitamento da largura. Mas, o autor considera que, em ambos os casos, ocorrerá redução da área utilizável da madeira e o problema será agravado se a mesma peça apresentar rachaduras. Do ponto de vista da classificação, os defeitos de arqueamento e rachadura são aqueles que causam as maiores dificuldades para o uso da madeira serrada. O encurvamento sofre bom controle genético e pode ser de utilidade no melhoramento da qualidade da madeira (SILVA, 2008), e também pode ser mitigado por meio do empenhamento, reduzindo a intensidade (GARCIA 1995).

A espécie que apresentou a menor porcentagem de tábuas arqueadas foi *E. dunnii*, com 78,44% das peças com esse defeito, seguidos de *E. saligna* com 82,84% e *E. grandis* com 84,12%. A mesma tendência

é repetida para o encurvamento e para as rachaduras. Outro dado que chama atenção é que *E. dunnii* obteve a maior quantidade de tábuas sem qualquer defeito, com 17,22%, contra 9,88% em *E. saligna* e apenas 8,16% em *E. grandis*.

Os diagramas de Venn se mostraram úteis para indicar as proporções de peças com defeito de cada espécie e também permitem observar a interação entre os diferentes tipos de defeitos. No entanto, as figuras indicam apenas porcentagens de peças defeituosas sem indicar a intensidade de cada manifestação de tensão. Pode-se recomendar a utilização futura desse tipo de metodologia para que se possa refinar as análises e comparar diferentes lotes amostrais por meio dela.

Conclusões

As espécies apresentaram comportamentos semelhantes em relação à quantidade de peças defeituosas. Em todas elas, mais da metade continha simultaneamente três tipos de defeitos. *Eucalyptus dunnii* apresentou os maiores valores de índice de arqueamento.

Os índices de encurvamento foram diferentes para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. Os índices de rachadura foram semelhantes em todas as espécies.

Dentro das classes diamétricas testadas, as diferenças foram pequenas para os defeitos observados.

Recomenda-se a aplicação do uso do diagrama de Venn para outros lotes amostrais a fim de refinar as análises dessa metodologia.

Referência

ANJOS, R. A. M. **Estudo sobre a qualidade de madeira serrada de três espécies de eucalipto**. 2013. 155f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14806**: Madeira serrada de eucalipto – requisitos, fevereiro de 2002. Rio de Janeiro.

CRÊSPO, E. A. **Tensões de crescimento e suas conseqüências, controláveis e não controláveis, no desdobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2000.

DEL MENEZZI, C. H. S. **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. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

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

GARCIA, J. N. **Defeitos consequentes da tensão de crescimento a propriedades da madeira de *Eucalyptus* como indicadores puros para o manejo e melhoramento de floresta para serraria**. 2005. 207 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2005.

LISBOA, K. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis*, Hill ex Maiden**. 1993. 283 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

MIRANDA M. J. A. C.; NAHUZ M. A. Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Forestalis**, n. 55, p. 107-116, 1999.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

ROCHA, M. P.; TRUGILHO P. F. Qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do desdobro e da condição de umidade. **Cerne**, Lavras, v.12, n 4, p 314-321, 2006.

ROCHA, M. P. da; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, v. 8, n.2, p. 70-83, 2002.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias.** 2000. 185 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SILVA, L. D. **Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii*, Maiden Et. Cambage, visando à produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas.** 2008. 256 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SANTOS, P. E. T. **Avaliação de características tecnológicas de madeira serrada em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus* e implicações para o melhoramento genético.** 2002. 174 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2002.

SANTOS, P. E. T.; GERALDI, I. O.; GARCIA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos de propriedades físicas e mecânicas de madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis**, n. 63, p. 54-64, 2003.