

TRATAMENTO TÉRMICO DE LÂMINAS DE *Pinus oocarpa* PARA MELHORIA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS COMPENSADOS

¹Thamara Silva Santos, ²Guilherme Peres de Carvalho, ³José Benedito Guimarães Junior, ⁴Thiago de Paula Protásio, ⁵Rafael Farinassi Mendes

¹Graduanda do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí (thamara_silva15@hotmail.com) Jataí-Brasil

²Graduando do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí

³ Engenheiro Florestal, Prof. Dr. do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí

⁴ Engenheiro Florestal, Prof. MSc. do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí

⁵Engenheiro Florestal, Prof. Dr. do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras– UFLA, Lavras-Brasil

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

Conduziu-se este trabalho, com o objetivo de avaliar o efeito do tratamento térmico em lâminas de *Pinus oocarpa* para a melhoria das propriedades físicas de painéis compensados. Lâminas de 200 x 200 mm foram termorretificadas em duas temperaturas (200°C e 250°C). Foram produzidos 9 pa inéis, com três repetições por tratamento. Para a colagem dos painéis foi utilizado o adesivo fenol-formaldeído, com gramatura de 320g/m². Os painéis foram prensados com pressão específica de 1,2 MPa, por 20 minutos e temperatura de 160°C. Os resultados indicaram que para a perda de massa, observou-se efeito estatístico significativo da temperatura. Para a perda volumétrica observou-se uma tendência numérica de acréscimo com o aumento da temperatura. Tanto para a densidade aparente, absorção de água e inchamento mais recuperação em espessura não foi detectado efeito significativo do tratamento térmico. Os resultados da umidade sofreram influência significativa da termorretificação, em que foi constatada uma diminuição dessa propriedade física com o aumento da temperatura. Recomendam-se estudos mais detalhados sobre o efeito do tratamento térmico nas propriedades dos painéis compensados.

PALAVRAS-CHAVE: *Pinus oocarpa*, Painel compensado, tratamento térmico.

HEAT TREATMENT OF *Pinus oocarpa* SHEETS FOR IMPROVEMENT OF PHYSICAL PROPERTIES OF PLYWOOD PANELS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of heat treatment on *Pinus oocarpa* for, in order to improve the physical properties of plywood panels. 200 x 200 mm sheets were thermally rectified at two temperatures (200°C and 250°C). Nine panels were produced, with three replicates per treatment. Phenol-formaldehyde adhesive was used to glue the panels, with a grammage of 320 g/m². The panels were pressed with a specific pressure of 1.2 MPa for 20 minutes and at a temperature of 160°C. The results indicated that, for mass loss, there was a significant statistical effect of temperature. For volume loss, a numerical increasing trend was observed with the increase in temperature. For apparent density, water absorption and swelling plus thickness recovery, no significant effect of the heat treatment was detected. Humidity results were significantly influenced by thermal rectification, in which a decrease in this physical property was observed with the increase in temperature. More detailed studies regarding the effect of heat treatment on the properties of plywood panels are recommended.

KEYWORDS: Heat treatment, *Pinus oocarpa*, Plywood panel.

INTRODUÇÃO

A utilização da madeira de *Pinus* spp no Brasil encontra-se diversificada, gerando produtos não só como lâminas, painéis compensados e madeira serrada, mas também painéis reconstituídos MDP, MDF e OSB (ALMEIDA et al., 2014). Estima-se que nos últimos 10 anos (2002 a 2012), a produção de compensado evoluiu de 1,6 milhão de m³ anuais, em 2002, para 2,1 milhões de m³ anuais, em 2012, um crescimento médio de 2,8% a.a. (ABRAF, 2013).

Dentro dos variados tipos de painéis produzidos, destacam-se os compensados, que são produzidos por meio da colagem de lâminas em número ímpar de camadas, com a direção da grã perpendicular entre as camadas adjacentes (IWAKIRI, 2005). Esses produtos apresentam diversas utilizações, como na construção civil para aplicações estruturais, na construção de barcos, na fabricação de móveis (partes estruturais e decorativas), instrumentos musicais, embalagens industriais, caixas, dentre outros (BORTOLETTO JÚNIOR & GARCIA, 2004).

Os painéis compensados podem ser classificados de acordo com o seu uso, e são diferenciados em função do tipo de adesivo utilizado. Geralmente, o adesivo fenol-formaldeído é o mais adequado, em função de suas características de maior resistência e durabilidade em condições de exposição à umidade (MARRA, 1992). O compensado de uso exterior pode ser definido como o painel que apresenta características de alta resistência mecânica e destinado a aplicações que requerem contato direto com a água (ABNT, 2001); haja vista, que esse painel é produzido com um adesivo mais resistente à umidade e, certamente, esse é um fator que aumenta o preço do produto. Nesse sentido, pode-se realizar o tratamento térmico em lâminas em diferentes temperaturas com a finalidade de buscar alternativas para melhorar a qualidade das matérias-primas por meio da diminuição da higroscopicidade devido à degradação dos sítios de sorção das hemiceluloses, principalmente.

De acordo com SHAFIZADEH (1985) citado por PROTÁSIO et al. (2012), os componentes essenciais da madeira como as hemiceluloses, celulose e lignina

possuem uma faixa de degradação térmica específica. As hemiceluloses são degradadas entre as temperaturas de 225 e 335°C, a celulose entre 305 e 375°C e a lignina entre 250 e 500°C, dessa forma são preservados, em parte, no processo de termorretificação os teores de celulose e lignina; uma vez que, as baixas temperaturas empregadas.

O processo de termorretificação consiste em aplicar calor à madeira em temperaturas baixas que provocam a degradação de parte das hemiceluloses, pois esses polissacarídeos são os mais sensíveis à ação do calor, e mais hidrofílicos. Como resultado obtém-se, um produto sólido com características diferenciadas (BRITO et al., 2006).

As principais alterações observadas, nas propriedades de madeiras termorretificadas são o aumento da estabilidade dimensional, aumento da resistência ao ataque de organismos xilófagos e a diminuição da higroscopicidade. O tratamento térmico traz inúmeras vantagens às propriedades tecnológicas da madeira, e essas características variam principalmente em função da temperatura final do processo, do tempo do tratamento, da velocidade de aquecimento e das propriedades iniciais da madeira (ARAÚJO et al., 2012). Contudo, há uma carência na literatura sobre efeito do tratamento térmico em lâminas de *Pinus* para a produção de painéis compensados. Nesse contexto, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar as propriedades físicas em painéis compensados produzidos com lâminas de *Pinus oocarpa* tratadas termicamente.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas três árvores de *Pinus oocarpa*, que apresentavam a idade de 180 meses, advindas de plantios experimentais situados no câmpus da Universidade Federal de Lavras - UFLA, localizada no município de Lavras estado de Minas Gerais. A área está situada nas coordenadas 21°13'40" Sul de latitude, longitude de 44° 57'50" oeste de Greenwich e altitude de 925m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 20,4° C e a precipitação média anual é de 1.460 mm.

De acordo com as recomendações de IWAKIRI (2005) as lâminas de madeira foram obtidas a partir das toras após aquecimento com temperatura de 66°C por 72 horas em água. As lâminas foram confeccionadas em torno laminador, com espessura nominal de 2 mm e guilhotinadas nas dimensões de 200 x 200 mm. Elas foram então tabicadas no plano horizontal para secagem natural, em local coberto, até atingirem a umidade de equilíbrio higroscópico.

Antes da confecção dos painéis as lâminas foram secas em forno convencional em diferentes temperaturas. As massas das lâminas foram registradas antes e após a termorretificação, de modo a permitir o cálculo da perda de massa. Foi realizada a medição das dimensões das lâminas, ou seja, espessura em quatro pontos distintos, comprimento e largura, para a obtenção dos valores de perda volumétrica. As lâminas foram tratadas termicamente em forno convencional por 20 minutos com temperatura controlada, conforme o Quadro 1.

No Quadro 1 pode ser verificado o plano experimental, utilizado nesta pesquisa.

QUADRO 1 – Plano Experimental

Tratamento	Temperatura	Tempo	Repetições
T1	-	-	3
T2	200°C	20'	3
T3	250°C	20'	3

Na confecção do painel, foram utilizadas cinco lâminas cruzadas, contabilizando-se um total de 45 lâminas. Produziram-se três painéis por tratamento. Utilizou-se na colagem o adesivo fenol-formaldeído com gramatura de 320g/m² em linha dupla, com teor de sólidos de 52,87%; pH de 11,45; viscosidade de 590Cp e Gel Time de 11,12 minutos. Não foi introduzido em sua formulação nenhum tipo de extensor ou material inerte.

Após a formação do painel, utilizaram-se 15 minutos como tempo de montagem. O ciclo de prensagem foi realizado por uma prensa hidráulica conduzida com pressão específica de 1,2 MPa, por 20 minutos e temperatura 160°C.

Após a prensagem os compensados foram esquadrejados e retirados os corpos-de-prova que permaneceram acondicionados à temperatura e umidade relativa constantes (20±2°C e 65±3%). Foram avaliadas as seguintes propriedades físicas: umidade, densidade aparente, absorção de água total, inchamento mais recuperação em espessura, segundo as especificações da norma da ABNT 31:000.05-001/2 (ABNT, 2001). Na análise dos dados foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e três repetições. O teste de comparação múltipla utilizado foi o de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados de perda de massa e perda volumétrica, para as lâminas de *Pinus oocarpa* tratadas termicamente, para a produção dos painéis compensados.

TABELA 1–Valores de perda de massa e perda volumétrica para os painéis compensados de *Pinus oocarpa*.

Tratamento	Perda de massa (%)	Perda volumétrica (%)
T1	5,42 A	4,54 A
T2	8,92 B	5,68 A
T3	8,48 B	7,00 B
CV (%)	8,95	35,98

Médias precedidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ao nível designificância de 5%.

Para a perda de massa, observou-se que houve efeito estatístico significativo da temperatura, sendo que o T1 apresentou o menor valor, com redução de massa de 5,42% em relação à massa inicial. Essa perda de massa é referente à umidade das lâminas, pois a testemunha foi acondicionada em temperatura de 100°C. Já os tratamentos T2 e T3 não apresentaram diferenças significativas, sendo estes valores respectivamente de 8,92% e 8,48%. Esses resultados podem ser atribuídos à secagem das lâminas, bem como a degradação parcial das hemiceluloses.

Segundo SHAFIZADEH (1985) citado por PROTÁSIO et al. (2012), os componentes químicos fundamentais da parede celular como as hemiceluloses,

celulose e lignina possuem faixas específicas de degradação quando estas recebem calor. As hemiceluloses são degradadas entre as temperaturas de 225 e 325°C, a celulose entre 305 e 375°C e a lignina entre 250 e 500°C. Desta forma são preservados, em parte, no processo térmico, os teores de celulose e lignina.

As perdas de massa das lâminas submetidas ao tratamento térmico de 200°C e 250°C pode ser explicada pela degradação das hemiceluloses, conforme discutido anteriormente, pois esses componentes estruturais são os mais afetados pelo calor. Essa degradação é irreversível e vem associada à degradação dos grupos hidroxílicos acessíveis, ou seja, responsáveis pela adsorção de água nas paredes celulares da madeira, o que explica a menor umidade de equilíbrio e a maior estabilidade dimensional (menores inchamentos e contrações) da madeira termorretificada (POUBElet al., 2013).

Para a perda volumétrica, há uma tendência numérica de acréscimo, com o aumento da temperatura, mas os tratamentos T1 e T2 foram estatisticamente iguais e o tratamento T3 referente à temperatura de 250°C apresentou o maior valor com 7,00%. Isto ocorreu devido à degradação das hemiceluloses e a perda de água das lâminas que resultaram na contração volumétrica do material. O coeficiente de variação encontrado foi alto, porque há uma variabilidade da espessura, largura e comprimento das lâminas.

Na tabela 2 apresentam-se os resultados de densidade aparente, teor de umidade, absorção total de água e inchamento mais recuperação em espessura para os painéis compensados de *Pinus oocarpa*.

TABELA 2 – Valores de densidade aparente, umidade, absorção de água total, e inchamento mais recuperação em espessura, para os painéis compensados de *Pinus oocarpa*.

Tratamento	Densidade Aparente (g/cm ³)	Umidade (%)	Absorção de água (%)	IR (%)
T1	0,61 A	12,73 C	45,55 A	11,22 A
T2	0,62 A	9,73 A	52,09 A	8,74 A
T3	0,61 A	11,29 B	49,42 A	8,26 A
CV(%)	1,62	10,37	16,24	35,00

Médias precedidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott ao nível designificância de 5%.

Para a densidade aparente, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo que o valor médio encontrado foi de 0,61g/cm³. Dessa forma, os painéis compensados de *Pinus oocarpa* podem ser classificados de média densidade. De acordo com IWAKIRI et al.(2012) os valores de densidade aparente encontrada para painéis compensados de *Pinus oocarpa* colados com o adesivo a base de fenol-formaldeído com uso de extensores, como o trigo e água foi de 0,62 g/cm³.

Observou-se que para a umidade houve diferenças estatísticas, sendo que os valores variaram entre 9,73% e 12,73%. Percebe-se que esta diferença encontrada entre os tratamentos T2 e T3 pode ser explicada devido a uma variabilidade das matérias-primas utilizadas na confecção dos painéis. Mas há uma tendência de decréscimo da umidade com o tratamento térmico.

SILVA et al. (2012) trabalhando com painéis compensados de *Pinus oocarpa* colados com fenol-formaldeído encontraram uma umidade média de 11,31%, assemelhando-se ao observado neste trabalho para os diferentes tratamentos.

Tanto para a absorção de água quanto para inchamento não foi detectado efeito significativo do tratamento térmico. SILVA et al. (2012) relataram valores médios de absorção de água total e inchamento mais recuperação em espessura de 63,8% e 7,3%, respectivamente, diferindo do encontrado neste trabalho.

CONCLUSÃO

Com base no estudo experimental, os resultados indicaram que houve uma tendência de decréscimo da umidade de equilíbrio. Não se encontrou uma diferença entre absorção de água total e inchamento mais recuperação de espessura, portanto sugere-se aumentar a temperatura do tratamento térmico ou aumentar o tempo de residência dessas lâminas no forno.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, N. F.; BORTOLETTO Jr, G.; MENDES, R. F.; SURDI, P. G. Produção e avaliação da qualidade de lâminas de madeira de um híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 261-268, 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. CB-31: projeto de normas 31.000.05.001/1: chapas de madeira compensada. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, DF: ABRAF, 2013. 148 p.

BORTOLETTO JÚNIOR, G.; GARCIA, J. N. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 563- 570, 2004.

BRITO, J. O.; GARCIA, J. N.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 254 p.
MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: V. N. Reinhold, 1992. 453 p.

POUBEL, D. S.; GARCIA, R. A.; SANTOS, W. A.; OLIVEIRA, G. L.; ABREU, H. S. Efeito da termorretificação nas propriedades físicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea*. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 391-398, 2013.

PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; MENDES, R. F.; RIBEIRO, M. X.; TRUGILHO, P. F.; LEITE, E. R. S. Torrefação e carbonização de briquetes de resíduos do processamento dos grãos de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.11, p.1252–1258, 2012.

SHAFIZADEH, F. Pyrolytic reactions and products of biomass. In: Overend , R. P.; Milne, T. A.; Mudge, L. K. (ed.) **Fundamentals of Biomass Thermochemical Conversion**. London: Elsevier, Cap.6, p.183–217.1985.

SILVA, B. C.; VIEIRA, M.C.; OLIVEIRA, G. L.; GONÇALVES, F. G.; RODRIGUES, N. D.; LELIS, R. C. C.; IWAKIRI, S. Qualidade de Compensados Fabricados com Adesivos à Base de Tanino-formaldeído de Pinus oocarpa e Fenol-formaldeído. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 511-519, 2012.