

COMPORTAMENTO EM TRAÇÃO DE COMPÓSITOS COM MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIBRAS DE SISAL¹

Artur Camposo Pereira²
Sergio Neves Monteiro³
Frederico Muylaert Margem⁴

Resumo

Estudos recentes mostraram que fibras de sisal, com os vários diâmetros, podem atingir resistência à tração da ordem de 90 MPa. Em princípio, tais fibras poderiam ser utilizadas como reforço de materiais compósitos com superior desempenho. Assim, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o comportamento mecânico em tração de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de sisal. Corpos de prova foram confeccionados com até 30% em volume de fibras de sisal. Estas fibras foram posicionadas de forma contínua e alinhada juntamente com resina poliéster. Após cura à temperatura ambiente, os corpos de prova foram ensaiados em tração. A fratura de corpos de prova representativos foi analisada por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram um aumento significativo na resistência e na rigidez dos compósitos em função da quantidade de fibras de sisal introduzidas.

Palavras-chave: Fibra de sisal; Compósitos naturais; Ensaio de tração.

TENSILE BEHAVIOR OF POLYESTER MATRIX REINFORCED WITH SISAL FIBERS

Abstract

Recent researchs showed that sisal fibers, with various diameters, wich can attain resistance tensile strength of about 90 MPa. In principle, these fibers could be used as building materials composites with superior performance. So, the objective of this research was to evaluate the tensile mechanical behavior of polyester matrix composites reinforced with sisal fibers. Specimens were made with up to 30% in volume of sisal. These fibers were placed in continuous and aligned with polyester resin. After room temperature curing, the specimens were tested in tension. The specimens fracture was analyzed by scanning electron microscopy. Results showed a significant increase in strength and stiffness of composites based on the number of sisal fibers introduced.

Key words: Sisal fiber; Natural composites; Tensile tests.

¹ Contribuição técnica ao 68^o Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Graduando em Engenharia de Materiais. Iniciação tecnológica. Laboratório de Materiais Avançados (Lamav), UENF, Cmpos dos Goytacazes, RJ, Brasil; artur.camposo@hotmail.com.

³ Engenheiro de materiais. PhD, Professor Titular, IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Engenheiro de produção. Pós-Doutorando, Lamav, CCT, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as mudanças climáticas e questões relacionadas com o uso de formas não renováveis de energia, estão favorecendo o uso de materiais naturais sobre os materiais sintéticos que tem sua fabricação associada a uma maior energia de consumo. Um exemplo significativo é a tendência de hoje em substituir a fibra de vidro por fibras naturais em aplicações de compósitos.⁽¹⁻⁴⁾ As fibras naturais, especialmente aquelas extraídas de plantas lignocelulosicas, possuem diversas vantagens sobre as fibras de vidro e são uma motivação adicional para o aumento da utilização desses “compósitos verdes” em automóveis.⁽⁵⁻⁷⁾

A aplicação de compósitos reforçados com fibras naturais está aumentando rapidamente, com taxas de crescimento anuais superiores a 20%, na indústria automobilística.⁽⁷⁾ Tanto componentes internos e externos, fabricados neste compósito, já estão no mercado automobilístico. Um dos principais motivos é a vantagem técnica de uma maior resistência ao impacto. Isto é de grande importância no caso de uma colisão, no capacete de um ciclista e também para um descanso de cabeça do automóvel, que possuem relativamente mais resistência mecânica se fabricado com fibras naturais do que com fibras de vidro.

Dentre as fibras lignocelulosicas comercialmente disponíveis, a fibra de sisal possui um grande potencial para reforço de compósitos poliméricos. O sisal (*Agave Sisalana*), ilustrado na Figura 1, é uma planta de grande interesse econômico no Brasil, principalmente no nordeste brasileiro devido à sua grande adaptação ao clima semi-árido e resistente à seca. Além de ser facilmente obtida, outro ponto positivo do sisal é o seu baixo custo e por ser uma fonte renovável.⁽⁸⁻¹¹⁾

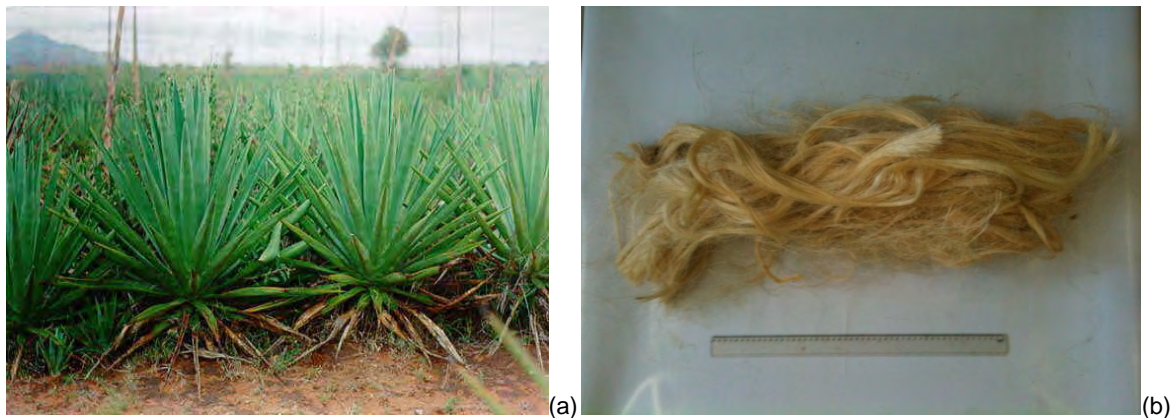


Figura 1. Típica planta de sisal (a) e suas fibras (b).

Sabendo-se que compósitos reforçados com fibras longas e alinhadas apresentam o melhor desempenho mecânico em comparação com outros tipos de reforços como partículas ou fibras curtas aleatoriamente orientadas,⁽¹²⁻¹⁵⁾ o objetivo do presente trabalho foi avaliar as propriedades de tração de compósitos de resina poliéster incorporadas com fibras contínuas e alinhadas de sisal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As fibras de sisal foram obtidas comercialmente pela empresa Sisalsul e do lote recebido, foram retiradas, aleatoriamente, 100 amostras de fibras para uma avaliação estatística do diâmetro e do comprimento como mostrado nos histogramas

da Figura 2. A partir destes histogramas obteve-se um comprimento médio de 733.8 mm e um diâmetro médio de 0.13 mm.

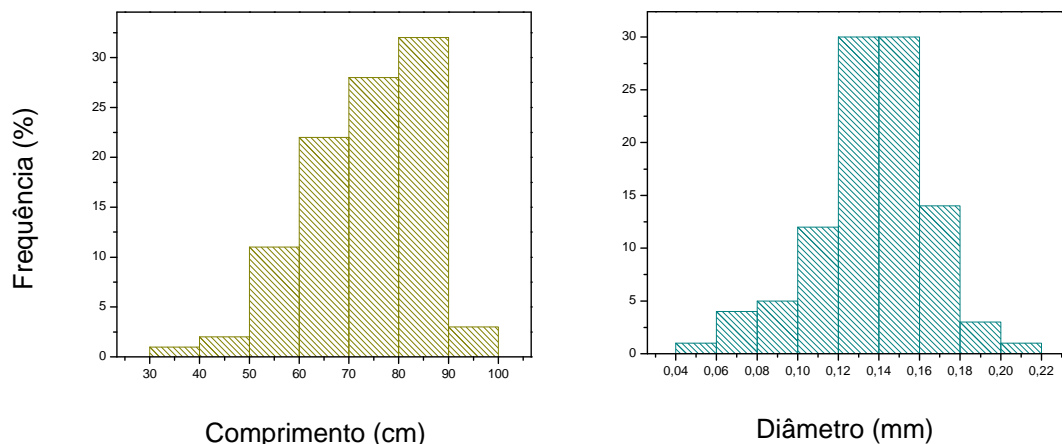


Figura 2. Distribuição estatística do comprimento e diâmetro das fibras de sisal.

Para a fabricação dos compósitos, as fibras de sisal foram inicialmente limpas e secas à 60°C por 24 horas. Os corpos de prova foram preparados individualmente com fibras contínuas e alinhadas em moldes retangulares de silicone com dimensões de 5.8 x 4.5 mm de área reduzida. As fibras, em quantidades de até 30% em volume, foram alinhadas ao longo dos 35 mm do comprimento do corpo de prova, correspondente ao eixo de tração. Ainda fluida, a resina poliéster foi vertida junto das fibra de sisal no molde e curada por 24 horas. Para cada composição de fibra foram feitos dez corpos de prova que foram testados à temperatura ambiente em uma maquina 5582 Instron com uma taxa de deformação de $3 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Amostras da superfície fraturada de alguns corpos de prova foram metalizadas com ouro, para análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV) utilizando imagens geradas por elétrons secundários a 10 kV em um microscópio modelo SSX 550 Shimadzu.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 exemplifica curvas típicas da Carga vs. Alongamento para diferentes compósitos de resina poliéster incorporadas com fibras de sisal. Essas curvas foram feitas diretamente de uma máquina EMIC e revelou que as fibras de sisal funcionaram como reforço e que os compósitos aumentaram a sua deformação plástica.

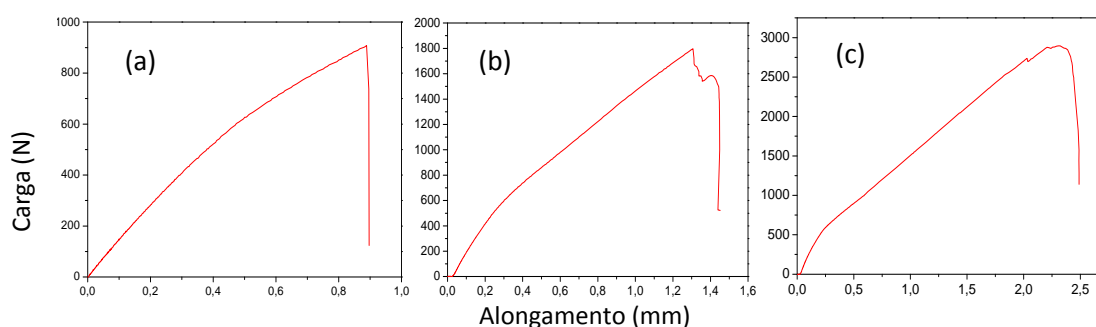


Figura 3. Curvas de Carga vs. Alongamento para compósitos de resina poliéster reforçados com (a) 0%, (b) 20% e (c) 30% de volume de fibras de sisal.

A Figura 4 ilustra o aspecto macroscópico da ruptura dos corpos de prova de tração correspondente à cada fração volumétrica de fibras de sisal. Um aumento não uniforme pode ser notado nos tipos de fratura dos compósitos com mais do que 20% de fibra.

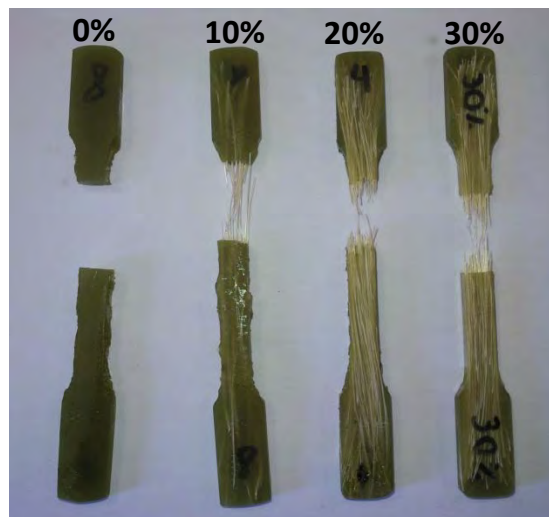


Figura 4. Corpos de prova ensaiados em tração para cada volume de fibra.

Dos resultados das curvas de tensão versus deformação, foram aferidos os valores da tensão máxima de ruptura, módulo de elasticidade e deformação total. Na Tabela 1 encontram-se os resultados citados anteriormente para cada fração volumétrica de sisal correspondente.

Tabela 1. Propriedades em tração do compósito de resina poliéster com fibras de sisal

Fração Volumétrica de Fibra (%)	Resistência à Tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Deformação Total (%)
0	28,89 ± 8,65	419,94 ± 155,97	0,069 ± 0,008
10	36,69 ± 4,64	587,22 ± 46,99	0,062 ± 0,009
20	40,40 ± 1,35	663,68 ± 76,27	0,061 ± 0,007
30	76,79 ± 15,95	1448,43 ± 418,59	0,055 ± 0,011

Os valores médios do módulo de elasticidade e da resistência à tração, listados na Tabela 1, para compósitos poliméricos estão plotados na Figura 5 em função da fração volumétrica de fibras de sisal. Nessas figuras é importante salientar que a introdução de fibras de sisal aumenta tanto a resistência quanto a rigidez dos compósitos de matriz poliéster. Na verdade, os valores de resistência em torno de 90 MPa foram obtidos para 30%, enquanto o módulo de elasticidade que diz a rigidez do compósito atingiu valores acima de 1.300 MPa. Isto indica que as fibras de sisal atuam como um efetivo reforço para compósitos poliméricos.

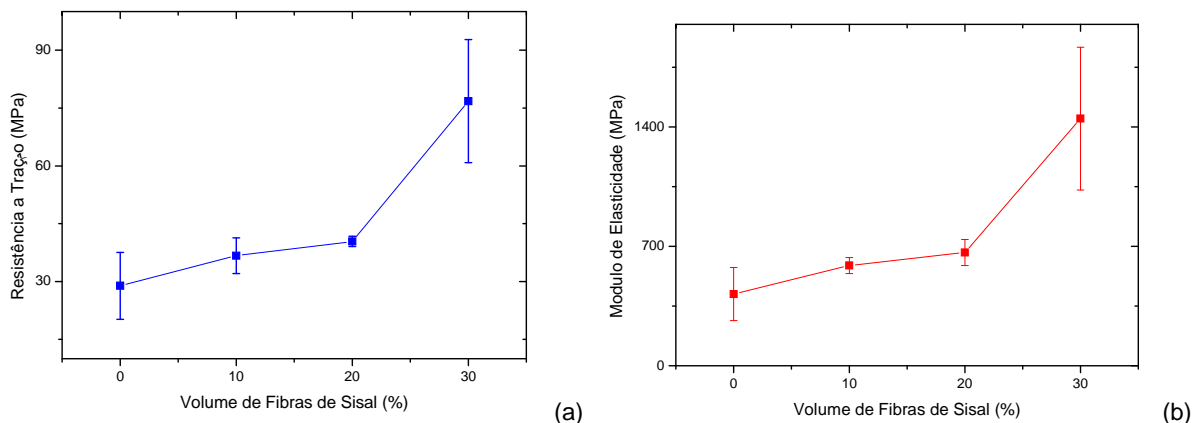


Figura 5. Variação da resistência à tração (a) e o módulo de elasticidade (b) com fibras de sisal reforçando compósitos poliméricos.

As características de fratura foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e também por observação macroscópica. A não uniformidade mencionada anteriormente na Figura 4 pode ser vista como separações ao longo da direção de tração. Isto indica que uma ruptura transversal inicial mudou para uma propagação longitudinal (tração orientada) através da fraca interface fibra-matriz. A razão para esse mecanismo de ruptura não uniforme pode ser associado com a excepcional força à tração das fibras de sisal que podem atingir valores na ordem de 90 MPa.

A Figura 6 mostra, com diferentes aumentos, uma fractografia típica de um compósito de resina poliéster incorporado com 30% de fibras de sisal. Com menor aumento (Figura 6a), as fibras estão sendo mostradas para fora da matriz. Na verdade, algumas fibras foram completamente separadas da matriz. Isto é uma evidência da propagação longitudinal da trinca entre a fibra e a matriz de poliéster. Também com maior aumento (Figura 6b), pode-se ver algumas fibras bem aderidas à matriz poliéster. Em contrapartida, espaços vazios correspondente a uma fibra que foi sacada da matriz também pode ser visto. Uma fenda associada a este espaço vazio sugere que a fibra, inicialmente naquela posição, agiu como uma barreira para o processo de ruptura.

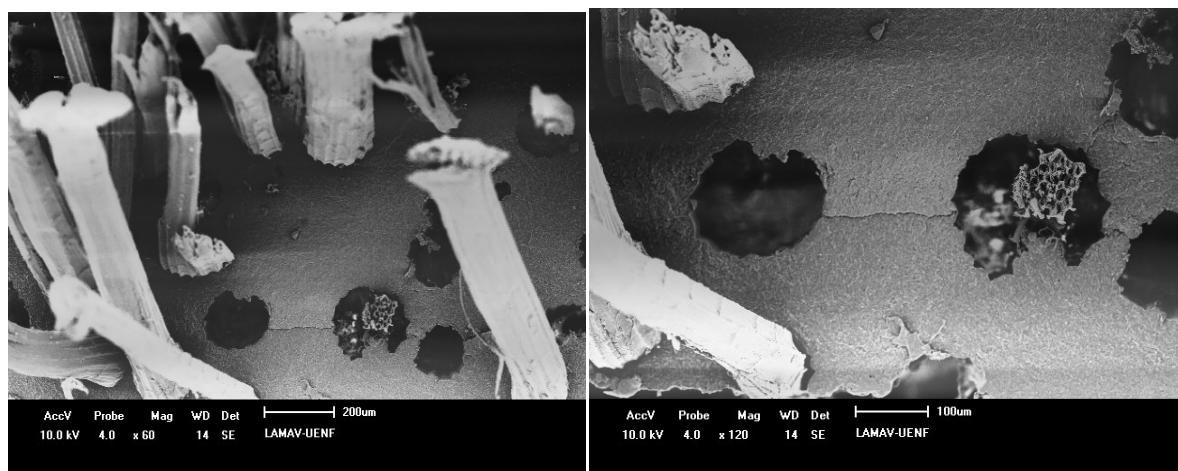


Figura 6. Compósitos com 30% em volume de Fibras de sisal, com diferentes aumentos: (a) 60x e (b) 120x.

4 CONCLUSÕES

- As fibras de sisal são fortes o suficiente para reforçar a matriz de poliéster de compósitos de tração. Na verdade, compósitos de poliéster reforçado fibras e alinhadas de sisal melhoraram significativamente sua resistência à tração e o módulo de elasticidade; e
- este reforço eficaz pode ser atribuído às fortes fibra de sisal com maiores porcentagens agindo como uma barreira à propagação de trincas na matriz frágil.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Faperj, CNPq, Capes e Fenorte/ Tecnorte.

REFERÊNCIAS

- 1 MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; HINRICHSEN, G. Biofibers, biodegradable polymers and biocomposites: an overview. *Macromolecular Mat. And Engineering*, v.276/277, p. 1-24, 2000.
- 2 WAMBUA, P.; IVENS, I.; VERPOEST, I. Natural fibers: can they replace glass and fibre reinforced plastics? *Composites Science and Technology*, v.63, p. 1259-1264, 2003.
- 3 CROCKER, J. Natural materials innovative natural composites. *Materials Technology*, v.2-3, p. 174-178, 2008.
- 4 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*, v.61, n.1, p. 17-22, 2009.
- 5 MARSH, G. Next step for automotive materials. *Mater. Today*, v.6, n. 4, p. 36-43, 2003.
- 6 HILL, S. Cars that grow on trees. *New Scientists*, v.153, n. 2067, p. 36-39, 1997.
- 7 ZAH, R.; HISCHIER, R.; LEÃO, A.L.; BROWN, I. Curaua fibers in automobile industry – A sustainability assessment. *J. Cleaner Production*, v.15, p. 1032-1040, 2007.
- 8 PAIVA, J.M.F.; FROLLINI, E. Unmodified and modified surface sisal fibers as reinforcement of phenolic and lignophenolic matrices composites: thermal analyses of fibers and composites. *Macromol Mater Eng.*, v. 291, p. 405–417, 2006.
- 9 JOSEPH, P.V.; JOSEPH, K.; THOMAS, S. Short sisal fiber reinforced polypropylene composites: the role of interface modification on ultimate properties. *Compos. Interf.*, v. 92, n. 2, p. 171-205, 2002.
- 10 FUNG, K.L.; LI, R.K.Y.; TJONG, S.C. Interface modification on the properties of sisal fiber-reinforced polypropylene composites. *J. Appl. Polym. Sci.*, v. 85, p. 169-176, 2002.
- 11 MISHRA, S.; MOHANTY, A.K.; DRZAL, L.T.; MISRA, M.; HINRICHSEN G. A review on pineapple leaf fibers, sisal fibers and their composites. *Macromol Mater Eng.*, v. 289, p. 955–974, 2004.
- 12 HULL, D.; CLYNE, T.W. *An Introduction to Composite Materials*. Cambridge: Cambridge Univers. Press, 1981.
- 13 AGARWAL, B.D.; BROUTMAN, L.J. *Analysis and Performance of Fiber Composites*. Nova York: John Wiley & Sons, 1990
- 14 ASHBEE, K.H.G. *Fundamental Principles of Fiber Reinforced Composites*. Lancaster: Technomic Pub.Co. Inc., 1993.
- 15 CHAWLA, K.K. *Composite Materials*. New York: Springer-Verlag, 1993.