

ANÁLISE MECÂNICA DE PAINÉIS POLIMÉRICOS UTILIZANDO RESÍDUOS DE MADEIRA DA ESPÉCIE *DIPTERYX POLYPHYLLA* E A RESINA POLIURETANA À BASE DE MAMONA

Mírian Dayse Lima Zau^{1*}, Virginia Mansanares Giacon², Raimundo Pereira de Vasconcelos², Maria Fátima do Nascimento³ Francisco Antônio Rocco Lahr³

¹ Faculdade de Tecnologia – UFAM – AM (mirian_dayse@hotmail.com)

² Av. General Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I, CEP: 69077-000, Manaus -AM

³ Universidade de São Paulo, Laboratório de Madeira e Estrutura de Madeira, Av. Trabalhador São-carlense, 400, Centro, CEP: 13566-590, São Carlos -SP

Resumo

*O processamento da madeira em indústrias madeireiras gera um aproveitamento de cerca de 40% do volume total das toras processadas, sendo que o restante é utilizado em caldeiras e olarias para a geração de energia elétrica no Brasil. Os resíduos gerados durante o processamento precisam ser adequadamente manuseados, pois sua concentração em um determinado local ou a queima podem causar impactos ambientais negativos. No entanto, existem alternativas para o reaproveitamento destes resíduos durante o processamento mecânico, dentre estas, utilizá-los na fabricação de painéis aglomerados por intermédio do método de prensagem. Este trabalho apresenta um estudo sobre o potencial uso da Cumarurana (*Dipteryx polyphylla*) na produção de painéis aglomerados, utilizando a resina poliuretana à base de óleo de mamona, como aglomerante. Produziram-se painéis de 1000 e 1300 g mantendo o teor de resina em 15% baseando-se em normas específicas para painéis. Os resultados mecânicos não atenderam ao mínimo especificado pelas normas NBR ABNT 14810-2, ANSI A208.1 e CS 236-66, com exceção, para a adesão interna, que mostrou-se promissor.*

Palavras-chave: Resíduos de madeira, painéis aglomerados, resina poliuretana, propriedades mecânicas.

Introdução

Segundo [1], a indústria de base florestal tem evoluído notadamente nos últimos anos, e continua em acentuada expansão tecnológica, tanto em termos de processos como de produtos. Neste contexto, a indústria de painéis de madeira reconstituída, dentre eles, os painéis de madeira aglomerada tem se destacado e conseqüentemente apresenta grande relevância, já que pode suprir tanto em quantidade quanto em qualidade as demandas do setor madeireiro.

Conforme dados atuais, os painéis aglomerados apresentaram uma taxa de produção mundial em 2011 de mais de 94 milhões de metros cúbicos sendo que 3 milhões são referentes à produção de painéis no Brasil de acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO) [2].

No Brasil, as principais espécies utilizadas na produção de painéis aglomerados e MDF (*medium density fiberboard*) são dos gêneros *Pinus* e *Eucalipto*, as quais são plantadas em grande escala nas regiões sul e sudeste do país, em que estão localizadas as indústrias moveleiras. Nas regiões norte, nordeste e centro-oeste do país, além da ausência de pólos moveleiros que demandam grande quantidade de painéis, os plantios florestais em escala comercial ainda são restritos a pequenas áreas [3].

Os painéis de madeira aglomerada, comercialmente denominado de “aglomerado” ou MDP (*medium density particleboard*), são painéis produzidos com partículas de madeira, com a incorporação de um adesivo sintético e reconstituídos numa matriz randômica (razão de consistência) e consolidados por intermédio de aplicação de pressão e calor na prensa quente [4]. Segundo [5] as aplicações dos painéis aglomerados são indicadas para a indústria de embalagens, moveleira e marcenaria, na produção de móveis residenciais e também empregados na construção civil, como pisos, paredes e tetos.

Dentre os vários tipos de espécies de madeira encontradas na região Amazônica, podemos citar a Cumarurana da espécie *Dipteryx polyphylla* conhecida também como Cumaru-roxo que é uma espécie de alta densidade (0,83g/cm³) que ocorre em matas primárias de terra firme, ao longo de riachos, principalmente no Amazonas e Colômbia. É uma madeira utilizada em construções pesadas, dormentes, cabos de implementos agrícolas, objetos torneados, postes e pilares, faqueados decorativos, móveis, construção naval, tacos para assoalhos, entre outros [6-7]. A Cumarurana é uma espécie madeireira amplamente utilizada na indústria madeireira, porém há uma grande geração de resíduos no processamento mecânico, em torno de 60%, que acabam sendo reaproveitados para geração de energia elétrica, através

da queima, conforme observado em visita realizada na empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda, localizada no município de Itacoatiara, km 227 da rodovia Manaus – Itacoatiara, Amazonas [6].

Os resíduos gerados durante o processamento da madeira precisam ser adequadamente manuseados, pois sua concentração em um determinado local, sua deposição ou queima podem causar impactos ambientais negativos. No entanto, existem alternativas para o reaproveitamento de resíduos descartados durante o processamento mecânico da madeira, dentre estas, utilizá-los na fabricação de painéis aglomerados através do método de prensagem. A fabricação de painéis é ecologicamente correta, pois os resíduos irão transformar-se em produtos úteis, assim conservando os recursos naturais [8].

Para a produção de painéis aglomerados se faz necessário o uso de uma resina com função aglomerante. As resinas mais comumente empregadas na produção de aglomerados são aquelas à base de uréia-formaldeído. Esses tipos de resinas apresentam dois inconvenientes: baixa resistência à ação de umidade e quando aquecida ocorre emissão de formaldeído, prejudicial ao meio ambiente. Com base nisto, há a necessidade de encontrar um substituto com igual qualidade e desempenho às resinas tradicionais [9].

Uma resina alternativa, a resina poliuretana à base da mamona, desenvolvida no Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo, é um polímero oriundo de recursos natural e renovável que apresenta característica de não agressividade ao meio ambiente e ao ser humano, sua cura é processada na temperatura ambiente, podendo ser acelerada com temperatura de 60 a 90° C [10].

A escolha da espécie de madeira tropical empregada no presente estudo foi motivada pelo intenso uso na indústria de Madeiras Mil Madeiras Preciosas Ltda. A proposta deste estudo foi utilizar os resíduos de Cumarurana na produção de painéis poliméricos para aplicações semi-estruturais como pisos habitacionais, divisórias, móveis, etc. Fez-se a análise mecânica dos painéis produzidos. No contexto deste trabalho optou-se pelo uso de uma resina poliuretana (PU) em parte renovável, derivada do óleo da mamona (*ricinus communis*) que possui propriedades aglomerantes não causando os inconvenientes da resina sintética citada anteriormente.

Parte Experimental

Material

Para a produção de painéis foram utilizados resíduos de Cumarurana, cedidos pelo Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPA) em Manaus-AM. As partículas foram obtidas em Moinho Marconi modelo MA 680 com uma peneira de 0,42 mm de abertura no Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras (LaMEM-USP- São Carlos-SP). A resina utilizada é bicomponente à base de mamona, constituída a partir do poliól e de um pré-polímero que a frio polimerizam a mistura. Utilizou-se uma proporção de 15% de resina bicomponente à base de mamona com razão 2:1 (poliól: pré-polímero), com base no peso seco das partículas [11]. A resina foi cedida pela empresa Plural Indústria Química Ltda.

Metodologia

Os parâmetros adotados para a produção dos compósitos [6] foram de 1000 e 1300 g de partículas mantendo o teor de resina a 15%. A proporção de resina foi baseada em outros trabalhos que também empregaram a resina poliuretana à base de mamona [10-12]. Foram produzidos 4 painéis, conforme os teores de resíduos e resina mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de resíduos e resina utilizados na confecção dos painéis aglomerados de Cumarurana.

Quantidade de resíduos e % resina	Quantidade de Resina	Total de resina
1000 g a 15% resina	50 g de pré-polímero/100 g de poliól	150 g
1300 g a 15% resina	65 g de pré-polímero/130 g de poliól	195 g

Após a homogeneização da mistura num recipiente adequado, as partículas misturadas com a resina foram previamente comprimidas (pressão de 0,01 MPa), e em seguida, o compósito foi submetido a uma temperatura de 95±5° C por um tempo de 10 minutos e pressão específica de 5 MPa em uma prensa marca Marconi modelo MA098/50. Foram produzidos painéis de 400 mm x 400 mm com espessura de 10 mm. Após 48 horas de polimerização, os painéis foram cortados nas dimensões especificadas para cada teste e armazenados adequadamente.

Caracterização dos painéis

A preparação dos corpos-de-prova e os ensaios para a determinação das propriedades dos painéis foram realizados de acordo com os requisitos normativos para painéis aglomerados: NBR 14810-2 [13], ANSI A208.1 [14] e CS 236[15], as quais apresentam especificações para painéis de alta densidade. Os seguintes parâmetros foram analisados: Flexão estática: Módulo de ruptura (MOR), Módulo de elasticidade (MOE), Tração perpendicular (Adesão interna) e Arrancamento de Parafuso da Face.

Resultados e Discussão

O módulo de ruptura (MOR) com amostras de 1000 e 1300 g (Fig. 1a) não atingiram a especificação mínima da norma NBR 14810-2 [13], que recomenda o mínimo 18,0 MPa. Comparando esses resultados com a norma ANSI A208.1 [14] e CS 236-66 [15], a média encontrada para painéis de 1300 gramas, de 11,5 MPa foi 30% menor ao especificado por estas normas, que recomendam valores mínimos de 16,5 e 16,8 MPa, respectivamente.

Esta baixa resistência à ruptura pode ser causada pelo excesso de resina que foi utilizada, fazendo com que predomine uma matriz polimérica frágil e sem resistência a forças de tração [16].

[17] produziram painéis aglomerados com partículas de *Manilkara huberi* (Maçaranduba) (Db: 0,86 g/cm³) [18], espécie tropical proveniente da região norte do Brasil mais precisamente do Pará e Maranhão, juntamente com 12% de resina uréia-formaldeído em função da massa seca, que apresentaram MOR de 13,46 MPa, resultados superiores aos encontrados com painéis de Cumarurana.

A norma NBR 14810-2 [13] não cita especificação para MOE. Baseando-se nas normas ANSI A208.1 [14] e CS 236-66 [15], verifica-se que os resultados, ambas as densidades (Fig. 1b), ficaram abaixo do especificado, com valores médios de 840,08 MPa e 1511,5 MPa, respectivamente.

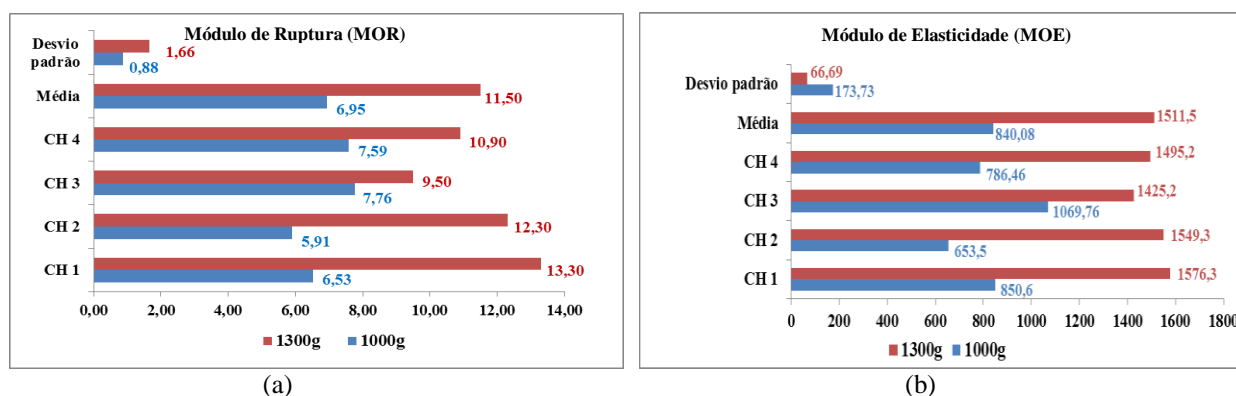


Fig. 1 - Análises de MOR e MOE em painéis de Cumarurana.

Os MOE encontrados por [17-19] apresentaram valores maiores aos encontrados neste trabalho. A baixa resistência ao MOE pode ser atribuída pelo excesso de resina utilizada, predominando uma matriz frágil e com pouca resistência elástica [16].

O requisito normativo brasileiro NBR 14810-2 [13] não cita especificação para arrancamento de parafuso. Assim, comparando os resultados (Fig. 2a) com norma ANSI A 208.1 [14] e CS 236-66 [15] verifica-se que os painéis não atenderam o mínimo especificado por estes requisitos, que cita 1800 N e 2041 N, respectivamente.

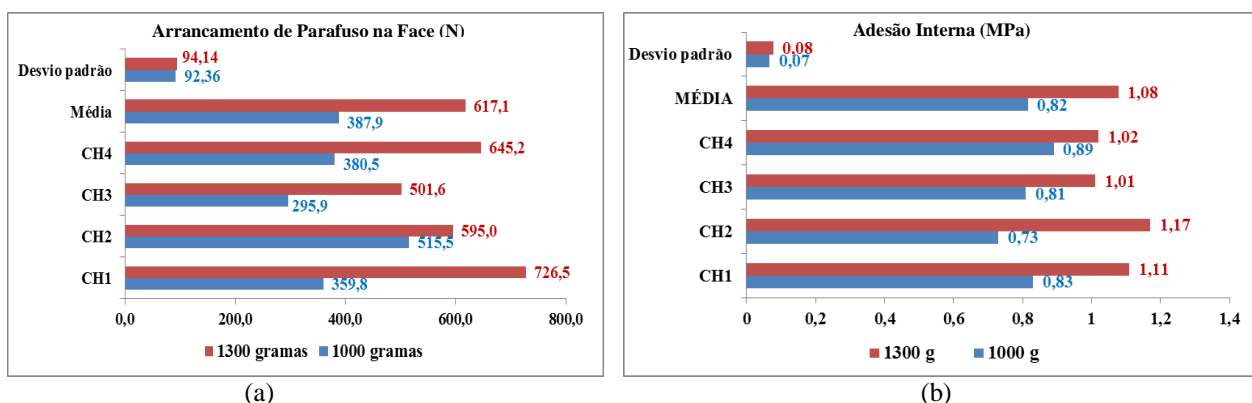


Fig. 2 - Análises de Arrancamento de Parafuso na face e Adesão Interna em painéis de Cumarurana.

A Adesão Interna apresentaram resultados satisfatórios de acordo com requisitos normativos NBR 14810-2 [13] e ANSI A208.1 [14] que recomenda o mínimo de 0,40 e 0,90 MPa, respectivamente. A adesão interna encontrada por [17] apresentou valor abaixo do encontrado com a Cumarurana, mas dentro dos parâmetros mínimos exigidos pelas normas comparadas.

Conclusão

Os painéis de Cumarurana apresentaram propriedades mecânicas inferiores aos requisitos normativos adotados como referência, com exceção da Adesão Interna que apresentou excelente resultado. Observou-se que houve um aumento das propriedades mecânicas em painéis com maior quantidade de resíduo.

Através dos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que há a necessidade de modificar os parâmetros do processo de produção dos painéis, com relação a teor de resíduo e resina para obtermos melhores resultados mecânicos. A utilização de resíduos da madeira Cumarurana e a resina do óleo da mamona evidencia o potencial destes produtos para as indústrias do ramo de painéis aglomerados, contribuindo para o meio ambiente através do reaproveitamento dos resíduos gerados durante o processamento da madeira.

Agradecimentos

À UFAM ao apoio logístico fornecido durante o período desta pesquisa, a CAPES e PRÓ-ENGENHARIA pelo auxílio à realização desta pesquisa, ao LaMEM – Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira da USP/ São Carlos pela oportunidade de produzir os painéis e realizar todos os ensaios necessários a esta pesquisa.

Referências

- [1] R. Trianoski, Msc. Dissertação, Universidade Federal do Paraná, 2010.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. *FAOSTAT Forestry*. FAO: 2013. Available from: < <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=626&lang=en#ancor> >. Acesso em: 25/04/2013.
- [3] S. Iwakiri; F. Zeller; J. A. Pinto; M. G. L. Ramirez; M. M. Souza; R. Seixas. *Acta Amazônica*. 2010, 2, 303-308.
- [4] S. Iwakiri. *Painéis de madeira reconstituída*. Ed. FUPEF, Curitiba, 2005, vol. 1, 1- 247.
- [5] Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira – ABIPA. *Números*. Available from: <<http://www.abipa.org.br/produtosMDP.php>>. Acesso em: 26/04/2013.
- [6] M. D. F. Lima, Msc. Dissertação, Universidade Federal do Amazonas, 2012.
- [7] F. T. M. Mady. *Conhecendo a madeira: informações sobre 90 espécies comerciais*. Manaus: SEBRAE/AM/Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000. 212 p.
- [8] K. C. Akyuz; G. Nemli; M. Baharoglu; E. Zeković. *International J. of Adhesion & Adhesives*. 2010, 30, 166-169.
- [9] F. M. Dias. Ph. D. Tese. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2005.
- [10] J. Fiorelli; D.D. Curtolo; N.G. Barrero; H. Savastano Junior; E. M. J. A. Pallone; R. Johnson. *Industrial Crops and Products*. 2012, 40, 69-75.
- [11] M. F. Nascimento. Ph. D. Tese. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2003.
- [12] M. R. P. Rodrigues. Ph.D. Tese Universidade de São Carlos – USP, 2008.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14810-2 – Chapas de madeira aglomerada Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2006b. 4p.
- [14] American National Standard – ANSI. *A208.1: Particleboard*. Gaithersburg: 1999.
- [15] Commercial Standard. *CS 236-66: Mat formed wood particleboard*. 1968.
- [16] W. D. Callister. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução*. São Paulo, 2002, Vol. 5, 358-372.
- [17] M. A. Azambuja; M. F. Nascimento; F. A. R. Lahr; S. A. M. Silva. em *Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira – EBRAMEM*, São Pedro – SP, 2006.
- [18] D. F. S. Filho; J. S. Rocha; J. B. Moura. *Acta Amazônica*. 1992, 22 (2), 275-283.
- [19] S. Iwakiri; B. F. Vianez; C. Weber; R. Trianoski; V. C. Almeida. *Acta Amazônica*. 2012, 42(1), 59 – 64.