



## EFEITOS DA EXPOSIÇÃO DO COMPÓSITO FORMULADO COM FIBRA DE AÇAÍ (EUTERPE OLERACEA MARTIUS) E POLIPROPILENO RÉCICLADO EM CHORUME DE COMPOSTEIRA

Darissa C. B. da Silva<sup>1\*</sup>, Eduardo L. dos Santos<sup>1</sup> e Felipe F. da C. Tavares<sup>1</sup>

1 - Colegiado de Engenharia de Química, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Macapá, AP. Avenida 13 de Setembro, n. 2081, Buritizal, Macapá, CEP 68902-865, AP. [darissacaldas@gmail.com](mailto:darissacaldas@gmail.com)

### RESUMO

Atualmente, busca-se desenvolver tecnologias sustentáveis e limpas, as quais possam mitigar a problemática relacionada a carga de resíduos poliméricos descartados na natureza, tentando-se assim, aliviar o acúmulo e os danos já proporcionados no meio ambiente e na sociedade. Assim, este trabalho avaliou as variações das propriedades mecânicas a partir dos testes de Resistência à Flexão – RF e Dureza Shore D – DZ, em composições formuladas com fibras de açaí (*Euterpe Oleraceae Martius*) (FB) e polipropileno reciclado (PPr) quando exposto em um chorume produzido via composteira doméstica, a qual era constituída por duas partes: a primeira (onde ficavam as folhas secas e cascas de frutas) superposta a segunda (onde ficava o chorume). Para os testes foram preparados corpos de provas - cujas composições percentuais mássicas foram 70/30 (PPr/FB) e 100 (PPr) - os quais ficaram expostos no chorume nos tempos 0 e 6 meses. Destaca-se que os CPs foram introduzidos apenas após 1 mês do início da compostagem e geração de chorume. Na análise mecânica de RF, os resultados obtidos foram: tensão máxima na flexão a 5% de deformação (PPr-0:  $34,49 \pm 4,6$  MPa, PPr/FB-0:  $30,57 \pm 5,1$  MPa, PPr-6:  $51,51 \pm 1,5$  MPa e PPr/FB-6:  $48,02 \pm 1,2$  MPa) e para o módulo de flexão (PPr-0:  $689,74 \pm 91,4$  MPa, PPr/FB-0:  $658,92 \pm 76,7$  MPa, PPr-6:  $1030,16 \pm 29,0$  MPa e PPr/FB-6:  $979,55 \pm 28,5$ ) MPa. Já para a DZ Shore D (PPr-0:  $67,00 \pm 0,8$ , PPr/FB-0:  $68,50 \pm 1,0$ , PPr-6:  $63,83 \pm 1,5$  e PPr/FB-6:  $65,33 \pm 0,9$ ). Observou-se a partir dos testes de RF, após os 6 meses de exposição, que houve um aumento da tensão máxima e módulo de flexão, indicando que a exposição ao chorume desencadeou alterações nas propriedades impulsionaladas pela exposição. Paralelo, o teste de DZ indicou que as superfícies foram sensibilizadas com redução da propriedade, sugerindo, então, que a exposição foi suficiente para afetar a respectiva propriedade.

**Palavras-chave:** polipropileno. fibra de açaí. biodegradação.

### INTRODUÇÃO

Para reduzir os impactos ambientais, pesquisas são realizadas para desenvolver uma madeira artificial e biodegradável, a madeira plástica, que consegue incorporar os resíduos lignocelulósicos em uma matriz polimérica termoplástica<sup>(1,2)</sup> contribuindo para a minimização dos problemas relacionados ao desmatamento e ao acúmulo dos resíduos poliméricos no meio ambiente.

Na região Norte do Brasil, um resíduo lignocelulósico que se destaca em função da quantidade gerada é proveniente do despulpamento do fruto do açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart*). Conforme dados o Norte já chegou a produzir 205.116 t das 222.706 t referentes a produção

nacional<sup>(3)</sup>. De tal modo, o beneficiamento dos frutos acaba gerando uma onerosa quantidade de resíduos lignocelulósicos que já foram estudados como aditivos em uma matriz de polipropileno para a formulação de madeira plástica, a qual apresentou resultados satisfatórios quanto a resistência à tração e estabilidade térmica<sup>(3)</sup>. Desta forma, a produção de uma madeira plástica colaborará na redução dos impactos relacionados a geração de resíduos e ainda fornecerá um novo produto para o mercado<sup>(2,4)</sup>. Paralelo, estudar a biodegradabilidade destes materiais é importante para conhecermos como os mesmos se comportam frente aos agentes de degradação (térmica, radioativa, microrganismos, intemperismo, compostagem etc.), tanto com o interesse de aumentar o tempo de vida do material em uso, quanto para acelerar a decomposição quando este for descartado. Dentre as formas de degradação, a compostagem usa a ação enzimática de microrganismos para transformar os materiais biodegradáveis em CO<sub>2</sub>, água, compostos inorgânicos e biomassa<sup>(5)</sup>. Esse método, que geralmente é aplicado para decompor resíduos sólidos urbanos, pode, através de microrganismo, aproveitar polímeros como substrato e realizar a decomposição do mesmo<sup>(6)</sup>. Desta forma, questiona-se: como as propriedades de uma madeira plástica de polipropileno reciclado (PPr) e fibras de açaí tratadas termicamente (FAT) podem variar, quando confinadas em uma composteira do tipo batelada?

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### Obtenção e tratamento térmico das fibras com lavagem em água destilada

Inicialmente, as sementes despulpadas foram coletadas em um dos pontos comerciais do município de Macapá. Em seguida, estas foram lavadas com água disponibilizada pela concessionária local e, então, dispostas em uma bacia para secagem ao ar livre. A extração das fibras ocorreu em moinho de martelos (marca Solab). Em seguida, usando uma peneira com malha com abertura de 4,5 mm, as fibras foram separadas das sementes por peneiramento. Um tratamento térmico foi realizado no material lignocelulósico adaptando-se a literatura<sup>(2)</sup>. Para isso, as fibras foram inseridas em 2,5 L de água em um recipiente de pressão (marca EIRILAR) operando em 120 °C por 1 h. Em seguida, a pressão foi aliviada e as fibras foram lavadas com água destilada e encaminhadas para secagem numa estufa a 80 °C por 48 h.

### Polipropileno reciclado – PPr

Para estudo utilizou-se as amostras de polipropileno provenientes de recipientes recicláveis, tais como copos e embalagens alimentícias. Com auxílio de uma tesoura, as amostras foram cortadas manualmente na forma de placas de arestas com aproximadamente 3x3 mm. Após o corte das placas de PPr, os mesmos foram transformados em blocos em uma extrusora monorosca à temperatura de 190 °C, obtendo assim uma mistura uniforme. Em seguida, os blocos foram alimentados em moinho de facas para a obtenção de uma areia de PPr, ou pellets.

### Preparação da composteira e do leito degradativo

De maneira a avaliar a biodegradação das amostras, foi montado uma composteira de acordo com a literatura<sup>(3)</sup>. Desta forma, foram inseridos em um balde alimentício de 20 L os resíduos de poda de árvores (PA) e orgânico domiciliar (RD) na proporção volumétrica de 3:1, sendo 3 partes de PA (resíduo rico em carbono) e 1 parte de RD (resíduo rico em nitrogênio). A cada duas semanas o leito foi misturado para a homogeneização do meio e, para controlar a umidade entre 50 e 60 %, uma amostra será coletada para análise e possível correção do parâmetro no tempo de 0 e 6 meses após o início da exposição.

Foi confeccionado um suporte com furos para conectar os CPs que foram presos num fio de nylon e numerados de 1 a 10 para cada composição. De modo a verificar a degradação, 20 CP's foram mergulhados no fundo da composteira ficando imersos no chorume, com agitação do leito 1 vez a cada 2 semanas. Após 6 meses de exposição, 10 CP's (5 de cada composição: PPr puro e PP/FAT) foram removidos da composteira, lavados com água destilada; secos a 60 °C por 48 h e avaliados.

### Mistura e conformação dos compósitos

No total foram preparadas quatro composições para avaliar os efeitos da degradação em composteira em função dos tempos de exposição (0 e 6 meses), igualmente como exposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Codificação das composições em função do tempo de exposição na composteira

Composições	Porcentagem (%)		Tempo de exposição (meses)	Quantidade de corpos de Prova
	PPr	FAT		
PPr-0	100	0	0	5
PPr/FAT -0	70	30	0	5
PPr-6	100	0	6	5
PPr/FAT -6	70	30	6	5

PPr – polipropileno reciclado; FAT – fibra de açai tratada.

Para a conformação, inicialmente foi realizado a secagem das matérias-primas a 70 °C por 24 h em estufa e, então, misturadas em uma extrusora monorosca a 190 °C, formando blocos. Em uma próxima etapa, os blocos foram fragmentados em moinho de facas, obtendo-se os pellets do compósito, os quais foram secos a 70 °C por 24h e então dispostos em um compartimento cilíndrico de aço, onde foram aquecidos a 195 °C e injetados em um molde de aço sob a aplicação de uma carga de 2t por 4min. Como produto, foram obtidos corpos-de-prova (CP) nas dimensões aplicáveis aos testes da ISO 48-4:2018<sup>(7)</sup>.

### Ensaio de dureza

Este ensaio foi realizado num durômetro Shore D digital, seguindo a norma ASTM D2240<sup>(9)</sup>. A faixa de ensaio do durômetro compreende de 0 – 100 shore D. O ensaio foi realizado em triplicata nas extremidades dos 5 corpo-de-prova de cada composição.

### Ensaio de Flexão

O ensaio de flexão foi realizado seguindo a norma ASTM D790<sup>(10)</sup>, na máquina de ensaios mecânicos (marca EMIC) para os corpos-de-prova não expostos na composteira, foram utilizados 5 corpos-de-prova de cada composição.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 1 são apresentados os valores individuais obtidos no ensaio de dureza, as médias e tratamentos estatísticos realizados no programa Action Stat usando Teste Tukey. Em verde os dados de PPr e marrom de Madeira Plástica em cada período de exposição.

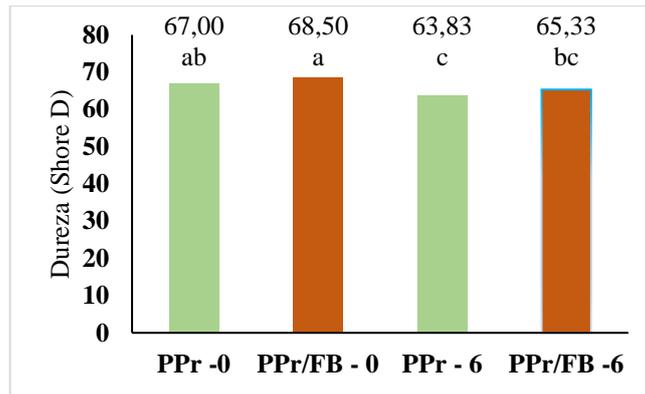


Figura 1: Gráfico de ensaio de dureza.

Observou-se que com o passar do tempo de exposição, houve uma redução na dureza dos corpos de prova, mostrando que o chorume conseguiu desencadear modificações na superfície das amostras. Nota-se, também, que a adição de fibra no polímero aumentou levemente a dureza<sup>(11)</sup>, fator este similar ao encontrado na literatura.

Os valores médios do Módulo de Flexão e da Tensão Máxima na Flexão a 5% de deformação são apresentados, respectivamente, nas (fig.2a) e (fig.2b).

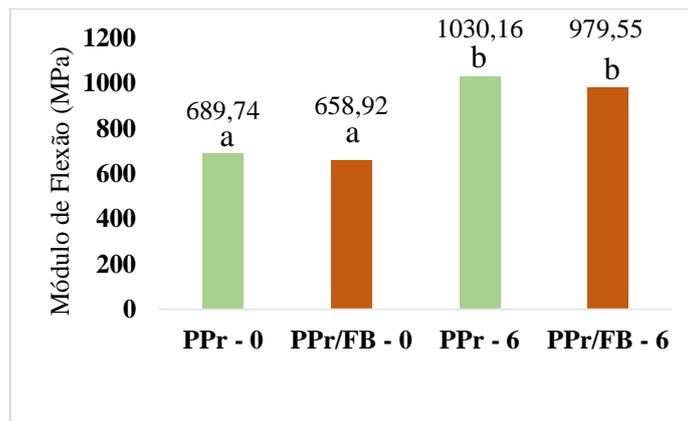


Figura 2 – Valores médios para módulo de flexão

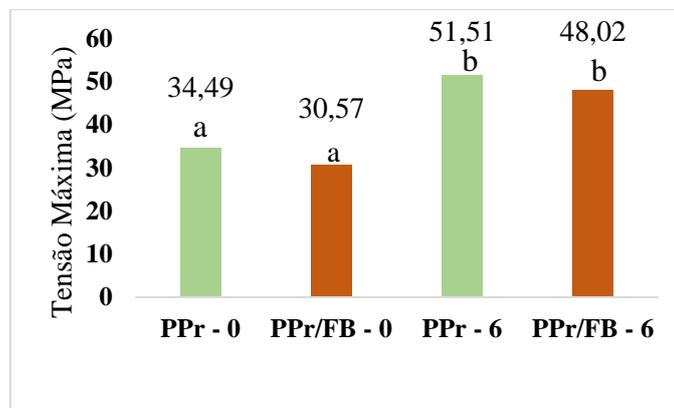


Figura 3 – Valores médios para tensão máxima na flexão

Observou-se para ambas as propriedades que houve um aumento significativo nas propriedades dos corpos de prova com o passar do tempo de exposição ao chorume. Observando que com 6 meses de exposição a resistência aumentou, mostrando que o PPr sofreu alteração com o agente de degradação, sugerindo que houve alteração na organização molecular, uma acomodação influenciada por uma mudança conformacional de grupos ou segmentos poliméricos causado pela rotação em torno das ligações químicas<sup>(12)</sup> causado pelo agente de degradação, além disso, o PPr possui um desestabilizante químico.

## CONCLUSÕES

Os resultados encontrados apresentaram pouca variação no período de 6 meses de exposição ao chorume, poucos dados na literatura foram encontrados para efeito de comparação, de um modo geral foi possível perceber que o polipropileno sofreu uma pequena mudança em sua composição de acordo com os dados encontrados, nota-se que de alguma forma a exposição ao agente de degradação possibilitou a mudança de comportamento, isso poderia ser visto com uma análise de DRX ou infravermelho para verificar as transformações em sua composição. No entanto, para trabalhos futuros é importante estudar a biodegradabilidade deste material em céu aberto para estudá-lo e ver se há mudanças significativas em curto período.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado do Amapá (UEAP), ao Programa de Bolsa de Iniciação Científica e Tecnológica da Universidade do Estado do Amapá (PROBICT/UEAP) ao Grupo de Pesquisa Tecnologia dos Materiais (GPTM), e à Linha de Pesquisa Reciclagem de Resíduos para o Processamento de Novos Materiais (RRPM).

## REFERÊNCIAS

1. CATTO, A. L.; ALMEIDA, S. H.; SANTANA, R. M. C.; SILVEIRA, R. M. B.; ROSSETO, E. S. Biodegradação de compósitos de madeira plástica por fungos de podridão branca e parda. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 4., 2014, Bento Gonçalves. Anais do congresso. Bento Gonçalves: Congresso Internacional de Tecnologias Para O Meio Ambiente, 2014. p.1-8.
2. TAVARES, F. F. C.; ALMEIDA, M. D. C.; SILVA, J. A. P.; ARAÚJO, L. L.; CARDOZO, N. S. M.; SANTANA, R. M. C. Thermal treatment of açaí (*Euterpe oleracea*) fiber for composite reinforcement. *Polímeros*, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 1-9, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.09819>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282020000100408](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282020000100408). Acesso em: 26 mar. 2021.
3. BRASIL. IBGE. Governo Federal. Quantidades produzida e valor na produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289#resultado>. Acesso em: 26 mar. 2021.
4. KIELING, A. C.; SANTANA, G. P.; SANTOS, M. C. Compósitos de madeira plástica: considerações gerais. *Scientia Amazonia*, ?, v. 8, n. 1, p. 1-14, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/329450950\\_COMPOSITOS\\_DE\\_MADEIRA\\_PLASTICA\\_CONSIDERACOES\\_GERAIS](https://www.researchgate.net/publication/329450950_COMPOSITOS_DE_MADEIRA_PLASTICA_CONSIDERACOES_GERAIS). Acesso em: 26 mar. 2021.
5. BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.
6. PIMENTA, A. F.; TAIATELE JUNIOR, I.; MARQUES, V. C.; BOSCO, T. C. dal; OLIVEIRA, S. M. de. Degradação via compostagem de polímeros biodegradáveis e de suas blendas com amido.

- in: congresso sul-americano de resíduos sólidos e sustentabilidade, 1., 2018, Gramado. 1º Congresso Sul-Americano de resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Gramado: Ibeas, 2018. p. 1-5.
7. ISO 48-4, “Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of hardness - Part 4: Indentation hardness by durometer method (Shore hardness)”, Tóquio, Japão, 2018.
  8. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL ASTM D 570. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics, Philadelphia, 2010.
  9. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM 2240- 91– “Test Method for Rubber Property – Durometer Hardness”. 1995. Annual Book of ASTM Standards, vol .09.01, Philadelphia (1995).
  10. Method Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. Standard D, 790-10 edition, 2013.
  11. LÓPEZ, D. F. Y ROJAS, A. F. Factores que infl uencian las propiedades mecánicas, físicas y térmicas de materiales compuestos madero plásticos, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 12, no. 23, pp. 93-102, enero - junio, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.31908/19098367.3708>.
  12. CASSU, S. N. E FELISBERTI, M. I. Comportamento dinâmico-mecânico e relaxações em polímeros e blendas poliméricas. Química Nova [online]. 2005, v. 28, n. 2 [Acessado 16 Setembro 2022], pp. 255-263. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200017>>. Epub 04 Maio 2005. ISSN 1678-7064. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200017>.

## **BIODEGRADABILITY IN PLASTIC WOOD COMPOSITE FORMULATED WITH ACAI FIBERS (HEAT TREATED) AND RECYCLED POLYPROPYLENE**

### **ABSTRACT**

*Currently, it is sought to develop sustainable and clean technologies, which can mitigate the problem related to the load of polymeric waste discarded in nature, thus trying to alleviate the accumulation and damage already caused to the environment and society. Thus, this work evaluated the variations of mechanical properties from the tests of Flexural Strength - RF and Shore Hardness D - DZ, in compositions formulated with fibers of açaí (*Euterpe Oleraceae Martius*) (FB) and recycled polypropylene (PPr) when exposed to a slurry produced via home compost bin, which consisted of two parts: the first (where the dried leaves and fruit peels were) superimposed on the second (where the slurry was). For the tests, specimens were prepared - whose mass percentage compositions were 70/30 (PPr/FB) and 100 (PPr) - which were exposed to the slurry at 0 and 6 months. It is noteworthy that the CPs were introduced only after 1 month from the beginning of composting and slurry generation. In the RF mechanical analysis, the results obtained were: maximum bending stress at 5% strain (PPr-0:  $34.49 \pm 4.6$  MPa, PPr/FB-0:  $30.57 \pm 5.1$  MPa, PPr-6:  $51.51 \pm 1.5$  MPa and PPr/FB-6:  $48.02 \pm 1.2$  MPa) and for the flexural modulus (PPr-0:  $689.74 \pm 91.4$  MPa, PPr/FB-0:  $658.92 \pm 76.7$  MPa, PPr-6:  $1030.16 \pm 29.0$  MPa and PPr/FB-6:  $979.55 \pm 28.5$ ) MPa. As for the DZ Shore D (PPr-0:  $67.00 \pm 0.8$ , PPr/FB-0:  $68.50 \pm 1.0$ , PPr-6:  $63.83 \pm 1.5$  and PPr/FB-6:  $65.33 \pm 0.9$ ). It was observed from the RF tests after the 6-month exposure that there was an increase in maximum stress and flexural modulus, indicating that slurry exposure triggered changes in properties driven by exposure. In parallel, the DZ test indicated that the surfaces were sensitized with a reduction in the property, then suggesting that the exposure was sufficient to affect the respective property.*

**Keywords:** polypropylene. acai fiber. biodegradation.