



RESISTÊNCIA AO IMPACTO CHARPY DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADA COM FIBRAS DE JUTA¹

Isabela Leão Amaral da Silva²

Alice Barreto Bevitori²

Felipe Perissé Duarte Lopes³

Kestur Gundappa Satyanarayana⁴

Sérgio Neves Monteiro⁵

Resumo

No presente trabalho investigou-se a resistência ao impacto de corpos de prova do tipo Charpy de compósitos com matriz poliéster reforçados com diferentes frações em peso de fibras contínuas e alinhadas de juta. Até 30% em peso verificou-se que, à medida que se incorpora fibras de juta na matriz de poliéster, há um aumento significativo na energia absorvida pelo compósito, medida no impacto Charpy. Este resultado indica maior tenacidade acarretada pela fibra de juta, aos compósitos com matriz de poliéster investigados. As análises, tanto macroscópica quanto microscopia eletrônica de varredura da fratura, revelaram que o principal mecanismo para o aumento da tenacidade é a ruptura interfacial entre a fibra de juta e a matriz de poliéster.

Palavras-chave: Fibra de juta; Compósitos de poliéster; Ensaio de Charpy; Análise de fratura.

CHARPY IMPACT STRENGTH OF POLYESTER MATRIX COMPOSITES REINFORCED WITH JUTE FIBERS

Abstract

In the present work the impact strength of Charpy specimens was investigated for polyester matrix composites reinforced with continuous and aligned jute fibers. The absorbed energy was obtained for composite specimens with different fiber fractions up to 30wt %. It was found that, as the amount of jute fiber is increased in the polyester matrix, a significant increased occurred in the Charpy. This result indicates a higher toughness caused by the incorporation of jute fiber to the investigated polyester matrix composites. Both, the macroscopic observation and the scanning electron microscopic analysis of the fracture revealed that the major mechanism for the increase in toughness is the interfacial rupture between the jute fiber and the polyester matrix.

Keywords: Jute fibers; Polyester composites; Charpy test; Fracture analysis.

¹ Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.

² Doutoranda, Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT/UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil. isabelaleao@gmail.com

³ Doutoranda, LAMAV-CCT/UENF.

⁴ PhD, Professor, Universidade Federal do Paraná.

⁵ PhD, Professor Titular, LAMAV – CCT/UENF.

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais a sociedade vem demandando materiais que apresentem custos baixos e que sejam benéficos ao meio ambiente. Conflitos relacionados com a utilização de formas não renováveis de energia, estão aumentando o interesse de se introduzir no mercado materiais naturais em substituição aos sintéticos, que apresentam um maior consumo de energia em sua fabricação e são comparativamente mais caros e poluentes.

Aplicações em engenharia de fibras naturais lignocelulósicas obtidas à base de vegetais e plantas estão sendo mais valorizadas como alternativa ambientalmente mais correta para substituir materiais não-recicláveis, que acarretam consumo elevado de energia, como as fibras de vidro em compósitos.⁽¹⁾ De fato, o mundo vem mostrando uma elevada tendência para substituir a fibra de vidro por fibras naturais em aplicações típicas de compósitos.^(2,3) A utilização de fibras naturais apresenta várias vantagens em relação à fibra de vidro, como por exemplo, o custo mais barato, e devido às fibras naturais serem mais leves e não abrasivas aos equipamentos de processamento. Entre outras, essa fibra sintética apresenta um risco para a saúde quando inalado e sua produção está associada a emissões de CO₂, principal causador do efeito estufa e responsável pelo aquecimento global. Nenhuma destas deficiências se aplica às fibras lignocelulósicas extraídas de plantas, que são renováveis, biodegradáveis e não favorecem, em média, a emissão de CO₂, por absorverem este gás durante todo o seu ciclo de vida.

A fibra natural lignocelulósica de juta vem sendo extensivamente investigada em várias pesquisas, como compósitos poliméricos, por ela reforçados.^(4,5) Além de não causarem problemas ao meio ambiente, os compósitos reforçados com este tipo de fibra residual, podem substituir produtos de madeira, trazendo várias vantagens, como evitar a devastação florestal. Além disto, estes compósitos poliméricos podem ainda ser utilizados em materiais de construção e peças de automóveis.^(6,7)

Entretanto, para que se tenha um compósito suficientemente rígido para competir com produtos convencionais, como as chapas de aglomerado de madeira, somente um percentual limitado da fibra de juta pode ser incorporado na matriz polimérica.⁽⁸⁻¹⁰⁾ Isto significa que o custo final do compósito acabaria dependendo mais do seu processamento e da resina polimérica utilizada como matriz.

Tendo em vista estas considerações, é válido investir em materiais reforçados com fibra de juta, pois podem apresentar boa tenacidade e resistência. Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar a resistência ao impacto de corpos-de-prova de matriz poliéster com diferentes quantidades de reforço de fibras contínuas e alinhadas de juta.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As fibras de juta investigadas no presente trabalho foram obtidas comercialmente fornecidas pela firma Brasileira Sisalsul. A Figura 1 ilustra uma típica planta de juta e as fibras extraídas do tronco.

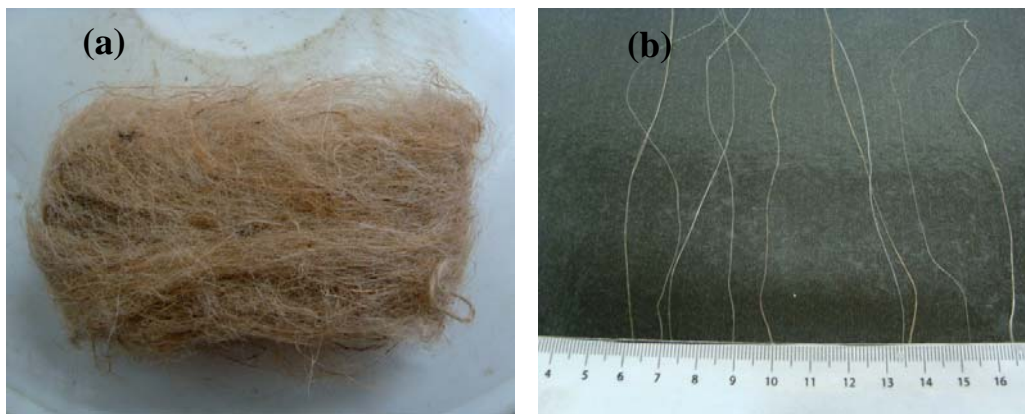


Figura 1. Um lote da fibra de juta como recebido (a) e fibras separados individualmente (b).

As fibras de juta como recebida foram limpas e secas antes do uso. Os compósitos de 0, 10%, 20% e 30% em peso de fibras de juta alinhadas e contínuas foram fabricados através da acomodação das fibras em molde retangular de 152 x 122 x 10 mm e embebidas com a matriz poliéster preenchendo o molde até a fração de peso desejada, obtendo-se placas que foram cortadas como corpos de prova. A resina líquida comercial de poliéster ortoftálica foi misturada com 0,5% peso do catalisador metil-etil-cetona. Placas de cada compósito foram então cortadas, segundo a direção de alinhamento das fibras em barras medindo 120 x 12 x 10 mm que serviram como base para confecção de corpos de prova de ensaio de impacto Charpy, de acordo com a norma ASTM E23,⁽¹¹⁾ conforme esquema na Figura 1 (b).

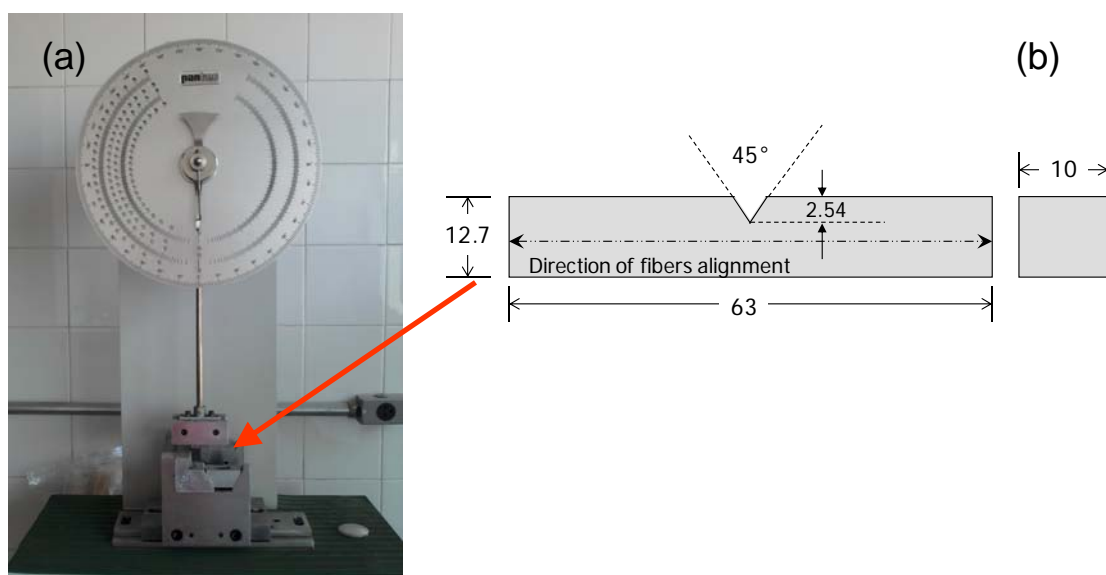


Figura 2. Equipamento de ensaio de Charpy (a) e esquema do corpo de prova de Charpy (b).

Para a confecção do entalhe com 2,54 mm de profundidade e ângulo de 45° exigidos pela norma (Figura 2 b), utilizou-se um entalhador manual da marca CEAAT modelo Notchvas. Os corpos de prova foram ensaiados em um pendulo instrumentado Pantec (Figura 2 a), em configuração Charpy.

A superfície de fratura dos corpos de prova foi caracterizada, após cobertura com ouro, por microscopia eletrônica de varredura, MEV, em microscópio Shimadzu, modelo SSX-550 operando em uma voltagem de 15 kV para o feixe de elétrons secundários.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados dos testes de impacto Charpy dos compósitos de matriz poliéster reforçados com diferentes frações em peso de fibras alinhadas e contínuas de juta.

Tabela 1. Energia de impacto Charpy para compósitos de poliéster reforçados com fibras de juta

Fração em peso de fibra de juta (%)	Energia de impacto Charpy (J/m ²)
0	24,17 ± 1,77
10	76,44 ± 25,46
20	107,22 ± 20,33
30	346,25 ± 160,25

Baseado nos resultados mostrados na Tabela 1, a variação da energia de impacto Charpy com a quantidade de fibra de juta no compósito de poliéster é mostrado na Figura 3.

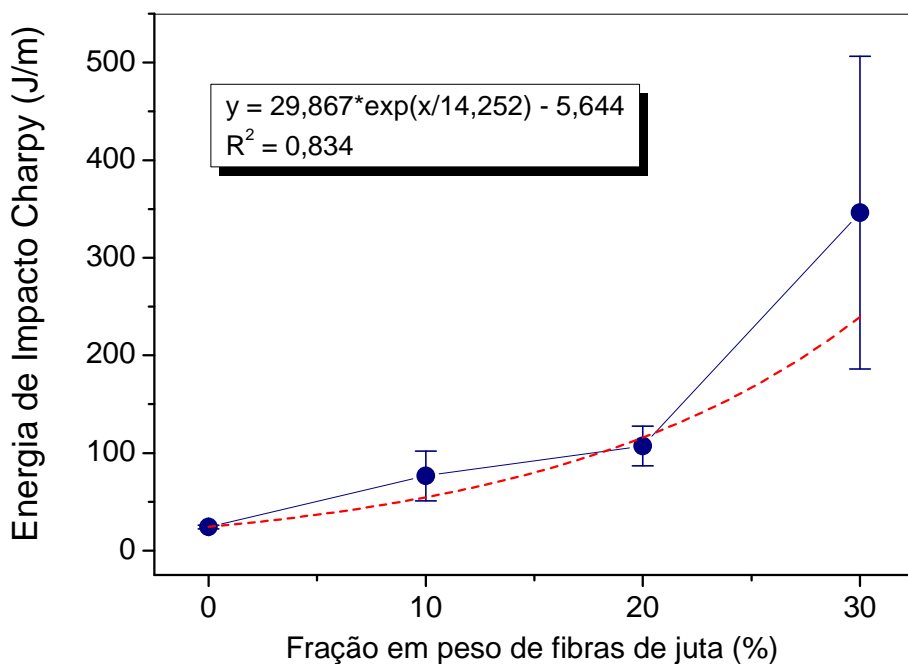


Figura 3. Energia de impacto Charpy em função das diferentes frações em peso de fibra de juta.

No gráfico nota-se que a incorporação da fibra de juta na matriz de poliéster melhora significativamente a resistência ao impacto do compósito. Dentro do desvio padrão, a melhoria pode ser considerada como uma função exponencial em relação à quantidade de fibra até 20%. O ajuste matemático desta função exponencial está também apresentado em equação na Figura 3, juntamente com seu tracejado vermelho. A dispersão de valores relativamente elevados, como observado no compósito de 30%, dado pelo desvio padrão associado com os pontos de maior porcentagem de fibras na Figura 3, é uma característica bem conhecida das fibras lignocelulósicas.^(2,3,10)

A Figura 4 apresenta o aspecto macroscópico dos corpos de prova, com diferentes frações em peso de juta, após terem sido rompidos por impacto Charpy.



Figura 4. Aspecto dos corpos de prova rompidos por impacto Charpy.

Observa-se que até 20% os corpos de prova foram totalmente separados após o impacto. As pontas de fibra de juta que se destacam para os compósitos de 20% e 30% evidenciam o papel de reforço destas fibras no impacto. Como nem todos os corpos de prova de 30% romperam após o impacto com o martelo Charpy de 11J, estes resultados não podem ser comparados com os resultados dos corpos de prova que são totalmente rompidos em duas partes após o impacto.

Verifica-se também na Figura 4 que em todas as amostras a ruptura ocorre no entalhe e que a incorporação das fibras alinhadas de juta resulta em uma mudança acentuada em relação ao poliéster puro, sendo que com 10% de fibras, a ruptura não é completamente transversal. Isso indica que as trincas iniciadas no entalhe se propagam transversalmente através da matriz de poliéster, e quando a trinca atinge uma fibra, a ruptura irá prosseguir através da interface.

A análise das micrografias da fratura de impacto Charpy permitiu ter uma melhor compreensão do mecanismo responsável pela dureza de compósitos de poliéster reforçado com fibras contínuas e alinhadas de juta. A Figura 5 mostra o aspecto da superfície de fratura de corpo de prova de poliéster puro (0% de fibra) e um corpo de prova com 20% de fibra.

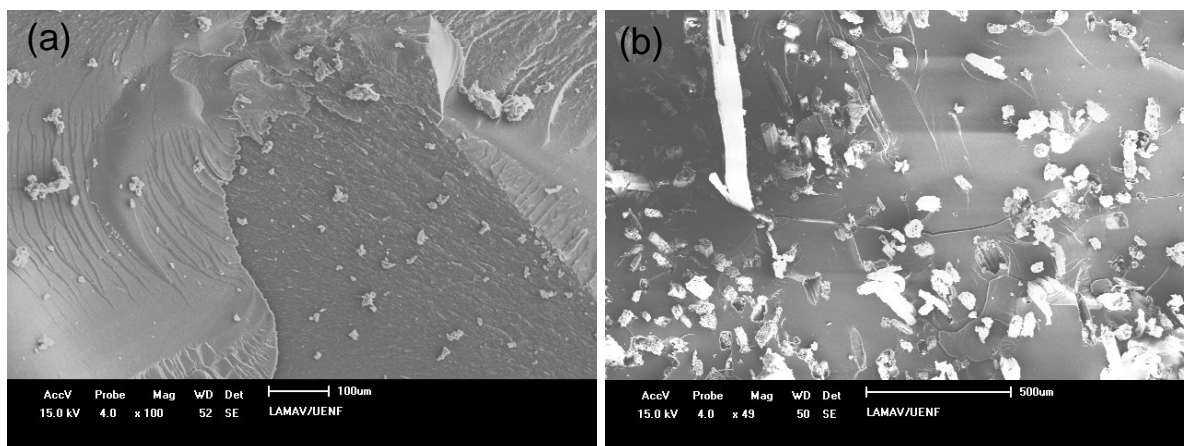


Figura 5. Superfície de fratura de impacto Charpy da amostra de poliéster puro (a) e compósito de poliéster reforçado com 20% de fibra de juta.

A superfície de fratura uniforme (Figura 5 a), indica que a ruptura é causada pela propagação de uma única rachadura, sendo observada a propagação da trinca típica, conhecida como “marcas de rio”, na superfície lisa e frágil. A Figura 5 (b) apresenta detalhes da superfície de fratura de um compósito de poliéster com 20% de fibra de juta. Observa-se que algumas fibras foram separadas da matriz e outras foram quebradas durante o impacto, e as trincas se propagam na interface fibra/matriz. As fibras contínuas e alinhadas de juta agem como reforço para o compósito, justificando o aumento da energia absorvida a medida que se aumenta a quantidade de fibras de juta.⁽¹²⁾

4 CONCLUSÕES

- Compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras contínuas e alinhadas de juta apresentam um elevado aumento na tenacidade, medida pela energia de impacto Charpy, em função da fração em peso de fibra.
- Este aumento na tenacidade é sobretudo, devido à relativamente baixa tensão interfacial cisalhante entre a matriz de poliéster e as fibras de juta, o que ocasiona maior energia associada ao descolamento da fibra, formando maior área na interface.
- Para frações de fibra de juta superiores a 20%, o aumento da tenacidade é também devido à grande energia utilizada na ruptura das fibras de juta que se descolam da matriz de poliéster durante o ensaio de Charpy.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte financeiro e técnico do CNPq, CAPES e FAPERJ.

REFERÊNCIAS

- 1 WAMBUA, P.; IVENS, I.; VERPOEST, I. Natural fibers: can they replace glass and fiber reinforced plastics? *Comp. Sci. Technol.* v. 63, p. 1259-1264, 2003.
- 2 MOHANTY, A.K., MISRA M., HINRICHSEN, G. Biofibers, biodegradable polymers and biocomposites: an overview. *Macromolecular Mat. and Engineering*, 276/277, p. 1-24, 2000.
- 3 MONTEIRO, S.N., LOPES, F.P.D., FERREIRA A.S., NASCIMENTO, D.C.O. Natural fiber polymer matrix composites: cheaper, tougher and environmentally friendly. *JOM*, 61(1), pp. 17-22, 2009.
- 4 KUMAR, A.P., SINGH, R.P., SARWADE, B.D. Degradability of Composites, Prepared from Ethylene-Propylene Copolymer and Jute Fiber under Accelerated Aging and Biotic Environments. *Mat. Chemistry and Physics*, v. 92, p. 458-469, 2005.
- 5 WAMBUA, P., VANGRIMDE, B., LOMOV, S., VERPOEST, I. The Response of Natural Fibre Composites to Ballistic Impact by Fragment Simulating Projectiles. *Composite Structures*, v. 77, p. 232-240, 2007.
- 6 HILL, S. Cars that grow on trees. *New Scientists*, 153(2067), p. 36-39, 1997.
- 7 MARSH, G. Next step for automotive materials. *Mater. Today*, v. 6, n. 4, p.36-43, 2003.
- 8 MOHANTY, A.K., KHAN, M.A., HINRICHSEN, G. Influence of Chemical Surface Modification on the Properties of Biodegradable Jute Fabrics-Polyester Amide Composites. *Composites: Part A*, v. 31, p. 143-150, 2000.
- 9 MOHANTY, S., VERMA, S.K., NAYAK, S.K. Dynamic Mechanical and Thermal Properties of MAPE Treated Jute/HDPE Composites. *Composites Science and Technology*, v. 66, p. 538-547, 2006.



- 10 CROCKER, J., Natural materials innovative natural composites. *Materials Technology*, 2-3, p. 174-178, 2008.
- 11 ASTM E23 - 07ae1 Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials. Disponível em: <http://www.astm.org/Standards/E23.htm>
- 12 YUE, C.Y.; LOOI, H.C; QUEK, M.Y. Assessment of Fibre-Matrix Adhesion and Interfacial Properties Using the Pullout Test. *Int. J. Adhesion and Adhesives*, v. 15, p. 73-80, 1995.