

Produção de madeira serrada com cinco espécies de eucalipto resistentes à geadas

Bruna Verediana Müller¹ Márcio Pereira da Rocha² Ricardo Jorge Klitzke² José Reinaldo Moreira da Silva³
Alexsandro Bayestorff da Cunha⁴

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense, Estrada do Redentor, 5665 – Cx. Postal 441, Rio do Sul – SC, CEP 89163-356.

² Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, Campus III, Curitiba - PR, CEP 880210-170.

³ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais, Lavras - MG, CEP 37200-000.

⁴ Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Av. Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro, Lages - SC, CEP 88520-000.

*Author for correspondence: bruna_florestal@yahoo.com.br

Received: 21 June 2017 / Accepted: 15 October 2017 / Published: 31 December 2017

Resumo

Este estudo teve como objetivo determinar o potencial de uso de espécies de *Eucalyptus*, cultivadas em região com ocorrência de geadas. Foram selecionadas árvores de *Eucalyptus benthamii*, *E. deanei*, *E. dorrigoensis*, *E. dunnii* e *E. smithii*, de 18 anos, que foram seccionadas em toras de 2,10 m de comprimento, divididas em classes diamétricas de (i) 20,1 a 25,0 cm; (ii) 25,1 a 30,0 cm e (iii) maior que 30,0 cm. As dimensões, a conicidade e o índice de rachaduras de topo das toras foram determinados e em seguida executou-se o desdobro. Antes e após a secagem, as dimensões e rachaduras das tábuas foram mensuradas e calculou-se os rendimentos em madeira serrada. Os resultados obtidos indicaram que as espécies apresentaram toras de boa qualidade. Os maiores rendimentos foram obtidos pelo *E. dunnii*, no entanto, as demais espécies também apresentaram rendimentos satisfatórios, indicando que essas podem ser empregadas na produção de madeira serrada em regiões de ocorrência de geadas.

Palavras-chave: Serrarias, Qualidade de tora, Rendimento

Abstract

This study aimed to determine the potential use of five *Eucalyptus* species, cultivated in a frost occurrence region, for lumber production. 18 years old trees of *Eucalyptus benthamii*, *E. deanei*, *E. dorrigoensis*, *E. dunnii* and *E. smithii*, were sectioned in logs of 2,10 m in length, divided into diametric classes of (i) 20, 1 to 25,0 cm; (ii) 25,1 to 30,0 cm and (iii) greater than 30,0 cm. Before sawing, the dimensions, taper and top splits index were determined. Before and after drying, the dimensions and splits of the tables were measured and the lumber yield was calculated. The results indicated that the species showed good log quality. The highest yields were obtained by *E. dunnii*, however, the other species also presented satisfactory yields, indicating that these can be used in the production of lumber in frost occurrence region.

Keywords: Sawmills, Log quality, Yield

Introdução

O Brasil destaca-se globalmente como um dos principais produtores de florestas plantadas de *Eucalyptus*. Em 2016, o país possuía 5,7 milhões de hectares, cuja maioria dos plantios são localizados na Região Sudeste (IBÁ 2017).

Atualmente, por apresentar grande variedade de espécies e espectro de propriedades, o gênero *Eucalyptus* já é reconhecido como importante fonte de matéria-prima para a produção de madeira serrada em substituição a espécies nativas provenientes da Amazônia. No entanto, na região Sul do país, apesar do grande potencial florestal, a expansão de povoamentos de *Eucalyptus* ainda tem ocorrido de forma limitada, o que se deve, principalmente, pela ocorrência de geadas e ao reduzido número de espécies que se adaptam a esta condição climática.

Segundo Brondani et al. (2010), as espécies de *Eucalyptus* mais cultivadas nesses locais sujeitos à ocorrência de geadas têm sido o *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e o *Eucalyptus dunnii* Maiden. Contudo, outras espécies também vêm

apresentando desenvolvimento silvicultural satisfatório em plantios experimentais, que num futuro breve podem vir a substituir outras espécies, tradicionalmente utilizadas pela indústria florestal local, em especial, a de madeira serrada.

Frequentemente, o processamento mecânico de *Eucalyptus* apresenta alguns inconvenientes que estão relacionados às características da sua madeira, como a elevada instabilidade dimensional e a presença de tensões internas de crescimento (Calonego, Severo 2005). Essas características são responsáveis pelo surgimento de defeitos, como as rachaduras, que acarretam em perdas consideráveis de matéria-prima e em algumas situações podem inviabilizar o uso de determinadas espécies.

De acordo com Blackwell e Walker (2006), o rendimento do processo de desdobro é expresso em porcentagem e é obtido pela relação entre o volume de madeira serrada e o volume de toras e no geral, para o eucalipto, varia entre 40 e 65%. Entre os fatores que exercem influência sobre o rendimento a ser alcançado, além das características inerentes à espécie, estão também, os produtos a serem obtidos, maquinário e mão-de-obra disponíveis e qualidade e diâmetro das toras a serem processadas (Tsoumis 1991). Nesse sentido, a seleção de toras por classes diamétricas e o estabelecimento de modelos de corte para cada uma delas, destacam-se como importantes estratégias para a otimização do rendimento.

Assim, o presente estudo teve como objetivo determinar o potencial de uso de cinco espécies de *Eucalyptus*, cultivadas em região de ocorrência de geadas, utilizando como principais parâmetros a qualidade das toras e o rendimento em madeira serrada.

Material e métodos

Seleção do material

As árvores foram coletadas em povoamentos experimentais de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage, *Eucalyptus deanei* Maiden, *Eucalyptus dorrigoensis* (Blakely) L. A. S. Johnson e K. D. Hill, *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus smithii* R. T. Baker com 18 anos de idade. O material foi plantado no espaçamento de 3x2 m, na Fazenda Triângulo (26°29'37" S e 49°42'32" W), no interior do município de Mafra, Santa Catarina. A região caracteriza-se por apresentar precipitação total anual de 1360 a 1670 mm e temperatura média anual entre 15,5 e 17°C, com temperatura média máxima entre 26 e 24°C e temperatura média mínima entre 10,8 e 11,8°C. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo temperado, constantemente úmido, sem estação seca, com verão fresco (Cfb) (EPAGRI/CIRAM 2016).

Para cada espécie foram colhidas seis árvores com bom aspecto fitossanitário, tronco cilíndrico e sem bifurcações, com diâmetro a 1,30 m do solo ($D_{1,30m}$) de 30 a 40 cm. Após a derrubada, as árvores foram traçadas em toras com 2,10 m de comprimento. No total, foram selecionadas 75 toras, sendo 5 toras para cada uma das cinco espécies e para cada uma das três classes diamétricas (classe 1: 20,1 a 25,0 cm; classe 2: 25,1 a 30,0 cm; classe 3: maior que 30,0 cm).

As toras selecionadas foram cubadas conforme o método de Smalian e desdobradas em até 72 horas após o traçamento, produzindo peças com espessura nominal de 21 mm.

Avaliação da qualidade das toras

Foram avaliadas a conicidade e as rachaduras das toras para definição da sua qualidade. A conicidade foi determinada com base na metodologia descrita por Hornburg et al. (2012). As rachaduras de topo foram analisadas por meio do índice de rachaduras de topo das toras (IRTT), determinado para cada extremidade, conforme o procedimento adotado por Lima et al. (2007), obtendo-se na sequência o índice médio de rachaduras por tora.

Modelos de desdobro

No processo de desdobro todas as toras produziram tábuas com faces tangenciais. Para tanto foram utilizados três modelos de corte gerados pelo programa MaxiTora. O modelo 1 (Figura 1) foi empregado no processamento das toras pertencentes a classe 1, em que as toras passaram por três vezes em serra fita simples vertical e posteriormente foram resserradas em cortes sucessivos paralelos, com a mesma serra, obtendo seis tábuas com largura de 115 mm. As quatro costaneiras foram reaproveitadas em serra fita simples horizontal e refiladas em serra circular múltipla de cinco discos, resultando em tábuas com largura de 50 mm (1 peça), 75 mm (1peça) e 85 mm (2 peças).

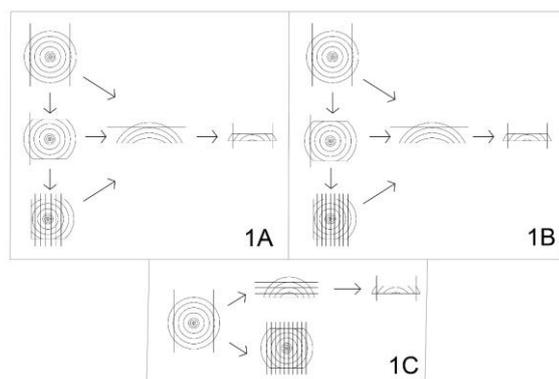


Figura 1. Modelos de desdobro utilizados para serrar toras de *Eucalyptus* spp. 1A) Modelo 1, 1B) Modelo 2 e 1C) Modelo 3.

O modelo 2, utilizado no desdobro das toras da classe 2, foi muito semelhante ao modelo 1. O que diferiu em relação ao primeiro modelo foi o número de tábuas originadas no desdobro do bloco com face curva (8 peças), e na largura das tábuas geradas no reaproveitamento das costaneiras, que foi de 75 mm (2 peças) e 130 mm (2 peças) (Figura 1).

O modelo 3 (Figura 1) foi empregado no processamento das toras da classe 3. Neste modelo as toras passaram duas vezes na serra fita simples vertical para a formação do semibloco que foi resserrado, produzindo nove tábuas de 105 mm de largura e duas costaneiras que foram descartadas. Já as outras duas costaneiras, obtidas na fase inicial, passaram três vezes em serra fita simples horizontal e, posteriormente, foram refiladas em serra circular múltipla de cinco discos, produzindo tábuas com larguras de 105 mm (4 peças), 130 mm (2 peças) e 110 mm (2 peças).

Avaliação do rendimento em madeira serrada

Após o processo de desdobro, todas as tábuas foram mensuradas para a determinação do volume em madeira serrada. A espessura e a largura foram tomadas por meio de paquímetro (0,01 mm) em três pontos de cada peça. O comprimento foi obtido com fita métrica (0,1 cm), em única medição na parte central da tábua. Também foi mensurado o comprimento das rachaduras presentes nas quatro faces das tábuas, além do comprimento das porções a serem removidas pelo destopamento.

Essa etapa, além de padronizar o comprimento das tábuas em 2,00 m, eliminava as regiões de esmoado ou de desbitolamento.

Posteriormente, a madeira foi submetida ao processo de secagem natural no pátio da serraria, no distrito de Bateias de Cima, município de Campo Alegre/SC. Para tanto, as tábuas foram distribuídas, aleatoriamente, em quatro pilhas de secagem cobertas, até atingirem 17,5% de umidade média. Após a secagem, repetiu-se a mensuração das tábuas.

Deste modo, de acordo com a metodologia usada por Cunha et al. (2015a), para cada tratamento e ponderando as duas condições de umidade (condição saturada e seca naturalmente a 17,5% de umidade), foram determinados (i) o rendimento bruto, que considerou o volume total de tábuas produzidas, sem considerar os defeitos naturais e/ou de processos, a serem removidos em operações posteriores; (ii) o rendimento sem os destopamentos, que considerou a padronização do comprimento das tábuas e a eliminação de regiões das peças com esmoado ou desbitolamento; (iii) o rendimento sem as rachaduras; que considerou a eliminação das porções das tábuas com presença de rachaduras numa possível operação de destopo e/ou refilagem; e (iv) o rendimento líquido, que considerou o desconto das porções das tábuas a serem destopadas e das regiões das tábuas com a presença de rachaduras.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, considerando-se o nível de 5% de probabilidade. Na avaliação da qualidade das toras foram analisados os fatores espécie (cinco níveis) e classe diamétrica (três níveis). Já na avaliação do rendimento em madeira serrada, foram considerados os fatores espécie (cinco níveis), classe diamétrica (três níveis) e condição de umidade (dois níveis).

Para verificar a homogeneidade das variâncias dos dados foi utilizado o teste de Levene e após a confirmação desta característica foi realizada a análise de variância (ANOVA), submetendo-se os resultados obtidos ao teste de Tukey para comparação de médias, sempre que a hipótese da nulidade foi rejeitada ($P < 0,05$). Para a realização de todos os testes utilizou-se o programa R®.

Resultados e discussão

Qualidade de toras

Os resultados da análise de variância revelaram que apenas a espécie exerceu efeito significativo sobre a conicidade (Tabela 1), não sendo verificado o efeito da classe diamétrica e da interação dos fatores considerados.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os resultados de qualidade das toras de cinco espécies de *Eucalyptus*.

Fontes de Variação	Conicidade	Índice de rachadura de topo
Espécie	**	ns
Classe diamétrica	ns	ns
Espécie x Classe diamétrica	ns	ns

** Significativo a 5% de significância ($p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$).

O efeito não significativo observado para a classe diamétrica sobre a conicidade, pode estar relacionado com o processo de seleção das toras adotados neste trabalho, uma vez que as toras utilizadas, independentemente da espécie e da classe diamétrica, foram, em sua maioria, retiradas de alturas semelhantes, na porção mediana do fuste, evitando-se o uso de toras provenientes da porção basal e do ápice das árvores, que reconhecidamente apresentam conicidade mais acentuada. Entretanto, não foram encontrados na literatura trabalhos para confirmar esta hipótese. Ainda, deve-se considerar que, além da classe diamétrica, existem outros fatores que também exercem influência sobre a conicidade,

entre eles, espécie, idade, condições climáticas, tratamentos culturais e silviculturais.

Em relação à análise de variância para o índice de rachadura de topo das toras (Tabela 1), os resultados obtidos indicaram que nenhum dos fatores avaliados exerceram efeito significativo sobre essa característica, sugerindo certa homogeneidade do material selecionado.

Quando considerados os valores médios de conicidade obtidos para cada tratamento e o resultado do teste de médias (Tabela 2), observa-se que o efeito da espécie só foi significativo quando consideradas a Classe 3 e a média geral por espécie, verificando-se as maiores concidades para o *E. deanei*. Esse resultado, provavelmente está relacionado com as características genéticas do *E. deanei*, já que a idade, local de coleta, técnicas de implantação e manejo silvicultura de todas as espécies avaliadas eram idênticas.

Tabela 2. Conicidade em cm/m, por espécie e classe diamétrica de toras de cinco espécies de eucalipto.

Conicidade (cm/m)				
Espécie	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Média
<i>E. benthamii</i>	0,44 A (57,75)	0,44 A (97,20)	0,69 B (23,92)	0,52 B (58,41)
<i>E. deanei</i>	1,05 A (35,04)	0,81 A (38,976)	1,69 A (34,30)	1,18 A (47,28)
<i>E. dorrigoensis</i>	0,57 A (68,51)	0,46 A (126,97)	0,66 B (54,89)	0,56 B (76,30)
<i>E. dunnii</i>	0,56 A (38,21)	0,846 A (45,77)	1,07 AB (46,33)	0,83 AB (50,22)
<i>E. smithii</i>	1,10 A (40,85)	0,92 A (58,81)	0,69 B (27,80)	0,90 AB (47,12)

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$); valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação das amostras.

Sobre as classes diamétricas, embora não se verifique diferença significativa, pode-se observar, que numericamente, com exceção aos resultados obtidos para o *E. smithii*, houve uma tendência de elevação da conicidade da primeira para a terceira classe diamétrica. Resultado este, similar aos obtidos por outros autores. Lima e Garcia (2011), por exemplo, ao estudarem apenas a conicidade da segunda e terceira tora de três metros de comprimento, de *Eucalyptus grandis* W. Hill, verificaram que, para as duas situações, a conicidade das toras era maior à medida que se elevava o diâmetro de toras.

Todos os valores de conicidade das espécies avaliadas estão dentro dos limites observados para outras espécies do mesmo gênero. Carvalho (2016), ao estudar *E. grandis* e *Eucalyptus saligna* Sm., observou uma conicidade média de 1,10 cm/m. Enquanto Oliveira et al. (1999), avaliando sete espécies de eucaliptos (*Eucalyptus citriodora* Hook., *Eucalyptus tereticornis* Sm., *Eucalyptus paniculata* Sm., *Eucalyptus pilularis* Smith, *Eucalyptus cloeziana* F. Muell., *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *E. grandis*), verificaram concidades variando entre 0,45 e 2,17 cm/m.

No geral, os tratamentos aqui avaliados apresentaram conicidade inferior a 1,69 cm/m, o que pode ser considerado como positivo para utilização dessas espécies na produção de serrados, posto que este valor se encontra dentro dos limites estabelecidos pela Norma para Classificação de Toras de Madeira de Folhosas (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal 1984), que determina que concidades inferiores a 3 cm/m representam toras de boa qualidade.

Por não se observar efeitos significativos da espécie e da classe diamétrica de toras sobre o índice de rachadura de topo, os resultados médios obtidos para esta característica para os diferentes tratamentos avaliados dispensaram a realização do teste de médias. Contudo, uma vez que explicam parcialmente os resultados obtidos para o rendimento em madeira serrada sem rachaduras, os valores médios obtidos para o índice de rachaduras são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Índice de rachadura de topo da tora em %, por espécie e classe diamétrica de toras de cinco espécies de eucalipto.

Índice de rachadura de topo (%)				
Espécie	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Média
<i>E. benthamii</i>	0,67 (27,53)	0,97 (74,40)	0,45 (34,33)	0,70 (66,58)
<i>E. deanei</i>	1,00 (129,65)	0,42 (115,92)	0,36 (112,40)	0,59 (139,18)
<i>E. dorrigoensis</i>	0,50 (77,29)	0,78 (53,20)	0,26 (53,64)	0,51 (74,85)
<i>E. dunnii</i>	0,56 (71,69)	0,82 (89,86)	0,79 (137,98)	0,72 (102,94)
<i>E. smithii</i>	0,64 (18,36)	0,75 (60,49)	1,08 (66,71)	0,83 (60,39)

Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação das amostras.

Lima et al. (2007), ao considerarem o efeito da classe diamétrica sobre as rachaduras de topo de toras de *E. grandis*, obtiveram resultados semelhantes aos verificados no presente estudo, indicando que o intervalo das classes diamétricas adotado não foi suficiente para influenciar de forma significativa sobre esse defeito.

Os índices médios de rachadura de topo das toras, obtidos para cada tratamento, estão de acordo com os resultados verificados para o gênero *Eucalyptus* em estudos que adotaram a mesma metodologia de avaliação. Trevisan et al. (2013), por exemplo, ao avaliarem toras de *E. grandis*, observaram índices variando entre 0,8 e 2,5%, ao passo que Lima et al. (2007), para a mesma espécie, verificaram valores entre 0,72 e 0,89%.

Rendimento em madeira serrada

Os resultados da análise de variância foram semelhantes entre todos os tipos de rendimento estudados (Tabela 4), verificando-se apenas o efeito significativo dos fatores espécie, condição de umidade e interação espécie x classe diamétrica. Esses resultados são comparáveis aos obtidos por Juízo et al. (2014), que ao avaliarem o rendimento em madeira serrada para o *E. cloeziana* e *E. saligna*, considerando diferentes fontes de variação, somente verificaram efeito significativo para o fator espécie e modelo de desdobro.

Tabela 4. Análise de variância para os resultados de rendimento.

Fontes de Variação	Rendimento bruto	Rendimento sem os detopamentos	Rendimento sem as rachaduras	Rendimento líquido
Espécie	**	**	**	**
Classe diamétrica	ns	ns	ns	ns
Condição de umidade	**	**	**	**
Espécie x Classe diamétrica	**	**	**	**
Espécie x Condição de umidade	ns	ns	ns	ns
Classe diamétrica x Condição de umidade	ns	ns	ns	ns
Espécie x Classe diamétrica x Condição de umidade	ns	ns	ns	ns

** Significativo a 5% de probabilidade ($p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$).

Em relação ao efeito da classe diamétrica, esse fator não teve influência significativa sobre os rendimentos estudados, o que, possivelmente, está relacionado à utilização de modelos de corte específicos adotados para cada uma das classes diamétricas avaliadas, que resultou na otimização do rendimento obtido para

todas as espécies estudadas. Manhiça et al. (2012), ao estudarem o desdobro de *Pinus* spp., verificaram que o desdobro programado, no qual foi utilizado um modelo de corte para cada classe diamétrica, em comparação ao desdobro convencional, apresentou redução do efeito do diâmetro de toras sobre o rendimento em madeira serrada.

Quanto ao efeito significativo para a condição de umidade, o mesmo já era esperado, uma vez que, reconhecidamente, durante o processo de secagem, em função da contração, responsável pela variação das dimensões da madeira abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), ocorre a redução do volume. Resultados análogos foram obtidos por Rocha (2000) ao avaliar o rendimento em madeira serrada de *E. grandis* e *E. dunnii*.

Contudo, quando analisados os resultados do teste de médias para o rendimento bruto (Tabela 5), verifica-se que o efeito da condição de umidade não foi significativo quando consideradas a mesma espécie e classe diamétrica, ou até mesmo, quando considerada a média geral obtida por espécie, indicando que este efeito só ocorreu de forma significativa para comparações entre espécies e/ou classes diamétricas distintas.

Tabela 5. Rendimento bruto em madeira serrada (%) por espécie e classe diamétrica de toras de cinco espécies de eucalipto.

Rendimento bruto (%)			
Condição de umidade	Espécie	Classe 1	
Saturada	<i>E. benthamii</i>	52,21 AB a (12,92)	
	<i>E. deanei</i>	52,27 AB a (6,48)	
	<i>E. dorrigoensis</i>	50,49 AB a (8,06)	
	<i>E. dunnii</i>	58,67 A a (3,89)	
	<i>E. smithii</i>	51,84 AB a (8,69)	
Secagem natural a 17,5%	<i>E. benthamii</i>	48,57 AB a (5,88)	
	<i>E. deanei</i>	47,46 B a (8,86)	
	<i>E. dorrigoensis</i>	48,24 B a (11,95)	
	<i>E. dunnii</i>	54,74 AB a (8,67)	
	<i>E. smithii</i>	48,35 B a (9,83)	
Rendimento bruto (%)			
	Classe 2	Classe 3	Média
	51,48 ABC a (7,73)	48,34 A a (8,03)	50,67 BCD (9,84)
	55,56 AB a (7,56)	55,16 A a (6,90)	54,33 AB (7,07)
	49,64 BC a (3,95)	55,07 A a (14,49)	51,73 BCD (10,61)
	61,35 A a (6,51)	55,25 A a (7,77)	58,42 A (7,26)
	52,52 ABC a (5,93)	54,57 A a (5,00)	52,98 BC (6,58)
	47,85 BC a (7,64)	45,10 A a (4,22)	47,17 D (6,56)
	51,06 BC a (7,87)	50,53 A a (8,69)	49,68 BCD (8,51)
	45,28 C a (9,72)	50,40 A a (7,15)	47,97 D (10,10)
	56,697 AB a (6,78)	51,489 A a (10,03)	54,310 AB (8,87)
	46,77 BC a (5,50)	49,60 A a (5,33)	48,24 CD (7,11)

Média seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$); valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação das amostras.

De acordo com a análise de variância para o rendimento bruto, independentemente da condição de umidade, não foram verificadas diferenças significativas entre as classes diamétricas, não sendo possível a determinação de tendência para essa variável. Müller (2013), ao determinar o rendimento em madeira serrada de *E. benthamii*, após o desdobro e após a secagem, testando dois modelos de desdobro tangencial, verificou o aumento do rendimento bruto em madeira serrada com a elevação da classe diamétrica. Por outro lado, Cunha et al. (2015b), ao avaliarem o rendimento bruto após o desdobro, também de *E. benthamii*, em diferentes modelos de desdobro tangencial, concluíram que estatisticamente a elevação da classe diamétrica reduziu o rendimento em madeira serrada, indicando que os modelos de desdobro selecionados pelos referidos autores foram mais adequados as classes de menor diâmetro, uma vez que estes não consideraram as particularidades de cada classe ao selecionarem os modelos de desdobro.

Sobre o fator espécie, para o rendimento bruto, verifica-se que estatisticamente, somente para a Classe 2, na condição saturada, ocorreram diferenças significativas, observando-se os maiores rendimentos para o *E. dunnii* e os menores para o *E. smithii*, o *E. dorrigoensis* e o *E. benthamii*. Além disso, essa mesma tendência também foi observada para as médias gerais obtidas por espécies, mas nesse caso, para as duas condições de umidade consideradas.

Destacam-se ainda, os resultados obtidos para o *E. deanei*, que apesar de apresentar a maior conicidade média de toras dentre as espécies estudadas, no geral, obteve o segundo maior aproveitamento, indicando que neste estudo a conicidade de toras não foi determinante para o rendimento alcançado.

Todavia, apesar dos maiores rendimentos brutos serem observados para o *E. dunnii* e o *E. deanei*, verifica-se que as demais espécies também apresentaram bons resultados, aproximando-se dos obtidos por essas duas. Além disso, quando consideradas todas as espécies estudadas, verifica-se que os rendimentos médios brutos obtidos, entre 48,34 e 61,35% após o desdobro e entre 45,10 e 56,70% após a secagem, estão de acordo com os valores encontrados para o gênero na literatura, inclusive, daqueles observados para espécies já recomendadas para a produção de madeira serrada no Brasil, como o *E. grandis* e o *E. saligna*. Anjos (2013), ao avaliar diferentes clones de *Eucalyptus*, após o desdobro, obteve um rendimento médio de 44,49% para o *E. grandis* e de 48,29% para o *E. saligna*. Enquanto, Carvalho e Nahuz (2002), ao estudarem o *E. grandis* x *E. urophylla*, observaram, após a secagem, o rendimento médio de 39,71%.

Quando analisados os valores médios e o teste de médias obtidos para o rendimento em madeira serrada sem os destopos (Tabela 6), verifica-se que o efeito das variáveis sobre os resultados foi muito semelhante ao observado para o rendimento bruto. Assim, não foram observados o efeito da classe diamétrica e da condição de umidade, quando considerada a combinação entre espécie e classes idênticas. Ao passo que para o fator espécie, novamente, com base na média geral e nas duas condições de umidade, os maiores rendimentos foram observados para o *E. dunnii* e os menores para o *E. benthamii*. No entanto, todas as espécies estudadas apresentaram valores muito próximos entre si.

Tabela 6. Rendimento em madeira serrada sem os destopo (%) por espécie e classe diamétrica de toras de cinco espécies de eucalipto.

Rendimento descontando o destopo (%)		
Condição de umidade	Espécie	Classe 1
Saturada	<i>E. benthamii</i>	47,64 AB a (5,16)

	<i>E. deanei</i>	49,56 AB a (8,96)	
	<i>E. dorrigoensis</i>	47,76 AB a (17,57)	
	<i>E. dunnii</i>	55,78 A a (8,86)	
	<i>E. smithii</i>	48,23 AB a (19,29)	
Secagem natural a 17,5%	<i>E. benthamii</i>	44,31 B a (3,05)	
	<i>E. deanei</i>	44,99 AB a (8,10)	
	<i>E. dorrigoensis</i>	45,66 AB a (9,27)	
	<i>E. dunnii</i>	52,04 AB a (8,53)	
	<i>E. smithii</i>	44,97 AB a (15,09)	
	Rendimento descontando o destopo (%)		
	Classe 2	Classe 3	Média
	47,98 ABC a (6,39)	45,61 A a (7,99)	47,08 BCD (7,74)
	52,59 ABC a (6,96)	52,52 A a (6,82)	51,55 AB (7,58)
	46,68 ABC a (12,46)	52,09 A a (9,41)	48,84 BCD (13,35)
	58,11 A a (8,70)	52,58 A a (10,54)	55,49 A (9,63)
	49,84 ABC a (2,58)	51,68 A a (5,68)	49,92 ABC (10,94)
	44,61 BC a (6,06)	42,55 A a (4,65)	43,82 D (4,90)
	48,34 ABC a (8,07)	48,09 A a (5,92)	47,14 BCD (7,63)
	42,58 C a (10,55)	47,65 A a (8,87)	45,30 CD (10,03)
	53,71 AB a (7,13)	49,01 A a (7,68)	51,59 AB (8,21)
	44,36 BC a (6,09)	46,98 A a (2,77)	45,44 CD (9,09)

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$); valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação das amostras.

Essa similaridade dos efeitos provocados pelos fatores estudados entre o rendimento bruto e o rendimento sem os destopos, demonstrou a baixa ocorrência de tábuas com presença de esmoado ou desbitolamento, indicando que, na sua maioria, as perdas por destopo foram decorrentes da padronização do comprimento das peças em 2 m e por esse motivo, foram proporcionais entre os tratamentos.

Os valores médios de rendimento sem os destopos, entre 45,61 e 58,11%, na condição saturada, e entre 42,55 e 53,71%, na condição seca a 17,5% de umidade, obtidos para as espécies estudadas se aproximam dos observados por Rocha (2000), que ao avaliar o desdobro tangencial, verificou o rendimento de 45,71% para o *E. grandis* e de 41,26% para o *E. dunnii*, após o desdobro, e de 40,06% para o *E. grandis* e de 36,93% para o *E. dunnii*, após a secagem.

Quanto às médias obtidas para o rendimento sem as rachaduras (Tabela 7), verifica-se que o efeito da condição de umidade sobre os resultados foi mais acentuado do que aquele observado para o rendimento bruto e o rendimento sem os destopos, sendo constatadas diferenças estatísticas significativas entre todos os valores médios finais alcançados por espécie,

evidenciando a elevação do comprimento das rachaduras durante o processo de secagem da madeira.

Tabela 7. Rendimento em madeira serrada sem as rachaduras (%) por espécie e classe diamétrica de toras de cinco espécies de eucalipto.

Rendimento sem as rachaduras (%)		
Condição de umidade	Espécie	Classe 1
Saturada	<i>E. benthamii</i>	45,44 BC a (4,77)
	<i>E. deanei</i>	45,23 BC a (3,74)
	<i>E. dorrigoensis</i>	46,40 B ab (15,70)
	<i>E. dunnii</i>	55,41 A a (3,54)
	<i>E. smithii</i>	45,90 B a (7,07)
	Secagem natural a 17,5%	<i>E. benthamii</i>
<i>E. deanei</i>		37,16 C a (10,00)
<i>E. dorrigoensis</i>		43,29BC a (14,73)
<i>E. dunnii</i>		48,81 AB a (8,45)
<i>E. smithii</i>		40,93 BC a (13,25)
Rendimento sem as rachaduras (%)		
Classe 2	Classe 3	Média
44,00 BCD a (7,13)	42,74 BC a (2,70)	44,06 CD (5,28)
51,77 AB a (5,87)	51,65 A a (7,72)	49,55 A (8,56)
42,86 CD b (9,08)	51,56 A a (8,82)	46,94 BC (13,32)
55,59 A a (7,25)	49,45 AB a (7,09)	53,47 A (7,92)
44,86 BCD a (3,57)	48,25 AB a (4,94)	46,34 BCD (5,91)
37,60 D a (11,04)	38,63 C a (7,13)	38,85 E (7,99)
45,10 BCD a (5,50)	45,30 ABC a (8,12)	42,52 DE (11,76)
38,15 D a (8,67)	45,23 ABC a (4,37)	42,22 DE (11,95)
48,73 ABC a (5,70)	43,01 ABC a (8,87)	46,85 BC (9,34)
36,51 D a (6,98)	41,67 BC a (4,18)	39,70 E (10,29)

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$); valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação das amostras.

Apesar da classe diamétrica não ter exercido efeito significativo sobre o rendimento sem as rachaduras, os resultados obtidos para o *E. dorrigoensis* na condição saturada, apresentaram diferenças estatísticas entre as classes diamétricas estudadas, observando-se os maiores rendimentos para a classe 3 e os menores rendimentos para a classe 2. Esses resultados foram ocasionados pelo efeito da interação dos fatores espécie x classe diamétrica e provavelmente estão relacionados às rachaduras de topo das toras de *E. dorrigoensis*, que embora não tenham apresentado diferença significativa, foram mais intensas nas toras da classe 2.

No que tange ao efeito isolado da espécie no rendimento sem as rachaduras, outra vez, observam-se os maiores rendimentos para o *E. dunnii*, que apesar de exibir perdas provocadas pelas rachaduras, nas duas condições de umidade, indicou que a manifestação desse defeito não comprometeu o seu aproveitamento frente aos resultados obtidos pelas demais espécies. O mesmo não foi observado para o *E. deanei*, que

embora tenha apresentado valores médios finais estaticamente iguais aos do *E. dunnii* para os rendimentos bruto e sem os destopos, após o processo de secagem, obteve um rendimento sem as rachaduras significativamente inferior a essa espécie, demonstrando uma maior propensão a formação de rachaduras durante a secagem.

Os rendimentos médios sem as rachaduras indicaram que todas as espécies estudadas apresentaram qualidade e rendimento aceitáveis, no que se refere a manifestação deste defeito, apresentando potencial para a produção de madeira serrada, visto que os resultados obtidos, cujos valores variaram entre 44,06 a 53,48 % na condição saturada e entre 38,85 a 46,85% na condição seca a 17,5 % de umidade, se aproximam dos observados na literatura. Cunha et al. (2015a) logo após o desdobro, observaram para o *E. benthamii* valores entre 42,92 e 51,55% e para o *E. grandis* valores entre 55,40 e 60,60 %. Já Müller (2013), para o *E. benthamii*, após a secagem, observou rendimentos entre 13,21 e 25,60%.

Em relação aos resultados obtidos para o rendimento líquido (Tabela 8), para a mesma espécie, o efeito da condição de secagem apenas foi observado para as médias gerais, reduzindo de maneira significativa o volume de todas as espécies estudadas. Não foi verificada diferença dentro das classes diamétricas.

Tabela 8. Rendimento líquido em madeira serrada (%) por espécie e classe diamétrica de toras de cinco espécies de eucalipto.

Rendimento Líquido (%)		
Condição de umidade	Espécie	Classe 1
Saturada	<i>E. benthamii</i>	42,72 BC a (5,44)
	<i>E. deaney</i>	44,22 BC a (4,54)
	<i>E. dorrigoensis</i>	45,02 ABC a (16,52)
	<i>E. dunnii</i>	53,87 A a (7,22)
	<i>E. smithii</i>	44,19 BC a (16,84)
	<i>E. benthamii</i>	37,93 C a (4,62)
	<i>E. deaney</i>	36,22 C a (9,96)
Secagem natural a 17,5%	<i>E. dorrigoensis</i>	42,12 BC a (11,45)
	<i>E. dunnii</i>	47,61 AB a (7,74)
	<i>E. smithii</i>	39,33 BC a (12,17)
Rendimento Líquido (%)		
Classe 2	Classe 3	Média
42,14 BC a (6,96)	41,32 ABC a (10,89)	42,06 CDE (7,57)
49,85 AB a (5,97)	49,99 A a (7,80)	48,02 AB (8,27)
41,79 BC a (9,19)	49,54 AB a (7,16)	45,45 BC (12,91)
53,89 A a (7,41)	47,83 AB a (5,53)	51,86 A (8,53)
44,12 BC a (3,31)	46,97 AB a (4,76)	45,09 BCD (9,86)
36,03 C a (12,18)	37,35 C a (8,97)	37,10 F (8,63)
43,44 BC a (6,98)	43,86 ABC a (6,13)	41,17 CDEF (11,28)
37,31 C a (9,72)	43,55 ABC a (7,74)	40,99 DEF (11,25)
47,50 AB a (9,04)	41,60 ABC a (3,44)	45,57 BC (9,36)
35,92 C a (4,94)	40,55 BC a (4,91)	38,60 EF (9,23)

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$); valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação das amostras

Para o efeito do fator espécie, seguindo a tendência do efeito observado para os outros rendimentos, os maiores rendimentos líquidos foram obtidos pelo *E. dunnii*, cuja superioridade foi acentuada pelo processo de secagem, indicando que essa espécie apresenta uma melhor estabilidade dimensional do que a observada para as demais espécies estudadas.

Já os menores rendimentos líquidos, nas duas condições de umidade, foram observados para *E. benthamii*, *E. dorrigoensis* e *E. smithii*, que de acordo com análise estatística, não diferiram entre si. Contudo, numericamente, os menores aproveitamentos foram observados para o *E. benthamii*. Higa e Pereira (2003), ao avaliarem os usos potenciais do *E. benthamii*, concluíram que a sua madeira era dimensionalmente instável, apresentando índices elevados de contração volumétrica e de coeficiente de anisotropia, o que pode explicar, parcialmente, os resultados obtidos no presente estudo.

Comparando-se os rendimentos líquidos obtidos pelas espécies, na ordem de 41,32 a 53,89%, na condição saturada, e na ordem de 35,99 a 47,61%, na condição seca a 17,5% de umidade, com os resultados obtidos para o *Eucalyptus* em trabalhos realizados por outros autores (Cunha et al. 2015a, Cunha et al. 2015b), verifica-se que os resultados aqui obtidos estão de acordo com os valores observados para o *Eucalyptus*, sendo até mesmo, em algumas situações, superiores, indicando que essas espécies podem ser utilizadas para a produção de madeira serrada em regiões de ocorrência de geadas. Amparado et al. (2008), por exemplo, para o *E. saligna* aos 20 anos de idade, observaram o rendimento líquido médio de 26%, após o desdobro, e de 24%, após a secagem.

Conclusões

Todas as espécies avaliadas apresentaram toras de boa qualidade, com valores de conicidade e índice de rachaduras de topo de toras de acordo com os observados para o gênero *Eucalyptus*.

Dentre os fatores considerados, somente a espécie, a condição de umidade e a interação entre espécie e classe diamétrica apresentaram efeito significativo sobre os rendimentos avaliados.

Independentemente do tipo de rendimento considerado, os maiores aproveitamentos em madeira serrada foram obtidos pelo *E. dunnii*, em especial após a secagem natural. As demais espécies avaliadas também demonstraram um bom desempenho, apresentando valores próximos aos observados na literatura para espécies de *Eucalyptus* tradicionalmente empregadas na indústria de serrados.

Os rendimentos obtidos para todas as espécies avaliadas foram satisfatórios, indicando que essas podem ser recomendadas como potenciais substitutas a espécies já utilizadas na produção de madeira serrada em regiões de ocorrência de geadas.

Referências

- Amparado KF, Carvalho AM, Garcia RA, Latorraca JVF (2008) Caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Smith nas condições verde e seca. *Revista Florestal Venezuelana*, XLII(52): 71-76.
- Anjos RAM (2013) *Estudo da qualidade de madeira serrada de três espécies de eucalipto*. Tese, Universidade Federal do Paraná. 154 p.
- Blackwell P, Walker JCFL (2006). Sawmilling. In: Walker JCF (ed), *Primary wood processing: principles and practice*. Berlin: Springer, p. 203-250.

- Brondani EG, Wendling I, Grossi F, Dutra LF, Araujo MA (2010) Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*: (II) Sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. *Ciência Florestal*, 20(3): 453-465. doi: 10.5902/198050982060
- Calonego FW, Severo ETD (2005) Efeito do diâmetro de toras na magnitude das tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*. *Energia na Agricultura*, 20(2), 53-65.
- Carvalho DE (2016) *Melhoria no desdobro em uma serraria de eucalipto para madeira destinada a construção*. Dissertação, Universidade Federal do Paraná, 83 p.
- Carvalho MA, Nahuz MAR (2002) Ensaios com madeira serrada de eucalipto jovem obtida de um plantio destinado à indústria de celulose. *Árvore*, 26(1), 83-91.
- Cunha AB, França MC, Almeida CCF, Gorski L, Cruz RC, Santos D (2015a) Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial. *Floresta*, 45(2): 241-250. doi: 10.5380/uf.v45i2.32570
- Cunha AB, Brand MA, Simão RL, Martins SA, Anjos RAM, Surdi PG, Schimanski MB (2015b) Determinação de rendimento de matéria-prima de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage por meio de diferentes métodos de desdobro. *Árvore*, 39(4): 733-741. doi: 10.1590/0100-67622015000400016
- EPAGRI/CIRAM (2016) *Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina*. Disponível em: <http://www.ciram.epagri.sc.gov.br/images/documentos/ZonAgroecoMapas.pdf>. Acesso em: 15/12/2016.
- Higa RCV, Pereira JCD (2003) *Usos potenciais do Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage*. Colombo: Embrapa Florestas. 4p.
- Hornburg KF, Eleotério JE, Bagattoli TR, Nicoletti AL (2012) Qualidade das toras e da madeira serrada de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. *Scientia Forestalis*, 40(96): 463-471.
- Indústria Brasileira de Árvores (2017) *Relatório Anual 2017*. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 27/09/2017.
- Juizo CGF, Rocha MP, Bila NFB (2014) Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. *Floresta e Ambiente*, 21(4): 543-550. doi: 10.1590/2179-8087.062213.
- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) (1984) *Norma para medição e classificação de toras de madeira de folhosas*. Brasília: IBDF. 42p.
- Lima IL, Garcia JN (2011) Efeito do desbaste e da fertilização na porcentagem de casca e conicidade de toras de *Eucalyptus grandis*. *Floresta*, 41(2): 305-312. doi: 10.5380/uf.v41i2.21878
- Lima IL, Garcia JN, Stape JL (2007) Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden. *Cerne*, 13(2): 170-177.
- Manhica AA, Rocha MP, Timofeiczuk Júnior R (2012) Rendimento no desdobro de *Pinus* sp. Utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte. *Floresta*, 42(2): 409-420. doi: 10.5380/uf.v42i2.19641
- Müller BV (2013) *Efeito de sistemas de desdobro na qualidade e rendimento de madeira serrada de Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage*. Dissertação, Universidade Federal do Paraná, 119 p.
- Oliveira JTS, Hellmeister JC, Simões JW, Tomazello Filho M (1999) Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- avaliações dendrométricas das árvores. *Scientia Forestalis*, 56: 113-124.
- Rocha MP (2000) *Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunnii Maiden como Fontes de Matéria Prima para Serrarias*. Tese, Universidade Federal do Paraná, 185 p.
- Trevisan R, Denardi L, Cardoso GV, Haseleim CR, Santini EJ (2013) Variação axial do índice de rachaduras na base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Scientia Forestalis*, 41(97): 075-081.
- Tsoumis G (1991) *Science and technology of wood: structure, properties, utilization*. New York: Chapman e Hall. 494p.