

# Avaliação de resistência de impacto Izod em compósitos da matriz de poliéster reforçada de tecido de fique e manta de curauá

Daniel P Montenegro<sup>(1)</sup>, Gabriel P Teodoro<sup>(1)</sup>, João P Q Caldas<sup>(1)</sup>, Pedro V F da Silva<sup>(1)</sup>, Roberto F F Moura<sup>(1)</sup>, Thiago E Y Pires<sup>(1)</sup>, Yugo Nihari<sup>(1)</sup>, Sergio N Monteiro<sup>(2)</sup>, Artur C Pereira<sup>(3)</sup>, Noan T Simonassi<sup>(3)\*</sup>

(1) Instituto Militar de Engenharia, Graduando em Engenharia – Praça General Tibúrcio, 80, 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

(2) Instituto Militar de Engenharia, Seção de Ensino de Engenharia de Materiais – Praça General Tibúrcio, 80, 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

(3) Instituto Militar de Engenharia, Doutorando em Ciência dos Materiais – Praça General Tibúrcio, 80, 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**RESUMO:** O mundo encontra-se diante da crescente conscientização ambiental, da escassez de recursos fósseis e da busca de emprego de materiais menos agressivos aos ecossistemas; em acordo com tendências e desenvolvimento tecnológico, novos materiais originados de fontes naturais tem sido alvo de pesquisa, em especial, as fibras naturais. Neste trabalho foi investigado o comportamento de resistência de compósitos de matriz de poliéster reforçados com 30% em volume de um tecido feito de fibra de fique e manta de curauá por meio de testes de impacto Izod. Verificou-se que a adição do tecido fique e da manta de curauá resultou num aumento acentuado na energia absorvida pelos compósitos. A observação macroscópica dos espécimes pós-impacto e a análise de fraturas de MEV revelaram que a ruptura transversal através da interface dos compósitos com a matriz de poliéster é o principal mecanismo para a notável tenacidade destes compósitos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósitos. Fibras de curauá. Fibras de fique. Impacto Izod.

**ABSTRACT:** The world faces a growing environmental acknowledgement, scarcity of fossil resources and search for materials that are less harmful to the ecosystems; alongside tendencies and technological development, new materials originated from natural sources are being researched, especially natural fibers. This work investigated the resistance behavior of polyester matrix composites reinforced with 30% by volume of a fabric constituted of fique fiber and curauá blanket by means of Izod impact tests. It has been found that the addition of fique fiber and the curauá blanket results in a marked increase in the energy absorbed by the composites. The macroscopic observation of the post-impact specimens and the analysis of SEM fractures revealed that the transverse rupture through the interface of the composites with the polyester matrix is the main mechanism for the remarkable tenacity of these composites.

**KEYWORDS:** Composites. Curauá fibers. Fique fibers. Izod impact.

## 1 INTRODUÇÃO

O curauá, de nome científico, *Ananas erectifolius*, é uma planta cujas fibras apresentam propriedades muito promissoras à confecção de materiais compósitos. As folhas das quase são retiradas estas fibras podem alcançar mais de 1 m de comprimento e quatro centímetros de largura [1].

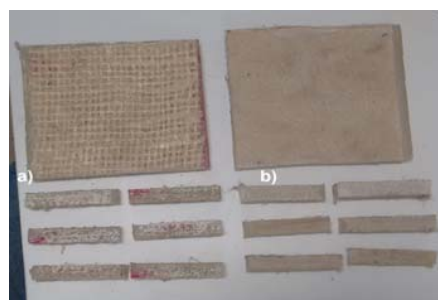
O Fique da Colômbia, *Frucraea macrophylla*, é uma planta pequena com um tronco que atinge no máximo 30 cm de altura e folhas entre 1,5 m a 2 m de altura e 7,5 cm a 15 cm de largura. Suas bordas têm espinhos curvos, vermelhos e duros [2,3].

Os compósitos, por sua vez, são materiais constituídos a partir da dispersão de um material de reforço ou carga em uma matriz. A madeira é um exemplo natural de compósito, a qual contém a celulose como reforço e a lignina como matriz [4].

O presente trabalho tem como proposta uma investigação por meio de testes de impacto Izod das propriedades de diferentes compósitos de matrizes poliéster reforçadas com 30% em peso de fibras de curauá e 30% em massa de fibras de fique sem qualquer tratamento e sem aditivos de aumento do acoplamento conferindo-lhes valor competitivo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os compostos foram preparados com frações de volume distintas de 30% tecido de fique e manta de curauá, incorporados numa resina de poliéster comercial não saturada, já misturada com 0,5% em peso de metil-etil-cetona. Placas destes compósitos (Fig. 1) foram moldadas por pressão e deixadas curando à temperatura ambiente durante 24 horas. As amostras com entalhe padrão e com dimensões de 63 x 12,7 x 10 mm para teste de impacto Izod, de acordo com a norma ASTM D256, foram cortadas da placa ao longo da mesma direção.



**Fig. 1 - Placas e corpo de prova Izod de poliéster com tecido de fique a) Placas e corpo de prova Izod de poliéster com manta de curauá b).**

Os espécimes foram testados com impacto com um pêndulo Pantec Modelo 25J. A energia de impacto foi obtida com um martelo de 22 J para os compósitos de tecido fique de 30%. A superfície de fratura de impacto dos espécimes foi analisada por microscopia eletrônica de varredura, MEV, em um microscópio modelo JSM460 LV Jeol. Observaram-se amostras de MEV com pulverização de elétrons com imagens de elétrons secundários a uma tensão de aceleração de 15 kV.

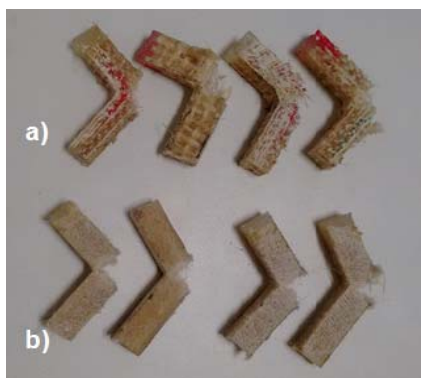
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresentam os resultados dos testes de impacto Izod da matriz de poliéster sem reforço e de compósitos de matriz de poliéster reforçados com 30% volume de tecido fique e manta de curauá.

**Tabela 1: Energia de impacto Izod para compósitos de poliéster reforçados com tecido fique e manta de curauá.**

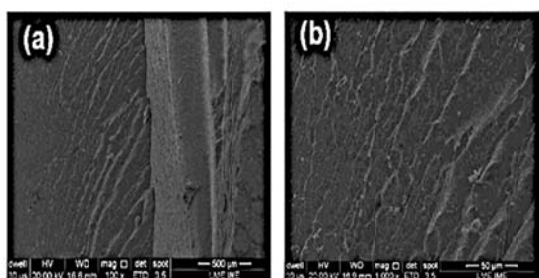
Fração 30% de volume de fibra de fique e de curauá	Energia Impacto Izod (J/m)
Poliéster sem reforço (0%)	23,8 ± 1,2
Tecido de fique	253,94 ± 88,10
Manta de curauá	241,74 ± 36,46

Na tabela 1, deve-se notar que tanto a incorporação de tecido fique quanto de manta de curauá na matriz de poliéster melhoram significativamente a resistência ao impacto do compósito. A dispersão relativamente elevada de valores, dada pelo desvio padrão associado aos maiores pontos percentuais de fibra é uma característica heterogênea bem conhecida das fibras lignocelulósicas [5]. Os valores mostrados nesta tabela são consistentes com os resultados relatados na literatura. O aspecto macroscópico da superfície de fratura dos corpos de prova rompidos são mostrados na Fig. 2. Foi observado que a incorporação de tecido fique e da manta de curauá resultou numa alteração do tipo de fratura observado em relação ao poliéster puro, em que ocorre uma ruptura totalmente transversal.



**Fig. 2 - Ruptura por testes de impacto Izod de tecido de fique a) e manta de curauá b).**

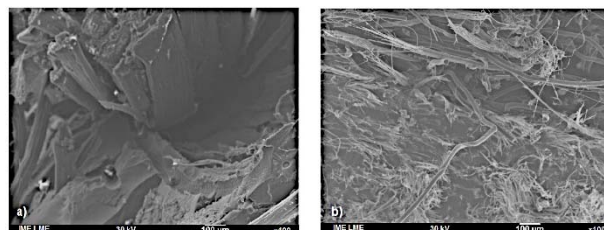
A análise de MEV da fratura de impacto Izod permitiu uma melhor compreensão do mecanismo responsável pela maior tenacidade dos compósitos de poliéster reforçados com tecido fique e manta de curauá. A Fig. 3 mostra o aspecto da superfície da fratura de uma amostra de poliéster puro. Com uma ampliação mais baixa, a camada mais clara no lado esquerdo da imagem, Fig. 3a, corresponde ao entalhe da amostra, revelando as marcas paralelas de usinagem. A camada mais lisa e cinzenta do lado direito corresponde à superfície de fratura transversal. A fratura na Fig. 3a sugere que uma única rachadura foi responsável pela ruptura com a rugosidade. Na Fig. 3b, pode ser observado que a trinca se propaga de maneira linear na matriz pura iniciada no entalhe.



**Fig. 3 - Superfície de fratura de impacto Izod de amostra de poliéster puro: (a) visão geral; (B) detalhe da fratura transversal do poliéster.**

A Fig. 4 apresenta detalhes da superfície de fratura de impacto de um espécime composto de poliéster com 30% de tecido fique e manta de curauá. Esta imagem mostra uma adesão pouco eficaz entre as fibras e a matriz de poliéster, onde as fissuras se propagam preferencialmente. Algumas das fibras foram retiradas da matriz e outras foram quebradas durante o impacto o que evidencia uma baixa energia de interface entre as fases. Em

contraste, a parte da amostra em que a ruptura ocorreu preferencialmente na longitude através da interface fibra/matriz revela que a maior parte da área de fratura está associada à superfície da fibra. Esse comportamento corrobora com o mecanismo de ruptura de fissuras que se propagam preferencialmente entre a superfície das fibras e da matriz de poliéster devido à baixa resistência interfacial [6]. Com isso, as fibras alinhadas que encontram-se no tecido de fique proporcionam melhores resultados em relação à forma dispersa que as fibras da manta de curauá.



**Fig. 4 - Superfície de fratura de impacto de Izod de um composto de poliéster reforçado com 30% volume de tecido fique a) e 30% volume de manta de curauá b).**

#### 4 CONCLUSÕES

Compostos com tecido fique e manta de curauá reforçando uma matriz de poliéster exibem um aumento significativo na tenacidade, medido pelo teste de impacto Izod, em função da quantidade da fibra.

A maior parte deste aumento na tenacidade é, aparentemente, devido ao estresse de cisalhamento interfacial da fibra/matriz de poliéster. Isso resulta em uma maior energia absorvida como consequência de uma propagação longitudinal das fissuras em toda a interface, o que gera maiores áreas de ruptura, em comparação com uma fratura transversal.

O tecido de fique obteve melhores resultados em relação a manta de curauá devido ao trançar de suas fibras serem propícias ao ganho de resistência, pois a manta de curauá possui fibras de caráter aleatório, não favorecendo o aumento de resistência.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. N. Monteiro, R. C. M. P. Aquino, F. P. D. Lopes, E. A. DE Carvalho, J. R. M. D'Almeida. Comportamento Mecânico e Características Estruturais de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras Contínuas e Alinhadas de Curauá. Revista Matéria, v. 11, n. 3, p. 197 – 203, 2006.
- [2] J. C. Medina, Plantas fibrosas da flora mundial, Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, p.787790, 1959.
- [3] J. León. Botânica de los cultivos tropicales, 3ra. Ed, San Jose: Agroamérica, p. 486487, 2000.
- [4] A. L. Leão, Produção de compósitos não estruturais a base de lignocelulósicos. 1997. p.147. Tese (Livre Docência) FCAUNESP, Botucatu.
- [5] P. Wambua, I. Ivens, I. Verpoest, Natural fibers: can they replace glass and fibre reinforced plastics?. Composites Science and Technology, v.63, (2003) 12591264.
- [6] C. Y. Yue, H. C. Looi, M. Y. Quek, Assessment of FibreMatrix Adhesion and Interfacial Properties Using the Pullout Test. Int. J. of Adhesion and Adhesives, 15 (1995), 7380.