

Resistência a tração e flexão de compósitos de matriz policarbonato reforçados com fibra natural de sisal.

Noan T Simonassi*, Ana Goulart¹, Douglas de M Félix, Gabriel C F Cunha, Hans W Glück, Igor L Reinaldo, Leonardo F Pessanha, Flávio J H T V Ramos
Instituto Militar de Engenharia, Doutorando em Ciências dos Materiais –
Praça General Tibúrcio, 80, 22290-27,
Praia Vermelha, Urca,
Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO: A utilização de compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras naturais vêm assumindo papel importante no âmbito da engenharia dos materiais. O baixo custo e a biodegradabilidade associados à redução da massa específica são fundamentais para tornar o uso vantajoso, apesar da higroscopia e da baixa aderência entre fases. O objetivo deste trabalho é avaliar a utilização da fibra de sisal como reforço do policarbonato para uso de cunho militar, especialmente em proteções balísticas. Na etapa de preparação do material, colocou-se o policarbonato em um moinho de facas, juntamente com a fibra de sisal, para a posterior confecção de corpos de prova de tração, impacto Izod e flexão. Também foi realizada análise Calorimétrica Diferencial de Varredura (DSC) com o objetivo de obter graficamente a temperatura de transição vítrea, cristalinidade e temperatura de fusão do material.

PALAVRAS-CHAVE: Policarbonato. Sisal. Compósitos. Fibras Naturais.

ABSTRACT: The use of polymer based composites reinforced with natural fibers has assumed an important role in the field of materials engineering. Low cost and biodegradability, combined with reduced specific mass, are key factors to making its use advantageous, despite some unwanted properties the fiber provides, such as hygroscopy and low adhesion between phases. The purpose of this work is to study the use of sisal fibers as reinforcement of polycarbonate for military use, especially in ballistic protection. To prepare the material, the polycarbonate was placed in a knife mill together with the sisal fibers. That was done in order to make proof bodies of traction, Izod impact and flexion. Subsequently, the DSC 404 F1 Pegasus was used to perform the analysis of the thermoplastics used, with the purpose of graphically obtaining the glass transition temperature, crystallinity and melting temperature of each.

KEYWORDS: Polycarbonate. Sisal. Composites. Natural Fibers.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da utilização de materiais ecologicamente corretos, em paralelo com a otimização de processos, tem o objetivo de diminuir os impactos ambientais do desenvolvimento de novas técnicas de produção [1]. Com essa finalidade, podem ser destacados os compósitos reforçados com fibras naturais.

As fibras naturais, utilizadas por séculos pela humanidade na confecção de artesanato e vestuários ou ainda em ferramentas manufaturadas de uso simples, como cordas e linhas de pesca, tem despertado a curiosidade de pesquisadores visando o uso destas como material de engenharia [2-7]. Como consequência, nas últimas décadas, houve um aumento no número de pesquisas no desenvolvimento de compósitos reforçados com fibras naturais em especial as do tipo lignocelulósicas extraídas de plantas em setores da engenharia como a indústria automobilística [8], em reforço de cimentos e, mais recentemente, em sistemas de blindagem balística [9].

Dentre as inúmeras fibras utilizadas como reforço de materiais poliméricos, temos curauá, sisal, bambu, bagaço de cana-de-açúcar, madeira, fibra de bananeira, dentre outras [10-11]. A fibra de sisal, que vem ganhando bastante atenção na comunidade científica, já que os compósitos reforçados com esta fibra apresentam grande resistência ao impacto, e médias resistências à tração e flexão quando comparados com outras fibras naturais [12] e é responsável pela metade da produção de fibras têxteis [13]. A Fig.1 mostra a planta de sisal e as fibras extraídas desta.



Fig.1 - Planta de sisal (a) e fibras extraídas de suas folhas (b).

O sisal é uma planta extremamente cultivada no nordeste brasileiro e de suas folhas são retiradas fibras com propriedades de interesse para utilização como reforço em materiais compósitos de matriz polimérica [6]. Tem como principal característica uma grande resistência mecânica que lhe dá, mesmo com uma espessura reduzida, capacidade de suportar tensões elevadas [9]. Essa propriedade, portanto, faz dela uma substituta natural de fibras sintéticas na produção de compósitos. Além disso, a fibra é oriunda de uma planta de fácil cultivo e processamento, o que a torna

uma matéria prima renovável e reciclável [6]. Por se tratar de um produto natural, minimiza impacto ambiental e econômico tanto na produção dos materiais quanto no descarte [9].

No caso dos materiais poliméricos termoplásticos que podem ser reforçados, existem estudos utilizando PE (polietileno), PP, PVC, PET reciclado [14], poliamida [15], dentre outros. Segundo Pickering et al [16], a fibra de sisal reforçando uma matriz leva a um grande aumento da rigidez e resistência específica, em contraste com a redução da temperatura de processamento, limitando as opções de matriz. Balzer et al [17] observaram que PVC reforçado com fibras naturais fica mais resistente ao impacto e Outro fator importante é o baixo custo do sisal, produto cultivado com facilidade na região do semiárido brasileiro, sendo que um aumento da necessidade dessa fibra numa melhora da economia da região [17].

O presente trabalho tem como objetivo é caracterizar os materiais compósitos de matriz policarbonato reforçados com fibra de sisal a fim de se investigar a possível utilização destes materiais como reforço balístico. Para tal, foram conduzidos ensaios de tração e flexão e foram analisadas as influências da temperatura de fundição do compósito na resistência mecânica deste.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se fibras de sisal fornecidas pela Pematec Triangel, enquanto que o polímero foi obtido por doação do Instituto de Macromoléculas (IMA) da UFRJ. As fibras foram picadas manualmente e misturadas na proporção de 20% em fração volumétrica de fibra em relação ao policarbonato virgem. Posteriormente, pôs-se a mistura em um moinho de facas afim de triturar e homogeneizar a mistura. A Fig. 2 mostra o processo inicial de corte das fibras e o polímero sendo picado.



Fig. 2 - Fibras sendo cortadas (a) e policarbonato sendo picado (b).

Confecionou-se corpos de prova para teste de tração e flexão, tanto utilizando-se o policarbonato puro como a mistura. Ambos foram postas numa prensa a 250°C a fim de tornar o policarbonato fluido. Durante a fundição do policarbonato e o resfriamento deste, eles foram mantidos a

uma pressão constante de 3 toneladas. A Fig. 3 mostra o material sendo colocado dentro do molde de tração e a prensa utilizada.



Fig. 3 - Policarbonato sendo depositado no molde (a) e, em seguida colocado na prensa (b).

Os corpos de prova foram submetidos aos ensaios em uma máquina EMIC dl 10000 no Laboratório de Ensaios não Destrutivos, Corrosão e Soldagem (LNDC) da COPPE/UFRJ, a uma taxa de 2 mm/min de deformação tanto para o caso da tração quanto da flexão de 3. Os corpos de prova de tração foram confeccionado segundo a norma ASTM D638 e as amostras de flexão segundo a norma ASTM D790. As superfícies de fratura foram analisadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com o auxílio do microscópio JEOL modelo 5800 LV pertencente ao Instituto Militar de Engenharia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores de resistência a tração e flexão dos corpos de prova de policarbonato puro e do compósito reforçado com 20% de fibra de sisal.

| Fração volumétrica de fibra (%) | Resistência à Tração (MPa) | Resistência à Flexão (MPa) |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0 | 52,8 ± 5,1 | 41,1 ± 3,3 |
| 20 | 19,6 ± 5,2 | 13,4 ± 3,4 |

Como pode ser observado na Tab. 1, os corpos de prova reforçados com fibras picadas de sisal apresentam desempenho inferior ao policarbonato puro. O policarbonato puro se apresenta como um material tenaz apresentando uma fratura dúctil com deformação plástica seguida da fratura do material no caso dos ensaios de tração.

Os corpos de prova de flexão não se rompem no ponto máximo de resistência a flexão, e apresentam uma estrição no ponto de fratura. Entretanto, para o caso dos compósitos, as amostras apresentam uma fratura frágil e uniforme, não sofrendo nenhum tipo de deformação plástica detectável em ambos os ensaios. A Fig. 4 mostra as superfícies de fratura obtidas por MEV dos corpos de prova de tração e flexão do material compósito em relação ao policarbonato puro obtido de uma amostra rompida em tração.

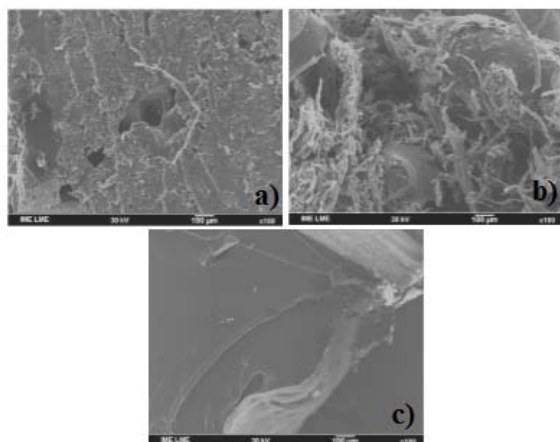


Fig. 4 - Micrografia da superfícies de fraturas de corpos de prova de tração do compósito (a), de flexão do compósito (b) e de tração do policarbonato puro (c).

Na Fig. 4, é mostrado que, tanto em tração, quanto flexão, o material compósito apresenta bolhas distribuídas ao longo da matriz enquanto que o

policarbonato puro se apresenta como um material coeso que se deforma por igual. A presença de bolhas no compósito está associada à volatilização de gases de degradação da fibra natural que ocorre durante o aquecimento do material. Devido a ineficiência da retirada desses gases pelo método de confecção estes ficam retidos na matriz e, por correrem em grande quantidade, promovem a fragilização do material levando ao tipo de fratura macroscópica apresentada pelas amostras.

4. CONCLUSÕES

A fibra de sisal não apresenta desempenho satisfatório quando utilizada picada em matriz policarbonato.

O processo de preparação do compósito de matriz termoplástica promove a degradação parcial da fibra de sisal promovendo o acúmulo de gases e a consequente fragilização do material.

Referências

- [1] C. G. Mothé; C. R. de Araujo. Caracterização térmica e mecânica de compósitos de poliuretano com fibras de Curauá. *Polímeros* vol.14 no.4 São Carlos 2004.
- [2] R. L. Orpefice, W. L. Vasconcelos, M. A. S. Moraes. Estabilidade de fases em blendas de policarbonato-poliestireno avaliada por micro-FTIR, análise térmica e microscopia eletrônica de varredura. *Polímeros* vol.14 no. 2 São Carlos, 2004.
- [3] P. V. Joseph, M. S. Rabello, et al. Environmental Effects on the Degradation Behavior of Sisal Fibre Reinforced Polypropylene Composites. *Composites Science and Technology*, v. 68, pp. 1357-1372, 2002.
- [4] A. K. Bledzki, J. Gassan. Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in Polymer Science*, v. 24, pp. 221-274, 1999.
- [5] J. Giovanella, R. Janczkowski, G. C. Soares, et al. Reciclagem de materiais: estudo das propriedades mecânicas de policarbonato reciclado de discos compactos. *Matéria* (Rio J.) v.13 n.4 Rio de Janeiro 2008.
- [6] R. Zah, R. Hischer, A. L. Leão, I. Braun. Curaua fibers in automobile industry – a sustainability assessment. *J. Clean. Prod.* 15, 1032 (2007).
- [7] J. Holbery. Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications D. *JOM* (2006).
- [8] F. S Da Luz, J. R. Lima, L. H. L. Louro, S. N. Monteiro. Ballistic Test of Multilayered Armor with Intermediate Epoxy Composite Reinforced with Jute Fabric. *Mat. Res.* vol.18 (2015)
- [7] L. H. De Carvalho, W. S. Cavalcanti. Propriedades mecânicas de tração de compósitos poliéster/tecidos híbridos sisal/vidro. *Polímeros* vol.16 no.1 São Carlos Jan./Mar. 2006
- [9] K. G. Satyanarayana, J. L. Guimarães, F. Wypych. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I : Source, production, morphology, properties and applications. *Composites: Part A: applied science and manufacturing*, v. 38, pp.1694–1709, 2007.
- [10] J. Holbery, D. Houston. Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications. *Journal of the minerals, metals and materials society*, v.58, pp.80-86, 2006
- [11] K. Joseph, E. S. Medeiros, L. H. Carvalho. Compósitos de Matriz Poliéster Reforçados por Fibras Curtas de Sisal. *Polímeros* vol.9 no.4 São Carlos. 1999.
- [12] S. N. Monteiro, et al. Comportamento mecânico e características estruturais de compósitos poliméricos reforçados com fibras contínuas e alinhadas de curauá. *Matéria*. Rio de Janeiro. [Online]. 2006, vol.11, n.3, pp.197-203.
- [13] D. Becker, A. C. Kleinschmidt, P. S. Balzer. Compósitos de PVC rígido e fibras de bananeira: Efeito do tratamento da fibra. *Revista Matéria*, v.19, n.03, pp.257-265, 2014.
- [14] P. A. Santos, M. A. S. Spinacé, K. K. G. Feroselli, M. De Paoli. Efeito da Forma de Processamento e do Tratamento da Fibra de Curauá nas Propriedades de Compósitos com Poliamida-6. *Polímeros* vol.19 no.1 São Carlos. 2009.
- [15] K.L. Pickering, M.G. Aruan, Efendy, T.M. Le. A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Volume 83*, 2016, p. 98–112.
- [16] P. S. Balzer, L. L. Vicente, D. Becker, et al. Estudos das propriedades Mecânicas de um composto de PVC modificado com Fibras de Bananeira. *Polímeros: Ciência de Tecnologia*, v. 17, pp. 1-4, 2007.
- [17] P. R. L. Lima, R. D. Toledo Filho, K. J. Nagahama, E. M. Fairbairn. Caracterização mecânica de laminados cimentícios esbeltos reforçados com fibras de sisal. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* vol.11 no.6 Campina Grande Nov./Dec. 2007;