

ABSORÇÃO DE ÁGUA EM COMPÓSITOS MACAMBIRA/POLIÉSTER INSATURADO: UM ESTUDO EXPERIMENTAL

Valério Carlos de Almeida Cruz, e-mail: valerio.bv@hotmail.com¹

Múcio Marcos Silva Nóbrega, e-mail: mucio@ufpa.br²

Wilma Sales Cavalcanti, e-mail: wilmacavalcanti@hotmail.com¹

Laura Hecker de Carvalho, e-mail: laura@dema.ufcg.edu.br³

Antonio Gilson Barbosa de Lima, e-mail: gilson@dem.ufcg.edu.br¹

¹Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó. Caixa Postal: 10069, CEP: 58429-900, Campina Grande, PB, Brasil

²Universidade Federal do Pará, Campus de Marabá, Marabá, PA, Brazil

³Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó. Caixa Postal: 10034, CEP: 58429-900, Campina Grande, PB, Brasil

Resumo: *O desenvolvimento de materiais ecologicamente corretos tem sido uma necessidade para minimizar os problemas ambientais no mundo. O uso de matérias-primas de fontes renováveis, fibras vegetais por exemplo, vem sendo objeto de diversos estudos e pesquisas. Uma das principais desvantagens no emprego das fibras vegetais em compósitos poliméricos é a sua natureza hidrofílica que proporciona baixa molhabilidade e adsorção da matriz polimérica em sua superfície, resultando em fraca adesão interfacial polímero-fibra no compósito final. Devido a sua importância, o objetivo deste trabalho é de apresentar um estudo experimental da absorção de água em compósitos poliéster insaturado reforçado com fibra macambira. As amostras estudadas tem composições 30% macambira/70% poliéster insaturado com dimensões de 20x20x3 mm³ e 20x20x6 mm³. Os testes de absorção de água foram realizados por imersão das amostras em um banho de água destilada a 25, 50 e 70 °C, e a água absorvida medida por gravimetria em tempos pré-determinados. Resultados do teor de umidade dos compósitos e uma relação área/volume são mostrados e analisados.*

Palavras-chave: *compósitos, macambira, absorção de água, experimental.*

1. INTRODUÇÃO

A utilização das fibras vegetais como substitutas de diversos reforços sintéticos ou de cargas minerais em compósitos poliméricos tem apresentado um grande potencial de aplicação tecnológica. A busca por novos materiais tem levado os cientistas a desenvolverem compósitos utilizando fibras naturais como cargas reforçantes (Ishizaki et al., 2006; d'Almeida et al., 2006).

Um dos fatores que motivam os estudos visando à aplicação destas fibras é a importância sócio-econômica, ligada à cultura de fibras vegetais no Brasil. Dentro desta visão ecológica a utilização de fibras vegetais como reforço em polímeros tem despertado grande interesse da indústria de produtos ecologicamente corretos devido à possibilidade de substituição de fibras sintéticas pelas fibras naturais, busca de novas aplicações através do entendimento da correlação entre estrutura e propriedades dos compósitos e a redução de custo devido ao baixo preço das fibras vegetais (Martins et al., 2004; Tanobe et al., 2003).

O desenvolvimento de materiais ecologicamente corretos e a melhor adequação dos processos tem sido uma necessidade para minimizar os problemas ambientais no mundo. O uso de matérias-primas de fontes renováveis vem sendo objeto de diversos estudos e pesquisas, devido ao seu potencial na substituição de derivados petroquímicos. As fibras naturais apresentam um grande potencial de aplicação na indústria. Nos últimos anos, o uso de fibras naturais como curauá, coco, sisal, ramí, bagaço de cana-de-açúcar, juta, abacaxi, dentre outras, como reforço em materiais poliméricos teve um acelerado crescimento. O uso de fibras vegetais como reforço em compósitos poliméricos com o objetivo de substituir total ou parcialmente as fibras sintéticas tem recebido muita atenção dos pesquisadores. Isto porque as fibras vegetais apresentam importantes vantagens como: baixo custo, baixa densidade, resistência, baixa abrasividade aos equipamentos de processo, são biodegradáveis, não são tóxicas ou poluentes diminuindo assim problemas ambientais, além de provirem de fontes renováveis e serem disponíveis em todo o mundo (Nóbrega et al., 2005; Cavalcanti et al., 2004; Mothé et al., 2004; Medeiros et al., 2003; Bledzki e Gassan, 1999).

As principais desvantagens no emprego dessas fibras em compósitos poliméricos estão relacionadas à natureza polar e hidrofílica bem como à susceptibilidade destas fibras a ataques de fungos e bactérias. A natureza hidrofílica das fibras vegetais proporciona baixa molhabilidade e adsorção da matriz polimérica em sua superfície, resultando em fraca adesão interfacial polímero-fibra no compósito final. A qualidade da interface fibra-matriz é significativa para a aplicação de fibras vegetais como reforço para plásticos (Carvalho et al., 2006; Nóbrega et al., 2006; Medeiros et al., 2003; Bledzki e Gassan, 1999).

A alta absorção de umidade das fibras vegetais é outro obstáculo considerável. Absorção de umidade pode resultar em inchamento das fibras afetando a matriz por iniciação de trincas ou enfraquecimento das interações da interface fibra-matriz. Em compósitos poliméricos reforçados por fibras vegetais, a absorção de umidade por fibra não tratada, com baixa molhabilidade e adesão insuficiente entre matriz polimérica hidrofóbica e fibra hidrofílica, tanto diminui as propriedades mecânicas do sistema como leva à delaminação com o tempo (Rouison et al., 2005; Wang et al., 2005; Wambua et al., 2003; Gassan, 2002).

Diante do exposto a motivação principal deste trabalho é o fato das fibras de Macambira serem nativas do Nordeste Brasileiro, apresentarem propriedades mecânicas que indicam boas aplicações em compósitos poliméricos e serem fator de desenvolvimento regional. Seu uso como reforço em compósitos de matriz polimérica, praticamente não foi referenciado por pesquisadores da área e a investigação da absorção de umidade por parte deste compósito também não foi encontrado na literatura. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivos desenvolver novos compósitos a base de poliéster insaturado, reforçados por fibras curtas de Macambira e apresentar um estudo da sorção de água (experimental), observando o efeito temperatura e variação das dimensões do compósito.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a confecção dos compósitos, foi usada como material polimérico uma resina poliéster insaturada (Resapol 10-116), do tipo ortoftálica pré-acelerada, fornecida pela RESANA S.A. Esta resina foi reticulada por estireno, utilizando como iniciador Peróxido de Metil Etil Cetona (MEK-P) em concentração de 1% em peso. As fibras de Macambira (Figura 1) provenientes do estado da Paraíba foram obtidas pelo método tradicional de extração de fibras da região, utilizando uma máquina desfibraladeira. As fibras foram secas ao ar, penteadas e cortadas no comprimento de aproximadamente 3cm para a confecção de mantas pelo método de compressão.

Mantas de fibra distribuída aleatoriamente foram produzidas com uma quantidade pré-determinada de fibras em um molde de aço ($220 \times 180 \times 3 \text{mm}^3$) e comprimida com 2 ton por 5 minutos em temperatura ambiente. As mantas foram retirados do molde para posterior utilização. Uma quantidade adequada de resina foi misturado com o catalizador e uma pequena quantidade foi vertida no molde. As mantas de fibras pré-secas foram colocadas em moldes de aço ($220 \times 180 \times 3 \text{mm}^3$ ou $220 \times 180 \times 6 \text{mm}^3$) impregnada com mais resina, o molde foi fechado e o sistema foi submetido a cura sob pressão de 8 ton por 4 h à temperatura ambiente. A placa de compósitos foi removida do molde e submetida a pós-cura em estufa a 50°C por 48h. Corpos de prova com $20 \times 20 \times 3 \text{mm}^3$ e $20 \times 20 \times 6 \text{mm}^3$ foram cortados das placas e as suas arestas foram selados com resina para evitar o transporte de água para estas regiões, de forma preferencial.

A sorção de água dos corpos-de-prova pré-secos (105°C até atingir peso constante) foi realizados por imersão em água destilada às temperaturas de 25, 50 e 70°C . Em tempos pré-determinados as amostras eram retiradas da água, secas rapidamente com papel ou tecido de baixa absorção e pesadas em balança analítica, com precisão de $\pm 0,1 \text{mg}$. O teor de água absorvido foi calculado comparando-se a massa inicial e após a exposição.

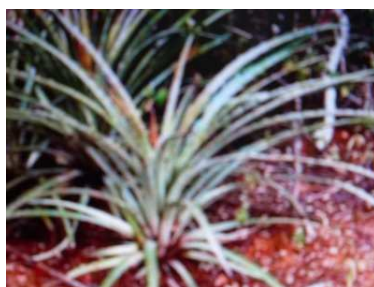


Figura 1. Planta de Macambira *Bromélia Laciniosa*

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de sorção de água como uma função das dimensões, temperatura e tempo de exposição de compósito poliéster insaturado com 30% em peso de fibra de macambira estão mostradas nas Figuras 2-4.

Verifica-se, após análise das figuras que a sorção de água de todos os compósitos analisados é rápida nos estágios iniciais (primeiras 50 horas), diminuindo e tendendo ao equilíbrio em tempos mais longos de exposição. Obviamente, o aumento no teor de umidade apresentado por estes compósitos foi atribuído ao fato das fibras de Macambira serem higroscópicas.

As Tabelas 1 e 2 apresentam as características, tipo de material, condições de umidificação, composição, dimensões, valores dos teores de umidade de equilíbrio (M_e), bem como as áreas (S_o), volumes (V_o) e relações área/volume (S_o/V_o) e o tempo total de absorção das amostras para cada experimento.

Tabela 1. Apresentação das condições de umidificação, composição e dimensões das amostras usadas para cada experimento.

Amostra	T °C	Composição (% em peso)	R ₁ (mm)	R ₂ (mm)	R ₃ (mm)
Compositos	25°	30% Macambira + 70% Poliéster	20,00	3,00	20,00
	25°		20,00	6,00	20,00
	50°		20,00	3,00	20,00
	50°		20,00	6,00	20,00
	70°		20,00	3,00	20,00
	70°		20,00	6,00	20,00

Tabela 2. Apresentação dos teores de umidade, dados geométricos e tempo final de absorção de cada amostra.

Amostra	M_e (%) (base seca)	$S_o \times 10^4$ (m ²)	$V_o \times 10^6$ (m ³)	S_o/V_o (m ² /m ³)	Tempo (horas)
25°C / 3mm	16,807	5,20	1,20	433,33	642
25°C / 6mm	12,500	6,40	2,40	266,66	594
50°C / 3mm	17,022	5,20	1,20	433,33	687
50°C / 6mm	15,891	6,40	2,40	266,66	687
70°C / 3mm	19,100	5,20	1,20	433,33	384
70°C / 6mm	14,872	6,40	2,40	266,66	648

A Figura 2 mostra a comparação de sorção de água para diferentes espessuras de corpo de prova. Observa-se que a sorção de água ocorre mais rapidamente em corpos de prova com maior relação área/volume (S_o/V_o) (Tabela 2), tendendo para o equilíbrio (M_e) em tempos longos. Este efeito é mais pronunciado em temperaturas mais baixas. Para temperaturas elevadas, a cinética de sorção de água é dominada por efeitos térmicos apenas, implicando que o transporte de massa no interior do material é fortemente dependente da temperatura.

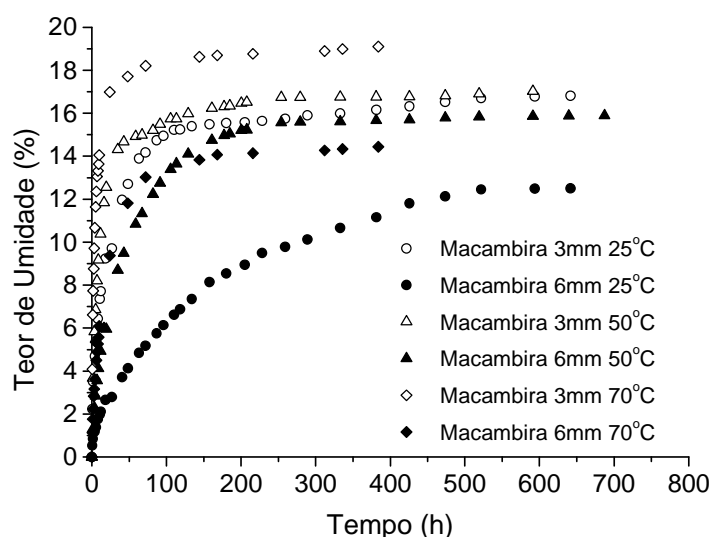


Figura. 2. Cinética de sorção de água dos compósitos reforçados com 30% em peso de fibras curtas de Macambira. Espessuras de 3 e 6mm.

As Figuras 3 e 4 mostram as comparações de sorção de água para diferentes temperaturas e mesmo volume de corpo de prova. Observa-se que a sorção de água ocorre mais rapidamente em temperaturas elevadas, tendendo para o equilíbrio em tempos longos. O valor máximo do teor de água no compósito atingiu 19,1 % na condição de $T=70^\circ\text{C}$ e espessura de 3 mm, enquanto que em $T=25^\circ\text{C}$ e espessura do corpo de prova de 6 mm, este valor atingiu 12,5 %.

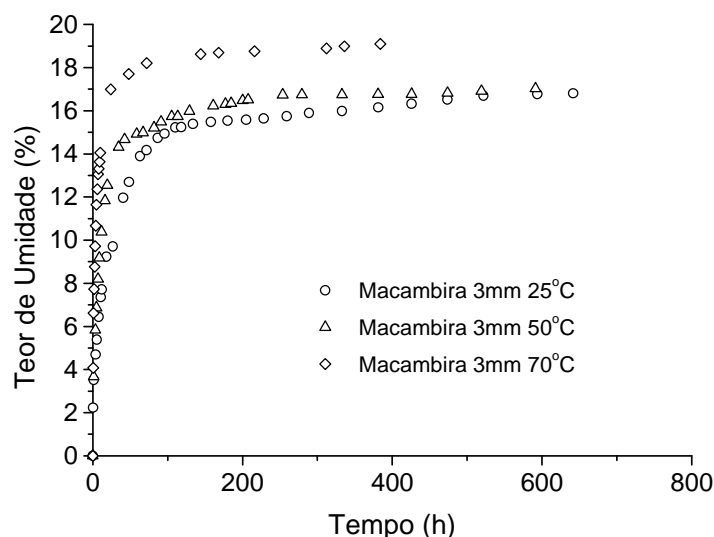


Figura 3. Cinética de sorção de água dos compósitos reforçados com 30% em peso de fibras curtas de Macambira. Temperaturas de ensaios 25, 50 e 70°C e espessura do corpo de prova 3mm.

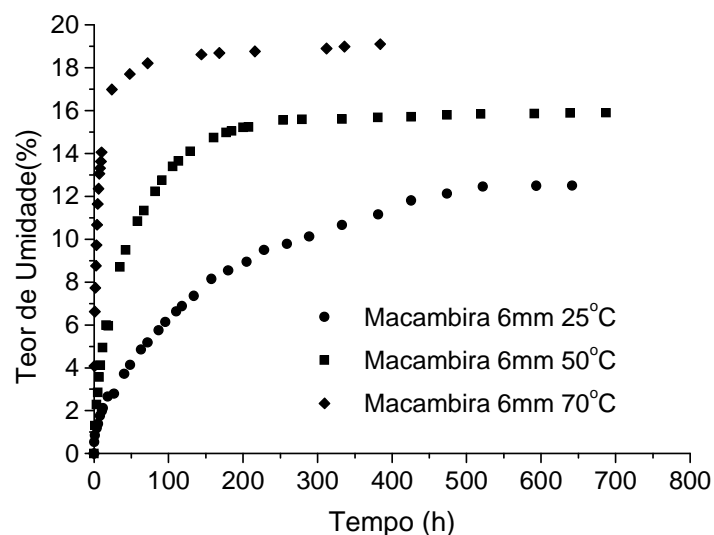


Figura 4. Cinética de sorção de água dos compósitos reforçados com 30% em peso de fibras curtas de Macambira. Temperaturas de ensaios 25, 50 e 70°C e espessura do corpo de prova 6mm.

4. CONCLUSÃO

Foram confeccionados compósitos com reforços de fibras de Macambira em matriz poliéster insaturado. As propriedades de sorção de água deste compósito foram testadas para uma composição de 30% em peso de reforço, em massa nas temperaturas de 25, 50 e 70°C. Os resultados encontrados mostraram que:

- a cinética de sorção de água nos compósitos reforçados com fibras de Macambira mostrou ser influenciada pela relação área/volume. Pôde-se observar que os corpos de prova com maior relação apresentam uma maior velocidade de sorção;
- o teor de umidade de equilíbrio (saturado em água) dos compósitos com 30% em peso de fibras de Macambira apresentaram valores de 12,50% à 25°C e 19,10% à 70°C, para as espessuras de 6 e 3 mm, respectivamente;
- a cinética de sorção de água é fortemente influenciada pela temperatura, sendo mais acentuada em temperaturas mais elevadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, ao CNPq e a FINEP, pelo apoio financeiro concedido e aos pesquisadores referenciados que com suas pesquisas, ajudaram no melhoramento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- Bledzki, A.K. and Gassan, J., 1999, "Composite reinforced with cellulose based fiber". Progress in Polymer Science, Vol. 24, No. 2, pp. 221-274.
- d'Almeida, A.L.F.S., Carvalho, L.H. and d'Almeida, J.R.M., 2006, "Characterization of caroá (*Neoglaziovia variegata*) fibers. World Polymer Congress" – 41st International Symposium on Macromolecules. Anais...Rio de Janeiro – Brazil.
- Cavalcanti, W.S., Carvalho, L.H., Alsina, O.L.S. and Lima, A.G.B. de., 2004, "Sorção de Água de Compósito Poliéster Insaturado Reforçados por Tecido de Juta e Tecido Híbrido Juta/Vidro". XVI CBECIMAT, Porto Alegre.
- Gassan, J. A. 2002, "Study of fibre and interface parameters affecting the fatigue behaviour of natural fibre composites", Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Vol. 33, pp. 369-374.
- Ishizaki, M.H., Visconte, L.L.Y., Furtado, C.R.G., Leite, M.C.A.M. and Leblanc, J.L., 2006, "Caracterização Mecânica e Morfológica de Compósitos de Polipropileno e Fibras de Coco Verde: Influência do Teor de Fibra e das Condições de Mistura. Polímeros", Ciência e Tecnologia, Vol. 16, No. 3, pp. 182-186.
- Martins, G.S., Iozzi, M.A., Martins, M.A., Mattoso, L.H.C. and Ferreira, F.C., 2004, "Caracterização Mecânica e Térmica de Compósitos de Poli (Cloro de Vinila) Reforçados com Fibras de Sisal". Polímeros: Ciência e Tecnologia, Vol. 14, No. 5, pp. 326-333.
- Medeiros, E.S., Agnelli, J.A.M., Joseph, K., Carvalho, L.H. and Mattoso, L.H.C., 2003, Journal Applied Polymer Science., Vol. 90, No. 6, pp.1678-1682.
- Mothé, C. G. and Araujo, C. R., 2004, "Caracterização Térmica e Mecânica de Compósitos de Poliuretano com Fibras de Curauá". Polímeros: Ciência e Tecnologia, Vol.14, No. 4, pp. 274-278.
- Nóbrega, M.M.S., Fonseca, V.M. and Carvalho, L.H., 2005, "Uso de Fibras de Caroá e Macambira em Compósitos de Matriz Poliéster". 8^o Congresso Brasileiro de Polímeros, Anais... Águas de Lindóia – São Paulo, pp.1231-1232.
- Rouison, D., Couturier, M., Sain, M., Macmillan, B. and Balcon, B.J., 2005, "Water absorption of hemp fiber/unsaturated polyester composites", Polymer Composites, pp.510-524.
- Tanobe, V.O.A., Amico, S.C. and Sydenstricker, T.H.D., 2003, "Caracterização de Compósitos de Matriz Poliéster por fibras de Luffa Cilíndrica". 2^o COBEF – Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. Uberlândia – MG.
- Wambua, P., Ivens, J. and Verpoest, I., 2003, "Natural Fibres: Can They Replace Glass in Fibre Reinforced Plastics?" Composites Science and Technology, Vol. 63, No. 9, pp. 1259-1264.
- Wang, W., Sain, M. And Cooper, P. A., 2005, "Study of moisture absorption in natural fiber plastic composites", Composites Science and Technology, Vol. 66, No. 3-4, pp. 379-386.

WATER ABSORPTION OF UNSATURATED POLYESTER/MACAMBIRA COMPOSITES: AN EXPERIMENTAL STUDY

Valério Carlos de Almeida Cruz, e-mail:valério.bv@hotmail.com¹

Múcio Marcos Silva Nóbrega, e-mail: mucio@ufpa.br²

Wilma Sales Cavalcanti, e-mail: wilmacavalcanti@hotmail.com¹

Laura Hecker de Carvalho, e-mail: laura@dema.ufcg.edu.br³

Antonio Gilson Barbosa de Lima, e-mail: gilson@dem.ufcg.edu.br¹

¹Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó. Caixa Postal: 10069, CEP: 58429-900, Campina Grande, PB, Brasil

²Universidade Federal do Pará, Campus de Marabá, Marabá, PA, Brazil

³Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó. Caixa Postal: 10034, CEP: 58429-900, Campina Grande, PB, Brasil

Abstract: *The development of eco-friendly materials has been a need to minimize environmental problems in the world. The use of raw materials from renewable sources, vegetable fibers for example, has been the subject of several studies and researches. One major disadvantages in the use of vegetable fibers in polymer composites is their hydrophilic nature which provides low wettability and adsorption of polymer matrix on its surface, resulting in weak interfacial adhesion in polymer-fiber composite. Due to its importance, the purpose of this paper is to present an experimental study of water absorption of unsaturated polyester composite reinforced with macambira fiber. The studied samples have compositions 30% macambira fiber and 70% unsaturated polyester with dimensions of 20x20x3 mm³ and 20x20x6 mm³. Tests for water absorption were performed by immersing the samples in a bath of distilled water at 25, 50 and 70°C, and water uptake was followed gravimetrically along the process. Results of the moisture content of the composites and area / volume relationships are shown and analyzed.*

Keywords: *composite, macambira, water absorption, experimental.*