

**RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DA MADEIRA DE *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage  
SUBMETIDA A TRATAMENTO COMBINADO DE LIXAMENTO E  
TERMORRETIFICAÇÃO**

Gustavo Nunes Teles<sup>1</sup>; Alexsandro Bayestorff da Cunha<sup>1\*</sup>; Ana Maria Chaves de Souza<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Tecnologia da Madeira II, Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Lages/SC, Brasil.

\* email do autor correspondente: [alexandro.cunha@udesc.br](mailto:alexandro.cunha@udesc.br)

**Resumo:** O objetivo do estudo foi avaliar a influência do tratamento combinado de lixamento e termorretificação nas propriedades de resistência e rigidez da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage proveniente de árvores de rotação longa. Foram utilizadas peças de madeira serrada tangenciais com umidade de 12%, que foram lixadas em 4 grãos de lixa (120, 150, 180 e 220) e termorretificadas em mufla em 4 temperaturas (140°C, 160°C, 180°C e 200°C) durante 4 horas, totalizando 16 tratamentos. O ensaio de flexão estática foi executado de acordo com a norma COPANT 555 (1973), em uma máquina universal de ensaios, Emic DL 30kN, para a obtenção das variáveis de interesse, tensão máxima e módulo de elasticidade. Como resultados, observou-se que o tratamento térmico em diferentes temperaturas apresentou alterações desprezíveis na resistência e na rigidez a flexão estática até 180°C; no entanto, em 200°C, observou-se redução expressiva, que pode ser atribuída ao longo tempo de exposição a temperatura supracitada.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus* spp; madeira serrada; altas temperaturas; flexão estática.

**STRENGTH AND STIFFNESS OF WOOD FROM *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage  
SUBMITTED TO A COMBINED TREATMENT OF SANDING AND  
THERMAL RECTIFICATION**

**Abstract:** The objective of the study was to evaluate the influence of the combined treatment of sanding and thermal rectification on the strength and stiffness properties of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage wood from long rotation trees. Tangential sawn wood pieces with 12% humidity were used, which were sanded in 4 sandpaper grits (120, 150, 180 and 220) and heat-treated in a muffle at 4 temperatures (140°C, 160°C, 180°C and 200°C) for 4 hours, totaling 16 treatments. The static bending test was performed according to the COPANT 555 (1973) standard, in a universal testing machine, Emic DL 30kN, to obtain the variables of interest, maximum tension

and modulus of elasticity. As a result, it was observed that the heat treatment at different temperatures showed negligible changes in strength and stiffness at static bending up to 180°C; however, at 200°C, an expressive reduction was observed, which can be attributed to the long exposure time to the mentioned temperature.

**Keywords:** *Eucalyptus* spp; saw wood; high temperatures; static bending.

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material que apresenta propriedades únicas, que a torna a matéria-prima preferida para uma ampla variedade de produtos, como a alta resistência mecânica, qualidade estética, resistência química, propriedades de isolamento térmico e acústico, facilidade de usinagem e o fato de ser um material renovável. No entanto, possui algumas características indesejáveis como a alta higroscopicidade e o alto fator anisotrópico em grande parte das espécies.

No Brasil, as espécies com maior produtividade pertencem ao gênero *Eucalyptus*, porém, grande parte delas estão sujeitas a danos causados pela geada, por não tolerarem temperaturas baixas de regiões específicas do país. Dentre as espécies do gênero catalogadas com maior potencial para o uso em baixas temperaturas, tem-se o *E. dunnii*, o *E. dorrigoensis*, o *E. smithii* e o *E. benthamii*.

O *E. benthamii* Maiden et Cabbage, espécie oriunda da cidade de Camden, Austrália, é uma espécie indicada para regiões com frios intensos, com temperaturas mínimas de até -10°C [1]. No Brasil, a espécie foi introduzida pela Embrapa Florestas, onde em plantios, tem mostrado elevada resistência a geadas, rápido crescimento, boa forma de fuste e alta homogeneidade do talhão.

O uso da madeira de *Eucalyptus*, independente da espécie, exige cuidados em relação ao processamento mecânico e a secagem, devido a sua instabilidade dimensional. Para minimizar esta característica, pode-se trabalhar com diversas técnicas, como a termorretificação, que consiste em submeter peças de madeira a temperaturas entre 120°C e 200°C, com objetivo de promover alterações químicas nos polímeros celulose, hemicelulose e lignina e, assim, obter um material com características diferenciadas comparativamente à madeira em condições normais.

O objetivo do estudo foi avaliar a influência do tratamento combinado de lixamento e termorretificação nas propriedades de resistência e rigidez da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage proveniente de árvores de rotação longa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas peças de madeira serrada tangenciais de *E. benthamii*, provenientes do

desdobro da primeira tora de 5 árvores com 23 anos de idade, as quais estavam localizadas em um plantio experimental na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), de Lages, Santa Catarina.

O delineamento experimental foi caracterizado por 4 grãos de lixa (120, 150, 180 e 220) e 4 temperaturas de termorretificação (140°C, 160 °C, 180°C e 200°C), totalizando 16 tratamentos. Para cada tratamento, foram utilizados 20 corpos de prova com dimensões de 300 X 20 X 20 mm, conforme procedimento descrito na norma COPANT 555 (1973) para ensaios de flexão estática [2]. Os corpos de prova foram preparados em uma serra circular esquadrejadeira, a partir de peças de madeira serrada com dimensões aproximadas de 2400 X 140 X 28 mm, de modo que o material fosse obtido sem defeitos, com lados lisos e paralelos. Posteriormente, os corpos de prova foram colocados em câmara com temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% até massa constante.

O processo de lixamento foi realizado em uma lixadeira de mão com movimentos longitudinais constantes durante 3 minutos. Na sequência, foi realizada a termorretificação em mufla durante 4 horas na temperatura definida pelo tratamento. Após o resfriamento dos corpos de prova em dessecador, foi realizado o ensaio de flexão estática em uma máquina universal de ensaios, Emic DL 30kN, para a obtenção das variáveis de interesse, tensão máxima e módulo de elasticidade.

Os valores obtidos nos ensaios foram submetidos a verificação de normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente, de forma a possibilitar o uso da estatística paramétrica. Com os pressupostos atendidos, foi aplicada a Análise da Variância e, quando necessário, Scott Knott a 95% de probabilidade de acerto.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na resistência e rigidez à flexão estática, expressos pela tensão máxima e pelo módulo de elasticidade (MOE), tabelas 1 e 2, observa-se homogeneidade dos valores médios para grãos de lixa. Entretanto, para diferentes temperaturas de termorretificação, verifica-se influência significativa nas variáveis analisadas, tendo em vista que houve uma redução expressiva em 220°C.

O comportamento das duas variáveis no presente estudo também foi verificado por Unsal *et al.* (2003) ao considerar a utilização de tratamentos prolongados, onde observou um menor efeito no módulo de elasticidade e, maior, sobre a resistência ao impacto e a flexão estática [3]; por Silva *et al.* (2008) que relata que as mudanças ocorridas na estrutura da madeira até 160°C são desprezíveis [4]; e por Araújo (2010), que trabalhando com madeira de *Eucalyptus grandis* termorretificada a temperaturas de 180°C, 200 °C e 220 °C, encontrou redução somente para a

temperatura mais alta [5].

Tabela 1: Tensão máxima para madeira termorretificada de *E. benthamii*.

Temperatura de termorretificação	Tensão máxima (kgf/cm <sup>2</sup> )				
	Sem lixa	Lixa grão 120	Lixa grão 150	Lixa grão 180	Lixa grão 220
Sem temperatura	1655,03 Aa	1696,66 Aa	1708,00 Aa	1765,25 Aa	1814,05 Aa
140°C	1696,75 Aa	1704,25 Aa	1796,03 Aa	1806,63 Aa	1858,98 Aa
160°C	1727,49 Aa	1758,49 Aa	1807,58 Aa	1837,01 Aa	1874,21 Aa
180°C	1784,22 Aa	1820,99 Aa	1821,43 Aa	1843,59 Aa	1887,75 Aa
200°C	1505,74 Ab	1567,87 Ab	1601,04 Ab	1644,09 Ab	1651,23 Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si para temperatura dentro de um mesmo grão de lixa. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si para grão de lixa dentro de uma mesma temperatura, ambos pelo teste e Scott Knott.

Vernois (2000) cita que, dependendo da espécie, as propriedades mecânicas com a utilização de tratamentos a temperaturas de até 210°C permanecem próximas das originais, no entanto, na temperatura de 230°C são observados decréscimos na resistência, que podem chegar perto de 40% [6]. No presente estudo, não foi utilizada temperatura tão alta, mas tempo foi mais prolongado.

Tabela 2: Módulo de elasticidade para madeira termorretificada de *E. benthamii*.

Temperatura de termorretificação	Módulo de elasticidade (kgf/cm <sup>2</sup> )				
	Sem lixa	Lixa grão 120	Lixa grão 150	Lixa grão 180	Lixa grão 220
Sem temperatura	165503 Aa	166165 Aa	168671 Aa	169971 Aa	168828 Aa
140°C	168792 Aa	169501 Aa	170784 Aa	170790 Aa	171751 Aa
160°C	171029 Aa	178605 Aa	172928 Aa	170566 Aa	170895 Aa
180°C	173404 Aa	180928 Aa	169979 Aa	173698 Aa	173102 Aa
200°C	153903 Ab	157672 Ab	152804 Ab	153207 Ab	155176 Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si para temperatura dentro de um mesmo grão de lixa. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si para grão de lixa dentro de uma mesma temperatura, ambos pelo teste de Scott Knott.

A redução significativa das variáveis a 210°C após 4 horas de tratamento térmico pode ser atribuída ao aumento da friabilidade da madeira, indicando que ela fica mais quebradiça, com menor presença de fibras entre as partículas termotratadas [7]; e a mais rápida decomposição devida às reações de oxidação. Esta decomposição ocorre porque o tratamento executado em um ambiente oxidante, libera ácido acético, que atua como catalisador das reações de despolimerização [8].

#### **4 CONCLUSÃO**

O tratamento térmico em diferentes temperaturas apresentou alterações desprezíveis na resistência e na rigidez a flexão estática até 180°C; no entanto, em 200°C, observou-se redução expressiva, que pode ser atribuída ao longo tempo de exposição a temperatura supracitada.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (FAPESC).

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Stape, J.L. Manejo de *Eucalyptus* spp. para desdobro frente aos avanços silviculturais de produção. Curitiba: Anais... IV SEMADER, 1996.
- [2] Comissão pan-americana de normas técnicas. Método de ensayo de flexión estática. COPANT 455. 1972; p. 3-10.
- [3] Unsal, O.; Korkut, S.; Atik, C. The effect of heat treatments on some properties and colour in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. wood. Maderas. Ciencia y Tecnologia, Concepcion. 2003; 5: 145-152.
- [4] Silva, M. R.; Machado, G. O.; Gomes Junior, C. C. Efeito do tratamento térmico nas propriedades mecânicas de *Pinus elliottii*. Londrina: . Anais... EBRAMEM XI, 2008.
- [5] Araújo, S.O. Propriedades de Madeiras Termorretificadas. 93 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- [6] Vernois, M. Heat treatment of wood in France: State of the art; Cost Action E22. 2001.
- [7] Arias, B.; Pevida, C.; Feroso, J.; Plaza, M.G.; Rubiera, F.; Pis, J.J. Influence of torrefaction on de grindability and reactivity of wood biomass. Fuel processing



**VCBCTEM**

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DA MADEIRA

Tecnology. 2008; 89: 169-175.

- [8] Esteves, B. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. Wood Science and Technology, New York. 2007; 41(3): 193-207.