



## IMPACTO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA COLAGEM DE PAINÉIS COMPENSADOS DE *PINUS* spp.

Danilo Soares Galdino <sup>1</sup>\*; Ataíde José de Almeida Lima <sup>2</sup>; Estéfani Suana Sugahara <sup>1</sup>; João Vítor Felipe Silva <sup>1</sup>; Cristiane Inácio de Campos <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Guaratinguetá/SP, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Itapeva/SP, Brasil.

\* e-mail do autor correspondente: [danilo.galdino@unesp.br](mailto:danilo.galdino@unesp.br)

**Resumo:** O presente trabalho investiga as modificações no desempenho de colagem do painel compensado tratado termicamente a temperaturas de 160, 180 e 200°C. As lâminas após passarem por tratamento térmico por um período de 15 minutos em 5 ciclos com alívios de pressão foram coladas com resina poliuretana à base de óleo de mamona e os resultados comparados com o tratamento do painel realizado nas mesmas condições. Os resultados mostraram que apesar da propensão de redução da tensão de ruptura da linha de cola associada às alterações das propriedades físicas da madeira, afetadas diretamente pelo tratamento térmico, a aplicação de calor nas lâminas se mostrou menos agressiva do ponto de vista mecânico em comparação ao tratamento realizado no painel. Com reduções na ordem de 15 a 25% na tensão, o tratamento térmico de lâmina atendeu aos valores mínimos recomendados, podendo a técnica ser explorada se a resistência mecânica possa ser ligeiramente reduzida para determinada aplicação.

**Palavras-chave:** Painel compensado; Termorretificação; Colagem.

## WOOD AND BRIQUETTE DENSITY UNDER THE EFFECT OF FERTILIZERS AND WATER REGIMES

**Abstract:** The present work investigates the modifications in the bonding of the heat treated plywood panel at temperatures of 160, 180 and 200°C. The veneers, after heat treatment for a period of 15 minutes in 5 cycles in a press, were glued with castor oil polyurethane resin and the results were compared with the treatment of the panel carried out under the same conditions. The results showed that despite the tendency to reduce the tensile strength of the glue line associated with changes in the physical properties of the wood, directly affected by the heat treatment, the application of heat to the veneers proved to be less aggressive from a mechanical point of view compared to treatment performed on the panel. With reductions in the order of 15 to 25% in tension, the thermal treatment of the veneer met the minimum recommended values, and the

technique can be explored if the mechanical strength can be slightly reduced for a given application.

**Keywords:** Plywood; Heat Treatment; Glue line shear;

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento térmico é uma técnica que vem ganhando destaque nos últimos anos por ser uma técnica ecologicamente correta de preservação da madeira que não utiliza produtos químicos. Os estudos têm revelado que a simples aplicação de calor provoca a diminuição da afinidade da madeira com a água, contribuindo para melhorar sua resistência à umidade e durabilidade [1].

Diversos estudos tem apontado que o processo de termorreificação em madeiras resulta na diminuição das propriedades mecânicas importantes, como resistência à flexão, cisalhamento e compressão [2], diminuída tanto pelo acréscimo da temperatura quanto pelo tempo de tratamento [3]. Além disso, alguns trabalhos incidiram também sobre a influência da termorreificação no processo de colagem concluindo que o tratamento pode afetar a capacidade dos adesivos de se espalhar sob a superfície da madeira de forma negativa [4;5]. A diminuição da resistência na linha de cola pode ser causada pela mudança na composição química ou deficiências físicas do substrato que dependerão da forma do tratamento [6].

Entretanto, estudos da qualidade da colagem de madeira tratada ou da aplicação do tratamento térmico em derivados da madeira ainda são limitados, em especial ao compensado, cujo tratamento pode ser realizado no painel acabado ou nas lâminas que posteriormente são coladas. Conseqüentemente, é necessário a realização de estudos para melhor investigar as mudanças físico-químicas que ocorrem pós-aquecimento que poderão influenciar o elo madeira - adesivo.

Portanto, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a resistência de linha de cola de painéis de madeira compensada produzidas com lâminas tratadas termicamente em prensa e depois colados, comparando com painéis acabados tratados sob as mesmas condições.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Tratamento térmico

Para a produção dos compensados foram usadas lâminas com 2,3 mm de espessura (nominal) e da espécie *Pinus taeda*. As lâminas para a pesquisa foram doadas pela empresa Miraluz – Indústria e Comércio de Madeiras Ltda., produtora de compensados, localizada no município de Sengés/PR. As lâminas secas foram esquadrejadas nas dimensões de 450 x 450 mm, sendo que tais dimensões foram determinadas especialmente devido à dimensão da pré-prensa e prensa envolvida

na pesquisa.

O tratamento térmico das lâminas e dos painéis foi realizado em prensa pelo período de tempo de 15 minutos em 5 ciclos com alívios de pressão. Tanto as lâminas quanto os painéis foram submetidas individualmente à aplicação de pressão de 50 bar e temperatura inerente a cada tratamento térmico (160, 180 e 200 °C).

## **2.2 Produção de painéis**

A resina usada foi a poliuretana derivada do óleo de mamona, tipo bicomponente, aplicada manualmente com a utilização de uma espátula plástica. Para a produção dos painéis utilizou-se 80 gramas de resina poliuretana bi-componente por linha de cola, totalizando 320 gramas de resina por painel. As cinco lâminas foram sobrepostas em camadas ortogonais e pré-prensadas a frio - em prensa pneumática manual com pressão de 2 kgf/cm<sup>2</sup> por 15 minutos. Em seguida foi feita a prensagem a quente em prensa hidráulica aquecida com pressão máxima de 6 kgf/cm<sup>2</sup>, a uma temperatura de 90°C por um tempo de 10 minutos. Tal tempo de prensagem foi dividido em 3 ciclos, cada um deles com 3 minutos de duração e adicionado 30 segundos para o alívio de pressão entre os ciclos. Após a prensagem o painel foi acondicionado em ambiente climatizado de 25 °C e 60% de umidade relativa - por 72 horas antes de ser seccionado para confecção dos corpos de prova.

## **2.3 Caracterização**

Os painéis produzidos foram ensaiados de acordo com as normativas brasileiras, sendo ABNT NBR 9484:2011 [7] para medição do teor de umidade e ABNT NBR ISO 12466-1:2012 [8] para o cisalhamento na linha de cola. Para cada teste o número de amostras foram seis. Os ensaios foram realizados no Câmpus Experimental de Itapeva - UNESP.

## **2.4 Análise estatística**

A partir dos resultados obtidos foi realizada análise de variância (ANOVA), pelo teste de Tukey com 5% de significância, para todos os resultados dos ensaios realizados. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R versão 3.4.2 (2016).

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela 1 mostra os valores médios para o teor de umidade e a tensão de ruptura para o tratamento de lâminas e o tratamento do painel, acompanhados de seus respectivos desvios padrões.

Os valores acompanhados da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de comparação de médias t de *Student*, ao nível de significância de 5%.

Observou-se que tanto para o tratamento das lâminas como para o tratamento dos painéis houve uma diminuição no teor de umidade, sendo a redução mais acentuada no tratamento de painéis. Esta diminuição no teor de umidade se deve ao fato de que a termorretificação degrada os principais constituintes da madeira, reduzindo sua higroscopicidade [9].

Tabela 1: Valores médios de tensão de ruptura para os diferentes tratamentos

Tratamento (° C)	Teor de umidade (%)		Tensão de ruptura (MPa)	
	Lâminas	Painel	Lâminas	Painel
Controle	6,42 a (0,44)	6,42 a (0,44)	2,35 a (0,96)	2,35 a (0,96)
160	5,36 a A (0,38)	1,89 b B (0,17)	1,76 a A (0,83)	0,75 b B (0,35)
180	4,93 a A (0,11)	1,72 b B (0,39)	1,88 a A (0,62)	0,73 b B (0,13)
200	5,70 a A (0,32)	1,22 b B (0,25)	2,02 a A (0,67)	0,90 b B (0,54)

Média seguida de desvio padrão. Média seguidas da mesma letra não diferem entre si a 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Letra minúscula: comparação entre tratamentos. Letra maiúscula: comparação entre métodos

Para [10], o valor mínimo para painéis de caráter estrutural produzidos com 5 lâminas é de 9%, enquanto que o valor máximo é de 12% existindo um valor médio de 10%. Dessa forma, os valores encontrados no trabalho ficaram abaixo do recomendado comercialmente.

Com relação ao cisalhamento na linha de cola, o mesmo catálogo menciona o valor mínimo da tensão de ruptura na linha de 0,83 MPa e o valor máximo de 1,71 MPa existindo um valor médio de 1,25 MPa. Assim, as amostras do painel tratado foram inferiores aos valores apresentados em referido catálogo e documento normativo [8] e precisaram ser analisadas visualmente para determinar a porcentagem de falha na madeira. Para as temperaturas de 160°C e 180°C ambos tiveram ruptura na madeira acima de 40%, sendo 50% e 60%, respectivamente, atendendo aos limites normativos. Para o tratamento a 200°C a ruptura na madeira foi de 20%, e assim, não atendeu as especificações da norma.

Resultados similares quanto a influência da termorretificação na qualidade de colagem da madeira foram encontrados por [5] que estudaram a ligação de produtos não-tratados e madeira tratada termicamente com diferentes adesivos e concluíram que o tratamento térmico afetou a resistência ao cisalhamento e a delaminação da madeira laminada dependendo do sistema adesivo utilizado para colagem

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a termoretificação produz alteração no teor de umidade, sendo que seus valores acabam por diminuir à medida que a temperatura de tratamento aumenta. O tratamento térmico do painel apresentou reduções significativas do teor de umidade e resistência ao cisalhamento na linha de cola em comparação com o tratamento de lâminas. As reduções foram associadas a degradação dos constituintes da madeira e diminuição dos sítios higroscópicos que ocasionaram a perda de retenção de água e fixação do adesivo, com efeito proeminente no tratamento de painel. Apesar da propensão de decréscimo na qualidade de colagem ser um fator limitante, o tratamento de lâmina apresentou melhor potencial em caso de a resistência mecânica possa ser ligeiramente reduzida para determinada aplicação.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Ding, T.; Gu, L.; Cai, J. Effects of heat treatment on the moisture adsorption characteristic and dimensional stability of wood. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 143–147, 2015.
- [2] de Moura, L. F.; Brito, J. O.; Bortoletto Jr., G. Efeitos da termoretificação na perda de massa e propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Floresta*, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 305, 2012.
- [3] de Paula, M. O.; Loiola, P. L.; Moreira, G. R.; Segundinho, P. G. de A. Análise Termomecânica da Madeira de *Corymbia citriodora* submetida a gradientes térmicos. *Floresta e Ambiente*, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 358–368, 2014.
- [4] Ferreira, B. S.; de Campos, C. I.; Rangel, E. C. Effect of heat treatment on the bonding quality of wood veneers to plywood production. *Ciencia Florestal*, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 274–282, 2018.
- [5] Sernek, M.; Boonstra, M.; Pizzi, A.; Despres, A.; Gérardin, P. Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives. *Holz als Roh- und Werkstoff*, [s. l.], v. 66, n. 3, 2008.
- [6] Hunt, C. G.; Frihart, C. R.; Dunky, M.; Rohumaa, A. Understanding wood bonds-going beyond what meets the eye: A critical review. *Reviews of Adhesion and Adhesives*, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 369–463, 2018.
- [7] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9484: Compensado – Determinação do teor de umidade. Agosto de 1986.
- [8] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 12466-1: Madeira compensada – Qualidade de colagem parte 1: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007.



# VCBCTEM

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DA MADEIRA

- [9] Galdino, D. S.. Análise do desempenho do painel de madeira compensada produzido com lâminas termorretrificadas por dois diferentes métodos e coladas com resina poliuretana. 2020. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Unesp, Guaratinguetá, 2020.
- [10] ABIMCI. Associação brasileira da indústria de madeira processada mecanicamente. Catálogo técnico: painéis de compensados de Pinus. Curitiba - PR. 2007.