



BIODEGRADABILIDADE EM COMPOSTEIRA DO COMPÓSITO FORMULADO COM AMIDO DE MANDIOCA E POLIPROPILENO RECICLADO

Eduardo L. dos Santos^{1*}, Darissa C. B. da Silva¹ e Felipe F. C. Tavares¹

1 – Laboratório de materiais (Labmat), Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Macapá, AP.
(Labmat). Avenida 13 de Setembro, Buritizal, nº2081, Macapá, CEP 68902-865, AP.
eduardolobato986@gmail.com

RESUMO

A expectativa da humanidade por um meio ambiente despoluído contrasta com a que ela tem lidado com a questão dos resíduos sólidos, em especial os poliméricos, descartados muitas vezes de forma irregular. Assim, visando minimizar a carga polimérica em corpos de provas (CPs), foram estudadas composições com percentuais mássico de 70/30 (polipropileno reciclado (PPr)/amido de mandioca (Manihot esculenta) (AM)) e 100 (PPr) quando exposto em um chorume produzido via composteira doméstica durante os períodos de 0 e 6 meses, foram avaliadas as variações das propriedades mecânicas a partir dos testes de Resistência à Flexão (RF) e Dureza Shore D (DZ). Na análise mecânica de RF foi observado, usando a análise de ANOVA e teste Tukey, que a adição de amido nos compósitos torna os CPs menos resistentes em relação ao PPr. Já na DZ (Shore D) é observado o um aumento nos CPs de PPr/AM em comparação aos de PPr, mas o tempo de exposição fez com que ela diminuísse aos mesmos níveis do PPr. A partir desses resultados sugere-se que a incorporação da carga orgânica sem a presença de agente de acoplamento seja a responsável pela diminuição das propriedades mecânicas bem como o tempo de exposição ao chorume. Assim, observou-se indícios de degradação nos CPs de PPr/AM quando expostos ao chorume de composteira..

Palavras-chave: *Compósitos, polipropileno, amido, composteira doméstica.*

INTRODUÇÃO

Tendo em vista a viabilidade econômica e a tendência de processos sustentáveis, a transformação de resíduos em um produto com valor agregado já é uma prática aplicável em várias linhas industriais. Outro fator importante para que alguns resíduos sejam utilizados é a escassez de matérias-primas para produção de certos produtos.

De acordo com os dados da ABRELPE⁽¹⁾, a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil aumentou de 67 milhões em 2010 para 79 milhões em 2019. De tal modo, a produção desses materiais causa problemas ambientais, sociais e econômicos, cujos valores flutuam proporcionalmente com o crescimento da população e suas atividades de consumo⁽²⁾.

Uma alternativa para reduzir os problemas supracitados é o desenvolvimento de materiais biodegradáveis, os quais viabilizam a redução do acúmulo dos resíduos poliméricos e de difícil decomposição no meio ambiente. Por exemplo, Martins⁽³⁾ realizou testes em diferentes misturas de amidos termoplásticos (milho, batata e mandioca) acoplados ao polipropileno usando agentes de acoplamento naturais. Como resultado observou que a mistura com a mandioca

apresentou bons resultados quanto a resistência mecânica e capacidade de ser degradado. Desta forma, a produção de um material biodegradável é um dos passos para reduzir os impactos atrelados a destinação inadequada dos resíduos no meio ambiente. Dentre as formas de degradação, pesquisas como a de Campos et al. ⁽⁴⁾ e mostram, respectivamente, que a exposição da blenda de polipropileno com poli(ϵ -caprolactona) em solo com chorume, e, polipropileno na presença do fungo do gênero *Pleurotus* sofreram biodegradação, apresentando erosão superficial e perda de massa das amostras avaliadas.

Partindo para a abordagem por meio de cargas, Oliveira⁽⁶⁾ verificou que com a proporção 70/30 (PP/TPS) com adição de ácido carboxílico é possível se equiparar ou superar o módulo elástico do PP em ensaios de tração, também abordou a cristalinidade em blendas envelhecidas (PP/TPS), não notando maiores alterações nela devido à cristalinidade do PP ser mais intensa que a do TPS (amido termoplástico).

MATERIAIS E MÉTODOS

Composições

As misturas foram preparadas variando-se os de teores de amido em 0% e 30 % em relação à quantidade de PPr. Dessa forma, o experimento será realizado usando o fatorial 2² conforme Tabela 01. Para cada composição serão conformados 5 corpos de provas (CPs), obtendo, então, as médias para cada propriedade estudada (resistência à flexão e dureza Shore D).

Tabela 1: Planejamento experimental das composições.

Variável de resposta	Propriedades (Resistência à flexão e dureza Shore D)
Fatores	A: teor de amido (níveis F-1 = 0% e F+1 = 30%) B: tempo de exposição (níveis T-1 = 0 meses e T+1 = 6 meses)
Composições e Tratamentos	C1: PP-0 (teor de amido de 0% e 0 meses de exposição) C2: PP/AM-0 (teor de amido de 30% e 0 meses de exposição) C3: PP-6 (teor de amido de 0% e 6 meses de exposição) C4: PP/AM-6 (teor de amido de 30% e 6 meses de exposição)

Preparação do amido, polipropileno reciclado (PPr) e leito biodegradativo

Foi adquirido 1 kg de amido de mandioca em comércio local, esse foi encaminhado para o Laboratório de Tecnologia dos Materiais da UEAP, onde passaram por peneiramento (abertura da peneira: 2mm) e em seguida secagem em estufa (marca SOLOTEST, modelo EEL81 08 B 11) a 60°C \pm 5 °C, por 24 h e reservado em um dessecador. Os recipientes descartáveis de polipropileno passaram por cominuição manual com auxílio de tesoura. Minutos antes do processamento com o amido, os fragmentos poliméricos passaram por secagem em estufa a 80 \pm °C. Para avaliar a biodegradação das amostras, uma composteira foi montada adaptando-se a metodologia de Pimenta et al⁽⁷⁾. Dessa forma, foram inseridos em um balde alimentício (figura 1-A) de 20 L os resíduos de poda de árvores (PA) (figura 1-B) e orgânico domiciliar (RD) (figura 1-C) na proporção volumétrica de 3:1, sendo 3 partes de PA (resíduo rico em carbono)

e 1 parte de RD (resíduo rico em nitrogênio). Semanalmente o leito foi misturado para a homogeneização do meio.



Figura 1: Composteira (A-baldes alimentícios; B- folhas secas; C- resíduo orgânico alimentar)

Mistura e conformação do compósito

Em extrusora monorosca com uma zona de aquecimento (figura 2-A) a 190°C foram adicionados os fragmentos de PPr (polipropileno reciclado) junto do amido (70/30) já previamente misturados, depois foram os blocos poliméricos gerados (figura 2-B) moídos em moinhos de facas (marca SOLAB modelo SL33) originaram grânulos (pellets) (figura 2-C) da mistura, que serão realimentados na extrusora (para otimizar a operação) e remoídos, esses foram secos a 70 °C. As frações foram pesadas segundo as composições exibidas na Tabela 1. Antes de qualquer processamento na extrusora, matriz e amido passaram por nova secagem para eliminação de qualquer umidade. Os pellets foram alimentados numa termo injetora acoplada a uma prensa manual, operação a 190 ± 5 °C por 4 min de residência e pressão 2 toneladas, conformando CPs aplicáveis aos testes da ISO 48-4:2018⁽⁸⁾.



Figura 2: Extrusora monorosca (A); Blocos poliméricos (B); Pellets (C).

O processo de biodegradação

Os CPs foram organizados em uma armação plástica (figura 3-A) e inseridos no fundo da composteira (figura 3-B) onde ficaram submersos no chorume (figura 3-C), com agitação do leito 1 vez por semana. Após 6 meses de exposição, os CPs foram: removidos da composteira; lavados com água destilada; secados a 60 °C por 48 h e então avaliados.

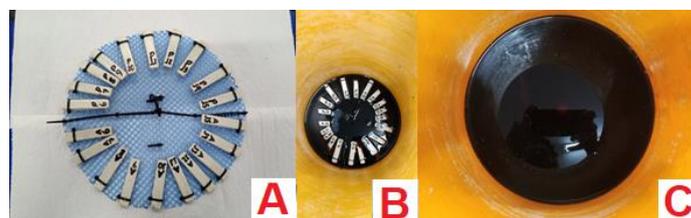


Figura 3: CPs na composteira (A - CPs; B- CPs em chorume; C- chorume)

Caracterização físico-química e mecânica

Como os efeitos da biodegradação iniciam na superfície, optou-se em avaliar as a dureza que indicam as variações da resistência ao corte e/ou perfuração do material. O ensaio de dureza Shore D foi realizado usando um durômetro Novotest, escala 0 – 100 HD, seguindo a norma

ISO 48-4:2018⁽⁸⁾. Os ensaios de flexão amparados na norma ASTM D 790⁽⁹⁾ foram realizados em uma máquina de ensaio mecânicos marca EMIC, modelo DL 30.000, célula de carga de 5000N, incremento de força de 5 mm/min e deformação até a fratura se obtendo a resistências a tração, módulo de elasticidade e alongamento percentual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Gráfico 1 é possível observar os resultados para a Tensão Máxima a 5% de deformação, nota-se que os compósitos apresentaram resistência inferior à detectada para o PP, indicando que a adição de amido piora a transferência de carga e por efeito a resistência à flexão. Uma das possíveis causas para a elevada diminuição de resistência à tenção máxima pode ter sido a falta de homogeneização da fase amido na matriz, visto que Oliveira⁽⁵⁾, com compatibilizante obteve essa melhora. Outro fator é a polaridade do amido Corradini et al.⁽¹⁰⁾ visto que trabalhos como o de Tavares⁽¹¹⁾ para fibras (polares) ,sem agente de acoplamento, possuem suas propriedades mecânicas prejudicadas. A exposição ao chorume em composteira por 6 meses trouxe poucas diferenças significativas para a tensão máxima, semelhante ao observado por Oliveira⁽⁵⁾, fornecendo, assim, indícios que para CPs mais espessos esse tempo de exposição não foi o bastante.

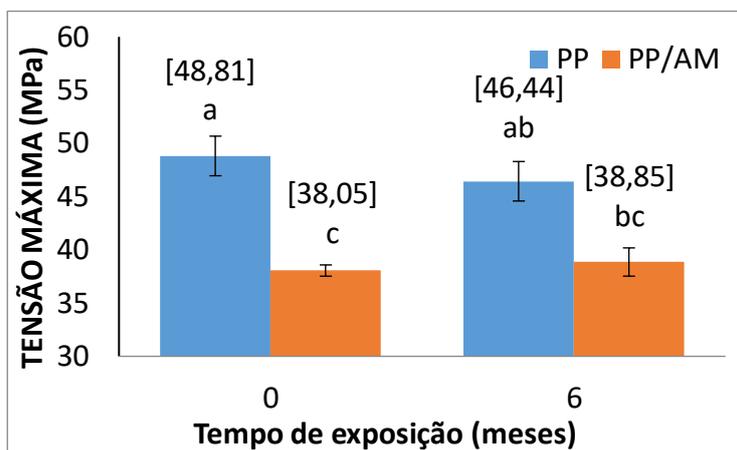


Gráfico 1: Tensão máxima e módulo nas diferentes composições.

Quanto o módulo de flexão, no gráfico 2, as médias indicam que a adição de amido em nada afetou na resistência a deformação por flexão do PPr/AM em relação ao PPr.

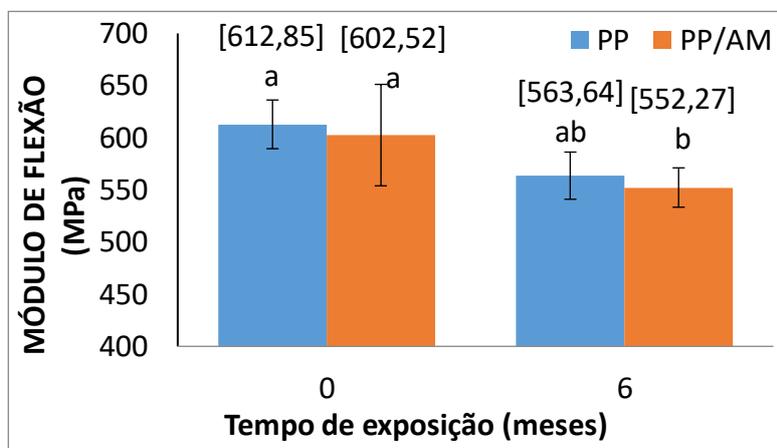


Gráfico 2: Módulo nas diferentes composições.

Contudo, após 6 meses de exposição, tanto o PPr quanto o compósito PP/AM apresentaram menor rigidez, o PP/AM também foi mais afetado que o PPr, sugerindo alguma degradação superficial dos CPs e também de acordo com Oliveira⁽⁵⁾ quando comenta que o envelhecimento de TPS proporciona a tendência a um relaxamento molecular na amostra.

No Gráfico 3 estão expostos os resultados da Dureza Shore D para as composições testadas neste trabalho. Observou-se que todas as médias foram superiores as observadas por Martins; Santana⁽¹²⁾. Neste trabalho notou-se que a adição de amido na matriz polimérica ocasionou um leve aumento nas propriedades de dureza do compósito, sugerindo que as partículas de amido dispersas na matriz impuseram resistência a penetração da agulha do durômetro durante o ensaio. Em seguida, após 6 meses de exposição, o PPr não demonstrou variação, enquanto o PP/AM apontou uma redução da dureza em função do compósito não exposto. Tal comportamento corrobora nas sugestões anteriores descritas nos ensaios de Resistência à Flexão, apontando degradação superficial do compósito, o que levou a formação de falhas superficiais, levando aos resultados expostos.

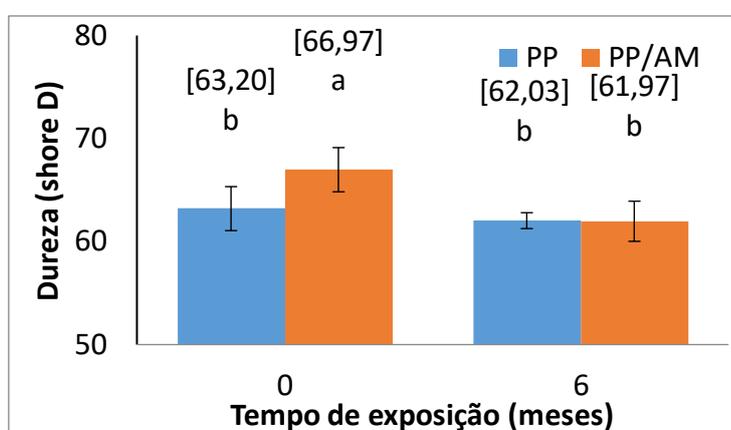


Gráfico 3: Dureza nas diferentes composições.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o PP é mais resistente a degradação quando exposto a chorume de composteira que o PP/AM. De tal forma, a adição de amido favoreceu a degradação, ainda em níveis superficiais, afetando, principalmente, a dureza, propriedade intrínseca à superfície. Assim, novos estudos são fundamentais, principalmente avaliando tempos mais extensos e corpos de provas com espessuras menores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade do Estado do Amapá – UEAP, pelo financiamento deste trabalho e auxílio nos custos da viagem para exposição do trabalho no CBECiMat.

REFERÊNCIAS

1. ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. *Assoc. Bras. Empres. Limp. Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE* **1**, 52 (2020).
2. Gouveia, N. Resíduos sólidos urbanos: Impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Cienc. e Saude Coletiva* **17**, 1503–1510 (2012).
3. Martins, A. B. BLENDA À BASE DE AMIDO COMPATIBILIZADAS COM ÁCIDOS ORGÂNIC. *Konstr. Pemberitaan Stigma Anti-China pada Kasus Covid-19 di Kompas.com* **68**,

- 1–12 (2020).
4. Campos, A. De, Marconato, J. C. & Franchetti, S. M. M. Biodegradação de Filmes de PP/PCL em Solo e Solo com Chorume. **20**, 295–300 (2010).
 5. Oliveira, C. F. P. Obtenção e caracterização de amido termoplástico e de suas misturas com polipropileno. *Tesis Dr.* 197 (2015).
 6. De Oliveira, C. I. R., De Almeida, V. P., Rocha, M. C. G. & De Assis, J. T. Evaluation of the effect of compatibilizing agent (PP-g-MA) on PP/Thermoplastic starch blends. *Rev. Mater.* **24**, (2019).
 7. Pimenta, A. F., Junior, I. T., Marques, C. da C., Bosco, T. C. D. & Oliveira, S. M. de. Degradação via compostagem de polímeros biodegradáveis e de suas blendas com amido. 1–5 (2018).
 8. 48-4:2018, I. INTERNATIONAL STANDARD Rubber , vulcanized or method (Shore hardness) - ISO 48-4. **2018**, (2018).
 9. ASTM INTERNATIONAL. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. D790. *Annu. B. ASTM Stand.* **i**, 1–12 (2017).
 10. Corradini, E. *et al.* Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. *Polímeros* **15**, 268–273 (2005).
 11. Tavares, F. F. da C. INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO EM FIBRAS DAS SEMENTES DE AÇAÍ E DO USO DE AGENTES DE ACOPLAMENTO DE FONTE NATURAL EM COMPÓSITO DE POLIPROPILENO. *J. Chem. Inf. Model.* **43**, 168 (2020).
 12. Martins, A. B. & Santana, R. M. C. Effect of carboxylic acids as compatibilizer agent on mechanical properties of thermoplastic starch and polypropylene blends. *Carbohydr. Polym.* **135**, 79–85 (2016).

BIODEGRADABILITY IN COMPOSITE COMPOSITE FORMULATED WITH CASSAVA STARCH AND RECYCLED POLYPROPYLENE

ABSTRACT

*Humanity's expectation for a clean environment contrasts with the way it has dealt with the issue of solid waste, especially polymeric waste, which is often disposed of irregularly. Thus, in order to minimize the polymeric load in specimens (CPs), compositions with mass percentages of 70/30 (recycled polypropylene (PPr)/cassava starch (*Manihot esculenta*) (AM)) and 100 (PPr) when exposed in a slurry produced via home composter during the periods of 0 and 6 months, the variations of the mechanical properties were evaluated from the Flexural Strength (RF) and Shore D Hardness (DZ) tests. In the mechanical analysis of RF, it was observed, using the ANOVA analysis and Tukey test, that the addition of starch in the composites makes the CPs less resistant in relation to the PPr. In the DZ (Shore D) an increase in CPs of PPr/AM compared to PPr is observed, but the exposure time caused it to decrease to the same levels of PPr. Based on these results, it is suggested that the incorporation of organic filler without the presence of a coupling agent is responsible for the decrease in mechanical properties as well as the time of exposure to slurry. Thus, signs of degradation were observed in PPr/AM CPs when exposed to a composter slurry.*

Keywords: *Composite, polypropylene, starch, home composter.*