



RECICLAGEM DE MATRIZES POLIMÉRICAS À BASE DE AMIDO DE MILHO E DE SEUS BIOCOMPÓSITOS COM FIBRAS VEGETAIS

Douglas Milan Tedesco¹
Denise Maria Lenz²

Resumo

Biocompósitos de matriz polimérica biodegradável à base de amido de milho com 10% em massa de fibra vegetal de curauá com e sem agente de acoplamento foram manufaturados através de moldagem por injeção. As propriedades mecânicas dos biocompósitos e suas matrizes foram avaliadas até o décimo ciclo de processamento. As propriedades mecânicas investigadas foram resistência à tração e resistência ao impacto (RI), além da dureza. Observou-se que a adição de fibra de curauá aumenta a dureza e a RI dos biocompósitos em relação à matriz e há uma tendência à diminuição destas propriedades com o aumento do número de ciclos de processamento. A adição do agente de acoplamento proporcionou um pequeno aumento na RI do biocompósito. Porém, a adição de fibra de curauá juntamente com o agente de acoplamento aumentou consideravelmente a resistência à tração na ruptura e não ocorreram alterações significativas em seus valores com o aumento no número de processamentos. Assim, os biocompósitos com fibras vegetais de curauá mostraram potencial para serem utilizados em aplicações diversas, podendo ser reciclados até dez ciclos de processamento sem perda significativa de suas propriedades.

Palavras-chave: biocompósitos; fibra de curauá; reciclagem; propriedades mecânicas.

INTRODUÇÃO

Biocompósitos de polímeros biodegradáveis são uma alternativa à poluição ambiental causada pelo uso indiscriminado e o descarte irresponsável de resíduos de materiais plásticos. Os polímeros biodegradáveis apresentam alta capacidade de degradação, diminuindo o impacto ambiental em relação aos polímeros convencionais, por microorganismos naturais como fungos, bactérias e algas, conforme definição da ASTM D 883-99. A diminuição do custo de produção e aprimoramento das propriedades mecânicas dos polímeros biodegradáveis torna-se a tendência dos processos atuais, através da manufatura de biocompósitos de matriz biodegradável com fibras vegetais. Uma vez que os polímeros biodegradáveis possuem temperatura de fusão inferior à temperatura de degradação comum das fibras vegetais (em torno de 220 °C), conforme Sykacek et al., 2009 e Lenz et al., 2012, não há degradação das mesmas durante o processamento do biocompósito.

As fibras vegetais, utilizadas como agente de reforço, possuem propriedades/características como baixo custo, baixa densidade, boas propriedades térmicas, alto módulo específico, fonte renovável, biodegradabilidade, atóxicas e não abrasivas aos equipamentos de processamento (BLEDZKI e GASSAN, 1999). A fibra vegetal de curauá apresenta propriedades específicas comparáveis às da fibra de vidro (MATTOSO et al, 1996, ARAÚJO et al., 2002 e SPINACÉ et al., 2006) e apresentam potencial para reciclagem (SILVA e AQUINO, 2008). Lopez et al. (2012) determinaram que os biocompósitos podem ser reciclados 5 ou 10 vezes (dependendo da matriz), sem perda das suas propriedades mecânicas e, como a utilização de fibras vegetais conduz a um aumento significativo no valor

¹Aluno do curso de graduação em Engenharia Química– Bolsista PROBITI/FAPERGS– douglas.m.tedesco@gmail.com

² Professora do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais e Processos Sustentáveis (PPGEMPS) e do curso de graduação em Química– denise.lenz@gmail.com

destas propriedades, proporciona assim um aumento de vida útil destes materiais, ampliação de seu emprego em larga faixa de aplicação e a possibilidade de reciclagem dos biocompósitos.

O objetivo deste trabalho foi a avaliação do potencial de reciclagem de matrizes de polímeros à base de amido de milho e de seus biocompósitos com fibra vegetal de curauá, processados através de moldagem por injeção. O potencial de reciclagem foi avaliado através das alterações nas propriedades mecânicas em função do aumento dos ciclos de reprocessamento.

METODOLOGIA

A matriz dos biocompósitos é composta por polímero biodegradável à base de amido de milho **PolyEco**[®] EP103 da O2Biolásticos utilizado na concentração de 60% em massa e 40% em massa de polipropileno (**PP**) H306 da Braskem. A fibra vegetal de curauá (**FC**) (Ituá Agroindustrial) foi utilizada na concentração de 10% em massa, quando requerida. O agente de acoplamento utilizado foi o anidrido maleico (polipropilenografitado com 1% de anidrido maleico com nome comercial de Polybond 3200 - **PB**) na concentração de 3% em massa no biocompósito. Assim, os seguintes biocompósitos foram testados: PolyEco/PP/FC e PolyEco/PP/PB/FC e comparadas suas propriedades com as respectivas matrizes puras. As fibras foram tratadas e cortadas em moinho de facas marca SEIBT, conforme Lenz et al., 2008. O processamento dos biocompósitos foi realizado em máquina injetora HIMACO usando perfil de temperatura entre 160 e 180^oC. O primeiro processamento de cada biocompósito foi realizado em duas etapas: 1) pré-mistura (masterbatch) e 2) processamento propriamente dito. Após o primeiro ciclo de processamento, os biocompósitos e suas matrizes foram cortadas e re-injetadas até dez ciclos de reprocessamento. As matrizes biodegradáveis e seus biocompósitos foram submetidos a testes de resistência à tração em Máquina Universal de Ensaio, conforme a norma ASTM D638, ensaio de resistência ao impacto (Izod com entalhe), conforme a norma ASTM D256 e ensaio de dureza (escala Shore D), conforme a norma ASTM D2240. A morfologia dos biocompósitos foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) em um microscópio eletrônico PHILIPS XL 20.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da Propriedade da Dureza

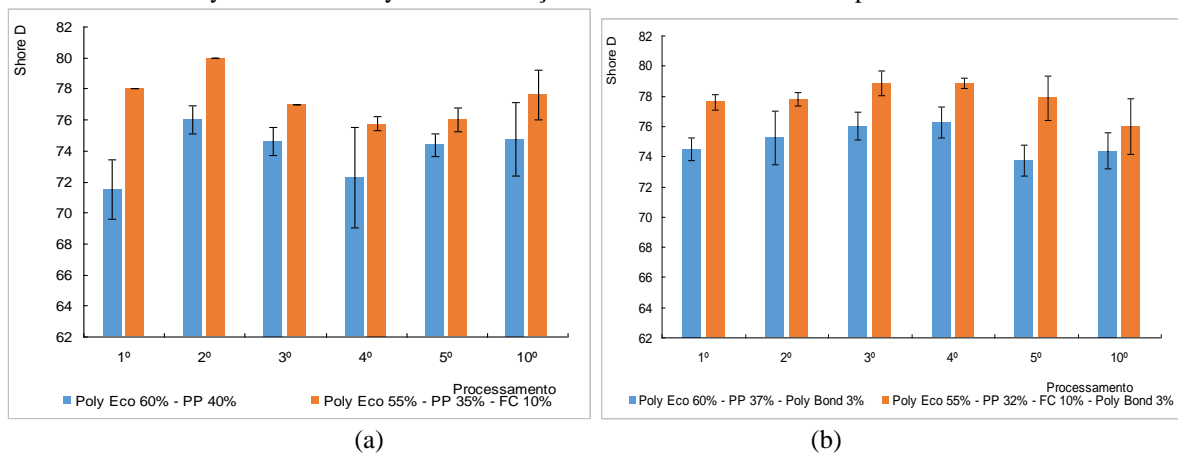
Na Figura 1 (a e b) encontram-se os valores de dureza obtidos para a matriz e seus biocompósitos (sem e com agente de acoplamento, respectivamente) em função do número de ciclos de processamento. Como pode ser observado, a adição de fibra de curauá aumenta a dureza de ambos biocompósitos, PolyEco/PP/FC e PolyEco/PP/PB/FC, em relação as matrizes PolyEco/PP e PolyEco/PP/PB. Conforme o aumento dos ciclos de processamento, houve uma tendência à diminuição desta propriedade em ambas as matrizes e ambos os biocompósitos. A adição do agente de acoplamento (PolyBond-PB) não proporcionou um aumento significativo na dureza do biocompósito.

Avaliação da Propriedade da Resistência ao Impacto (RI)

A Figura 2 (a e b) apresenta os resultados de Resistência ao Impacto (RI) para a matriz e o biocompósito sem e com agente de acoplamento, respectivamente, conforme o número de processamento. A resistência ao impacto (RI) mostrou uma tendência a diminuir com o aumento de ciclos de reprocessamento em ambas as matrizes e ambos os biocompósitos. Como pode ser observado, a RI do biocompósito com fibra de curauá têm aumentado em relação a RI da matriz. A adição do agente de acoplamento (PolyBond) proporcionou um pequeno aumento na RI do biocompósito. Observa-se que, ao aumentar o número de ciclos de

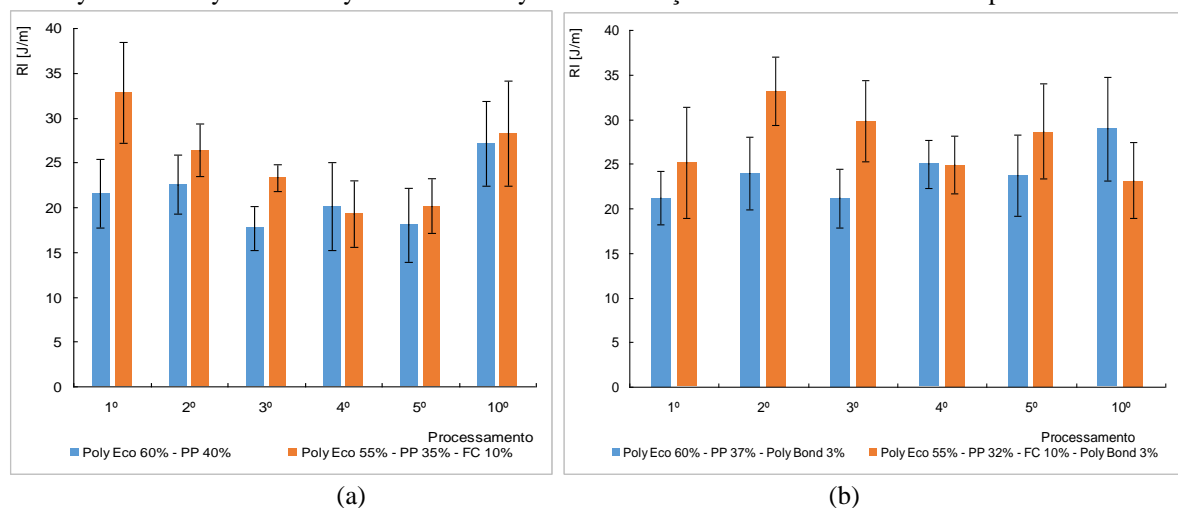
reprocessamento do material, os desvios padrões da RI diminuíram, evidenciando a coerência dos resultados e a maior homogeneidade da amostra.

Figura 1: Dureza Shore D dos biocompósitos: (a) PolyEco/PP e PolyEco/PP/FC e (b) PolyEco/PP/PolyBond e PolyEco/PP/FC/PolyBond em função do número de ciclos de reprocessamento.



Fonte – Autores.

Figura 2: Resistência ao Impacto (RI) dos biocompósitos: (a) PolyEco/PP e PolyEco/PP/FC e (b) PolyEco/PP/PolyBond e PolyEco/PP/FC/PolyBond em função do número de ciclos de reprocessamento.

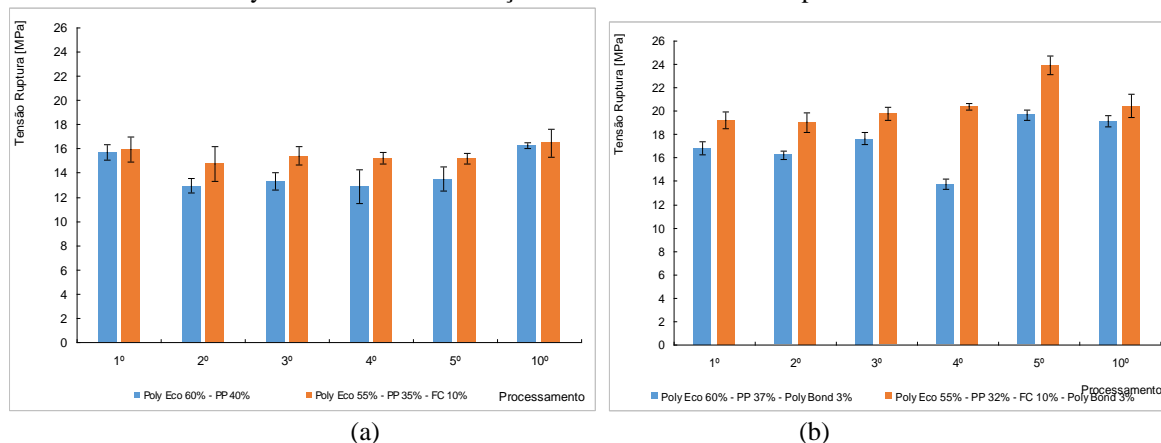


Fonte – Autores.

Avaliação da Propriedade de Resistência à Tração na Ruptura

A tensão de ruptura da matriz PolyEco/PP e do biocompósito PolyEco/PP/FC com e sem Polybond, conforme o número de processamento Figura 3 (a e b). A tensão de ruptura é menor na matriz PolyEco/PP em relação ao biocompósito PolyEco/PP/FC em todos os ciclos de processamento. Com o aumento dos ciclos de processamento da matriz, observa-se que não houve alterações significativas na tensão de ruptura da matriz PolyEco/PP e do biocompósito PolyEco/PP/FC. Na Figura 3b, observa-se que a tensão de ruptura da matriz PolyEco/PP/PB é menor que a tensão de ruptura do biocompósito PolyEco/PP/PB/FC em todos os processamentos. Não houve mudanças significativas na tensão de ruptura em relação ao aumento dos ciclos de processamento tanto da matriz PolyEco/PP/PB como do biocompósito PolyEco/PP/FC/PB. O biocompósito PolyEco/PP/PB/FC possui a maior tensão de ruptura entre eles. Neste caso, a adição da fibra de curauá, na presença do agente de acoplamento, proporcionou um aumento significativo nesta propriedade. No quinto ciclo de processamento, registrou-se um aumento levemente superior a 40% na tensão de ruptura para biocompósitos PolyEco/PP/PB/FC em comparação com biocompósitos PolyEco/PP/FC.

Figura 3: Tensão de Ruptura dos biocompósitos: (a) PolyEco/PP e PolyEco/PP/FC e (b) PolyEco/PP/PB e PolyEco/PP/PB/FC em função do número de ciclos de processamento.

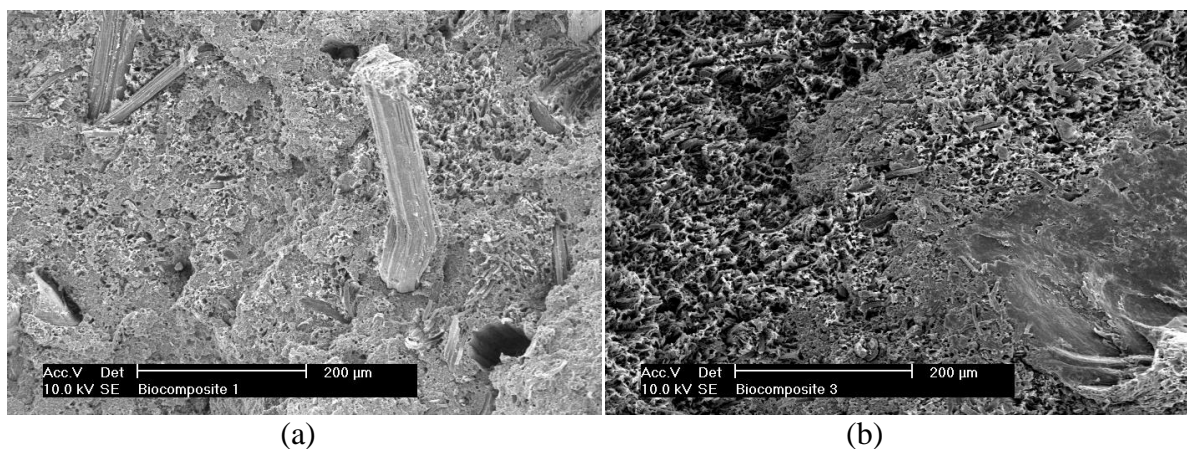


Fonte – Autores.

Análise Morfológica do Biocompósito

Observa-se, pela Figura 4, que, no primeiro ciclo de processamento, as fibras ainda encontram-se na forma de feixes os quais vão se rompendo e praticamente não podem ser mais visualizados no décimo ciclo de processamento.

Figura 4: Fotomicrografias de MEV para os biocompósitos: (a) PolyEco/PP/FC do primeiro ciclo de processamento e (b) PolyEco/PP/PB/FC do décimo ciclo de processamento.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Biocompósitos com matriz à base de amido de milho com fibras de curauá e agente de acoplamento demonstraram potencial de reciclagem, tendo em vista que os mesmos apresentaram valores consideráveis de resistência de ruptura à tração até o décimo ciclo de processamento. Da mesma forma, a dureza e a resistência ao impacto destes biocompósitos apresentaram os maiores valores, comparando com a matriz pura e com tendência à diminuição destes valores até o décimo ciclo de processamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapergs e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN STANDARD FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **D256-97**: Standard test methods for determining the Izod pendulum impact resistance of plastics. West Conshohocken, 1997.
- _____. **D638-03**: Standard test methods for tensile properties of plastics. West Conshohocken, 2003.
- _____. **D883-99**: Standard terminology relating to plastics. West Conshohocken, 1999.
- _____. **D2240-10**: Standard Test Method for Rubber Property – Durometer Hardness. West Conshohocken, 2010.
- ARAÚJO, C. R.; PERLAZA, L. C.; MOTHE, C. G. Thermal Properties of Commercial and Castor Oil Polyurethane Composites with Curaua Fiber. **The Scientific Electronic Library Online – SciELO**, São Carlos, Polímeros v. 14, n. 4, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282004000400014&script=sci_arttext>. Acesso em: 28 jul. 2015.
- BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J. Composite Reinforced with Celulose Based Fibers. **Prog. Polym. Sci. Elsevier**, Kassel, v. 24, p. 221–274, 1999. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/223742509_Composites_reinforced_with_cellulose_based_fibres_Prog_Polym_Sci>. Acesso em: 27 jul. 2015.
- LENZ, D. M.; VERNEY, J. C. K.; LIMA, M. F. S. Properties of SBS and Sisal Fiber Composites: Ecological Material for Shoe Manufacturing. **The Scientific Electronic Library Online – SciELO**, São Carlos, Materials Research, v. 11, n. 4, p. 447-451, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282004000400014&script=sci_arttext>. Acesso em: 27 jul. 2015.
- LENZ, D. M.; HARNNECKER, F.; ROSA, D. S. Biodegradable Polyester-based Blend Reinforced with Curauá Fiber: Thermal, Mechanical and Biodegradation Behaviour. **Springer – J. Polym Environ**, v. 20, ed. 1, p. 237-244, mar. 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10924-011-0382-5#page-1>>. Acesso em: 28 jul. 2015.
- LOPEZ, J. P.; GIRONES, J.; MENDEZ, J. A.; PUIG, J.; PELACH, M. A. Recycling Ability of Biodegradable Matrices and Their Cellulose-Reinforced Composites in a Plastic Recycling Stream. **Springer – J. Polym Environ**, v. 20, ed. 1, p.96-103, mar. 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10924-011-0333-1>>. Acesso em: 25 jul. 2015.
- MATTOSO, L.H.C.; FERREIRA, F.C.; CURVELO, A. A S. Sisal fiber: morphology and applications in polymer composites, **In: Proceedings of International Symposium on Lignocellulosics-Plastics Composites**, 1, São Paulo, mar. 1996.
- SILVA, R. V. e AQUINO, E. M. F., Curaua fiber. A new alternative to polymeric composites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**. 27, 11, 103-112, 2008.
- SPINACE, M. A. S.; MANO, B. I. S.; CAPELA, E. T.; FERMOSELLI, K. K.; DE PAOLI, M.-A. Termoplásticos reforçados com fibra de Curauá processados por extrusão e moldados por injeção. **The Scientific Electronic Library Online – SciELO**, São Carlos, Polímeros, v. 21, n3, p. 168-174, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/po/v21n3/aop_0700.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2015.
- SYKACEK, E.; HRABALOVA, M.; FRECH, H.; MUNDIGLER, N. Extrusion of five biopolymers reinforced with increasing wood flour concentration on a production machine, injection moulding and mechanical performance. **Composites: Part A** 40, 1272-1282, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X09001717>>. Acesso em: 25 jul. 2015.