



Compósitos madeira-plástico manufacturados com resíduos de serraria e embalagens descartadas de polipropileno

Daiane Cristina de LIMA^{1*}, Rafael Rodolfo de MELO², Ricardo Robinson Campomanes SANTANA³, Everton BOTAN³, Diego Martins STANGERLIN⁴, Ruth Marlene Campomanes SANTANA⁵

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

²Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais, Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil.

³Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

⁴Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

⁵Departamento de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

* E-mail: daiac.lima1@gmail.com

Recebido em dezembro/2016; Aceito em setembro/2017.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos compósitos de madeira-plástico confeccionados com diferentes cargas de prensagem. Foi utilizada a serragem de cumaru e o plástico de polipropileno (PP) pós-consumo. A manufatura consistiu na proporção de 30% de serragem e 70% de PP, o colchão de partículas foi colocado na prensa hidráulica por 20 minutos a 180°C com aplicação de diferentes cargas (2, 5, 8, 11 e 14 toneladas). Os compósitos foram caracterizados por meio dos ensaios físicos (densidade, absorção de água e inchamento em espessura) e mecânicos (resistência à flexão estática, resistência ao impacto e dureza Rockwell). Nos ensaios físicos foi observado que aumentando a força de prensagem evidenciaram-se as melhores respostas. Já para os ensaios mecânicos, na flexão estática a força de prensagem aumentou a resistência do compósito. Entretanto para a dureza Rockwell e a resistência ao impacto a variação da força não alterou a resistência dos compósitos de madeira-plástico.

Palavra-chave: *Dipteryx odorata*, reaproveitamento, serragem, resinas plásticas, impacto ambiental.

Wood plastic composites manufactured with sawmill waste and discarded polypropylene packaging

ABSTRACT: The objective was to evaluate the physical and mechanical properties of wood-plastic composite (WPC) made of different press forces. We used a cumaru sawdust and polypropylene (PP) plastic after consumption. The manufacture was the proportion of 30% sawdust and 70% PP, mattress particles was transferred to a hydraulic press for 20 minutes at 180°C with different force applications (2, 5, 8, 11 and 14 Tons). The composites were characterized by physical tests of density, water absorption, thickness swelling and the mechanical bending strength, impact resistance and Rockwell hardness. For physical tests it was observed that increasing the force responses were best composites. As for the mechanical tests on the bending strength increased composite strength, but for the Rockwell hardness and impact energy strength variation did not alter the resistance of the wood-plastic composites.

Keywords: *Dipteryx odorata*, reuse, sawdust, plastic resins, environmental impact.

1. INTRODUÇÃO

O volume de resíduos descartados pela sociedade é alarmante devido aos impactos que geram ao meio ambiente, como a contaminação de cursos d'água, do solo com o desprendimento do chorume dos lixões e do ar pelas queimadas.

Os resíduos lignocelulósicos provêm do desdobro da madeira serrada e são classificados em cepilhos, costaneiras, aparas, pó e serragens (CERQUEIRA et al., 2012). A quantidade de resíduos produzidos para algumas espécies de madeiras tropicais pode ser superior a 50% (GARCIA et al., 2012). A exemplo disso, em estudos realizados por Zau et al. (2014), a madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*) apresentou 60% da matéria-prima perdida em resíduos no processo de desdobro. Em muitas indústrias de processamento de madeira é evidente a deficiência tecnológica para o melhor aproveitamento das toras. Além do fator econômico induzido pelo baixo rendimento das madeiras (ZAU et al., 2014), os

resíduos são problemáticos quanto à destinação, a ocupação de pátios nas serrarias, a inflamabilidade com consequente risco de incêndios (YAMAJI; BONDUELLE, 2004).

Outra forma de resíduo é o plástico pós-consumo urbano. Em geral, o plástico é um material resistente à degradação natural (WEBB et al., 2013), resultando em acúmulo nos lixões, aterros sanitários, desertos e oceanos. Sabendo que os plásticos são derivados de uma fonte não renovável, são necessárias alternativas para o reaproveitamento das resinas descartadas.

As embalagens plásticas normatizadas dispõem de simbologia característica para identificação (Figura 1). De todos, o polipropileno (PP) foi o plástico mais consumido no Brasil em 2015, segundo os dados da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2015). A preferência pelo PP resulta da sua flexibilidade (adaptável a altas e baixas temperaturas), preço atrativo e a resistência física e mecânica (YIN et al., 2013).

Diante da quantidade de resíduos descartados pela sociedade, são fundamentais ações mitigadoras de reaproveitamento dos resíduos. Uma alternativa é a fabricação de compósitos madeira-plástico (*Wood Plastic Composite - WPC*). Conjugam materiais de reforço (partículas lignocelulósicas) que fornece resistência ao compósito, e o plástico (matriz polimérica) que aglutina as partículas lignocelulósicas (PAULESKI et al., 2007; BATTISTELLE et al., 2014).

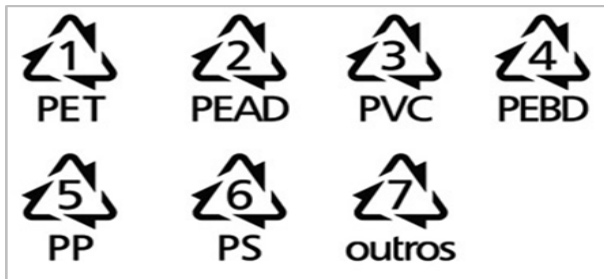


Figure 1. Symbology of polymers classified as PET = poly (ethylene terephthalate), HDPE = high density polyethylene, PVC = polyvinyl chloride, PEBD = low density polyethylene, PP = polypropylene, PS = polystyrene. Source: (Standard ABNT NBR 13230, 2008). Source: Norma ABNT NBR 13230, 2008.

Os compósitos confeccionados com madeira-plástico apresentam excelentes propriedades físicas e mecânicas quando comparadas ao uso isolado de cada material, havendo sinergia entre o reforço e a matriz polimérica (LEITÃO, 2007).

A caracterização físico-mecânica da madeira-plástico é importante para determinar a resistência e aplicabilidade dos compósitos. Os ensaios físicos de densidade, absorção de água e inchamento em espessura indicam a variação dimensional dos compósitos e os defeitos que possam ocorrer depois da secagem (MORESCHI, 2010). Já os ensaios mecânicos determinam a resistência do material frente a aplicações de esforços.

A madeira-plástico tem sido amplamente comercializada na Europa e na América do Norte. No entanto, no Brasil é um material pouco difundido, que vem sendo incorporada em escala comercial por algumas empresas nacionais na fabricação de decks, paredes internas, pisos e esquadrias.

Neste contexto o objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos compósitos de madeira-plástico manufacturados em diferentes forças de prensagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Materiais e beneficiamento

Foi utilizada a serragem de cumaru (*Dipteryx odorata* (Aublet) Willd.) como reforço dos compósitos madeira-plástico (Figura 2.A). A serragem foi obtida em uma serraria no município de Sinop-MT, selecionada as partículas retidas entre as peneiras de 14 a 30 mesh.

A matriz polimérica empregada foi o polipropileno (PP) pós-consumo, composto por copos de água mineral, potes de sorvete, potes de margarina, etc. (Figura 2.B). As embalagens

de PP foram lavadas com sabão neutro e hipoclorito de sódio, em seguida trituradas no moinho de facas. Posteriormente realizou-se uma nova lavagem para eliminação do pó residual. A granulometria do PP foi selecionada pelas partículas retidas entre as peneiras de 10 a 14 mesh.

Após o beneficiamento, ambos materiais foram pesados em uma balança analítica e secos em estufa elétrica por 5 horas a temperatura de 60°C (umidade de equilíbrio). Em seguida foram acondicionados em recipientes hermeticamente fechados para evitar o ganho de umidade.

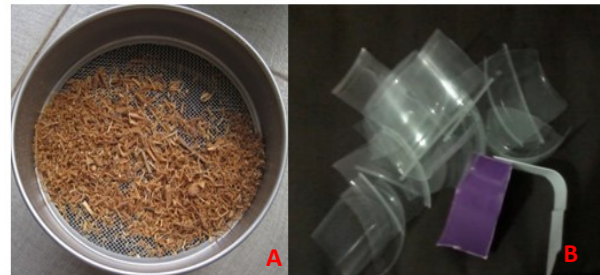


Figure 2. Cumaru sawdust (A) and polypropylene used in wood-plastic composites (B).

2.2. Delineamento experimental

O peso total do colchão de partículas foi de 120 g, dispondo de 36 g de serragem e 84g de PP na proporção de 30/70 de serragem/PP (Figura 3.A). O colchão de partículas foi colocado sobre uma forma de alumínio de 17,5 x 17,5 x 0,5 cm (comprimento x largura x espessura) (Figura 3.B) apresentando uma massa específica nominal de 0,80 g/cm³. O trabalho consistiu de cinco tratamentos com a variação da carga aplicada pela prensa hidráulica (2, 5, 8, 11 e 14 toneladas).

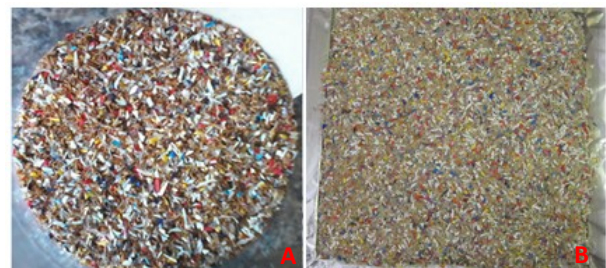


Figure 3. Mixture of cumaru sawdust and polypropylene (A) and particle mattress over the aluminum form (B).

Todos os parâmetros foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando constatadas diferenças significativas foram submetidos ao teste de médias de Tukey ($P \leq 0,05$). Para o módulo de elasticidade realizada a análise de regressão ($P \leq 0,05$).

2.3. Manufatura dos compósitos madeira-plástico

O colchão de partículas sobre o molde de alumínio foi encaminhado à prensa hidráulica pré-aquecida a 180 °C (Figura 4.A) e deixados por 20 minutos. Os 10 primeiros minutos para o contato do calor da prensa com as partículas e 10 minutos finais para a aplicação da força pré-determinada (Figura 4.B).

Após a prensagem os compósitos foram deixados esfriar a temperatura ambiente ($\pm 24^{\circ}\text{C}$) por 10 minutos. Posteriormente foram imersos em água fria para o esfriamento completo dos compósitos (Figura 4.C) e finalização da manufatura (Figura 4.D).



Figura 4. Prensa hidráulica na manufatura da madeira-plástico de serragem de cumaru e polipropileno (A), colchão de partículas submetida aplicação da carga (B), compósito imerso em água para o resfriamento (C) e compósito pronto.

Figure 4. Hydraulic press in the manufacture of wood-plastic composite sawdust of coumaru and polypropylene (A), particle board submitted to the application of the load (B), composite immersed in water for cooling (C) and ready composite (D).

2.4. Caracterização física

Na caracterização das propriedades físicas dos compósitos foram realizados ensaios de densidade, absorção de água e inchamento em espessura. Os ensaios mecânicos consistiram da flexão estática, resistência ao impacto e dureza Rockwell.

A densidade foi caracterizada por meio de um picnômetro e balança analítica (Equação 1). As amostras foram colocadas no picnômetro com álcool 70%, obtida a diferença entre a massa do picnômetro cheio e vazio, pela razão do volume do picnômetro.

$$P = (M_f - M_i) / V \quad (\text{Equação 1})$$

em que: ρ : densidade (g/cm^3); M_f : massa do picnômetro com com líquido e amostra (g); M_i : massa do picnômetro vazio (g); V : volume do picnômetro (cm^3).

A absorção de água (Equação 2) foi obtida pela imersão das amostras em recipiente com água por 120 horas, pesadas diariamente. A dimensão das amostras foi de $5,0 \times 2,5 \times 0,5$ cm (comprimento x largura x espessura).

$$AA = [(P_f - P_i) / P_i] * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

em que: AA: absorção de água (%); P_f : peso final (g); P_i : peso inicial (g).

O inchamento em espessura (Equação 3) foi obtido pela imersão das amostras em recipiente com água. As espessuras das amostras foram medidas com um paquímetro após 2 e 24 horas de imersão. A dimensão das amostras foi de $5,0 \times 2,5 \times$

$0,5$ cm (comprimento x largura x espessura).

$$IE = [(E_f - E_i) / E_i] * 100 \quad (\text{Equação 3})$$

em que: IE: inchamento em espessura (%); E_f : espessura final (mm); E_i : espessura inicial (mm).

2.5. Caracterização mecânica

O ensaio de flexão estática (Equação 4 e 5) foi realizado na máquina universal, com a velocidade do ensaio de $0,5$ mm/min e o espaço entre as extremidades das amostras de 110 mm. Com este ensaio foi determinado o módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) das amostras. A dimensão das amostras foi de $10 \times 3,0 \times 0,5$ cm (comprimento x largura x espessura).

$$\text{MOE} = (1/4) * [(P_2 - P_1) / (L_2 - L_1)] * [L^3 / (b * h^3)] \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\text{MOR} = (3/2) * [(P_{\text{max}} * L) / (b * h^3)] \quad (\text{Equação 5})$$

em que: MOE: módulo de elasticidade em MPa; MOR: módulo de ruptura em MPa; P : carga máxima MPa; L : comprimento do vão entre os apoios em mm; b : largura da seção transversal em mm; h : altura da seção transversal do corpo de prova em mm.

A resistência ao impacto foi determinada pelo Pêndulo de Charpy. As amostras apresentaram dimensões de $10 \times 4,5 \times 0,5$ (comprimento x largura x espessura). No ensaio de dureza Rockwell foi estabelecida a dureza superficial de cada amostra, por meio da aplicação de uma pré-carga de 10 Kgf e uma carga final de 60 kgf. O penetrador utilizado foi uma esfera de $1/4$ de polegada. A dimensão das amostras eram de $10 \times 4,5 \times 0,5$ (comprimento x largura x espessura).

3. RESULTADOS

3.1. Propriedades Físicas

No ensaio físico de densidade (Figura 5) ocorreram poucas variações entre os tratamentos avaliados, de $0,93$ g/cm^3 no tratamento de 5 ton a $0,99$ g/cm^3 no tratamento de 14 ton. No geral, o aumento da força de prensagem na manufatura dos compósitos não proporcionou alterações significativas na densidade.

No ensaio de absorção de água (Figura 6) houveram poucas variações entre os tratamentos, de 1% no tratamento 14 ton a 2% no tratamento 2 ton após 120 horas de imersão das amostras. As menores taxas de absorção foram observadas nos compósitos submetidos a maior carga de prensagem.

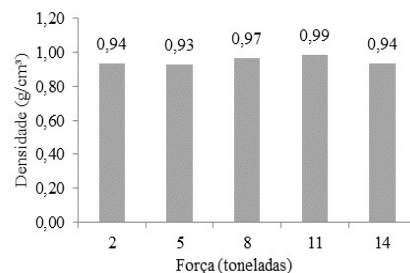


Figura 5. Densidade de cada tratamento dos compósitos madeira-plástico constituídos de serragem de cumaru e polipropileno.

Figure 5. Density of each treatment of wood-plastic composites composed of sawdust of coumaru and polypropylene.

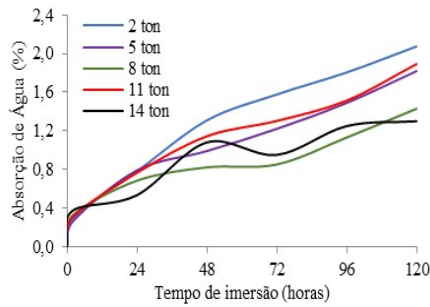


Figura 6. Absorção de água pelo tempo de imersão dos tratamentos de compósitos madeira-plástico constituídos de serragem de cumaru e polipropileno.

Figure 6. Water absorption by immersion time of treatments of wood-plastic composites composed of sawdust of cumaru and polypropylene.

Foi realizada uma comparação da absorção de água e do inchamento em espessura das amostras após 2 e 24 horas de imersão. Esta análise evidenciou o comportamento dos tratamentos em diferentes tempos de imersão em água (Tabela 2). Não foram constatadas variações significativas nos tratamentos avaliados em relação a absorção, seja para o intervalo de 2 ou 24 horas após a imersão as amostras em água.

Ainda na Tabela 1, podem ser observados os valores de inchamento em espessura dos compósitos, que variaram de 0,44% e 2,31% as 2 horas; e 1,26 a 5,52 as 24 horas. Em 2 horas de imersão das amostras o inchamento em espessura de todos os tratamentos ficaram abaixo de 2,5%. Em 24 horas de imersão os valores de inchamento foram inferiores a 6%, indicando que os compósitos madeira-plástico apresentam uma boa estabilidade dimensional.

Tabela 1. Absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão dos compósitos madeira-plástico constituídos de serragem de cumaru e polipropileno.

Table 1. Water absorption and swelling in thickness after 2 and 24 hours of immersion of wood-plastic composites composed of sawdust of cumaru and polypropylene.

Força (T)	Absorção (%)		Inchamento (%)	
	2h	24h	2h	24h
2	0,29	0,78	0,83	2,29
5	0,26	0,79	0,44	2,18
8	0,32	0,68	1,05	1,26
11	0,30	0,76	2,31	2,52
14	0,37	0,53	0,72	5,52

2. Propriedades Mecânicas

O MOE do compósito madeira-plástico apresentou variações entre 1.348 MPa no tratamento 2 ton a 2.401 MPa no tratamento de 14 ton. O aumento da força aplicada na manufatura dos compósitos gerou acréscimo no módulo de elasticidade do material (Figura 7).

O MOR dos compósitos madeira-plástico não apresentou muitas variações, entre 21,4 MPa no tratamento de 11 ton e 28,6 MPa no tratamento 8 ton. O acréscimo da força de prensagem na manufatura dos compósitos não aumentou sua resistência a ruptura (Figura 8).

No ensaio de resistência ao impacto (Figura 9) os tratamentos avaliados não mostraram grandes variações ou tendência de incremento/redução da resistência com o aumento da força de prensagem. Os valores oscilaram entre 3.900 J/m² no tratamento de 5 ton a 4.300 J/m² nos tratamentos de 2 e 8 ton.

A dureza Rockwell (Figura 10) variou entre 198 HRL nos tratamentos de 2 e 14 ton a 218 HRL no tratamento de 5 ton. O incremento da força não gerou o acréscimo da dureza nos compósitos.

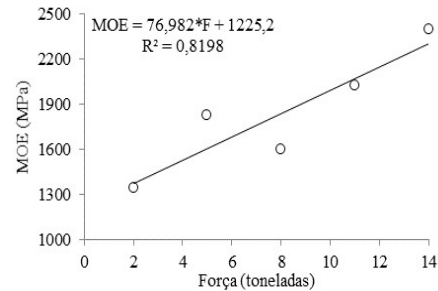


Figura 7. Tendência do módulo de elasticidade nos tratamentos de compósitos madeira-plástico de serragem de cumaru e polipropileno.

Figure 7. Tendency of modulus of elasticity in the treatments of wood-plastic composite sawdust of cumaru and polypropylene.

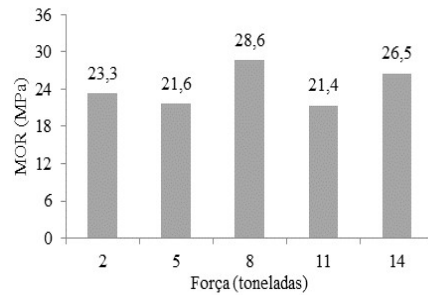


Figura 8. Módulo de ruptura nos tratamentos de compósitos madeira-plástico de serragem de cumaru e polipropileno.

Figure 8. Modulus of rupture in the treatments of wood-plastic composite of sawdust of cumaru and polypropylene.

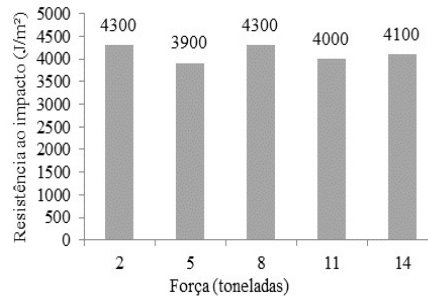


Figura 9: Resistência ao impacto nos tratamentos de compósitos madeira-plástico de serragem de cumaru e polipropileno.

Figure 9: Impact resistance in the treatments of wood-plastic composite sawdust of cumaru and polypropylene.

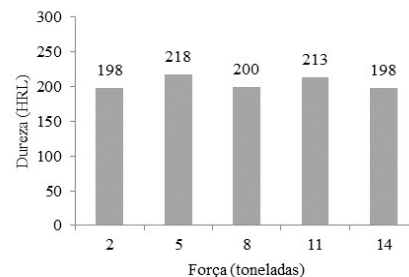


Figura 10: Valores de dureza Rockwell nos tratamentos de compósitos madeira-plástico de serragem de cumaru e polipropileno.

Figure 10: Rockwell hardness values in the treatments of wood-plastic composite of sawdust of cumaru and polypropylene.

4. DISCUSSÃO

4.1. Propriedades Físicas

No ensaio de densidade ocorreram poucas variações entre os tratamentos devido ao uso da mesma proporção de partículas de serragem e plástico. Os valores de densidade corroboram com alguns trabalhos na literatura com madeira-plástico. A exemplo disso, compósitos constituídos de 50% de serragem de *Eucalyptus* sp. e 50% de PP, com adesivos, obteve densidade de 0,93 g/cm³ (MACEDO et al., 2015). Yamaji (2004) também encontrou densidade de 0,93 g/cm³ em compósitos com 30% de serragens de *Copaifera* sp. e *Trattinickia* sp. e 70% de PP com adição de adesivos.

Para a absorção de água, os valores obtidos foram baixos, os quais são um indicador da boa estabilidade dimensional dos compósitos produzidos. Isto resulta da impermeabilização que o PP gera nos compósitos. Os valores de absorção foram semelhantes aos de Macedo et al. (2015), em compósitos com 80% de serragem de *Eucalyptus* sp. e 20% de PP, com adesivos, com absorção de 1,75% após 2 horas e 7,61% em 24 horas de imersão. Valores similares também aos de Viola (2012), em compósitos com 30% de serragens de *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* e 70% de PP, com absorção de 6,2% em 24 horas de imersão. Campomanes et al. (2012), verificou em compósitos com 30% de serragem *Mezilaurus itaúba* e 70% de PP a absorção de água foi de 4% após 100 horas de imersão.

No ensaio de inchamento em espessura o tratamento 14 ton teve o maior inchamento após 24 horas de imersão das amostras, o que pode ser explicado pela liberação das tensões de compactação deste compósito advinda de uma maior força de prensagem (PAULESKI et al., 2007). Os valores obtidos no trabalho foram semelhantes aos de Battistelle et al. (2014), com inchamento de 2,50% após 24 horas em compósitos de 30% de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* e 70% de PP. O mesmo comportamento foi avaliado em compósitos com 80% de serragem de *Eucalyptus* sp. e 20% de PP, com inchamento de 1,88% em 2 horas e 7,61% em 24 horas de imersão (MACEDO et al., 2015).

4.2. Propriedades Mecânicas

Os valores observados no MOE foram similares ao trabalho de Milagres et al. (2006), com MOE de 1.455 MPa em compósitos com 50% de serragem de *Eucalyptus grandis* e 50% PP, com adesivos. O comportamento dos tratamentos foi o previsto, já que em condições de maiores compactações dos compósitos o plástico tem melhor aglutinação com a serragem, aumentando a elasticidade do compósito.

Na determinação do MOR, os valores encontrados foram superiores comparados a compósitos de 25% de serragem de *Eucalyptus grandis* e 75% de PP, com adesivos, com MOR de 13,6 MPa (MILAGRES et al., 2006). Os valores também foram superiores aos de Corrêa (2004) com MOR entre 3,6 a 4,9 MPa, em compósitos com 80% de serragem de *Pinus elliotti* e 20% de PP, com adesivos.

No teste de resistência ao impacto, os valores obtidos variaram entre 3900 J/m² no tratamento 5 ton e 4300 J/m² no tratamento 2 e 8 ton. Comportamento esperado, já que o compósito apresenta a mesma proporção de serragem e plástico. Os valores observados no experimento foram inferiores comparados a compósitos constituídos de 40% de serragem de *Pinus elliottii* e 60% de PP, com 10.000 J/m² (LEMOS et al., 2017). Entretanto, em compósitos com 30%

de serragem de *Pinus* sp. e 70% de PVC foi encontrado o valor de impacto de 4000 J/m², semelhante a este trabalho (RODOLFO JR et al., 2006). Estes exemplos enfatizam a função da serragem como reforço nos compósitos, o incremento do material lignocelulósico tende a aumentar resistência interna do compósito.

Em todos os tratamentos avaliados a dureza Rockwell mostrou bons resultados em comparação com outros tipos de compósitos. Como exemplo, em compósitos com 10 a 30% de serragens de espécies tropicais (*Eugenia* spp., *Artocarpus rigidus*, *Artocarpus elasticus*, *Koompassia malaccensis* e *Xylopi* spp.) e PP, a dureza Rockwell obtida foi de 65 a 80 HRL (IDRUS et al., 2011). A determinação da dureza é um parâmetro importante no emprego dos compósitos em pisos e decks, os quais devem apresentar uma boa resistência superficial. Não foram constatadas grandes variações entre os tratamentos, pois o durômetro mede a resistência superficial dos compósitos, e estas apresentam deformações pela disposição da serragem e do plástico.

5. CONCLUSÕES

O aumento da força aplicada pela prensa hidráulica na manufatura dos painéis proporcionou maior estabilidade dimensional aos compósitos. Nos ensaios mecânicos a força de prensagem aumentou a elasticidade dos compósitos. As demais propriedades de resistência permaneceram inalteradas.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DO PLÁSTICO (ABIPLAST): **Perfil Plástico 2015**. Brasil, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)-NBR 13230: **Padronização de símbolos que identificam os diversos tipos de resinas plásticas utilizadas**. Brasil, 2008.
- BATTISTELLE, R.; VIOLA, N.; BEZERRA, B.; VALARELLI, I. Caracterização física e mecânica de um compósito de polipropileno reciclado e farinha de madeira sem aditivos. **Revista Materia**, Rio de Janeiro, v.19, n.1, p.7-15, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-70762006000200001>
- CAMPOMANES, R. R. S.; SANTANA, 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: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, XX. **Anais...** Brasil, 2012.
- CERQUEIRA, P. H. A.; VIEIRA, G. C.; BARBERENA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, L. C. Análise dos resíduos madeireiros gerados pelas serrarias do município de Eunápolis-BA. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.19, n.4, p.506-510. out./dez. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2012.051>
- CORRÊA, G. R. **Desenvolvimento, produção e caracterização de compósitos de madeira-plásticos para aplicação na indústria moveleira**. 2004. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia dos Materiais) - Universidade Estadual de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- GARCIA, F. M.; MANFIO, D. R.; SANSÍGOLO, C. A.; MAGALHÃES, P. A. D. Rendimento no Desdobro de

- Toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couratari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 468-474. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.0597>
- IDRUS, M. A. M. M.; HAMDAN, S.; RAHMAN, M. R.; ISLAM, M. S. Treated tropical wood sawdust-polypropylene polymer composite: mechanical and morphological study. **Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology**, Hubei Province, v. 2, n. 1, p. 435-444, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/jbnb.2011.24053>
- LEITÃO, E. S. **Caracterização mecânica de compósitos poliméricos bobinados em diversas orientações do reforço**. 2007. 114f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- LEMONS, A. L.; PIRES, P. G. P.; ALBUQUERQUE, M. L.; BOTARO, V. R.; PAIVA, J. M. F.; JUNIOR, N. S. D. Biocomposites reinforced with natural fibers: thermal, morphological and mechanical characterization. **Revista Materia**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 1-8. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-70762006000200001>
- MACEDO, L. B.; FERRO, F. S.; VARANDA, L. D.; CAVALHEIRO, R. S.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno biorientado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 7, p. 674-679. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p674-679>
- MILAGRES, E. G.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; PIMENTA, A. S. Compósitos de partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, polipropileno e polietileno de alta e baixa densidades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 463-470, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000300017>
- MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. 4.ed. Curitiba: UFPR, 2010. 194p.
- PAULESKI, D. T.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; RIZZATTI, E. Características de compósitos laminados manufacturados 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. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/19805098>
- RODOLFO JR, A.; JOHN, V. M. Desenvolvimento de PVC reforçado com resíduos de *Pinus* para substituir madeira convencional em diversas aplicações. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 1, p. 1-11, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282006000100005>
- VIOLA, N. M. **Produção e caracterização física e mecânica de compósito plástico-madeira**. 2012. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo, 2012.
- WEBB, H. K.; ARNOTT, J.; CRAWFORD, R. J.; IVANOVA, E. P. Plastic degradation and its environmental Implications with special reference to Poly(ethylene terephthalate). **Polymers**, v. 5, n. 1, p. 1-18. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/polym5010001>
- YAMAJI, F. M.; BONDUELLE, A. Utilização da serragem na produção de compósitos plástico-madeira. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 59-66. 2004. jan./abr. 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v34i1>
- YAMAJI, F. M. **Produção de compósito plástico-madeira a partir de resíduos da indústria madeireira**. 2004. 182f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- YIN, Y.; ZHANG, Y.; ZHEN, Z.; CHU, P. K.; LV, F.; JI, J. Thermal degradation and flame retarding characteristics of polypropylene composites incorporated with boron mud. **Composites Science and Technology**, v. 85, n. 1, p. 131-135. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compscitech.2013.06.002>
- ZAU, M. D. L.; VASCONCELOS, R. P.; GIACON, V. M.; LAHR, F. A. R. Avaliação das Propriedades Química, Física e Mecânica de Painéis Aglomerados Produzidos com Resíduo de Madeira da Amazônia - Cumaru (*Dipteryx Odorata*) e Resina oliuretana à Base de Óleo de Mamona. **Polímeros**, São Carlos, v. 24, n. 6, p. 726-732. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.1594>