

Produção de painéis cimento-madeira com resíduos de indústria moveleira

Cement-wood panels production using furniture industry residues

RESUMO

Rebeca Fernandes Balsalobre
fernandesbsr@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Gustavo Savaris
gsavaris@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Esse trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas de diferentes dosagens de painéis cimento-madeira produzidos com maravalhas de *Eucalypto urograndis* variando-se a relação água-cimento. Os painéis foram produzidos com a mistura de madeira, cimento, água e CaCl_2 , em seguida, moldados em uma forma e prensados por 24 horas em uma prensa hidráulica. Depois, foram mantidos ao ar durante o processo de cura. Após esse período, foram serrados em corpos de prova para determinação das propriedades físicas e mecânicas: inchamento em espessura, massa específica, teor de umidade, resistências à flexão estática e à compressão. Os resultados obtidos apresentaram redução de espessura com o aumento da quantidade de água na composição, devido à incompressibilidade da água na fase de moldagem dos painéis, porém a quantidade de água não influenciou no inchamento dos painéis. A resistência à compressão e o módulo de ruptura dos painéis não apresentaram variação significativa nos resultados com o aumento da relação água/cimento.

PALAVRAS-CHAVE: Reaproveitamento de Resíduos. Resíduos de madeira. Cimento. Construção Civil.

ABSTRACT

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



This work aimed to evaluate the physical and mechanical properties of different dosages of cement-wood panels produced with Eucalyptus urograndis wood shavings by varying the water-cement ratio. The panels were produced with a mixture of wood, cement, water and CaCl_2 , then molded into a form and pressed for 24 hours in a hydraulic press. Then they were kept in the air during the curing process. After this period, they were sawn in specimens to determine the physical and mechanical properties: swelling in thickness, specific mass, moisture content, resistance to static flexion and compression. The results obtained showed a reduction in thickness with the increase in the amount of water in the composition, due to the incompressibility of water in the molding phase of the panels, however the amount of water did not influence the swelling of the panels. The compressive strength and the module of rupture of the panels did not present significant variation in the results with the increase of the water/cement ratio.

KEYWORDS: Reuse of residues. Wood residue. Cement. Civil Construction.



INTRODUÇÃO

O uso da madeira na construção civil no Brasil vem aumentando gradativamente nas últimas décadas, visto que a arquitetura promoveu esse cenário com o uso da madeira em diversos estágios da construção. Em consequência disso, a quantidade de resíduos de madeira, como pó e maravalha, produzidos anualmente em serrarias e em indústrias madeireiras e moveleiras aumentaram. Tais resíduos são muitas vezes descartados de forma inadequada na natureza, afetando diretamente o meio ambiente, ou armazenados sem nenhuma destinação e sem valor agregado. Contudo, parte dos resíduos de madeira apresentam uso energético com a briquetagem, que substitui o uso do carvão e da lenha, para produção de energia térmica ou elétrica, por gaseificação, além da carbonização e a combustão da madeira (TUOTO, 2009).

A reutilização desses resíduos tem suas vantagens sustentáveis, pauta tal que está em alta por todo o mundo. Ao estabelecer novos usos para esses resíduos e agregar valores a eles, empresários e produtores passam a se interessar e valorizar esses subprodutos que estão sempre aos seus alcances e que, por vezes, são considerados um problema. Além disso, produtos que utilizam os resíduos de madeira costumam apresentar excelentes características de resistência mecânica e alta durabilidade, além de ser um material fácil de ser encontrado e trabalhado (LATORRACA, 2003). Por isso, é uma matéria prima com ótimo custo benefício, tanto para quem produz o resíduo tanto para quem vai utilizá-lo.

Entre a vasta utilização dos resíduos de madeira, estão os painéis de cimento-madeira. Esses painéis são constituídos de cimento, partículas e fibras de madeira, água e alguns aditivos, mas também podem incluir outros elementos na mistura, como a areia (MACÊDO et al., 2011). Dentre as características vantajosas deste material estão a alta resistência mecânica, à umidade, ao ataque de agentes biodegradadores e ao fogo, além de apresentar propriedades isolantes térmica e acústica (MOSLEMI, 1974).

Eles são muito utilizados na Europa, na Ásia e na América do Norte, estando consolidados há muitas décadas no meio construtivo e sendo produzidos em escala industrial (LATORRACA, 2003). Os painéis de cimento-madeira vêm sendo estudados no Brasil nos últimos anos (LATORRACA, 2003; MATOSKI e IWAKIRI, 2007; DE SÁ et al., 2012; CASTRO et al., 2015; POMARICO, 2013; IWAKIRI et al., 2017), analisando principalmente suas propriedades físicas e mecânicas em função de diversas relações cimento/madeira e com as mais diversas espécies de madeiras encontradas no território nacional.

Dessa forma, esse trabalho buscou definir dosagens de materiais para produção de painéis cimento-madeira, produzidos com maravalhas de *Eucalypto urograndis* de uma indústria madeireira da região oeste do Paraná, avaliando suas propriedades físicas e mecânicas variando-se a relação água-cimento da mistura.

MATERIAL E MÉTODOS

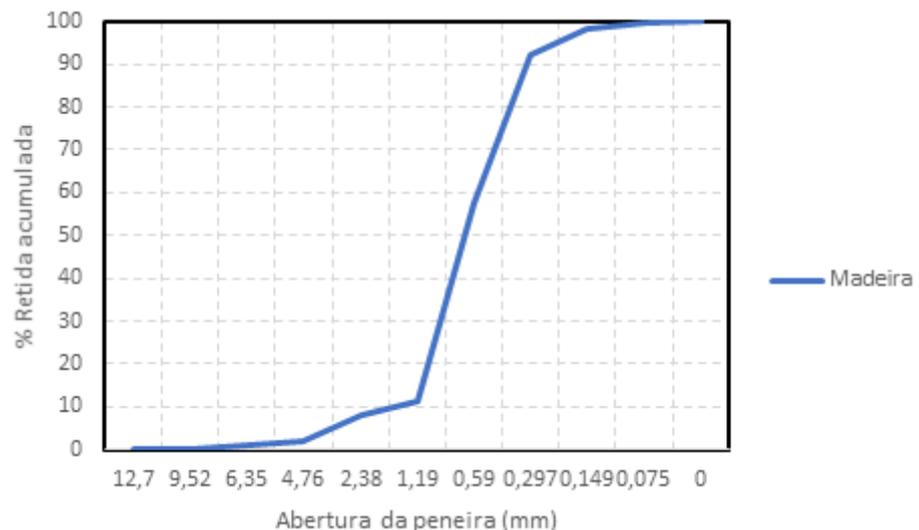
Para a realização dessa pesquisa foi escolhido o aglomerante de origem hidráulica Cimento Portland Composto com Fíler (CP II-F). O aditivo utilizado como acelerador de endurecimento foi o Cloreto de Cálcio (CaCl_2), pois segundo Latorraca (2000) e Iwakiri et al. (2017), ele apresenta maior eficácia como

acelerador do endurecimento e da pega do cimento em relação a outros materiais. A água tratada utilizada foi fornecida pela companhia de saneamento do Paraná (SANEPAR) do município de Toledo-PR.

Os resíduos de madeira utilizados nessa pesquisa foram da espécie *Eucalypto urograndis*, coletados em uma serraria, que beneficia madeira para indústrias de móveis, instalada no município de Altônia-PR. Essa espécie de madeira é híbrida das espécies *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, sendo muito encontrada na região noroeste do Paraná e no estado do Mato Grosso do Sul.

Inicialmente o resíduo foi seco em estufa a 105°C por 24 horas e em seguida peneirado para retirar as partículas maiores que 4,76 mm. Para caracterização foi realizado o ensaio de determinação da composição granulométrica, segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), obtendo a curva granulométrica apresentada na Figura 1, e o ensaio de massa específica, de acordo com a NBR 11941 (ABNT, 2003), obtendo como resultado 1,19 g/cm³.

Figura 1 - Curva granulométrica do resíduo de madeira



Fonte: Autoria própria (2020).

A escolha da proporção de materiais para produção dos painéis foi feita com base na literatura. Segundo Iwakiri et al. (2017), a relação madeira:cimento pode variar entre 1:2,5 e 1:3, com relação água/cimento entre 0,4 e 0,6. Para este estudo optou-se por utilizar a relação madeira:cimento igual a 1:3 com o fator água:cimento variando em 0,5, 0,7 e 0,9 e a quantidade de aditivo CaCl₂ fixada em 3% da massa de cimento. Na tabela 1, são apresentadas as proporções dos materiais (em massa) utilizadas para produção dos painéis.

Tabela 1: Proporção de materiais para produção dos painéis (kg).

Painel	Madeira	Cimento	Água	Aditivo
P1	1	3	1,5	0,09
P2	1	3	2,1	0,09
P3	1	3	2,7	0,09

Fonte: Autoria própria (2020).

Após pesagem dos materiais foi realizada a mistura de forma manual, devido ao pequeno volume produzido, misturando inicialmente os resíduos de madeira com o cimento para homogeneização e, em seguida, acrescentando a água com o CaCl_2 diluído.

Para cada proporção de materiais foram moldados dois painéis iguais de cada traço (denominados “a” ou “b”), a fim de obter-se o número de corpos de prova necessários, utilizando uma caixa formadora com dimensões 35x35x5cm, posicionada sobre uma chapa de alumínio com dimensões de 40x40 cm (FIGURA 2). A caixa formadora foi preenchida com a massa de madeira-cimento e pré-compactada manualmente

Figura 2. Processo de moldagem do painel



Fonte: Autoria própria (2020).

Nas laterais dos painéis foram colocadas barras de aço de seção retangular (1,5x1,5 cm), atuando como delimitadores da espessura final do painel, sendo posicionada uma chapa de alumínio sobre este e realizada a prensagem em prensa hidráulica sob pressão de 1 MPa. Após a prensagem os painéis foram grampeados com sarrafos e barras de aço, permanecendo sob pressão e a temperatura ambiente (23°C) por 24 horas, quando então foram desmoldados e mantidos ao ar por 28 dias para complementação do processo de cura.

Encerrado o período de cura os painéis foram serrados para retirar corpos de prova para o ensaio de flexão elástica, compressão, absorção de água e inchamento em espessura, massa específica e teor de umidade, conforme norma D1037 (ASTM, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as três proporções de materiais utilizadas foram obtidos painéis sem desagregação de partículas, conforme apresentado na Figura 3, variando no aspecto estético e uniformidade da superfície, tendo o aumento da quantidade de água resultado em superfícies mais porosas (painéis 2 e 3). Após a cura os painéis 1, 2 e 3 apresentaram teor de umidade de 12,01%, 14,77% e 16,09%, respectivamente, e para massa específica, determinada após secagem dos corpos de prova por 24 horas em estufa a 105°C, obtiveram-se os valores de 0,836 g/dm³, 0,849 g/dm³ e 0,84 g/dm³, respectivamente.

Figura 3. Painéis após o processo de cura: a) P1; b) P2; c) P3.



Fonte: Autoria própria (2020).

Inchamento em Espessura

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do ensaio de inchamento, cujas medidas de espessura foram realizadas com umidade natural e após saturação por 48 horas submerso em água, em 5 pontos, sendo: 4 cantos da amostra e no centro, calculando-se o valor da espessura média da amostra. Com estes valores foram calculadas a média e o desvio padrão da espessura das amostras dos painéis de cada composição (P1, P2 e P3), e, realizada uma análise de variância, constatou-se variação significativa na espessura entre as composições, porém entre os estados natural e saturado as médias são estatisticamente iguais, como pode ser observado na Tabela 2, onde letras iguais indicam médias iguais.

Tabela 2. Espessura média e desvio padrão dos painéis com umidade natural e após saturação.

Painel	Natural (mm)		Saturado (mm)		Variação e_{sat} / e_{nat} (%)
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	
P1	15,07 ^a	0,48	15,37 ^a	0,40	1,99
P2	13,39 ^b	0,73	13,68 ^b	0,81	2,13
P3	12,09 ^c	1,27	12,29 ^c	1,26	1,70

Fonte: Autoria própria (2020).

O aumento da quantidade de água na composição resultou em redução da espessura final do painel, devido à incompressibilidade da água durante a prensagem do painel e à maior retração do material durante a secagem. Entretanto a variação de espessura com a saturação do painel foi pequena (inferior a 3%) para todas as composições.

Ensaio de Flexão Elástica

Os valores obtidos no ensaio de flexão elástica são apresentados na Tabela 3. Após uma análise estatística o resultado da amostra 3 do painel 3B foi descartada por apresentar valor discrepante dos demais. Com os demais resultados obtidos foi realizada uma análise de variância, obtendo-se o valor-F calculado, igual a 0,35, superior ao valor-F crítico, de 3,73707, não podendo desta forma ser descartada a hipótese de que os resultados são iguais entre as composições.

Tabela 3. Módulo de ruptura

Painel	Amostra	Módulo de ruptura (MPa)	Média (MPa)
1A	1	0,647	1,183
	2	1,115	
	3	1,195	
1B	1	1,65	
	2	1,400	
	3	1,091	
2A	1	0,975	1,317
	2	1,340	
	3	1,060	
2B	1	1,453	
	2	1,857	
	3	1,221	
3A	1	0,748	1,153
	2	1,545	
	3	0,956	
3B	1	0,885	
	2	1,631	
	3	3,738*	

Fonte: Autoria própria (2020).

Ensaio de Compressão

Os valores obtidos para resistência à compressão paralela ao plano do painel são apresentados na Tabela 4, juntamente com a média calculada.

Tabela 4. Resistência à compressão.

Painel	Amostra	Resistência à compressão (MPa)	Média (MPa)
1A	1	2,378	2,403
	2	1,838	
	3	2,352	
1B	1	2,605	
	2	2,732	
	3	2,510	
2A	1	1,734	2,219
	2	0,893	
	3	1,602	
2B	1	3,597	
	2	2,953	
	3	2,533	
3A	1	2,097	2,138
	2	1,394	
	3	1,767	
3B	1	2,020	
	2	3,626	
	3	1,922	

Fonte: Autoria própria (2020).

Realizando-se uma análise de variância com os resultados agrupados por composição o valor-F calculado resultou em 0,19, sendo superior ao valor-F crítico, de 3,3823, e desta forma a resistência à compressão dos painéis pode ser considerada estatisticamente igual.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi avaliada a produção de painéis madeira:cimento utilizando resíduos de uma serraria instalada na região oeste do Paraná para três diferentes relações água-cimento. Com base nos resultados obtidos as seguintes conclusões podem ser estabelecidas:

Os resíduos de *Eucalypto urograndis* podem ser empregados para produção de painéis madeira:cimento, dentro da faixa granulométrica empregada neste trabalho, na proporção de 1:3 com relações água/cimento entre 0,5 e 0,9. Entretanto, utilizando relação água/cimento igual a 0,5 os painéis apresentaram melhor aspecto visual.

Os painéis produzidos apresentaram redução de espessura com o aumento da quantidade de água na composição, devido à incompressibilidade da água na fase de moldagem dos painéis. Entretanto, o aumento da proporção de água não influenciou no inchamento dos painéis.

A resistência à compressão e o módulo de ruptura dos painéis não apresentaram variação significativa nos resultados com o aumento da relação água/cimento.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao financiamento da pesquisa proporcionado pela UTFPR com a concessão de bolsa de iniciação científica – UTFPR, conforme edital PROPPG 02/2019.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT. **NBR 11941**: Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

ASTM – American Society for Testing Materials . **ASTM D 1037 – 99** – Standar Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. West Conshohocken, 1999.

CASTRO, V. G.; BRAZ, R. L.; AZAMBUJA, R. R.; LOYOLA, P. L.; IWAKIR, S.; MATOS, J. L. M. **Painéis cimento-madeira de *Eucalyptus saligna* com diferentes aditivos químicos e métodos de formação**. FLORESTA, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 349-360, 2015.

DE SÁ, V. A.; BUFALINO, L.; ALBINO, V. C. S.; CORRÊA, A. A.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. A. **Mistura de três espécies de reflorestamento na produção de painéis cimento-madeira**. REVISTA ÁRVORE, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 549-557, 2012.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI1, R.; WEBER, A.M.; JUNIOR, E.A.B.; PEREIRA, G.F.; BUENO, J.A.; CECHIN, L.; RAIA, R.Z. **Efeitos do tratamento de partículas e aceleradores de endurecimento na produção de painéis cimento-madeira de Hevea brasiliensis.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 47, n. 3, p. 289 - 296, jul. / set. 2017.

LATORRACA, J.V.F. **Eucalyptus spp. Na Produção De Painéis De Cimento-Madeira.** TESE APRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS FLORESTAIS. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, ano 2000.

LATORRACA, J.V.F. **Painéis de cimento-madeira: características e aplicações.** REVISTA DA MADEIRA, 2003, n. 71, abr. 2003.

MACÊDO, A.N.; LIMA, A.M.; FONSECA, F.O.; LAVÔR, B.V.A.; **Revista Matéria**, v. 16, n. 2, pp. 658 – 667, 2011

MATOSKI, A; IWAKIRI, S. **Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis de cimento-madeira utilizando farinha de madeira com granulometria controlada.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago. 2007.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard.** Illinois: Southern Illinois University, 1974. 244p.

POMARICO, F.A. **Potencial de utilização da madeira de clones de eucalipto na produção de painéis cimento-madeira.** In: POMARICO, FERNANDA ALVARENGA. POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE EUCALIPTO NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA. Orientador: Dr. Lourival Marin Mendes. 2007. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

TUOTO, M. Levantamento sobre geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado. Ministério do meio ambiente. Secretária de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. **Secretaria de Biodiversidade e Florestas Projeto PNUD BRA 00/20.** Curitiba-PR, 2009.