

## EFEITOS DA TERMORRETIFICAÇÃO EM ESTUFA NA RESISTÊNCIA A FLEXÃO ESTÁTICA DA MADEIRA DE *Eucaliptus grandis*

KELVIN TECHERA BARBOSA<sup>1</sup>; ANDREY PEREIRA ACOSTA<sup>2</sup>; MÁRIO ANTONIO PINTO DA SILVA JUNIOR<sup>2</sup>; DARCI ALBERTO GATTO<sup>2</sup>; EZEQUIEL GALLIO<sup>2</sup>; RAFAEL BELTRAME<sup>3</sup>;

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – kelvintecherabarbosa@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – andreysvp@gmail.com;

mariosilva.eng@gmail.com; darcigatto@yahoo.com; egeng.forestal@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – beltrame.rafael@yahoo.com.br

### 1. INTRODUÇÃO

No panorama atual cada vez mais se destaca o uso da madeira de *Eucalyptus*, sendo este gênero tratado como tendência nas indústrias de celulose, moveleiras e serrarias. Isso deve-se principalmente a sua viabilidade de crescimento e ao avanço da tecnologia em silvicultura, bem como, possibilidade de adaptação aos diferentes climas no território brasileiro.

Dentre os processos de modificação que visam a melhora de propriedades da madeira, a termorretificação ou tratamento térmico trata-se de um processo onde o material madeira é submetido à certa temperatura de calor onde poderá provocar a degradação dos seus constituintes (DUBEY et al., 2012) alterações na resistência do material, melhorando o comportamento higroscópico, a estabilidade dimensional e a resistência biológica da madeira, (ZANUNCIO et al., 2014) em detrimento das propriedades mecânicas; (CADEMARTORI et al., 2012).

Conforme (ARAUJO et al., 2012) as propriedades mecânicas podem ser afetadas de maneira negativa, comprometendo assim o uso desse material para finalidades relacionadas a intensa solicitação de esforços mecânicos. Entretanto, essas alterações podem variar entre as diferentes espécies madeireiras e em função dos parâmetros usados no tratamento térmico. Segundo (BOONSTRA et al., 2007) tais tratamentos térmicos podem, dependendo da temperatura e tempo de exposição do material, alterar outras propriedades tecnológicas da madeira.

Com base no exposto, este trabalho teve como objetivo analisar a influência que o processo de termorretificação em diferentes faixas de temperatura exerce em parâmetros relacionados a resistência à flexão estática da madeira adulta de *Eucaliptus grandis*.

### 2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, pertencente ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira – UFPel. A madeira de *Eucaliptus grandis* W.Hill ex Maiden utilizada no presente trabalho, foi adquirida junto à uma empresa parceira do Grupo de Pesquisa Ciência da Madeira.

Para caracterização das propriedades físicas e mecânicas de interesse, confeccionaram-se 20 corpos de prova (cinco por tratamento) com dimensões de 2,0 x 2,0 x 33 cm (radial x tangencial x longitudinal), os quais foram encaminhados à uma câmara climatizada (20°C de temperatura e 65% de

umidade relativa), permanecendo até a estabilização da umidade de equilíbrio de 12°.

O experimento foi dividido em quatro tratamentos: um controle e três tratamentos de termorretificação em diferentes faixas de temperatura (T 180 °C, T 200 °C e T 240 °C). O processo de retificação térmica da madeira foi efetuado em estufa laboratorial, por um período de 2 horas após a estufa atingir a temperatura desejada.

Finalizados os tratamentos térmicos, os corpos de prova foram novamente encaminhados à câmara climatizada (condições citadas anteriormente) visando sua estabilização, e posteriormente, a caracterização dos parâmetros relacionados ao ensaio mecânico de flexão estática. Por meio da realização desse ensaio, conduzido conforme recomendações da norma ASTM D 143 (2014), obtiveram-se o módulo de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR), em uma máquina universal de ensaios EMIC, modelo DL 30.000, equipada com célula de carga de 300kN.

Visando verificar a existência de diferenças significativas dos resultados entre os tratamentos, realizou-se uma análise da variância (ANOVA) simples, seguido pelo teste de comparação de médias. Para tanto, essas variáveis foram analisadas no software Statgraphics Centurion, por meio do teste de "Least Significant Difference" (LSD) de Fisher, em 5% de probabilidade de erro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percebe-se que os tratamentos de termorretificação em diferentes faixas de temperatura causaram variações significativas nos módulos de elasticidade (MOE) e ruptura (MOR) da madeira de *Eucalyptus grandis* (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo estatístico e valores médios relacionado aos parâmetros obtidos por meio do ensaio de flexão estática.

Tratamento	MOR (MPa)	MOE (MPa)
Controle	63,78 a <sup>(6,37)</sup>	8.901,00 b <sup>(1.840,3)</sup>
T 180 °C	53,52 b <sup>(5,44)</sup>	9.683,89 ab <sup>(1.126,6)</sup>
T 200 °C	49,73 b <sup>(4,38)</sup>	11.214,80 a <sup>(1.346,0)</sup>
T 240 °C	28,35 c <sup>(4,42)</sup>	8.410,84 b <sup>(1.494,1)</sup>
CV	27,83%	18,18%
Valor P	0,0000	0,0416
F	33,87 *	3,45 *

Em que: CV é o coeficiente de variação, valores entre parênteses e sobrescritos apresentam o desvio padrão (MPa) dos tratamentos, e as médias nas colunas, seguidas por mesma letra, não apresentam diferenças significativas conforme o teste LSD Fisher, com probabilidade de erro de 5%; \* - significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ); ns- não significativo pelo teste F ( $p \geq 0,05$ ).

Conforme resultados obtidos verificou-se um aumento do MOE de 26% no tratamento de 200°C em relação ao tratamento controle. Já em relação com aumento da temperatura para o tratamento a 240°C o MOE apresentou um uma queda de 5,51% do tratamento controle.

Essa queda de resistência segundo (MODES et al., 2017) se dá com aumento da quantidade de celulose cristalina e à degradação e/ou cristalização da celulose amorfa causando um efeito negativo sobre a força de impacto.

Quanto aos valores de módulo de ruptura (MOR) houve um decrescimento gradual conforme o aumento de temperatura nos tratamentos (T180°C, T200°C, T240°C) com os valores de queda respectivamente de 16,09%, 22,03%, 55,55% em relação ao tratamento controle.

(BOONSTRA et al., 2007) explicam que esse efeito sobre o MOR em flexão é decorrente das mudanças no teor e estrutura da hemicelulose com o tratamento térmico. O aumento da temperatura e/ou do tempo de tratamento causa uma redução mais acentuada desse polímero com correspondente perda da resistência. A degradação da hemicelulose tem sido proposta por (ESTEVES et al., 2009) como o principal fator para a perda da resistência mecânica da madeira, afetando especialmente a flexão e resistência à tração, além do efeito atribuído à cristalização da celulose amorfã.

#### 4. CONCLUSÕES

Por meio da realização deste trabalho foi possível concluir que ocorreu um aumento no módulo de elasticidade (MOE) da madeira com o aumento das faixas de temperatura, estando isso associado possivelmente as variações na composição química da madeira, resultante da degradação dos componentes principais. Já o módulo de ruptura (MOR) sofreu com decréscimos significativos em função do aumento da agressividade do tratamento térmico, elevando assim à fragilidade desse material.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, S. O.; VITAL, B. R.; MENDOZA, Z. M. S. H.; VIEIRA, T. A.; CARNEIRO, A. C. O. Propriedades de madeiras termorretificadas de *Eucalyptusgrandis* e SP. **ScientiaForestalis**, v. 40, n. 95, p. 327-336, 2012.

BOONSTRA, M. J. ET AL. Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. **Annals of Forest Science, Les Ulis**, v. 64, n. 7, p. 679-690, 2007.

CADEMARTORI,P.H.G.;SCHNEIDE.; GATTO, D.A.; BELTRAME, R.; STANGERLIN, D.M. Modification of Static Bending Strength Properties of Eucalyptus grandis Heat-Treated Wood. **MaterialsResearch**, v. 15, n. 6, p. 922-927, 2012.

DUBEY, M. K.; PANG, S.; WALKER, J. Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D. Don wood with oil heat-treatment. **Holzforschung**, v. 66, n. 1, p. 49-57, 2012.

ESTEVES, B. M.; PEREIRA, H. M. Wood modification by heat treatment: a review. **BioResources**, Raleigh, v. 4, n. 1, p. 370-404, 2009.

MODES, K.S.;SANTINI, E. J.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R. Efeito da termorretificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1,2017.

ZANUNCIO, A. J. V.; DE SÁ FARIAS, E.;SILVEIRA, T. A. Termorretificação e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n.1, p. 85-90,2014.