

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FÍSICO E MECÂNICO DA MADEIRA PLÁSTICA OBTIDA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE POLIPROPILENO E PÓ DE MADEIRA DA REGIÃO CENTRO-OESTE DO BRASIL

*Evaluation of physical and mechanical performance of wood plastic obtained from solid waste of polypropylene and wood powder from center-west region of Brazil*

Daiane Cristina de Lima<sup>1</sup>  
Júlia Graziela da Silveira<sup>1</sup>  
Ricardo Robinson Campomanes Santana<sup>1</sup>  
Ruth Marlene Campomanes Santana<sup>2</sup>  
Shoara Caldeira Camargo<sup>3</sup>  
Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos<sup>1</sup>

**Dirección de contacto:** Dirección (\*): Av. Alexandre Ferronato 1200, Setor Industrial, Sinop, MT, Brasil  
- CEP: 78557-267 Fone: 55 (66) 3531-1663, Fax: 55 (66) 3531-9796 e-mail: ricardo\_speru@yahoo.com.br

## **Abstract**

*The purpose of this study was to evaluate the influence of compression used in the processing of plastic wood boards, in the physical and mechanical characteristics of plastic wood boards from post-consumer plastic materials (polypropylene) and reinforcement of wood flour (PM). The polymeric matrix used (polypropylene – PP) was obtained through the selective collection in homes in the city of Sinop, Mato Grosso state, Brazil as well wood waste as filler from waste generated by lumber industries. The materials were mixed (PP/PM) in weight proportion to 70/30 and this was processed via compression molding at 180°C. The effect of compression pressure was measured as a function of physical properties (density) and mechanical properties (hardness, flexural strength and impact resistance) of the material obtained. The compression pressure influenced in all physical and mechanical properties evaluated in composites produced, being composite prepared 15 ton compression pressure that showcased the best mechanical performance; showing promise for their industrial application such as plastic lumber in building construction.*

**Key Words:** plastic wood, polypropylene, waste of wood

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso – Campus de Sinop (UFMT)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Mato Grosso – Campus de Sinop (UNEMAT)

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FÍSICO E MECÂNICO DA MADEIRA PLÁSTICA OBTIDA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE POLIPROPILENO E PÓ DE MADEIRA DA REGIÃO CENTRO-OESTE DO BRASIL

## Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da pressão de compressão usada no processamento das placas de madeira plástica, nas características físicas e mecânicas de painéis de madeira plástica obtida a partir de uma matriz com materiais plásticos pós-consumo (polipropileno) e de carga de reforço de pó de madeira (PM). A matriz polimérica utilizada (polipropileno – PP) foi obtida através da coleta seletiva em residências no município de Sinop, estado de Mato Grosso, assim como a carga reforço também foi oriunda de resíduos gerados pelas indústrias madeireiras do município. Os materiais foram misturados (PP/PM) na proporção 70/30 e esta foi processada via moldagem por compressão a 180°C. O efeito da pressão de compressão foi mensurado em função das propriedades físicas (densidade) e propriedades mecânicas (dureza, resistência à flexão e resistência ao impacto) do material obtido. A pressão de compressão influenciou em todas as propriedades físicas e mecânicas avaliadas nos compósitos produzidos, sendo o compósito elaborado a pressão de compressão de 15 toneladas que apresentou o melhor desempenho mecânico; mostrando-se promissor para a sua aplicação industrial como madeira plástica em construção civil.

**Palavras chave:** Madeira plástica, polipropileno, resíduos madeireiros.

## Introdução

Recentemente, muitos esforços visando preservar o ecossistema têm levado à recente busca de encontrar novos materiais poliméricos que possam substituir parcialmente os materiais sintéticos, como os plásticos sintéticos ou convencionais que são diariamente descartados, pós-consumo, como lixo plástico, prejudicando cada vez mais o ambiente, principalmente as embalagens plásticas, cujo descarte é muito rápido quando comparado a outros produtos. Com o crescente uso desses materiais, tem-se um agravamento dos problemas ambientais, prejudicando, inclusive, o tempo de vida útil dos locais de destino do lixo, como os aterros sanitários, visto que esses plásticos demoram, em média, cem anos ou mais (dependendo das circunstâncias a que eles são submetidos) para se decompor totalmente (Huang *et al.*, 1990; Lee, 1996), causando, assim, um acúmulo de lixo que resultará em problemas ambientais à sociedade.

Qualquer material compósito que contenha fibras de plantas, madeira ou não, e matrizes termoplásticas é considerado um WPC's (Wood Plastic Composites) (ASHORI, 2007). O compósito de madeira plástica consiste, basicamente, de madeira e polímeros termoplásticos. Tradicionalmente, os materiais são vistos com fibra de madeira ou partícula-reforço e uma fase continua conhecida como matriz termoplástica. No entanto, já foram realizados estudos mostrando que ela pode ser produzida com fibras sintéticas, tais como fibra de carbono, fibra de vidro, e cargas minerais (WOLCOTT & ENGLUND, 1999).

A utilização de resíduos da madeira como carga de reforço em compósitos poliméricos é uma área de interesse tecnológico que tem-se desenvolvido intensamente na recente década. Isso se deve, principalmente, a que estes materiais poliméricos reforçados com fibras vegetais são atraentes, por ser de baixo custo e por apresentar boas propriedades, sendo um substituto da madeira, contribuindo a preservação ambiental.

A adição de produtos como cargas de reforço aos polímeros é uma alternativa viável, sendo que podem melhorar as propriedades dos polímeros reciclados e torná-los competitivos em relação aos polímeros virgens (POLETTO *et al.*, 2012; SPINACÉ & De PAOLI, 2005). A região norte do Estado de Mato Grosso conta com o maior número de madeireiras do Brasil, conseqüentemente apresenta altos volumes de resíduo de madeira, sendo um problema o destino final desse resíduo, que na maioria das vezes é a queima causando sérios problemas de contaminação no meio ambiente e gerando problemas respiratórios na população. Por outro lado, o alto consumo de materiais de poliméricos, especialmente em aplicações convencionais cujo tempo de vida útil é curto (descartáveis) gera grande quantidade de resíduo municipal (CEMPRE, 2012; MONTAGNA

& SANTANA, 2009). Em vista a estes problemas, a reciclagem de resíduos torna-se necessária e de importância.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo estudar a influência das condições de processamento da madeira plástica de polipropileno pós-consumo (PP) e pó de madeira da espécie *Itaúba*, sobre as propriedades físicas e mecânicas destes compósitos.

## Material e métodos

Os materiais utilizados foram PP pós-consumo provenientes de embalagens de produtos em geral coletados seletivamente nas residências do município de Sinop e o pó de madeira (PM) da espécie *Mezilaurus itauba* obtidos de uma indústria madeireira instalada no município.

O material plástico coletado passou por uma limpeza prévia para a remoção das impurezas contaminantes que poderiam estar presentes no material. Posteriormente a limpeza o material teve suas dimensões reduzidas a tiras de aproximadamente 2 cm de largura, sendo em seguida triturado à *flakes* (partículas com tamanho de 5-8 mm) com o auxílio de um moinho de facas. Os *flakes* passaram por uma nova limpeza, para remoção das impurezas adquiridas no processo de moagem, sendo em seguida deixados um instante para escorrer o excesso de água e assim realizar o processo de secagem em estufa a 80°C até obtenção de massa constante, que durava aproximadamente 2 horas.

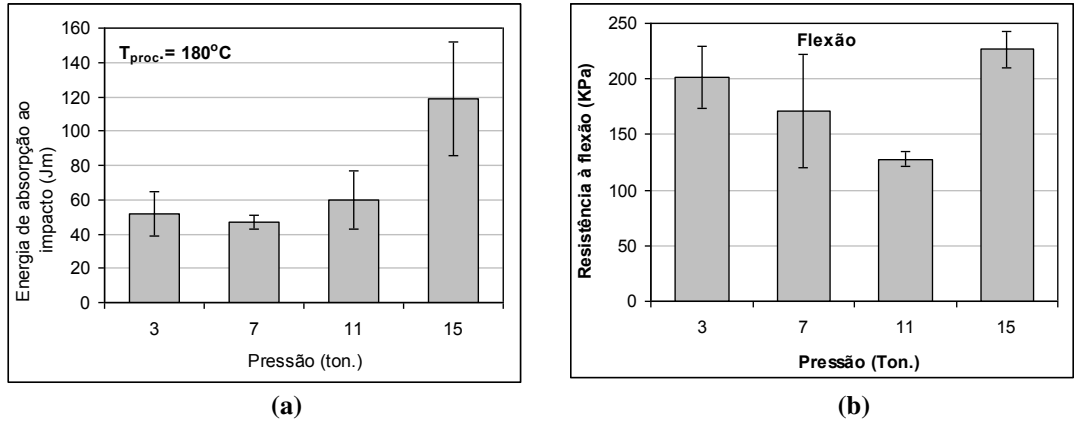
O PM passou por separação granulométrica, usando um sistema de peneiras, sendo selecionado o tamanho de grão entre 600-1200µm. Para eliminar a umidade, o PM foi seco em estufa durante quatro horas a 70°C.

Os compósitos foram formulados com a proporção em peso de PP (70%) e PM (30%) para todas as amostras e misturados até obtenção de uma mistura homogênea que era despejada em um molde de aço inox de dimensões 17,5 cm X 17,5 cm. A mistura de PP/PM foi processada via moldagem por compressão a 180°C usando uma prensa hidráulica, o tempo de residênciatotal foi de 10 minutos, depois resfriado com água durante 10 segundos e ar a 25°C por 2 minutos. A pressão de compressão foi o único parâmetro de processamento que foi variado a cada manufatura do compósito de 3, 7, 11 e 15 toneladas.

Os compósitos de PP/PM foram caracterizados por testes físicos e mecânicos. A densidade dos compósitos foi obtida por picnometria baseado na norma ASTM D 792-91 na qual foi utilizado água destilada. Os ensaios mecânicos usados foram o impacto, dureza e flexão baseado nas normas ASTM D 256, D2240 e D790 respectivamente, usando os equipamentos de Impacto Izod, marca Ceast, modelo Impactor II; o Durômetro WoltestSd 300, da escala Shore D e a Máquina Universal, modelo 4200, da marca Instron. O ensaio para determinação da resistência ao Impacto Izod foi realizado em corpos de provas sem entalhe e pêndulo de 0.5J.

## Resultados e discussão

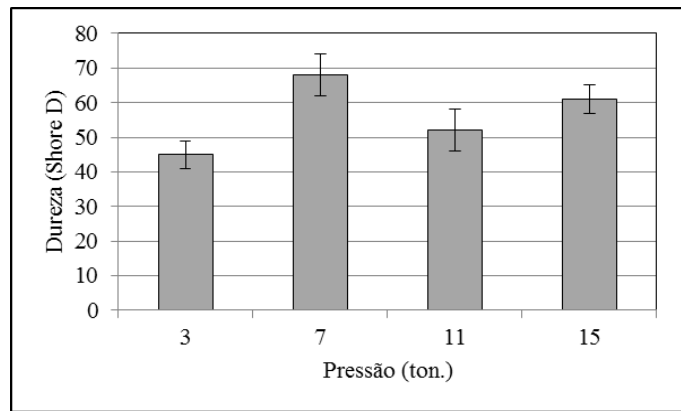
Na Figura 1 mostra os resultados da energia de absorção ao impacto e da resistência à flexão em função da pressão de compressão. Observa-se que com o aumento da pressão de compressão no processamento do compósito, ocorre um aumento na capacidade de absorção ao impacto, indicando quanto mais empacotado (menor teor de vazios) maior é sua resistência ao impacto. Por outro lado, resultados da resistência à flexão mostram variação nos resultados, onde com o aumento da pressão de compressão de 3 a 11 ton houve uma tendência de decréscimo da resistência à flexão, porém a placa processada com maior pressão, isto é de 15 ton, mostrou em um melhor desempenho mecânico, superior aos demais. Este resultado confirma os resultados da resistência ao impacto, onde essa amostra apresentou melhor resultado.



**Figura 1. Resultados do ensaio de Impacto (a) e Flexão (b) em função da pressão de compressão.**

A Figura 2 ilustra o efeito da pressão de compressão dos compósitos sobre a dureza do material produzido. Ao analisar os valores obtidos observa-se pouca relação entre as grandezas mencionadas, sendo para a pressão de 7 toneladas que apresenta a maior dureza. Esta medida mostrou que a dispersão dos valores medidos é grande.

Pesquisa realizada por Amaral (2009) de madeira plástica com a casca de arroz (reforço) em matriz polimérica de polipropileno e polietileno de alta densidade (PEAD) verificou que, quando avaliados o material sem adição do reforço, o PP apresentou dureza maior (55 Shore D) que o PEAD (49 Shore D), fato explicado pela maior tenacidade do PEAD. No entanto no mesmo trabalho verificou-se que em compósitos com casca de arroz aqueles moldados com PEAD apresentaram uma maior dureza que os da mistura com PP. Este fato pode estar associado a uma menor dispersão da carga no PEAD gerando espaços vazios que influenciaram no ensaio da dureza.



**Figura 2. Dureza (Shore D) dos compósitos em função da pressão de compressão.**

De acordo com Santos et al. (2011), a pressão de compressão termoplástica que melhor se adéqua ao compósito PP/PM (Itaúba) é a de 15 toneladas, sendo que nas medidas de absorção de água, não apresentadas neste trabalho, para um tempo de imersão em água de 100 horas o compósito apresentou aproximadamente 4,0 % de absorção de água em relação a sua massa original.

A pressão de compressão exerce influência na densidade, na resistência ao impacto e na constante de condutividade térmica de compósitos PP/PM e dependendo da pressão de compressão das placas moldadas, estas podem ser direcionadas a aplicações mais específicas, pois a maiores pressões (15ton) os compósitos são mais compactos e com maior capacidade de absorver energia ao impacto, por outro lado, placas processada com pressões de 7 a 11 ton apresentaram melhor isolamento térmico (CAMPOMANES et al, 2012).

A Figura 3 apresenta a densidade dos compósitos em função da pressão de compressão. Observa-se que os extremos de pressão (3 e 15 ton) foram aqueles que resultaram em painéis com os maiores valores para a densidade. No entanto, a variação dessa grandeza em função da pressão de compressão é pequena.

Relacionando os resultados de densidade, resistência ao impacto e de flexão pode-se inferir que o compósito manufaturado com a pressão de compressão de 15 toneladas é o mais compacto e com menor teor de vazios. Pauleskiet et al. (2007), estudando as características de compósitos laminados manufaturados com PEAD e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira verificaram que o módulo de elasticidade médio dos compósitos produzidos estão de acordo aos normalmente observados para materiais termoplásticos e dentre as variáveis estudadas, a massa específica do compósito foi a que mais influenciou no módulo de elasticidade, seguida da porcentagem de partículas de madeira.

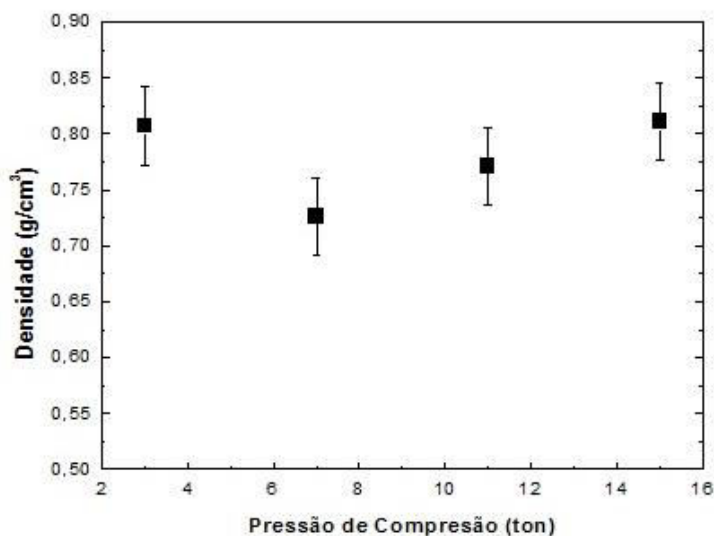


Figura 3. Densidade dos compósitos em função da pressão de compressão.

## Conclusões

A pressão de compressão influenciou em todas as propriedades físicas e mecânicas avaliadas nos compósitos produzidos de polipropileno reforçado com pó de madeira da espécie de itaúba. O compósito preparado com pressão de compressão de 15 toneladas foi que apresentou melhor desempenho mecânico; mostrando-se promissor para a sua aplicação industrial como madeira plástica em construção civil.

## Referências

- Amaral, G. A. Estudo da influência da natureza das cargas nas propriedades da madeira plástica. *Trabalho de diplomação*, UFRGS, 69 pg. 2009.
- Ashori, A. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries. Department of Chemical Industries, *Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST)* P.O. Tehran, Iran, 2007.
- Campomanes, R. R. S.; Santana, R. M. C.; Silveira, J. G.; Lima, D. C. Influência da pressão de compressão na constante de condutividade térmica de compósitos de polipropileno e pó de serra de itaúba. *In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais CBECIMAT-2012*, 2012, Joinville, SC. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais CBECIMAT-2012, 2012. p. 5836-5843.
- CEMPRE. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 3 Novembro 2012.
- Huang, J.C. *et al.* Biodegradable Plastics: A Review. *Advances in Polymer Technology*, New York, v.10, n.1, p.23- 30, 1990.
- Lee, S.Y. Bacterial Polyhydroxyalkanoate. *Biotechnol. Bioeng.*, New York, v.49, p.1-14, 1996.
- Montagna, L. S.; Santana, R.M.C. Influence of rubber particle size on properties of recycled thermoplastics containing rubber tyre waste. *Plastics, Rubber and composites*. v.41, 256-262, 2012.
- Pauleski, D. T.; Haselein, C. R.; Santini, E. J.; Rizzatti E. Características de compósitos laminados manufaturados com polietileno de alta densidade (pead) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 157-170, abr-jun, 2007.

- Poletto, M.; Pistor, V.; Santana, R.M.C.; Zattera, A.J. *Materials Produced From Plant Biomass*. Part II: Evaluation of Crystallinity and Degradation Kinetics of Cellulose. *Material Research*, 15, 421-427, 2012.
- Santos, V. A. H. F.; Campomanes, R.R.S ; Miranda, G. A.; Silveira, J. G. INFLUÊNCIA DA PRESSÃO DE COMPRESSÃO NA ABSORÇÃO DE ÁGUA DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO E PÓ DE SERRA DE ITAÚBA. In: 11º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2011, Campos do Jordão. *Anais do 11º Congresso Brasileiro de Polímeros*, 2011.
- Spinacé, M. A. da S.; De Paoli, M. A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Quim. Nova*, 28, 65-72. 2005.
- Wolcott, M. P. A; Englund, K.A Technology review of wood-plastic composites. 33<sup>rd</sup> International particleboard/ Composite Materials *Symposium*. *Washington State university*, Pullman, WA, pp. 103, 1999.