

SECAGEM AO AR LIVRE E QUALIDADE DE SERRADOS DE CLONES DE *Eucalyptus grandis*

Maiara Talgatti^{1*}, Amanda Grassmann da Silveira¹, Talita Baldin¹,
Joel Telles de Souza¹, Elio José Santini²

SAP 19299 Data envio: 10/04/2018 Data do aceite: 16/06/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 2, abr./jun., p. 197-204, 2018

RESUMO - Objetivou-se verificar o comportamento da madeira serrada de clones de eucalipto durante o processo de secagem ao ar livre, a fim de subsidiar a classificação fenotípica para seleção genética, por meio da avaliação da qualidade da madeira. Para tal, foram utilizadas 15 tábuas de 2,5 x 10,0 x 1,2 cm, de cada clone para o processo de secagem ao ar livre, após foi realizada a avaliação dos defeitos de secagem, adicionalmente, e com isso verificado o índice de rachaduras de topo em tora. Já para a determinação dos coeficientes de contração lineares, contração máxima volumétrica e coeficiente de anisotropia, foram utilizados 30 corpos de prova com dimensões 2,0 x 2,0 x 10,0 cm por clone. O clone 1007 apresentou a maior taxa de secagem e também foi considerado o de melhor desempenho no que tange o surgimento de rachaduras de topo em tora e qualidade quanto à incidência de defeitos pós secagem, sendo recomendada sua seleção genética. A média da densidade básica dos clones foi de 0,4016 g.cm⁻³, caracterizando as madeiras como leves. As espécies em estudo possuem madeiras baixa retratibilidade, estando dentro dos limites apresentados na literatura para o gênero *Eucalyptus*, o fator anisotrópico indicou que as madeiras apresentam comportamento normal.

Palavras-chave: defeitos da madeira serrada; madeira de eucalipto; umidade.

OUTDOOR DRYING AND SAWING QUALITY OF Eucalyptus grandis CLONES

Abstract - The objective of this study was to verify the behavior of the sawn wood of eucalyptus clones during the drying process in the open air, in order to subsidize the phenotypic classification for genetic selection, through the evaluation of wood quality. For this, 15 boards of 2.54 x 10.00 x 1.20 cm were used for each drying process in the open air, after the evaluation of the drying defects, in addition, the index from top to bottom cracks. Already for the determination of the linear contraction coefficients, maximum volumetric contraction and anisotropy coefficient, 30 specimens with dimensions 2.0 x 2.0 x 10.0 cm per clone were used. Clone 1007 presented the highest drying rate, being considered the one with the best performance in relation to the appearance of top cracks in log and quality in the incidence of defects after drying, and its genetic selection is recommended. The average of the basic density of the hybrids was 0.4016 g.cm⁻³, characterizing the wood as light. The species under study have low retractable wood, being within the limits presented in the literature for the genus *Eucalyptus*, the anisotropic factor indicated that the wood exhibits normal behavior.

Key words: lumber defects; Eucalyptus wood; moisture.

INTRODUÇÃO

A secagem proporciona à madeira algumas vantagens como a redução do seu peso e diminuição do valor do transporte, maior estabilidade dimensional e menor susceptibilidade ao ataque de organismos xilófagos. Porém, deve-se observar a condução correta do processo a fim de minimizar defeitos a posteriori, e, para que as perdas de madeira sejam minimizadas, faz-se de suma importância o conhecimento do comportamento das diferentes espécies durante a secagem, otimizando seu aproveitamento na indústria.

As madeiras do gênero *Eucalyptus* apresentam-se como uma excelente fonte de matéria prima às indústrias de madeira serrada, quista, principalmente, por seu uso múltiplo. Porém, devido à grande gama de espécies do

gênero, é importante que a qualidade de produtos serrados seja aferida. Para madeiras de eucalipto, de maneira geral, os defeitos estão normalmente relacionados a tensões de crescimento e qualidade do fuste. Quando ocorre o corte da árvore, ainda no florestamento, e durante o processo de desdobro, há liberação destas tensões residuais, comprometendo a utilização das peças por meio de defeitos da madeira.

A secagem ao ar livre é eficiente para redução de umidade da madeira, principalmente na fase inicial (ZANUNCIO et al., 2014), onde a perda de água ocorre de forma rápida. Porém o método apresenta o inconveniente de demandar maior tempo em relação aos demais, até que o teor de umidade da madeira passe do PSF (ponto de saturação das fibras) alcançando o teor desejado. A

¹Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima 1000, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: maiara.talgatti@gmail.com.

*Autora para correspondência.

²Professor Titular, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais (UFSM), Av. Roraima 1000, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

instalação é de forma simples e com custos reduzidos, mas deve-se observar alguns cuidados, como: a pilha de madeira deve estar em um lugar seco e arejado, preferencialmente ensolarado, e, quando possível, utilizar cobertura para as pilhas, e evitar a incidência direta dos raios solares e da chuva. Para melhor desempenho do método, Santini (1992) sugere a montagem da pilha sobre uma base de 50 cm acima do nível do solo, proporcionando boa ventilação.

Ainda o mesmo autor salienta se que as madeiras de folhosas, de maneira geral, secam mais lentamente que as madeiras de coníferas, devido à sua estrutura anatômica. Os eucaliptos, por exemplo, são de difícil secagem e com alta propensão a defeitos, sendo necessária a verificação desses nas peças pós secagem. Além de indicar as árvores menos propensas a apresentar tais defeitos na formação de peças sólidas, a análise pode auxiliar em programas de melhoramento genético.

Beltrame et al. (2015) relatam sobre a escassez de informações efetivas sobre a qualidade da madeira de clones híbridos do gênero *Eucalyptus*, que possibilitem a indicação dos genótipos mais adequados para o emprego em programas de melhoramento genético. Diante da problemática, é necessário o conhecimento sobre o comportamento da madeira dos principais clones de eucaliptos disponíveis no mercado, para que seja maximizado seu aproveitamento nas indústrias, alavancando lucros e diminuindo prejuízos.

Visando obter informações para otimizar o processo de secagem natural da madeira serrada de dois clones comerciais de *Eucalyptus grandis*, o presente trabalho teve como objetivo determinar a perda de umidade em função do tempo, por meio da curva característica de secagem e da taxa de secagem durante o processo ao ar livre. Além disso, foram verificados o índice de rachaduras de topo (em tora e tábuas) e os defeitos de secagem, a fim de subsidiar a classificação fenotípica para seleção genética, por meio da avaliação da qualidade da madeira após secagem com vistas a produção de madeira serrada.

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção da matéria prima e local de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Santa Maria, RS e as árvores são originárias da cidade de Capivari do Sul, RS (30°08'42" S e 50°30'53" O). De acordo com o Centro de Sensoriamento Remoto do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (CSR/IBAMA, 2011), o clima da região é caracterizado como subtropical, com grande amplitude térmica, ocorrência de geadas e neve em algumas regiões durante o inverno e temperaturas que podem atingir 35°C no verão. A precipitação anual se situa em torno de 1.200 mm, com pouca variação sazonal.

As amostras em estudo, provieram de plantio homogêneo com espaçamento 2 x 3 m, sendo as árvores amostradas ao acaso, evitando-se indivíduos de bordadura, fuste tortuoso e com presença de bifurcação. Com auxílio de motosserra, foram retiradas a primeira e a segunda tora

de cada árvore, com aproximadamente 3 m de comprimento, de cada clone foram amostradas 6 árvores de 30,37 e 28,22 cm de diâmetro médio e 11 anos de idade.

Amostragem

Para a realização do ensaio de secagem ao ar livre foram utilizados 15 corpos de prova com dimensões de 2,5 x 10,0 x 120 cm³ por clone de *Eucalyptus grandis*, retirados aleatoriamente das toras seccionadas. Para a determinação das propriedades físicas foram utilizados 30 corpos de prova com dimensões 2,0 x 2,0 x 10,0 cm por clone.

Propriedade física: densidade básica

Para determinação da densidade básica foi selecionado um disco sem casca de 5,0 cm de espessura de cada tora na região do diâmetro à altura do peito (DAP), retirando-se duas cunhas opostas de cada disco. Assim, obtiveram-se cunhas diametrais opostas, as quais foram submersas em água até atingirem a saturação. A determinação do volume saturado das cunhas realizou-se pelo método de imersão em água sobre balança analítica conforme a norma ASTM D 2395 - 93 (1997). O peso seco foi obtido após a secagem em estufa convencional de laboratório a 103 ± 2°C, por meio de pesagens sucessivas até que fosse aferido peso constante, de acordo com norma ASTM D 4442 - 92 (1997).

Propriedade física: retratibilidade e anisotropia

Para a determinação dos coeficientes de contração linear (tangencial, radial e longitudinal), contração máxima volumétrica e coeficiente de anisotropia, foram utilizados 30 corpos de prova com dimensões 2,0 x 2,0 x 10,0 cm por clone. Os cálculos foram realizados por meio das seguintes equações:

Contrações lineares:

$$\beta(r, t, l) = \frac{Dv - Ds}{Dv} * 100 \quad (1)$$

Em que:

$\beta(r, t, l)$ = contração, em uma dada direção (%)

Dv = dimensão verde, em uma dada direção (cm)

Ds = dimensão seca, em uma dada direção (cm).

A contração volumétrica da madeira foi dada pela diferença entre o volume no estado saturado de umidade e no estado seco, em relação ao volume da madeira no estado saturado de umidade, conforme Equação 2.

$$\beta vol = \frac{Vv - Vs}{Vv} * 100 \quad (2)$$

Em que:

β (vol) = contração volumétrica (%)

Vv = volume verde (cm³)

Vs = volume seco (cm³)

Secagem ao ar livre...

TALGATTI, M. et al. (2018)

A partir da contração tangencial (β_t) e da contração radial (β_r) determinou-se o coeficiente de anisotropia (CA), conforme Equação 3.

$$CA = \frac{\beta_t}{\beta_r} \quad (3)$$

Em que:

CA= coeficiente de anisotropia (adimensional)
 β_t = contração tangencial (%)
 β_r = contração radial (%)

Propriedade física: secagem ao ar livre

Antes da secagem da madeira, o teor de umidade inicial de cada amostra controle foi calculado por meio da equação 4:

$$TU = \frac{(PU-PS)}{PS} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

TU = teor de umidade da seção em percentagem
 Pu = peso úmido da seção em gramas
 Os = peso seco da seção em gramas

Em cada pilha de madeira foram colocadas duas amostras de controle em locais diferentes de fácil remoção e reposição, de modo a permitir uma medição real e representativa do teor de umidade destas. O teor de umidade de cada pilha foi calculado por meio da equação 5:

$$Tua = \frac{(Pa(Tui+100))}{(Pi-100)} \quad (5)$$

Em que:

Tua = teor de umidade atual (%)
 Pa = peso atual da amostra (g)
 Pi = peso úmido da amostra (g)
 TUi = teor de umidade inicial (%)

Durante o ensaio de taxa de secagem acompanhou-se a perda de massa dos corpos de prova, em balança digital. A taxa de secagem foi determinada a partir da equação, descrita por Santini (1992). Determinou-se a taxa de secagem para cada uma das amostras controle, sendo considerada para a repetição, a média da unidade amostral. A estimativa da umidade de equilíbrio da madeira foi obtida pelo uso da equação de Simpson (1971) e dados climatológicos provieram do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a cidade de Santa Maria (RS).

Propriedade física: qualidade da madeira

Antes do desdobro foi avaliado o Índice de rachaduras de topo em tora, por meio da equação 6:

$$IRT = \frac{\sum a.C}{\pi.D^2} \quad (6)$$

Em que:

IRT = índice de rachadura da extremidade da tora das árvores médias (%)
 D = diâmetro médio da seção de corte (cm)
 a = abertura máxima da rachadura (cm)
 C = comprimento da rachadura (cm)

Após a finalização da secagem, foram realizadas as avaliações dos defeitos de arqueamento, encurvamento, encanoamento e rachaduras de superfície e de topo. Para mensuração do arqueamento, encurvamento e encanoamento, foram adotados os procedimentos recomendados pela norma NBR 9487 (ABNT, 2002).

Análise estatística

A análise dos diferentes parâmetros aferidos deu-se por meio do delineamento inteiramente casualizado, utilizou-se a análise de variância (teste F a 5% de significância), e nos casos em que a hipótese da nulidade foi rejeitada, aplicou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro para a diferenciação das médias. Para a avaliação dos defeitos pós-secagem foi utilizado os procedimentos recomendados pela norma NBR 9487 (ABNT, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Secagem ao ar livre

A Figura 1 ilustra as curvas de secagem dos clones, relacionando o teor de umidade inicial da madeira, com o tempo de secagem decorrido até 17,4% de umidade, valor médio anual para o município de Santa Maria (RS), de acordo com Susin et al. (2014). As curvas de secagem não apresentam região ou fase em que a taxa de secagem é constante, mesmo com teores de umidade acima do ponto de saturação das fibras, caracterizando as madeiras como impermeáveis (SANTOS et al., 2013).

Resultados semelhantes foram reportados por Rezende et al. (2015), em estudos de secagem por vaporização em *E. grandis*. Ainda, Loiola et al. (2015) salientam que logo no início da secagem, há uma tendência linear, mas ao avaliar todo o ciclo da pré-secagem da madeira, há predominância de a perda de umidade ocorrer de forma parabólica. Esta tendência também se observa para este estudo.

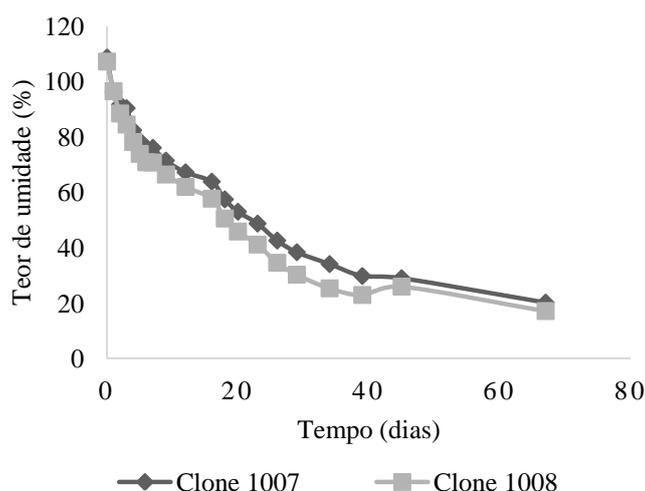


FIGURA 1 - Curva de secagem das amostras de madeira de eucalipto em função do teor de umidade inicial e tempo decorrido em dias.

Na Tabela 1 observa-se a umidade inicial média de cada clone, o tempo decorrido de secagem, teor médio final, taxa de secagem e massa específica básica. As madeiras de eucaliptos atingiram a umidade de equilíbrio esperada com aproximadamente 67 dias para os dois clones em estudo. O teor médio de umidade para as madeiras em estudo foi de 107,96%, este valor está em

consonância com estudos realizados por Loiola et al. (2015) em estudos com *Eucalyptus* spp. e também por Zanuncio et al. (2014). Sendo assim, os valores apresentados nesse estudo para o teor de umidade inicial e o tempo de secagem até as madeiras atingirem a umidade final, estão de acordo com a literatura e o esperado.

TABELA 1 - Teor de umidade inicial médio (TU_i), tempo decorrido de secagem (dias), taxa média de secagem (TMS) e densidade básica (Meb) das amostras de clones de *Eucalyptus grandis*.

Amostras	TU _i (%)	Dias	Tuf médio (%)	TMS (g cm ⁻² h) ⁻³	Meb (g cm ⁻³)
1007	108,70	67	20,19	0,1974 a*	0,4102 a
1008	107,23	67	17,12	0,1980 a	0,3930 a
Médias	107,96	-	18,65	0,1977	0,4016

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A madeira pode ser classificada segundo classes de densidade básica em: leve, onde a densidade é menor que 0,50 g cm⁻³, média, quando a densidade se encontra entre 0,50 e 0,72 g cm⁻³, e pesada, se a densidade for maior que 0,72 g cm⁻³ (MARQUES et al., 1997). Sendo assim, as madeiras dos clones 1007 e 1008 são consideradas de baixa densidade, sendo que o híbrido 1008 apresentou maior taxa de secagem, porém sem diferenciar-se do 1007.

Resultados semelhantes, a este trabalho, de massa específica foram reportados por Klitzke e Batista (2010). A densidade básica é de grande importância na taxa de secagem, pois normalmente quanto maior o seu valor, menor a permeabilidade da madeira e, conseqüentemente, mais lenta deverá ser a sua secagem, seja natural ou artificial. As maiores dificuldades na secagem, são reportadas para espécies categorizadas na classe mediana a pesada. Todavia, ocorrem exceções ocasionadas por

características de permeabilidade, como a presença de substâncias no interior das células (KLITZKE, 2003).

Para Braz et al. (2015), a densidade básica é uma variável imprescindível para a análise do comportamento de secagem e na taxa de secagem, pois normalmente quanto maior a densidade básica menor a permeabilidade da madeira e mais lenta deverá ser a sua secagem, seja natural ou artificial. No presente trabalho esta relação é confirmada. Para este trabalho, o clone 1007 apresentou maior densidade e menor taxa de secagem, porém sem apresentar diferença estatística.

Na Figura 2 estão ilustradas as taxas de secagem em função do teor de umidade para os clones. Nota-se por meio desta, que as inclinações iniciais das curvas são maiores num primeiro momento, indicando maior taxa inicial de secagem. Ao final da curva observa-se que as madeiras se estabilizaram próximo a 50%, decrescendo a taxa de secagem.

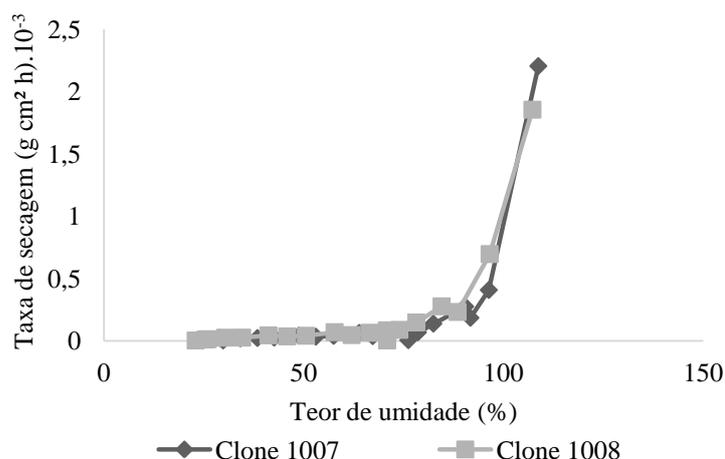


FIGURA 2 - Taxa de secagem em função do teor de umidade para as madeiras de clones de *Eucalyptus grandis*.

Estão descritos, na Tabela 2, os dados climatológicos para Santa Maria (RS) e a umidade de equilíbrio média da madeira para cada mês do período de estudo. Particularmente, na região Sul do país, o processo de secagem é mais favorável no período da primavera/verão, quando temperatura e insolação são mais intensas e observam-se menores umidades relativa e precipitação (SANTINI, 1992). No entanto, a pesquisa foi conduzida no período de outono/inverno, sendo assim,

estas mesmas madeiras podem apresentar melhores resultados no período citado pelo autor acima. Adicionalmente, observa-se que a estimativa da umidade de equilíbrio fornecida pela equação de Simpson, teve boa precisão para este estudo, sendo a umidade final média aferida para as madeiras de 18,65 e pela equação 18,11%. A perda de umidade foi maior no primeiro mês de secagem, quando ocorre a perda da água livre, mais fácil de ser removida (BERBEROVIC; MILOTA, 2011).

TABELA 2 - Condições climáticas de Santa Maria (RS) no período de secagem da madeira de clones de *Eucalyptus grandis*.

	Meses de 2016 (18 de março a 19 de julho de 2016)				
	Março	Abril	Mai	Julho	Julho
Precipitação (mm)	163,60	155,00	77,80	9,40	94,40
Temperatura (°C)	20,78	21,26	13,68	10,42	14,12
Umidade relativa (%)	87,89	85,69	90,24	87,28	84,34
Umidade de equilíbrio*	19,84	18,79	20,99	19,37	18,11

*Umidade de equilíbrio estimada pela equação de Simpson (1971). Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET, 2016).

Qualidade da madeira

Por meio dos resultados obtidos, na Tabela 3 pode-se observar os valores do índice de rachaduras de topo em tora de *Eucalyptus*. Conforme mencionado por Lima et al. (2000) o principal problema encontrado na produção de madeira de eucalipto, é a ocorrência de rachaduras nas toras e empenamentos das peças serradas, provocadas pelas tensões de crescimento. O mesmo autor utilizando a mesma metodologia para a determinação das rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus grandis*, encontraram valores de índice de rachaduras de topo

(Tabela 3) variando de 0,49%, em testemunhas sem aplicação de desbaste, a 0,80%, quando submetidas a desbaste. Diante disso, verifica-se que os valores de IRT do presente estudo são menores que os valores descritos pelo autor.

As rachaduras de topo em toras para as madeiras de *Eucalyptus* avaliadas, em sua grande maioria, ocorreram em regiões próximas a medula (composta por lenho juvenil), essa tendência também foi reportada por Silva et al. (2016) em estudos com *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* com 19 anos de idade.

TABELA 3 - Índice de rachaduras de topo (IRT) em tora e diâmetro médio, para os clones de *Eucalyptus grandis*.

Clones	Espécies	IRT (%)	Diâmetro médio (cm)
1007	<i>E. grandis</i>	0,34	30,37
1008	<i>E. grandis</i>	0,43	28,22

Na Tabela 4 são observados valores de rachaduras de topo (RT) e superfície em tábuas. Silva et al. (2016) em seus estudos com duas espécies de mogno africano, observou incidência de rachaduras de topo em tábuas menores, 9,46 e 6,20 %, que a média observada para o clone 1007 e maiores que para o 1008. Para Susin et al.

(2014) a exposição da pilha de madeira ao ar, a condições ambientais não controladas, pode favorecer o maior acréscimo de RT ao final da secagem em relação a outros métodos de secagem. Já as rachaduras de superfície não foram verificadas para este estudo.

TABELA 4 - Valores médios encontrados para avaliação de rachaduras de topo (RT) em tábuas e rachaduras de superfície (RS) pós-secagem das madeiras de clones de *Eucalyptus grandis*.

Clones	RT (%)	Amostras com defeito (%)	RS (%)	Amostras com defeito (%)
1007	19,06	66,60	0,00	0,00
1008	2,77	8,33	0,00	0,00
Médias	10,91	37,46	0,00	0,00

Quanto menor o IRT, melhor o desempenho do material frente a incidência de rachaduras de topo, sendo assim, o clone 1007 apresenta-se como o menos propenso a este defeito. Não houve ocorrência de nenhum defeito após desdobro das toras em tábuas. Susin et al. (2014) também não verificaram nenhum defeito nas tábuas de *Hovenia dulcis* após desdobro. A maior porcentagem de rachaduras de topo em tábuas, foi verificado para o clone 1007, onde 66,60% das tábuas contraíram esse defeito e 8,33% do 1008.

Os valores médios dos defeitos avaliados após secagem (Tabela 5) estão relacionados a qualidade da madeira, e dificultam a utilização do material para determinados fins. Dentre todos os defeitos avaliados o

que causa maior dano a peça é o arqueamento, devido ao fato de o mesmo ser quase irreversível, e passível de retirada somente reserrando a peça, diminuindo suas dimensões e, por então, perdendo a sua finalidade inicial.

Na Tabela 5 são ilustrados a porcentagem de tábuas com incidência de empenamentos e o valor destes após secagem. O encurvamento foi o empenamento com o a maior incidência nas tábuas, 41,66% apresentaram este defeito em maior ou menor amplitude, entre 0,37 e 0,61. Segundo Simpson (1971), o encurvamento não é um defeito problemático na madeira, uma vez que este pode ser facilmente eliminado durante o processo de empilhamento da carga de madeira.

TABELA 5 - Valores médios encontrados para avaliação do encurvamento (EV), encanamento (EM) e arqueamento (AR) pós-secagem das madeiras de clones de *Eucalyptus grandis*.

Clones	EV (mm m ⁻¹)	Amostras com defeito (%)	EM (mm m ⁻¹)	Amostras com defeito (%)	AR (mm m ⁻¹)	Amostras com defeito (%)
1007	0,69	33,33	0,00	0,00	0,37	16,66
1008	1,47	50,00	0,00	0,00	0,61	16,66
Médias	1,08	41,66	0,00	0,00	0,49	16,66

Caixeta et al. (2002) em estudo com 44 fenótipos superiores de *Eucalyptus* entre 13 e 17 anos, após avaliação da qualidade da madeira submetida a secagem ao ar livre, aferiu valores médios de encurvamento e encanamento de 0,10 e 3,12, respectivamente. Sendo o encurvamento obtido no presente estudo, 1,08, maior do que o verificado pelo autor supracitado, e de

encanamento menor (ausente), o desencontro de valores, provavelmente, deve-se a natureza dos clones.

Os resultados de retratibilidade da madeira (contração radial, tangencial, longitudinal, volumétrica e anisotropia) encontram-se na Tabela 6. As médias das contrações aferidas neste estudo não diferiram entre si.

TABELA 6 - Valores médios da contração da madeira de clones de *Eucalyptus grandis*.

Clones	Contração da madeira (%)				
	Radial	Tangencial	Longitudinal	Volumétrica	Anisotropia
1007	4,50 a*	6,10 a	0,52 a	12,88 a	2,17 a
1008	4,12 a	5,49 a	0,26 a	11,40 a	1,71 a

*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A contração tangencial apresentou-se, de modo geral, superior à contração radial. Kretschmann (2010) reportou a mesma tendência em seus estudos e afirma que,

para as madeiras em geral, a contração no sentido tangencial é superior ao sentido radial. Durlo e Marchiori

(1992) atribuem essa variação as restrições oferecidas pelos raios no sentido radial.

Os valores de contração são menores aos encontrados por Batista et al. (2010), onde ao avaliarem a madeira de *Eucalyptus saligna* aos 11 anos de idade, obtiveram valores de contração máxima volumétrica, radial e tangencial de 15,16%, 5,03% e 9,86%, respectivamente. Esta diferença pode estar relacionada à espécie do material em relação ao de objeto deste estudo.

A contração volumétrica apresentou valores entre 11,39 e 12,88%. De acordo com Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1985), madeiras com contração volumétrica entre 12,33 e 19,39% são consideradas de média retração e inferiores de pouca retração. Sendo assim, as madeiras dos clones podem ser classificadas como média a baixa retração. Os valores determinados neste estudo estão condizentes com outros obtidos para madeira adulta, por diversos autores (OLIVEIRA et al., 2010; MÜLLER et al., 2014).

Quanto ao fator anisotrópico, determinado como sendo a relação entre a retratibilidade na direção tangencial, dividida pela mesma propriedade na direção radial, mostrou-se semelhantes entre os clones, e as suas médias não diferiram estatisticamente, a média geral foi 1,93. Os valores médios do fator anisotrópico encontrados para esse estudo, situados entre 1,70 e 2,16, caracterizam a madeira de maneira geral como normal, de acordo com o índice determinado por Durlo e Marchiori (1992). Ainda, Scavanaca e Garcia (2004) afirmaram que, quanto mais próximo de 1 melhor é a madeira para marcenaria. A importância desse índice, no entanto, é que, quanto maior for o seu distanciamento da unidade, mais propensa será a madeira a fendilhar e empenar durante as alterações dimensionais provocadas pela variação higroscópica (OLIVEIRA et al. 2010).

Kollmann e Côté Júnior (1968) afirmam que quanto maior a densidade da madeira, maiores são a contração e o inchamento volumétricos, havendo uma relação praticamente linear entre essas propriedades. Porém, principalmente para o caso do gênero *Eucalyptus*, há controvérsia em tal afirmação. Corroborando, os autores Malan e Verryin (1996), trabalhando com *E. grandis* e híbridos desta com outras três espécies, não encontraram correlações entre a densidade básica e as retrações da madeira. Para este estudo, as madeiras foram classificadas como de baixa densidade, não apresentando diferença estatística entre as mesmas e com resultados semelhantes de retratibilidade, que não diferiram entre si. Sendo assim foi verificada relação linear entre as propriedades de densidade e retratibilidade.

Por fim, recomenda-se que a secagem da madeira ao ar livre ocorra na região em que a madeira for ser utilizada definitivamente, caso contrário, antes da utilização definitiva o material deve passar por um período de aclimatização.

CONCLUSÕES

As curvas de secagem das madeiras de eucalipto em estudo não apresentaram taxa de secagem constante, o

que permite caracterizar as espécies como sendo impermeáveis. As maiores perdas de umidade para todas as espécies ocorreram nas primeiras semanas de secagem. O clone 1007 destaca-se sendo o menos propenso a incidência de rachaduras de topo. O clone 1007 apresentou menor incidência de defeitos de secagem, sendo recomendada sua seleção genética. De modo geral, as espécies em estudo possuem madeira de média retratibilidade. Os valores de fator anisotrópico encontrados nas madeiras deste estudo, de maneira geral, podem ser considerados bastante satisfatórios, apresentando estabilidade dimensional normal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9487**: Madeira serrada de folhosas - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 32p.
- ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 2395-93**: standard test methods for specific gravity of wood and wood-based materials. Philadelphia, 1997. 8p.
- ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 4442-92**: standard test methods for direct moisture content measurement of wood and wood-base materials. Philadelphia, 1997. 6p.
- BATISTA, D.C.; KLITZKE, J.R.; SANTOS, C.V.T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.4, p.665-674, 2010.
- BELTRAME, R.; PERES, M.L.; LAZAROTTO, M.; GATTO, D.A.; SCHNEID, E.; HASELEIN, C.R. Tensões de crescimento longitudinais e propriedades mecânicas da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v.20, n.4, p. 1061-1074, 2015.
- BRAZ, R.L.; DUARTE, A.P.C.; OLIVEIRA, J.T.S.; MOTTA, J.P.; ROSADO, A.M. Curva característica de secagem da madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao ar livre. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.22, n.1, p.117-123, 2015.
- CAIXETA, R.P.; TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; ROSADO, S.C.S. Classificação de *Eucalyptus* relacionados com a qualidade da madeira após a secagem natural. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, [s.v.], n.61, p.49-58, 2002.
- DURLO, M.A.; MARCHIORI, J.N.C. **Tecnologia da madeira**: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992, 33p.
- IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira**: o que é e como pode ser processada e utilizada. São Paulo: 1985. p.189. (Boletim ABPM, 36).
- KRETSCHMANN, D.E. **Mechanical properties of wood**. In: Forest Products Laboratory. Wood Handbook: wood as an engineering material. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. p.1-46, 2010.
- KOLLMANN, F.F.P.; CÔTÉ JUNIOR, W.A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. 592 p.

- LIMA, I.L.; GARCIA, J.N.; NOGUEIRA, M.C.S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, [s.v.], n.58, p.111-125, 2000.
- KLITZKE, R.J. **Secagem da madeira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003.
- KLITZKE, R.J.; BATISTA, D.C. Ensaio de taxa de secagem e escore de defeitos para a predição da qualidade de secagem convencional da madeira de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.85, p.97-105, 2010.
- MALAN, F.S.; VERRY, S.D. Effect of genotype-by-environment interaction on the wood properties and qualities of four-year-old *E. grandis* hybrids. **South African Forestry Journal**, v.176, p.47-53, 1996.
- MARQUES, M.H.B.; MELO, J.E.; MARTINS, V.A. **Madeiras da Amazônia: características e utilização**. Brasília: IBAMA, p.141, 1997.
- BERBEROVIC, A.; MILOTA, M.R. Impact of wood variability on the drying rate at different moisture content levels. **Forest Products Journal**, v.61, n.6, p.435-442, 2011.
- MULLER, B.V.; ROCHA, M.P.; CUNHA, A.B.; KLITZKE, R.J.; NICOLETTI, M.F. Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.4, p.535-542, 2014.
- OLIVEIRA, J.T.S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N.C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.929-936, 2010.
- REZENDE, R.N.; LIMA, J.T.; PAULA, L.E.R.; SILVA, J.R.M. Efeito da vaporização na secagem de tábuas de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v.21, n.1, p.37-43, 2015.
- SANTOS, G.R.V.; JANKOSKI, I.P.; ANDRADE, A. Curva característica de secagem para madeira de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.63, p.214-220, 2003.
- SANTINI, E.J. Métodos de secagem de madeira. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAGEM DE MADEIRA, 1., 1992. **Anais...Santa Maria**, 1992. p.47-59.
- SILVA, J.G.M.; VIDAURRE, G.B.; ARANTES, M.D.C.; BATISTA, D.C.; SORANSO, D.R.; BILLO, D.F. Qualidade da madeira de mogno africano para a produção de serrados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.44, n.109, p.181-190, 2016.
- SIMPSON, W.T. Equilibrium moisture content prediction for wood. **Forest Products Journal**, Madison, v.21, n.5, p.48-49, 1971.
- STANGERLIN, D.M.; SANTINI, E.J.; SUSIN, F.; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; HASELEIN, C.R. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.19, n.4, p.461-472, 2009.
- SUSIN, F.; SANTINI, E.J.; STANGERLIN, D.M.; MORAIS, W.W.C.; MELO, R.R. Taxa de secagem e qualidade da madeira serrada de *Hovenia dulcis* submetida a dois métodos de secagem. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.21, n.2, p.243-250, 2014.
- ZANUNCIO, A.J.V.; LIMA, J.T.; MONTEIRO, T.C.; TRUGILHO, P.F.; LIMA, F.S. Secagem ao ar livre da madeira para produção de carvão vegetal. **Floresta Ambiente**, Seropédica, v.21, n.3, p.401-408, 2014.