

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXIII Jornada de Pesquisa

**EFEITO DA MODIFICAÇÃO TÉRMICA NAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA DE EUCALYPTUS UROPHYLLA.<sup>1</sup>**  
**EFFECT OF THERMAL MODIFICATION IN THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF EUCALYPTUS UROPHYLLA**

**Laura Hoffmann De Oliveira<sup>2</sup>, Elio José Santini<sup>3</sup>, Maiara Talgatti<sup>4</sup>, Amanda Grassmann Da Silveira<sup>5</sup>, Laísa Doviggi Freó<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa desenvolvida no Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

<sup>2</sup> Aluno de Pós-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.

<sup>3</sup> Professor Titular, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, UFSM, Av. Roraima 1000, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>4</sup> Aluno de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

<sup>5</sup> Aluno de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

<sup>6</sup> Engenheira Florestal, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

### Resumo

O tratamento em água quente é visto como um bom método para reduzir a higroscopicidade e a contração em diferentes umidades, visando menores perdas de matéria prima. Visto isto, o presente estudo tem por objetivo avaliar o efeito do tratamento hidrotérmico de aquecimento em água na madeira de *Eucalyptus urophylla* e verificar algumas das suas características físicas e mecânicas. Para o desenvolvimento do estudo, foram retiradas árvores de *Eucalyptus urophylla* de povoamentos homogêneos (29°43'0.39"S, 53°43'46.03"N, 120 metros de altitude, Santa Maria - RS) com 21 anos. Os corpos de prova apresentaram dimensões nominais de 2,0 x 2,0 x 8,0 cm, orientados nas direções radial, tangencial e axial, respectivamente. O tratamento aplicado consistiu de aquecimento em água por 24 horas, à 85°C. Os maiores valores médios de contração encontram-se na testemunha em ambos os casos, o que significa que o tratamento influencia positivamente, gerando menores contrações. Os valores médios do fator anisotrópico encontrado para esse estudo caracterizam a madeira de maneira geral como excelente, antes do tratamento e normal pós termorreificação. Há relação direta entre massa específica, trabalho absorvido e resistência ao impacto, onde todos esses parâmetros foram superiores nas testemunhas em relação ao tratamento com água quente.

### Abstract

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

The treatment in hot water is seen as a good method to reduce the hygroscopicity and a contraction in different forms, targeting the losses of raw material. The present study had as objective to evaluate the hydrothermal effect of water on the wood of *Eucalyptus urophylla* and to show some of its physical and mechanical characteristics. For the development of the study, *Eucalyptus urophylla* trees were removed from homogeneous stands (29 ° 43'0.39 "S, 53 ° 43'46.03" N, 120 meters high, Santa Maria - RS) at the age of 21 years. The pain types are nominal 2.0 x 2.0 x 8.0 cm, oriented in the radial, tangential and axial directions, respectively. The treatment was done by heating in water for 24 hours at 85°C. The highest average values of contraction are found in both cases, which means that the combat influences positively, generating smaller contractions. The average values of the anisotropic factor found for the study characterize the wood in general as excellent, before treatment and normal post-thermofication. Work force, absorption, absorbed work and impact resistance were the main factors that influenced attention to hot water combat.

**Palavras-chave:** aquecimento, retratibilidade, termorreificação.

**Keywords:** heating, shrinkability, thermofication

## 1. INTRODUÇÃO

As florestas plantadas no Brasil alcançam 7,74 milhões de hectares, com destaque para as plantações *Eucalyptus sp.*, com mais de 5,1 milhões de hectares plantados (IBÁ, 2015). Esses plantios colocam o Brasil como um dos países de maior área plantada da espécie.

A madeira é uma matéria-prima porosa e higroscópica, com capacidade de trocar continuamente água com o meio ambiente, buscando sempre uma condição de equilíbrio de potencial energético entre os dois meios. Devido à falta de madeiras de boa qualidade para atender a sociedade e suas necessidades, o uso de espécies para reflorestamento vem aumentando, mostrando ser uma alternativa viável para atender a demanda por produtos florestais.

Florestas do gênero *Eucalyptus* possuem uma madeira bastante versátil, sendo sua utilização bastante diversificada. Variações na sua qualidade ocorrem em níveis de estrutura anatômica, composição química e propriedades físicas, onde pode-se detectar diferenças significativas inter e intraespecíficas (TOMAZELLO FILHO, 1994). É utilizada para o abastecimento da maior parte da indústria de base florestal no Brasil, possuindo grande importância econômica. (ANDRADE, 2011). Além disso, a indústria de madeira serrada e produtos à base de madeira vêm gradativamente ganhando mercado, o que diversifica sua utilização, até pouco tempo destinada somente à indústria de celulose e para fins energéticos. Atualmente já é uma realidade a produção de madeira serrada para diversos fins, painéis aglomerados, chapas de fibras, compensados e uma série de outros produtos (FARIA et al. 2008).

Segundo Rodrigues (2009), pode-se verificar a existência de características que podem limitar o uso da madeira como a instabilidade dimensional, anisotropia, rachaduras e colapsos provenientes do processo de desdobro e secagem. Em virtude disso, o tratamento térmico surge como uma alternativa visando melhorar as propriedades tecnológicas da madeira. Por conta das inúmeras vantagens que o tratamento térmico traz às propriedades físico-mecânicas da madeira, em vários

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

países europeus como na Finlândia, França, Alemanha e Holanda, o processo já é feito em escala industrial, enquanto que no Brasil ainda são poucos os trabalhos desenvolvidos e testados nessa área.

Visto isto, o presente estudo tem por objetivo avaliar o efeito do tratamento hidrotérmico de aquecimento em água na madeira de *Eucalyptus urophylla* e verificar algumas das suas características físicas e mecânicas.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Coleta e preparo do material

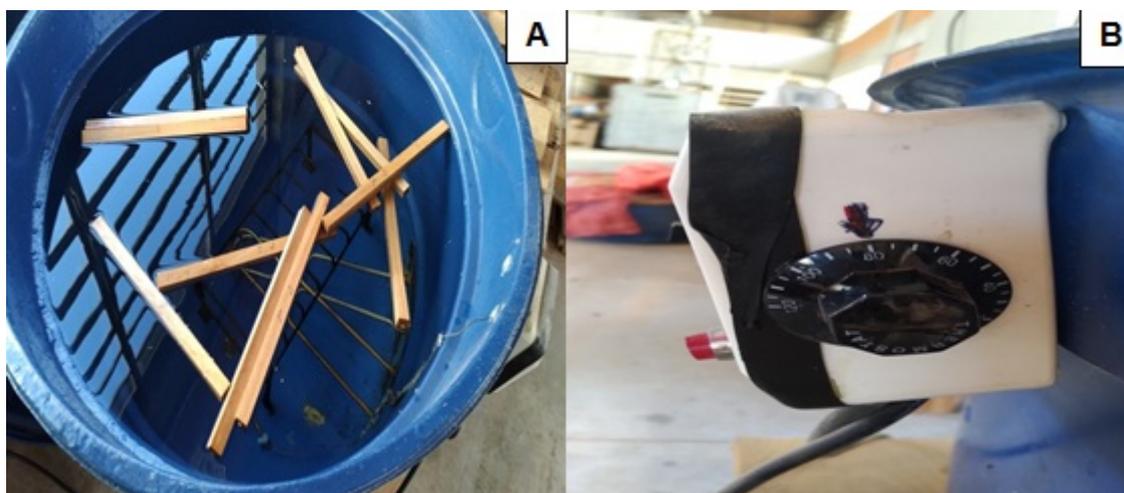
De povoamentos homogêneos (29°43'0.39"S, 53°43'46.03"N, 120 metros de altitude, Santa Maria - RS) com 21 anos, foram retiradas árvores de *Eucalyptus urophylla*. Segundo a classificação Köppen, o clima da região de Santa Maria é Cfa, isto é, subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes. O solo do local onde foram retiradas as árvores é classificado como Argissolo vermelho distrófico típico.

As amostras foram retiradas da base das árvores. Foram utilizadas, no total, 30 amostras. Considerando 10 testemunhas, 10 para tratamento hidrotérmico em água quente e 10 para termorretificação em estufa.

### 2.2 Condução dos tratamentos térmicos

No tratamento hidrotérmico em água quente, as amostras foram submersas em um tanque térmico que apresenta um controle termostático de temperatura que mantém a água em 85°C, que é aquecida através de resistências elétricas. (Figura 1).

**Figura 1-** Tanque de aquecimento. A) Amostras submersas, B) Termostato.



01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

### 2.2.1 Propriedades físicas

Para a realização dos ensaios físicos foi utilizado os procedimentos estabelecidos na norma ASTM D 143-94 (ASTM, 2000) e adaptações nas dimensões dos corpos de prova dos ensaios. Os corpos de prova apresentaram dimensões nominais de 2,0 x 2,0 x 8,0 cm, orientados nas direções radial, tangencial e axial, respectivamente.

#### 2.2.1.1 Massa específica (densidade) aparente

As amostras foram colocadas em uma câmara climatizada com temperatura de 22 °C e umidade relativa de 60%, com o intuito de climatizá-los ao teor de umidade de aproximadamente 12%. Após estabilização do peso na câmara climatizada, determinou-se a massa específica aparente pelo método direto, dada pela razão entre o volume e a massa do corpo de prova, ambos a 12% de umidade. (Equação 1).

$$MEA = \frac{Massa_{12\%}}{Volume_{12\%}} \quad (1)$$

Onde:

MEA = massa específica da amostra a 12% de umidade (g/cm<sup>3</sup>);

Massa = massa da amostra da 12% de umidade (g);

Volume = volume da amostra a 12% de umidade (cm<sup>3</sup>).

#### 2.2.1.2 Retratibilidade e Coeficiente de Anisotropia

A mudança de volume da madeira verificada entre 0%U e o PSF, devido aos processos de desorção ou de adsorção, afeta e limita consideravelmente seu uso nos diversos ramos de utilização. A contração (diminuição de volume) deve-se à retirada de moléculas de água dos espaços submicroscópicos da parede celular, entre as micelas (feixes formados por moléculas de celulose) e nas suas regiões amorfas, ocasionando a aproximação das mesmas, conseqüentemente, causando a retração da madeira.

Para a determinação dos coeficientes de contração linear (tangencial, radial e longitudinal), de acordo com a Equação 2, contração máxima volumétrica e coeficiente de anisotropia, foram utilizados 10 corpos-de-prova com dimensões 2,0x 2,0 x 10,0 cm por tratamento. Foram marcados os sentidos radial, tangencial e longitudinal e medidas as dimensões a fim de cálculos, conforme equações seguintes. O procedimento seguiu as recomendações da NBR 7190/97 (ABNT, 1997)

$$\beta(r, t, l) = \frac{(D_v - D_s)}{D_v} \times 100 \quad (2)$$

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

Onde:

$\beta$  (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 3:

$$\beta_v = \frac{(V_v - V_s)}{V_v} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

$\beta_v$  = contração volumétrica total (%);

Vv = volume verde (cm<sup>3</sup>);

Vs = volume seco a 0% de umidade (cm<sup>3</sup>).

Com base nos cálculos anteriores de contração linear tangencial e radial, determinou-se o coeficiente de anisotropia de inchamento, de acordo com a Equação 4:

$$CA = \frac{\beta_t}{\beta_r} \quad (4)$$

Onde:

CA= coeficiente de anisotropia (adimensional);

$\beta_t$  = contração tangencial (%);

$\beta_r$  = contração radial (%).

## 2.2.2 Propriedades Mecânicas

### 2.2.2.1 Resistência máxima ao impacto

Para esse ensaio foi utilizado o Pêndulo de Charpy, com capacidade de 100 joules (Figura 2). Por recomendação de Moreschi (2005), o corpo de prova é posicionado de modo que o impacto ocorra no sentido tangencial aos anéis de crescimento.

As amostras utilizadas para avaliação da resistência a flexão dinâmica foram confeccionadas com dimensões de 30,0 x 2,0 x 2,0 cm, comprimento, largura e espessura, respectivamente, de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997).

**Figura 2-** Pêndulo de Charpy.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa



Obteve-se, por meio desse ensaio, o trabalho absorvido ( $W$ ) para fraturar o corpo-de-prova (Figura 3.)

**Figura 3-** Corpos-de-prova após ensaio com Pêndulo de Charpy.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa



Com isso pode-se calcular a resistência ao impacto à flexão (Equação 5).

$$f_{bw} = \frac{w \cdot 1000}{b \cdot h} \quad (5)$$

Onde:

fbw = resistência ao impacto à flexão, em KJ/mm<sup>2</sup>;

w = energia necessária para fratura do corpo de prova, em Joules (J);

b e h = dimensões transversais do corpo-de-prova (mm).

Foram convertidos os valores obtidos no ensaio de flexão dinâmica (W) de joule para kmg, onde 1 J = 0,101972 kmg.

De acordo com a L'A Association Francaise de Normalization (AFN, 1942) foram estimados os valores do coeficiente de resiliência (K), que é a máxima energia de deformação que o material pode absorver sem sofrer deformações permanentes e da cota dinâmica (CD), que, segundo Moreschi (2005), é o valor a ser calculado com a finalidade de comparar diferentes madeiras, com a correção para que a influência causada pela variação em massa específica seja eliminada. Cálculos conforme as Equações 6 e 7, respectivamente.

$$K = \frac{W}{b \cdot (h^{1.6})} \quad (6)$$

Onde:

K = coeficiente de resiliência (Mpa.m);

W = trabalho absorvido para romper o corpo-de-prova (J);

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

b e h = dimensões transversais do corpo-de-prova (cm).

$$CD = \frac{K}{\rho_{aparente}^2} (7)$$

Onde:

CD = cota dinâmica;

K = coeficiente de resiliência (MPa.m);

= massa específica aparente (g cm<sup>-3</sup>).

### 2.3 Análise estatística

O conjunto de dados foi organizado e avaliado estatisticamente em programa Excel 2010®. Quando observado diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados com auxílio de análise de variância.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Propriedades físicas

#### 3.1.1 Massa específica aparente

As médias de massa específica encontradas neste estudo estão apresentadas na (Tabela 1).

**Tabela 1-** Médias da massa específica aparente em função dos tratamentos.

Massa específica aparente a 12%	
TRATAMENTOS	MÉDIA (g.cm <sup>-3</sup> )
Testemunha	0.8422 a
Água quente	0.6819 b

Observa-se que há diferença estatística significativa entre as massas específicas, onde, a madeira que passou por tratamento em água quente apresenta uma diminuição nesse valor.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXIII Jornada de Pesquisa

**Tabela 2-** Classes em relação ao valor da massa específica aparente ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )

Classe	Valor
Muito leve	$< 0,50$
Leve	0,50 a 0,64
Moderadamente pesada	0,65 a 0,79
Pesada	0,80 a 0,95
Muito pesada	$>0,95$

Fonte: adaptado de Carvalho (1996).

Em relação à Tabela 2, os valores encontrados nas médias de massa específica aparente estão em classes diferentes. A testemunha classifica-se na classe pesada enquanto a madeira tratada passa à classe moderadamente pesada.

Em estudo com espécies de eucaliptos aos 18 anos, sem passar por qualquer tratamento térmico, Lopes et.al (2011) encontrou valores de  $0,69 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  em *Eucalyptus urophylla*, pertencente a classe moderadamente pesada, seguindo-se de  $0,61 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  em *Eucalyptus dunnii*, na classe leve e  $0,58 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  em *Eucalyptus grandis* também na classe leve.

O mesmo acontece com a Canafístula (*Peltophorum dubium*), não passando por tratamento térmico, Vivian et. al (2010) obteve o valor de  $0,65 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , pertencente a classe moderadamente pesada. Valores baixos comparados a esse estudo, inclusive no que se refere à espécie estudada. Este resultado pode-se explicar devido à diferença de idade das árvores amostradas pelos autores supracitados e o presente estudo.

Marques de Menezes (2013), usando tratamento térmico, observa uma redução estatística significativa na massa específica da madeira de *Corymbia citriodora*. O valor alterou de  $1,06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  para a testemunha até  $0,94 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  na temperatura de  $180^\circ\text{C}$ . Comparando a esse estudo, percebe-se que em ambos os casos há redução da massa específica após passar por tratamento térmico.

Conforme Araújo (2010), esta redução de densidade pode ter sido ocasionada pela perda de massa, decorrente da degradação de seus constituintes químicos, sobretudo as hemiceluloses que são menos estáveis termicamente e se degradam mais rapidamente em comparação com os outros constituintes primários (celulose e lignina).

### 3.1.2 Contração

A Tabela 3, demonstra a média das contrações em largura, espessura, comprimento e volume nos diferentes tratamentos.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXIII Jornada de Pesquisa

**Tabela 3-** Médias das contrações da madeira em função dos sentidos e tratamentos.

Dimensões	Contrações da madeira			
	Larg. (%)	Esp. (%)	Comp. (%)	Vol. (%)
Testemunha	7,92 a	6,31 a	0,9 a	6,13 a
Água quente	5,17 b	3,72 b	0,8 a	3,83 b

\*Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Conforme análise dos dados verifica-se que a contração no sentido longitudinal, ou seja, no comprimento, apresentou-se pouco expressiva, ficando situada no intervalo de variação de 0,05 e 1,0% como citado por Durlo e Marchiori (1992). As médias da contração em comprimento não se diferenciaram significativamente ao nível de probabilidade de 5% pelo teste de Tukey, ficando entre 0,8 e 0,9%.

A contração em largura e espessura se diferenciou entre testemunha e tratamento, demonstrando que o tratamento em água quente influencia positivamente, gerando menores contrações. Os maiores valores médios de contração encontram-se na testemunha em ambos os casos, com 7,92% em largura e 6,31% em espessura, enquanto que, no tratamento em água quente encontra-se 5,17 e 3,72%, respectivamente. Conseqüentemente, a contração volumétrica também foi maior na testemunha em relação ao tratamento.

Nota-se ainda que a elevada alteração dimensional das madeiras ocorre no sentido tangencial dos anéis de crescimento, seguidamente o sentido radial e muito baixa no sentido longitudinal, como Panshin e De Zeeuw (1980) e Moreira (1999) afirmaram que a maior alteração dimensional da madeira se manifesta no sentido tangencial aos anéis de crescimento, seguida pela dimensão radial e, praticamente, desprezível no sentido longitudinal.

Para Talgatti et al (2016), onde foram utilizadas técnicas de aquecimento e congelamento na espécie *Hovenia dulcis* Thunb., a contração em largura, espessura e comprimento não apresentou diferenças nos tratamentos, demonstrando que os mesmos não influenciaram nas contrações. Na técnica de 24h de aquecimento, igualmente utilizada nesse estudo, obteve-se as contrações de 5,57 no sentido tangencial, 6,06 no sentido radial, 0,27 no sentido longitudinal e 10,90 em contração volumétrica. Em relação a esse estudo, apenas a contração volumétrica foi superior para a espécie *Hovenia dulcis* Thunb. A Tabela 4 foi utilizada para classificar os coeficientes de contração da madeira.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

**Tabela 4-** Limites de classe para coeficiente de contração radial ( $\beta_r$ ), tangencial ( $\beta_t$ ) e volumétrica ( $\beta_v$ ).

	$\beta_r$ (%)	$\beta_t$ (%)	$\beta_v$ (%)
BAIXO	até 3,51	até 7,43	até 12,32
MÉDIO	3,52 a 5,59	7,44 a 11,93	12,33 a 19,39
ALTO	5,60 ou acima	11,94 ou acima	19,40 ou acima

Fonte: adaptado de ELEOTÉRIO et.al (2015)

De acordo com os limites apresentados na Tabela 4, a contração radial para a testemunha é considerada alta e para a madeira com termorretificação é média. Na contração tangencial, a testemunha é considerada média e a termorretificada é baixa. Mas, em relação aos valores encontrados para contração volumétrica nesse estudo, ambos são considerados baixos.

Para os resultados anteriormente citados, encontrados por Talgatti et al (2016), a contração no sentido tangencial é baixa, no sentido radial alta e a contração volumétrica também é baixa. Em comparação com esse estudo, os limites de contração tangencial e volumétrica são semelhantes quando utilizadas madeiras termorretificadas.

Eleotério et al (2015), em seus estudos, encontrou coeficientes de contração radial altos para *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus resinífera*. Para ele, os menores valores de contração foram encontrados no *Eucalyptus grandis* com 4,1; 7,1 e 11,7e no híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com 4,5; 9,1 e 13,4 respectivamente para contração radial, tangencial e volumétrica.

Na Tabela 5, estão apresentados os dados referentes à anisotropia das amostras. O coeficiente de anisotropia é parâmetro para avaliar a estabilidade dimensional da madeira, pois é responsável pelo aparecimento de rachaduras na secagem, curvaturas e encanoamento nas peças. Sua determinação é dada entre a retratibilidade na direção tangencial, dividida pela mesma propriedade na direção radial.

Nesse estudo, mostrou-se semelhante na testemunha e na termorretificação e as suas médias não diferiram estatisticamente.

**Tabela 5-** Coeficiente de anisotropia em função dos tratamentos

TRATAMENTOS	COEF. de ANISOTROPIA
Testemunha	1,35 a
Água quente	1,53 a

\*Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Os valores desse estudo foram inferiores aos encontrados por Carmo (1996), que obteve para madeiras de 21 anos de idade os seguintes valores de fator anisotrópico: *E. grandis* (1,65), *E. pilularis*(1,61) e *E. cloeziana* (1,76). E também por Silva et al. (2006) que encontraram o valor de

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

fator anisotrópico para *E. grandis* de 1,71 com madeiras de 10 a 25 anos.

Durlo e Marchiori (1992) apresentaram o seguinte critério de classificação da madeira quanto ao parâmetro anisotrópico: 1,2 a 1,5 considerado excelente, 1,5 a 2,0 normal, e acima de 2,0 como ruim. Sendo assim, os valores médios do fator anisotrópico encontrado para esse estudo caracterizam a madeira de maneira geral como excelente antes do tratamento e normal pós termorreificação. Ainda, nota-se uma tendência das madeiras do gênero *Eucalyptus* em enquadrarem-se como madeiras normais.

### 3.2 Propriedades mecânicas

#### 3.2.1 Resistência máxima ao impacto

Na Tabela 6 encontram-se os parâmetros observados, ou seja, valores médios do ensaio de resistência ao impacto, trabalho absorvido, coeficiente de resiliência e cota dinâmica.

**Tabela 6- Médias dos teores de umidade em função dos tratamentos.**

	Parâmetros observados			
	Fbw (KJ.m)	W (kgm)	K (kgm.cm)	CD (kgm.cm g)
Testemunha	76,65 a	2,95 a	1,00 a	1,35 a
Água quente	53,01 a	2,31 a	0,71 a	1,54 a

\*Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Nenhum dos parâmetros observados apresenta diferença significativa entre si. É verificado que há relação direta entre massa específica, trabalho absorvido e resistência ao impacto, onde todos esses parâmetros foram superiores nas testemunhas em relação ao tratamento com água quente.

Talgatti et al (2017) em seus estudos com *Hovenia dulcis* Thunb. também observou uma relação de acréscimo nos valores de resistência ao impacto quanto maior a massa específica, onde o trabalho absorvido e o coeficiente de resiliência também apresentaram relação com a massa específica aparente na madeira de *Hovenia dulcis* Thunb. Os valores encontrados para a massa específica de  $0,70 \text{ g.cm}^{-3}$  foram de 60,12 KJ.m para resistência ao impacto, 2,48 kgm para trabalho absorvido, 0,79 kgm.cm para coeficiente de resiliência e 1,61 kgm.cm g para cota dinâmica. Valores inferiores aos encontrados nesse estudo, exceto para cota dinâmica, em virtude do menor valor de massa específica comparada.

Carvalho (1996) classificou as madeiras com cota dinâmica superior a 1,22 kgm.cmg como resilientes, o que permite concluir que a madeira de *Eucalyptus urophylla* desse estudo, mesmo após passar pelo tratamento em água quente, mantém-se resistente ao impacto. O mesmo acontece com a madeira de *Hovenia dulcis* Thunb. citada anteriormente em Talgatti et al (2017), onde o valor de cota dinâmica (1,61) garante a característica de resiliente à espécie.

Stangerlin et al. (2008a), em estudo com outras três espécies de Eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensise* *Eucalyptus saligna*), encontraram para o coeficiente de resiliência um

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

valor máximo de 0,34808 kgm.cm . Vivian et. al (2010) encontra para a madeira de *Canafístula (Peltophorum dubium)* um coeficiente de resiliência igual a 0,53kgm.cm<sup>-2</sup>. Ao comparar o *E. urophylla* com as demais espécies do gênero *Eucalyptus* citadas e a *Peltophorum dubium*, percebe-se que o mesmo apresenta madeira mais elástica e flexível, o que ocasiona numa maior resistência ao choque.

Em estudo realizado por Pedroso & Matos (1987) com diversas espécies de *Eucalyptus* no Estado do Rio Grande do Sul, foi apresentado valores médios para o trabalho absorvido (W) de 2,0 a 7,2 kgm. Com relação ao coeficiente de resiliência (K), os autores apresentam valores de 0,25 a 1,17 kgm.cm . Já, a cota dinâmica (CD) é caracterizada por valores médios de 0,36 a 1,23kgm.cm g . Sendo assim, verifica-se dentre os resultados obtidos, que para a madeira de *Eucalyptus urophylla* apenas o valor de cota dinâmica não se enquadra na faixa de amplitude dos resultados obtidos no estudo anterior.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento em água quente fez com que a massa específica aparente fosse reduzida, o que pode ser decorrente da degradação de seus constituintes químicos, sobretudo as hemiceluloses que são menos estáveis termicamente.

Os maiores valores médios de contração encontram-se na testemunha em ambos os casos, o que significa que o tratamento influencia positivamente, gerando menores contrações.

A elevada alteração dimensional das madeiras ocorre no sentido tangencial dos anéis de crescimento, seguidamente no sentido radial e muito baixa no sentido longitudinal.

Os valores médios do fator anisotrópico encontrado para esse estudo caracterizam a madeira de maneira geral como excelente antes do tratamento e normal pós termorretificação.

Há relação direta entre massa específica, trabalho absorvido e resistência ao impacto, onde todos esses parâmetros foram superiores nas testemunhas em relação ao tratamento com água quente.

#### 5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. E. **Influência da termorretificação de amostras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas propriedades físicas, dureza janka e flexão estática.** 39f. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

ARAÚJO, S.O. **Propriedades de madeiras termorretificadas.** 2010. 93f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeiras. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALIZATION. Norme Francaise, bois essai de choc ou flexion dynamique: NF B51-009, Paris, 1942

BELTRAME, R.; GATTO, D.A.; MODES, K.S.; STANGERLIN, D.M.; TREVISAN, R.; HASELEIN, C.R.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

**Resistência ao impacto da madeira de açoita-cavalo em diferentes condições de umidade.** Cerne, Lavras, v. 16, n. 4, p. 499-504, out./dez. 2010.

CARMO, A. P. T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto.** 1996. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996

CARVALHO, A. Escola Superior de Tecnologia de Viseu - Estrutura Anatômica, Propriedades, Utilizações. Vol. I, Instituto Florestal, 1996.

CHOONG, E. T.; SHUPE, T. F.; CHEN, Y. **Effect of steaming and hot-water soaking on extractive distribution and moisture diffusivity in southern pine during drying.** Wood Fiber Science, v.31, n.2, p.143-150, 1999.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: Retratibilidade.** Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992, 33p.

ELEOTÉRIO, J. R. et al. Massa específica e retratibilidade da madeira de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. Floresta, Paraná, v. 45, n. 2, p. 329-336, abr/jun. 2015

FARIA, T.T.; ANDRADE, E.G.; CARVALHO, A.M. **Avaliação das Propriedades Físico-Mecânicas de *Eucalyptus grandis* Implantado na Região de Pirai/RJ. Parte 1: Ensaios de Umidade, Densidade e Dureza Janka.** In: XVII JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA -2008. Anais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

FERRAZ NETTO, L. **Comportamento anômalo da água,** 2007.

FERREIRA, M. **Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal.** IPEF, n. 45, p.22-30, 1992.

FERREIRA, M. **Melhoramento genético do *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake direcionado para a formação de populações base tipo casca lisa ("gum").** Piracicaba: ESALQ / USP/ Departamento de Ciências Florestais, 1997.

GIOVANELLA, R.; MUNIZ, G. I. B. de . **Congelamento de Madeira - Avaliação preliminar de sua utilização.** Floresta, Paraná, v. 40, n. 2, p. 311-318, abr/jun. 2010

HAMILTON, D. L. **Secagem por congelamento.** In: **Conservação de achados submarinos: conservação da madeira.** Apostila de Curso. s/d. 15 p.

ILLIC, J. **Shrinkage-related degrade and its association with some physical properties in *Eucalyptus regnans* F. Muell.** Wood Science and Technology, v. 33, n. 5, p. 425-437, 1999

ILLIC, J. **Advantages of prefreezing for reducing shrinkage-related degrade in eucalypts:**

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

**General considerations and review of the literature.** Wood Science and Technology, v.29, n.4, p.277-284, 1995.

Indústria Brasileira de Árvores. **Anuário estatístico da IBA:** ano base 2013. 2015. 100 p. < [http://www.bracelpa.org.br/shared/iba\\_2015\\_pt.pdf](http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2015_pt.pdf) >.

INTERAMNENSE, T. M. **Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F. MUELL), *Eucalyptus maculata* (HOOK) E *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para produção de painéis compensados.** Paraná, 1998. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.

LOPES, Camila Santos Doubek et al. **Estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira.** Ciênc. Florest. [online]. 2011, vol.21, n.2, pp.315-322.

MARTIN, B; COSSALTER, C. **Les Eucalyptus des lles de la Sonde.** Bois et Forêts des Tropiques, 1975.

MENEZES, W. M. **Efeito do tratamento térmico nas propriedades físico-mecânicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus saligna*.** 2013

MOREIRA, W.S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira.** Imprensa Universitária Ufv, Viçosa - MG, p.1-106, 1999.

MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira - manual didático.** Curitiba: UFPR, 2005. 124p.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Text book of wood technology.** 4. ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722 p.

PEDROSO, O.; MATTOS, J. R. **Estudo sobre madeiras do Rio Grande do Sul. Publicação IPRNR, nº 20.** Porto Alegre, 1987.

PESSOA, A. M. C.; BRITO FILHO, E.; BRITO, J. O. **Avaliação da madeira termorretificada de *Eucalyptus grandis*, submetida ao ataque de cupim de madeira seca, *Cryptotermes brevis*.** ScientiaForestalis, Piracicaba, n. 72, p. 11-16, dez. 2006.

RODRIGUES, T. O. **Efeitos da torrefação no condicionamento de biomassa para fins energéticos.** 2009. 71f. (Dissertação), Universidade de Brasília, Brasília.

SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. **Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus spp*.** In: Congresso Anual De Celulose E Papel, 24., 1991, São Paulo. Anais. São Paulo, ABTCP, 1991. p.178-183.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

SILVA, J.C. et al. **Varição da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco.** Revista Árvore, v.30, n.5, p.803-810, 2006.

SKAAR, C. **Some factorsinvolved in the electrical determination of moisture gradients in woods.** Forest Products Journal, v.14, n.6, p.239-243, 1972.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; BELTRAME, R.; TREVISAN, R.; CALEGARI, L. **Qualificação das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensise Eucalyptus saligna* através da resistência ao choque.** In: XVI congresso de iniciação científica, pesquisa e responsabilidade ambiental. Pelotas, Rio Grande do Sul. Anais... 2008a. Ufpel, Pelotas Rio Grande do Sul. p.1-5.

TALGATTI, M. et al. **Massa específica aparente e suas implicações na flexão dinâmica da madeira de *Hovenia dulcis* Thunb.** Scientia Agraria Paranaensis, Paraná, v.11, n.1, p.21-26, 2017.

TALGATTI, M. et al. **Tratamentos térmicos e secagem da madeira serrada de Uva-do-Japão.** Agrária, Recife, v.11, n.3, p.224-229, 2016.

TOMAZELLO FILHO, M. **Formação e caracterização da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus*.** In: curso de processamento mecânico e secagem da madeira de Eucalyptus. Piracicaba: IPEF, 1994.

VIEIRA, F. S.; BUCSAN, B. **Ocorrências naturais de *Eucalyptus urophylla* na Indonésia.** Silvicultura, 1980.

VIVIAN, M.A.; MODES, K.S.; BELTRAME, R.; MORAIS, W.C.; SOUZA, J.T. de; MACHADO, W.G.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R. **Resistência da madeira de Canafístula ao PSF e a umidade de equilíbrio.** Ciência da Madeira, Pelotas, v.01, n.01, p. 11-24, maio de 2010.