

## Efeitos da termorreificação nas propriedades mecânicas de *Pinus elliottii*

GUSTAVO SPIERING ZANOL<sup>1</sup>; MATHEUS LEMOS DE PERES<sup>2</sup>; EZEQUIEL GALLIO<sup>2</sup>; GUILHERME NÖRNBERG<sup>2</sup>; HENRIQUE HÖMER SCHULZ<sup>2</sup>; DARCI ALBERTO GATTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas – [gustavo-zanol@hotmail.com](mailto:gustavo-zanol@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – [matheusldeperes@gmail.com](mailto:matheusldeperes@gmail.com); [egeng.florestal@gmail.com](mailto:egeng.florestal@gmail.com); [guilherme.nornberg@hotmail.com](mailto:guilherme.nornberg@hotmail.com); [henriqueschulz09@hotmail.com](mailto:henriqueschulz09@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas – [darcigatto@yahoo.com](mailto:darcigatto@yahoo.com)

### 1. INTRODUÇÃO

A madeira é um importante objeto de comercialização e uso nas indústrias de móveis, na produção de pisos, portas, janelas e na construção civil (DOS ANJOS, 2014). Assim, existem espécies como pinus e eucalipto que estão disponíveis em grandes quantidades no mercado, com grandes extensões de hectares de reflorestamento dessas espécies, logo, as grandes vantagens de se trabalhar com a madeira são os motivos de ser um produto de matéria-prima renovável e alta disponibilidade (DO NASCIMENTO et al., 2002).

Por sua origem natural, a madeira possui características que não são benéficas para determinados usos, assim, espécies como a de pinus apresentam tais características indesejáveis como: baixa durabilidade e estabilidade dimensional, cor pálida e é suscetível ao ataque de agentes degradantes pela sua origem orgânica e devido a sua estrutura anatômica (TREVISAN et al., 2008).

Nesse contexto, um tratamento que surge como alternativa para aprimoramento dessas características é a termorreificação, o tratamento térmico é considerado um método de fácil aplicabilidade e um processo de baixo custo como afirma Modes (2010). A termorreificação é um tipo de tratamento térmico que visa aumentar a durabilidade natural e melhorar a aparência de madeiras de menor valor econômico, alterando as características físicas da madeira. (MOURA et al., 2012).

No entanto, esse tratamento térmico pode impactar algumas propriedades mecânicas da madeira, como módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), aferidas pelo teste de flexão estática (MOURA et al., 2012). Assim, necessitando conhecer esse impacto, Kubojima et al. (2000) verificou que os módulos de elasticidade e ruptura em flexão estática decresceram conforme a agressividade do tratamento, aumentando a temperatura e, ou, tempo de exposição ao calor. As diminuições das propriedades mecânicas da madeira podem ser afetadas pela perda de massa ocorrida na termorreificação.

PONCSÁK et al. (2006) relataram que principalmente com temperaturas acima de 200°C ocorrem uma perda acelerada de massa na madeira, que está relacionada com a termodegradação de componentes químicos da madeira, como a celulose, a hemicelulose, a lignina e os extrativos.

Portanto, o objetivo desse estudo é analisar a influência da termorreificação em alguns parâmetros mecânicos tecnológicos da madeira de *Pinus elliottii*.

### 2. METODOLOGIA

Para o estudo, foram selecionadas árvores de *Pinus elliottii*, provenientes da serraria do Barrocão, localizada no serro do Barrocão, quarto distrito da cidade

de Piratini. Os pranchões centrais, das primeiras toras dessas árvores foram desdobrados em 40 amostras orientadas em relação aos planos anatômicos com as dimensões de 1,5 cm x 1,5 cm x 25,0 cm (Radial x Tangencial x Longitudinal).

Após a confecção, as amostras foram climatizadas sob as condições de 20 °C de temperatura e 65% de umidade relativa, até massa constante. Após estabilizadas, 10 amostras foram destinadas para cada tratamento de termorretificação, em estufa laboratorial com circulação natural de ar, permanecendo outras 10 amostras na câmara climatizada (grupo controle). Os respectivos tratamentos estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos utilizados.

| Tratamento | Tempo (horas) | Temperatura (°C) | Nº Amostras |
|------------|---------------|------------------|-------------|
| Controle   | -             | 20               | 10          |
| T1         | 2             | 180              | 10          |
| T2         | 2             | 200              | 10          |
| T3         | 2             | 220              | 10          |

Decorridos os tratamentos, a perda de massa foi determinada através da seguinte equação:  $\%PM = [(m1 - m2)/m1] \times 100$ , em que: %PM: perda de massa da amostra após o tratamento de termorretificação (%), m1: massa da amostra antes do tratamento (g) e m2: massa da amostra após o tratamento.

Após a execução dos tratamentos, determinou-se os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR), por meio do ensaio de flexão estática em três pontos, em conformidade com a normatização ASTM D 143-94 (2014). Para tanto, o ensaio foi conduzido em uma máquina universal de ensaios EMIC, com célula de carga de 3 toneladas. Os parâmetros tecnológicos foram obtidos diretamente pelo software do equipamento,

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é apresentada a perda de massa média entre os três tratamentos de termorretificação. O tratamento T3 representou maior perda de massa entre os outros tratamentos.

Tabela 2 – Percentual de perda de massa dos tratamentos de termorretificação.

| Tratamento | Perda de Massa (%) |
|------------|--------------------|
| T 1        | 11,78 a            |
| T 2        | 14,50 b            |
| T 3        | 20,45 c            |

Em que: Médias com letras iguais, não apresentam diferença estatisticamente significativa, pelo teste de tukey com 5% de probabilidade de erro.

Ao tratamento T3, foi o que apresentou maior perda de massa, podendo ser explicado por ser o tratamentos que ficou exposto a maiores temperaturas, assim como relata MOURA et al., (2012), que o fator temperatura é o que mais influencia em maior perda de massa, a partir dos 200°C é quando ocorre maior degradação dos componentes estruturais da madeira, como celulose, lignina, hemicelulose e extrativos.

Os níveis de perda de massa dos tratamentos T1 e T2 corroboram com os resultados apresentados por MOURA et al., (2012), mostrando em seu estudo

que conforme a severidade dos tratamentos maior é a perda de massa da madeira.

A perda de massa influencia nos valores das propriedades mecânicas da madeira, Cademartori et al., 2013, relata que as reações exotérmicas iniciam-se na madeira entre 150 e 160 °C e aumentam com a elevação da temperatura, acima de 200 °C, esses fenômenos se refletem na perda acelerada de massa, a qual coincide com a redução da resistência mecânica da madeira. Assim na Tabela 3 são mostrados os valores de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) dos diferentes tratamentos de termorretificação.

Tabela 3 – Valores médios de MOE e MOR por tratamento.

| Tratamentos | MOR (MPa) | MOE (MPa)   |
|-------------|-----------|-------------|
| C           | 86,02 a   | 9.658,99 a  |
| T 1         | 97,81 a   | 11.467,43 a |
| T 2         | 88,36 a   | 11.286,33 a |
| T 3         | 60,50 b   | 9.654,16 a  |

Em que: Médias com letras iguais, não apresentam diferença estatisticamente significativa, pelo teste de tukey com 5% de probabilidade de erro.

Analizando os valores apresentados na Tabela 3, observa-se que os valores de T1 e T2 para o MOE e MOR não diferiram do grupo controle, sendo que mesmo assim, teve um acréscimo, mesmo que não significativo dos valores das variáveis, bem como apresentado por Moura et al., (2012), em seu estudo com pinus. Esse aumento na resistência elástica e à ruptura podem ser explicados por Araujo et. al., (2012), no qual diz que pode ser possível aumentar ligeiramente a resistência e dureza da madeira em comparação com a madeira em condições normais, dentro de certos domínios da relação tempo/temperatura, um aumento inicial na resistência e dureza pode ser devido aos processos de condensação da lignina e celulose como moléculas degradadas, podendo formar novas ligações químicas.

O grupo de amostras T3 apresentou menor valor para MOR e MOE, os quais são aproximados dos obtidos por Moura et al., (2012), que também verificou que o tratamento com maior temperatura de exposição apresentou menores valores, explicado, por sua degradação dos componentes estruturais da madeira, os quais ocasionaram maior perda de massa.

O valor de MOR para o T3 teve significância, pois apresentou grande variação dos diversos tratamentos, já o valor de MOE para o tratamento 3 não apresentou significância, apresentando valores muito próximos dos outros tratamentos. Segundo Araujo et. al., (2012), devido ao aumento da temperatura e/ou do tempo de tratamento, o que causa uma redução mais acentuada das hemiceluloses correspondente à perda da resistência, que consideram a degradação das hemiceluloses principal responsável pelas alterações sofridas pelas madeiras quando tratadas termicamente.

#### 4. CONCLUSÕES

Portanto, esse estudo teve como objetivo analisar as propriedades mecânicas da madeira de *Pinus elliottii* após tratamento de termorretificação. Foi possível observar que no tratamento 3 com temperatura a 220°C a madeira perdeu maior quantidade de massa, o que ocasionou perda da resistência mecânica.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM STANDARD D143 1994 (2014). Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. **Annual Book of ASTM Standard**. West Conshohocken, PA, 2014: ASTM International.

ANJOS, FÁBIO PEREIRA. **EFEITOS DA TERMORRETIFICAÇÃO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE TRÊS ESPÉCIES MADEIREIRAS DA AMAZÔNIA**. 2014, p. 1 – 66. (Dissertação manejo de ecossistemas e bacias hidrográficas)- Curso de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia.

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

CADEMARTORI, P. H. G.; SANTOS, P. S.B.; SERRANO, L.; LABIDI, J.; GATTO, D. A. Effect of thermal treatment on physicochemical properties of Gympie messmate wood. **Industrial Crops and Products**, v. 45, n. 5, p. 360– 366, 2013.

HASELEIN, C. R.; CECHIN E.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A. Características estruturais da madeira de *pinus elliottii* engelm aos 30 anos de idade, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p.135-144, 2000.

KUBOJIMA, Y.; OKANO, T; OHTA, M. Bending strength and toughness of heat-treated wood. **Journal of Wood Science**, v. 46, n. 1, p. 8 - 15, 2000.

MODES, K. S. **Efeito da retificação térmica nas propriedades físico-mecânicas e biológica das madeiras de Pinus taeda e Eucalyptus grandis**. 2010. 99p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais)– Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; BORTOLETTO, G. J. Efeitos da termorretificação na perda de massa e propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **FLORESTA**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 305 - 314, 2012.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; SILVA, F. G. J. Effect of thermal treatment on the chemical characteristics of wood from *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden under different atmospheric conditions. **Cerne, Lavras**, v. 18, n. 3, p. 449-455, 2012.

NASCIMENTO, A. M.; LELIS, R. C. C.; COSTA, D. L.; SILVA, C. O. Comportamento de ligações adesivas em madeiras de reflorestamento, **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, V. 9, n.1, p.54 - 62, 2002.

PONCSÁK, S. et al. Effect of High Temperature Treatment on the Mechanical Properties of Birch (*Betula papyrifera*). **Wood Science and Technology**, v. 40, n. 8, p. 647-663, 2006.

TREVISAN, H; MARQUES, F. M. T.; CARVALHO, A. G. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, v. 38, n. 1, p. 33-41, 2008.