



AValiação Comparativa das Propriedades Mecânicas e Morfológica de Compositos de Polihidroxibutirato Reforçado com Fibras de Coco e Pó de Itaúba

Adriana da S. Moura* , Lety del Pilar F. C. Lima, Stéfany V. Steffen, Ruth M. C. Santana

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS
adrimoura10@gmail.com

Resumo:

O consumo crescente de materiais poliméricos está diretamente relacionado aos problemas ambientais de acúmulo de grandes proporções de resíduos em aterros sanitários. Biocompósitos poliméricos reforçados com fibras vegetais podem contribuir com a redução desses resíduos, devido a sua característica biodegradável. A utilização de fibras vegetais é bem-vinda, devido a sua abundância na natureza, baixo custo e baixa densidade. Deste modo, o principal objetivo deste trabalho é desenvolver e avaliar um compósito de PHB (polihidroxibutirato), reforçado com fibra vegetal de coco (*Cocus nucifera*) e pó de itaúba (*Mezilaurus itauba*). Foram desenvolvidos compósitos termoplásticos de PHB reforçados com pó de Itaúba (ITA) e fibra de coco (FC) com granulometrias de 250 µm na proporção mássica de 70/30. As propriedades mecânicas foram avaliadas por ensaios de tração e impacto, além da análise morfológica por MEV. Conforme os resultados, os reforços contribuíram para a melhoria das propriedades mecânicas do material destacando-se o PHB/ITA, com módulo elástico superior em 17,9%, quando comparado ao PHB/FC, indicando assim que, o compósito PHB/ITA possui maior rigidez. Comportamento semelhante foi verificado no ensaio de resistência ao impacto, com o compósito de PHB/ITA que foi superior em 22,5% em relação ao PHB/FC, indicando uma melhor interação interfacial entre a fibra e a matriz que foi confirmado pelas imagens de MEV.

Palavras-chave: *Polihidroxibutirato (PHB), fibras vegetais, fibra de coco (Cocus nucifera), pó de itaúba (Mezilaurus itaúba).*

COMPARATIVE EVALUATION OF MECHANICAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF COMPOSITES POLYHYDROXIBUTIRATE REINFORCED WITH COCONUT FIBERS AND ITAÚBA WOOD-FLOUR

Abstract:

The growing consumption of polymeric materials is related to many environmental problems, like accumulation of waste in sanitary landfilling. Bio composites polymers reinforced with natural fibers can help to reduce waste because of their biodegradable feature. The application of natural fiber is more than welcome, due to their plenty sources, low price and low density. Therefore, the primordial meaning of this work is to develop and evaluate a composite of PHB (polyhydroxybutyrate), reinforced with coco (*Cocus nucifera*) vegetable fiber and itauba (*Mezilaurus itauba*) powder. These were developed thermoplastic composite from PHB reinforced with itauba wood-flour (ITA) and coco fiber (FC) with 250-µm granulometry and a 70/30 mass proportion. The mechanic properties were measured by tensile and impact test, as well as morphological analysis through SEM. In cording with the results, the reinforcements add to the matrix a boost in its mechanics properties, highlighting PHB/ITA, which elastic modulus upper to 17,9% when compared with PHB/FC. This indicates therefore that PHB/ITA composite has bigger stiffness. The same result was with PHB/ITA composite was 22,5% bigger than PHB/FC, verified in the impact strength test, showing that it has a better interfacial interaction between the fiber and the polymeric matrix that was confirmed by SEM images.

Keywords: *polyhydroxybutyrate (PHB), vegetal fibers, coconut fiber (Cocus nucifera), itaúba (Mezilaurus itaúba).*

Introdução

A busca pela sustentabilidade nos direciona a crescente investigação quanto ao desenvolvimento de materiais mais sustentáveis. Assim, a preocupação em utilizar completamente os recursos naturais torna viável o desenvolvimento de biomateriais a partir de resíduos agroindustriais.

A madeira itaúba (ITA), *Mezilaurus itaúba*, é um composto polimérico, formado por 90% de massa lignocelulósica, que contém essencialmente celulose 40%, hemicelulose 30%, lignina 20% e outros elementos de baixa massa molar, além dos extrativos (ácidos graxos) e as substâncias inorgânicas (cinzas) [1]. Entretanto, esses percentuais podem variar de acordo com cada indivíduo e o local de plantio, de cada árvore. Além disso, o grau de cristalinidade da celulose pode definir as propriedades mecânicas da madeira [2].

Outro resíduo, não menos importante, é o coco verde (*Cocos nucifera*), cujo principal produto é a água de coco. A produção anual do coco verde é de aproximadamente 2 bilhões de frutos [3]. Contudo, 80 a 85% de seu peso bruto é resíduo [4]. No entanto, a fibra de coco (FC) pode ser aproveitada em diversas aplicações, devido a suas características: possui em torno de 350 mm de comprimento, 0,12 mm a 0,25mm de diâmetro e 1250 kg/m³ de densidade. Tem alta resistência a tração, resistência à umidade e à degradação microbiana. É uma das fibras com maior teor de lignina em relação a outras fibras naturais [5] propriedade que pode agregar bons resultados, quando utilizadas para reforçar matrizes poliméricas [6].

Estudos avançados em desenvolvimento de compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais são impulsionados pela necessidade de proteção ao meio ambiente, associada à viabilidade econômica de aproveitamento de resíduos agroindustriais [7]. A matriz utilizada neste estudo, o Polihidroxibutirato (PHB), é um polímero biodegradável, obtido de fontes renováveis como a cana de açúcar [8]. A união de um polímero de fonte renovável com rejeitos agroindustriais pode gerar uma valiosa contribuição ambiental. A produção deste polímero é obtida em batelada. Portanto, o PHB produzido pode ter grau de cristalinidade, massa molar e coloração diferente [9].

Nesse sentido, este estudo vem sugerir o uso de fibras naturais, como o pó de madeira Itaúba e a fibra de coco como reforço em matriz polimérica biodegradável (PHB) e avaliar comparativamente suas propriedades mecânicas e morfológicas.

Experimental

Materiais

Fibra de coco - foi fornecida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). São procedentes da Cooperativa Agropecuária Rio Formoso dos Produtores de Frutas de Responsabilidade Ltda. (COOPERCOCOS), situada em Planaltina – DF. **Itaúba** – originária da indústria moveleira da serra gaúcha e foi cedida pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). **PHB** - O polímero foi fornecido, em pó, pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), procedente da empresa PHB Industrial, do Estado de São Paulo. Segundo o fabricante o PHB possui as seguintes propriedades: Densidade a 25°C 1,25 (g/cm³), massa molar ponderal média (g/mol) 250000 a 60000, ponto de fusão (°C) 169 a 172, temperatura de transição Vítrea (°C) 1 a 5 e cristalinidade (%) 50 a 70.

Processamento

Os compósitos foram processados em câmara de mistura DVE - HAAKE Rheodrive 7 Rheomix OS, a temperatura de 180°C, por 7 minutos com rotação de 60 rpm.

Ensaio Mecânicos

Os ensaios mecânicos de tração foram realizados em uma máquina universal de ensaios Instron modelo 3382, com o auxílio da norma ASTM D638-10, foi utilizada uma célula de carga de 5000 N e velocidade de afastamento 5 mm/min, temperatura de 25°C e umidade de 50%.

O ensaio de impacto Izod foi realizado em equipamento de Impacto Izod Ceast Impactor II com entalhador Ceast, conforme a norma ASTM D256-10. Foram utilizados 7 corpos de prova para cada compósito, para cada ensaio mecânico.

Microscopia eletrônica de Varredura-MEV

As imagens foram realizadas em um microscópio eletrônico JEOL JSM 6060, com voltagem de 10 kV e ampliação de 40 e 400 vezes.

Resultados e Discussão

Propriedades mecânicas

A Fig. 1-a apresenta o módulo elástico do PHB sem reforço e dos compósitos PHB/ITA e PHB/FC, na composição 70/30, com granulometria de 250 µm, o qual todos os compósitos apresentaram resultados superiores em relação ao PHB sem reforço. O compósito PHB/ITA obteve o maior módulo, 17,9% superior ao PHB/FC, o que corresponde ao compósito que tem melhor rigidez comparativamente ao PHB/FC. O que pode significar a melhor interação entre fibra e a matriz, conforme afirma Facca [10], em seu estudo de termoplástico polietileno reforçado com fibras naturais de casca de arroz, cânhamo e madeira dura.

Quanto aos resultados da tensão na ruptura (Fig. 1-b), os compósitos tiveram uma redução em relação ao PHB sem reforço, resultado este esperado pelo aumento da rigidez dos compósitos. Entre os compósitos reforçados, pode-se considerar que os compósitos obtiveram resultados semelhantes, estatisticamente. A tensão de ruptura próxima a 13 MPa para os dois casos. O que indica a redução da elasticidade do material.

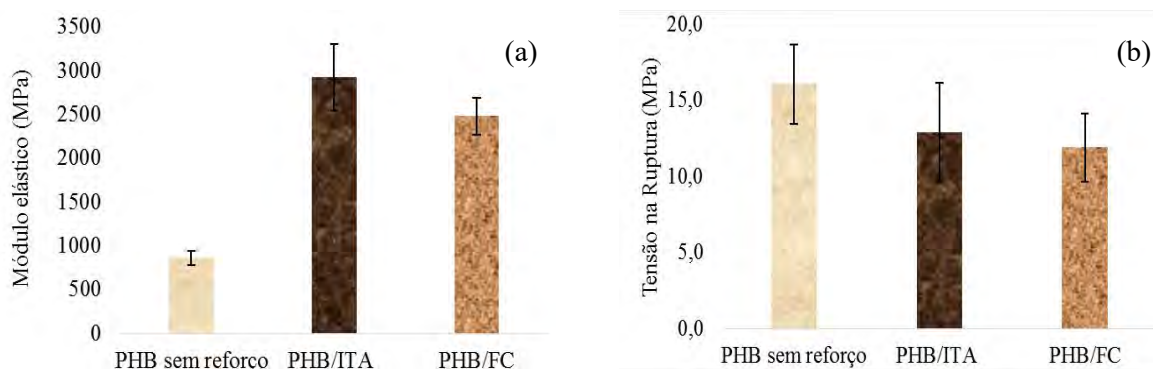


Figura 1. Resultados do ensaio de tração do PHB e dos compósitos PHB/ITA e PHB/FC: (a) Módulo elástico e (b) tensão na ruptura.

A fig. 2 apresenta os resultados do ensaio de resistência ao impacto para o PHB sem reforço e os compósitos PHB/ITA e PHB/FC. O bom desempenho da absorção ao impacto durante o ensaio para os materiais compósitos frente ao PHB sem reforço está relacionado a transferência de energia da matriz para a fibra. Por esse motivo é possível afirmar que há uma melhor interação para os compósitos PHB/ITA do que para o PHB/FC. Esse resultado pode estar relacionado à formação de vazios durante o processamento, ou mesmo pela menor interação da fibra de coco com a matriz PHB. Resultados semelhantes foram observados por Machado et. al [11].

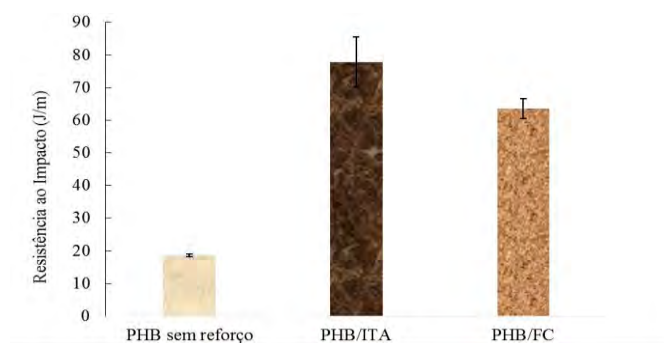


Figura 2. Resistência ao impacto do PHB sem reforço e dos compósitos PHB/ITA e PHB/FC.

Analise morfológica por MEV

Na fig. 3 são apresentadas as imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos compósitos, PHB/ITA com ampliações de (a) 40x, (b) 400x, e PHB/FC (c) 40x, (d) 400x. As imagens foram obtidas da superfície de fratura do ensaio de tração.

Através das imagens é possível avaliar que houve boa dispersão das fibras na matriz PHB, semelhante para ambos os casos. Observa na figura (c) PHB/FC, a presença de buracos que parecem ser provenientes do arrancamento das fibras (pull-out), durante o ensaio de tração. De maneira geral todas as imagens, aparentemente, tiveram boa adesão. Entretanto, a figura (c) do compósito PHB/FC demonstra que essa adesão é fraca devido ao alto percentual de pull-out. Esses resultados confirmam as discussões já levantadas nos ensaios mecânicos. As imagens morfológicas dos compósitos permitiram afirmar que, o melhor desempenho foi para o PHB/ITA. Estudos semelhantes de matrizes termoplásticas reforçadas com fibras vegetais; afirmam que, a melhor adesão ocorre quando as fibras são submetidas a algum tratamento físico químico [12].

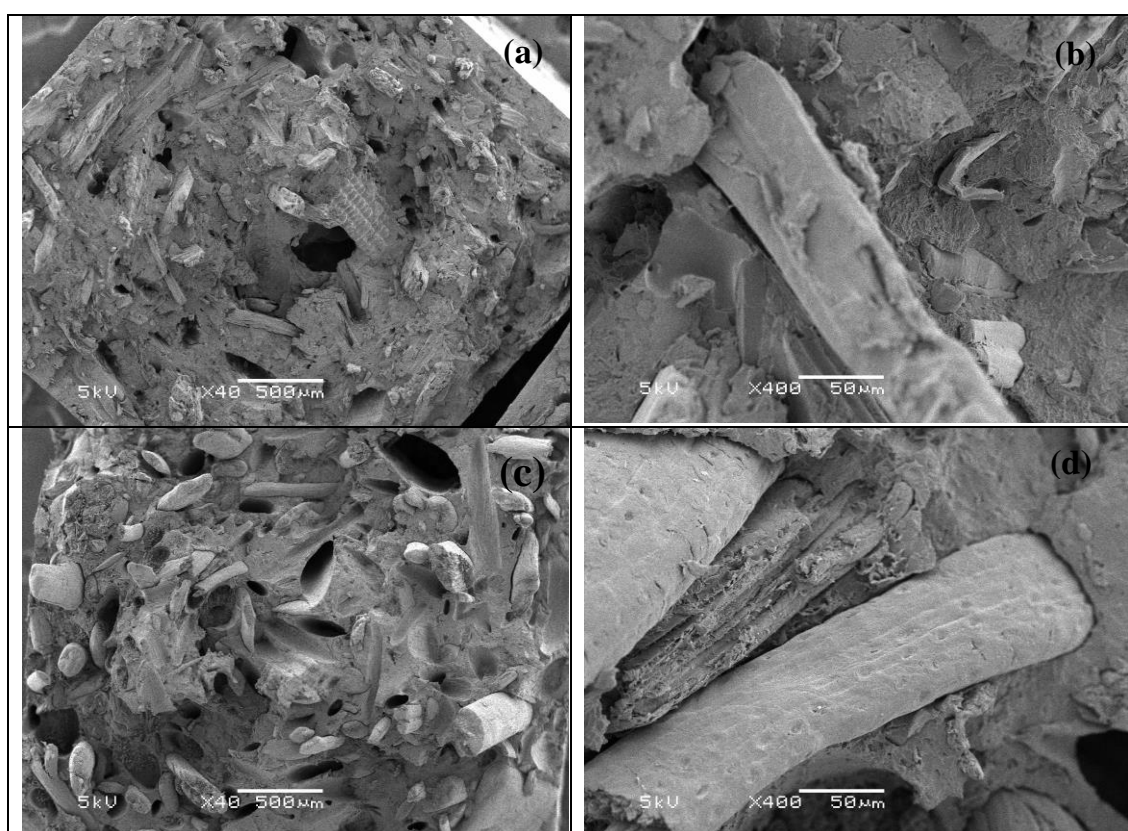


Figura 3. Imagens de MEV dos compósitos PHB/ITA (a), (b) e PHB/FC (c) e (d).

Conclusões

Através dos resultados dos ensaios mecânicos de tração e impacto foi possível verificar a influência do tipo de fibra vegetal (composição e tamanho) na interação com a matriz de PHB, destacando-se o compósito de PHB/ITA por apresentar maior módulo elástico, maior resistência a tração e resistência ao impacto, confirmados pela boa interação interfacial fibra – matriz verificada pela análise de MEV.

Agradecimentos

Ao IBAMA pela cedência das fibras de coco, à UCS pela cedência do pó de itaúba, à prof. Dra. Laura Hecker UFCG-RN pela doação do PHB, à RESAG-SIBRATEC, CNPQ e LAPOL (UFRGS).

Referências Bibliográficas

- [1] D. Fengel and Wegener G., *Wood: chemistry, ultrastructure, reactions - Google Livros*. 2003.
- [2] M. Poletto, A. J. Zattera, M. M. C. Forte, and R. M. C. Santana, “Thermal decomposition of wood: Influence of wood components and cellulose crystallite size,” 2012.
- [3] M. A. G. C. C. R. M. L. A. de J. Junior, “Estatística da produção de coco no Brasil,” *EMBRAPA*, 2009.
- [4] C. R. Martins, L. Alves, and J. Júnior, “Produção e Comercialização de Coco no Brasil Frente ao Comércio Internacional: Panorama 2014,” *Doc. 184 - EMBRAPA*, 2014.
- [5] P. Lertwattanakul and A. Suntijitto, “Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for residential building applications,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 94, pp. 664–669, Sep. 2015.
- [6] R. Leão, “Tratamento superficial de fibra de coco e aplicação em materiais compósitos como reforço do polipropileno,” 2012.
- [7] M. A. De Santos, Paulo A.; Spinacé, Márcia A. S.; Paoli, “Efeito da Forma de Processamento e do Tratamento da Fibra de Curauá nas Propriedades de Compósitos com Poliamida-6,” *Polímeros Ciência e Tecnol.*, vol. 19, no. 1, pp. 31–39, 2009.
- [8] R. A. J. Verlinden, D. J. Hill, M. A. Kenward, C. D. Williams, and I. Radecka, “Bacterial synthesis of biodegradable polyhydroxyalkanoates,” *J. Appl. Microbiol.*, vol. 102, no. 6, pp. 1437–1449, Jun. 2007.
- [9] G.-Q. Chen and G.-Q. Chen, “Plastics Completely Synthesized by Bacteria: Polyhydroxyalkanoates,” *Microbiol. Monogr.*, vol. 14, no. 10, pp. 978–3, 2007.
- [10] A. G. Facca, M. T. Kortschot, and N. Yan, “Predicting the elastic modulus of natural fibre reinforced thermoplastics,” *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 37, no. 10, pp. 1660–1671, 2006.
- [11] M. L. C. Machado, N. C. Pereira, L. F. de Miranda, M. C. Terence, and J. G. C. Pradella, “Estudo das propriedades mecânicas e térmicas do polímero Poli-3-hidroxibutirato (PHB) e de compósitos PHB/pó de madeira,” *Polímeros*, vol. 20, no. 1, pp. 65–71, 2010.
- [12] S. R. Albinante, É. B. A. V. Pacheco, and L. L. Y. Visconte, “Revisão dos tratamentos químicos da fibra natural para mistura com poliolefinas,” *Quim. Nova*, vol. 36, no. 1, pp. 114–122, 2013.