

APLICAÇÃO DE FIBRAS DE COCO (*Cocos nucifera* L.) COMO REFORÇO EM COMPÓSITO POLIMÉRICO¹

Maria da Conceição da Costa Valente²
Elza Brandão Santana²
Erika Milene Pinto de Sousa²
Deibson Silva da Costa²
José Antônio da Silva Souza³

Resumo

Neste trabalho foram aplicadas fibras de coco, como reforço, na composição de um compósito, utilizando como matriz polimérica um termoplástico. Foram realizadas caracterizações física (comprimento, espessura, densidade, absorção de umidade) e mecânica (deformação e alongamento) das fibras e a caracterização física (absorção de umidade) e mecânica (tração e ruptura) dos corpos de prova. Testes obtidos da caracterização de fibras mostraram os seguintes resultados: o comprimento médio é em torno de 146 mm, espessura média em torno 0,28 mm, a absorção de umidade igual a 7,9 %, densidade em torno de 1,30 g/cm³ e, na caracterização mecânica: a fibra de coco apresentou deformação plástica com uma área mais uniforme sem maceração significativa e o módulo de elasticidade ficou em torno de 650 MPa. Em testes preliminares foram observados excelentes resultados de absorção das fibras pela matriz polimérica, pois não houve vazios, as placas foram uniformes e mostraram um bom desempenho nas análises de tração e ruptura.

Palavras-chave: Compósitos; Reforço; Fibra; Resíduo.

APPLICATION OF FIBER COCONUT (*COCOS NUCIFERA* L.) HOW TO INCREASE IN POLYMERIC COMPOSITE

Abstract

In this work were applied coconut fibers as, reinforcement, in a composite composition, using a thermoplastic polymer as matrix. Physical characterizations were performed (length, thickness, density, moisture absorption) and mechanical (deformation and stretching) of fiber and physical characterization (moisture absorption) and mechanical (tensile and tear) of the specimens. Extensive tests of fiber characterization showed the following results: the average length is around 146 mm, average thickness around 0,28 mm, moisture absorption equal to 7,9 %, density around 1,30 g/cm³ and, in the mechanical characterization: coconut fiber had the plastic deformation area with a significantly more uniform without maceration and the elastic modulus was about 650 MPa. In preliminary tests excellent results were observed absorption by the polymer matrix of the fiber, as there were no voids, the plates were uniform and showed good performance in tensile and tear tests.

Keywords: Composite; Reinforcement; Fiber; Waste.

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 Engenheiro Químico e Engenheiro Mecânico. Doutorando (a), Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia – Proderna- Universidade Federal do Pará, ITEC / UFPA, Belém, Pará, Brasil. valentemcc@yahoo.com.br

³ Engenheiro Químico. Dr. Professor, Proderna – ITEC / UFPA. Belém, Pará, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas a busca de novos materiais que atendam as tendências mundiais, ou seja, viabilidade econômica e preocupação com o meio ambiente tornam viável a utilização de recursos naturais renováveis.⁽¹⁾ Uma das indústrias que se destaca neste ramo é a indústria automobilística, em função do grande consumo de materiais e de combustível fóssil. Na busca de soluções mais sustentáveis, a indústria automobilística vem substituindo materiais tradicionais por materiais especialmente desenvolvidos, dentro de uma nova concepção que agrega critérios ambientais nos projetos de automóveis.

A produção de resíduos oriundos do coco de agroindústrias é extremamente significativa, causando grandes problemas em relação ao meio ambiente para o descarte do mesmo.⁽²⁾ E como essas fibras resistem a temperaturas de até 200 °C torna-se bastante atraente para utilização como reforço em compósitos. Essas fibras são constituídas de materiais lignocelulósicos, obtidos do mesocarpo do coco (*cocos nucifera* L.).⁽³⁾ As fibras de coco são mostradas na Figura 1.



Figura 1. Manta de fibras de coco.⁽⁴⁾

O uso de fibras naturais como reforço em materiais poliméricos teve um acelerado crescimento, devido suas características, como: proveniência de fontes renováveis, baixo custo, biodegradáveis, recicláveis e não tóxicas.⁽⁴⁾ Portanto essas fibras têm sido utilizadas como reforço em polímeros visando à substituição das fibras sintéticas.⁽⁵⁾

No entanto, para que as fibras naturais e a matriz polimérica atuem conjuntamente em uma determinada aplicação, o contato interfacial entre elas tem que ser adequado. Dessa forma, inúmeros tratamentos físicos e químicos têm sido realizados para melhorar a adesão entre fibras naturais e matrizes poliméricas.⁽⁶⁾

Um ponto importante são os grandes investimentos feitos na utilização de fibras e resíduos vegetais para a produção de compósitos poliméricos que apresentam uma série de vantagens, tais como sua fácil fonte de obtenção, além de apresentar como característica baixa densidade, o que gera compósitos mais leves.⁽⁷⁾

A utilização da fibra de coco para a obtenção de compósitos é importante por ser um processo de custo baixo, com facilidade de reciclagem e boas propriedades mecânicas. A fibra de coco age como um componente reforçado da matriz dos polímeros. Assim, melhora as propriedades mecânicas dos compósitos, como resistências a tração e flexão quando comparados à matriz pura.

Neste trabalho serão fabricados compósitos a partir das fibras vegetais do coco com resina poliéster, para investigar as suas propriedades mecânicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das Fibras

2.1.1 Comprimento médio e espessura

O comprimento e espessura média das fibras foram realizados por microscopia óptica, admitindo-se as fibras com uma seção circular, sendo realizadas três medidas ao longo do sentido longitudinal das amostras.

2.1.2 Absorção de umidade

A absorção de umidade das fibras foi determinada baseada na norma técnica NBR 9778,⁽⁸⁾ utilizando o aparelho de infravermelho da marca Quimis modelo Q333-1.

As fibras foram inicialmente pesadas e secadas até massa constante, determinando-se a absorção de água pela Equação (1).

$$A\% = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde (A%) corresponde a absorção percentual de umidade, (m_0) a massa inicial antes da secagem e (m_f) a massa final após a secagem.

2.1.3 Massa específica

Para determinação da massa específica das fibras de coco foi usado o método do picnômetro com água como não solvente, sendo o material imerso em água observando o volume deslocado, conforme a Norma DNER-ME 084/95.⁽⁹⁾

2.1.4 Ensaio de tração, módulo elasticidade e alongamento

Os ensaios de resistência à tração das fibras foram realizados em máquina universal marca KRATOS modelo IKCL3 com sistema de aquisição de dados, com célula de carga 5 kN, a uma velocidade de 0,5 mm/min e comprimento útil para medição entre garras de 15 mm.

2.2 Confeção do Compósito

Para a confecção dos materiais compósitos foi utilizada matriz polimérica e reforço de fibra de coco, que estão detalhados a seguir.

2.2.1 Matriz - resina poliéster

O polímero utilizado no desenvolvimento do trabalho foi resina poliéster tereftálica insaturada e pré-acelerada, fabricada pela Royal Polímeros sob a denominação comercial de Denverpoly 754. O agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK (Butanox M-50), na proporção de 0,33 % (v/v). A resina foi adquirida pré-acelerada com naftenato de cobalto (CoNap), na proporção de 0,15 % em massa.

2.2.2 Produção dos corpos de prova

Os compósitos de matriz polimérica modificada e reforçada com fibras descontínuas aleatórias de coco foram confeccionados na forma de placas retangulares com as seguintes dimensões: 25 mm de largura, 127 mm (parte útil do corpo de prova) e 250 mm no comprimento total. O conjunto foi submetido a uma

pressão de $1,5 \times 10^4$ Pa, para melhor incutir a resina por entre as fibras. Estes corpos de prova foram curados à temperatura ambiente por 24 horas.

2.3 Caracterização dos Compósitos

2.3.1 Física

- **Absorção de umidade**

Os ensaios de absorção de umidade foram realizados de acordo com a norma ASTM D570-06,⁽¹⁰⁾ para a avaliação do processo de absorção de água pelo material compósito, as amostras foram pesadas no intervalo de 12 h a 80 h de exposição. Para efetuar as pesagens, as amostras foram retiradas do ambiente aquoso e o excesso de líquido superficial removido. As medidas de peso foram registradas após a obtenção do seu equilíbrio, que ocorreu após a evaporação do líquido superficial das amostras. Os percentuais de absorção de água referentes aos diversos tempos de exposição foram calculados a partir da Equação 2:

$$M = \frac{M_f - M_i}{M_i} \cdot 100 \quad (2)$$

Sendo (M) correspondente a absorção de umidade; (M_f) a massa final e (M_i) a massa inicial.

2.3.2 Mecânica

As análises para obtenção da resistência a tração e deformação foram realizadas obedecendo as normas da ASTM D3039,⁽¹¹⁾ cuja velocidade indicada a ser utilizada para materiais laminados é de 2 mm/min (0,05 in/min) até a ruptura do corpo de prova. Os ensaios foram realizados em máquina universal de ensaio marca EMIC modelo DL10000 com sistema de aquisição de dados, com célula de carga 5 kN, e comprimento útil para medição entre garras de 20 mm. Após o corte dos corpos de prova e lixamento dos mesmos, procedeu-se a colagem dos tabs conforme descrito na norma, constituídos de material semelhante aos mesmos.

Foram testados 6 corpos de prova para cada direção e tipo de *roving* utilizado.

3 RESULTADOS E COMENTÁRIOS

3.1 Caracterização Física e Mecânica das Fibras de Coco *in natura*

Os resultados das análises de caracterização das fibras são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físicos e mecânicos das fibras de coco

Parâmetros	Valor \pm Desvio padrão
Comprimento médio (mm)	146 \pm 2,01
Espessura média (mm)	0,28 \pm 3,22
Absorção de umidade (%)	7,9 \pm 2,66
Massa específica (g/cm ³)	1,30 \pm 2,15
Resistência à tração (MPa)	220 \pm 6,75
Módulo elasticidade (MPa)	650 \pm 3,45
Alongamento (%)	24 \pm 3,08

Segundo a literatura,⁽¹²⁾ as fibras vegetais devido à alta percentagem de grupos hidroxilas são hidrofílicas. A fibra de coco, citada na literatura, tem uma absorção de umidade de aproximadamente de 7,7 %. Logo, o resultado referente às fibras utilizadas neste trabalho está de acordo com testes realizados em pesquisas anteriores. As hemiceluloses são consideradas as principais responsáveis pela absorção de água das fibras, embora a celulose não cristalina e a lignina também desempenham papel importante neste processo.⁽¹³⁾

Após o ensaio de tração a fibra de coco apresentou deformação plástica com uma área mais uniforme sem apresentar o desfibrilamento significativo, corroborando os dados encontrados na literatura.⁽¹⁴⁾ Entretanto, outras obras da literatura mostraram dados superiores em torno de 600 MPa.

Os valores encontrados para o módulo de elasticidade das fibras de coco indicaram valores bem abaixo de outras fibras como: a de madeira que apresenta um módulo de 10000 MPa, da fibra-celular é 40000 MPa, das microfibrilas é 70000 MPa, e da estrutura cristalina de celulose 250000 Mpa.⁽¹⁵⁾

3.2 Caracterização Física e Mecânica dos Compósitos de Fibras de Coco

3.2.1 Absorção de umidade

Na Tabela 2 estão os valores do percentual de água absorvido pelo material compósito e seus respectivos tempos de imersão. A matriz polimérica de fibra de coco atinge o equilíbrio com o ambiente úmido (72 % u.r.) após absorver 5,17 % de seu peso em água. A visualização dos resultados do experimento de absorção de água em função do tempo dos materiais estão apresentados na Figura 2.

Tabela 2. Resultados obtidos na absorção de água pelo material compósito

Tempo (h)	Absorção de Umidade (%)
0	0
12	1,69
24	2,36
36	3,17
48	4,21
56	4,75
68	5,17
80	5,17
92	5,17
104	5,17

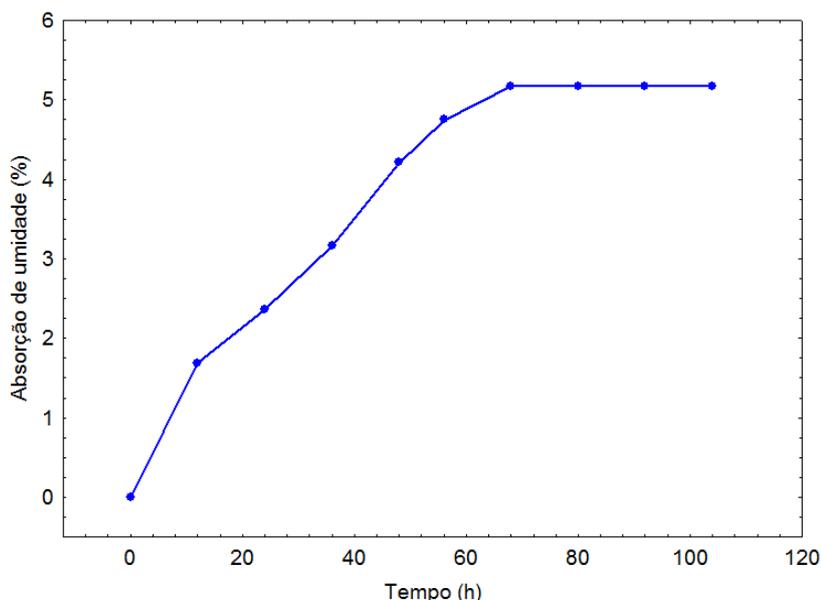


Figura 2. Curva de absorção do material compósito.

O material compósito, após a absorção de água apresentou comportamento semelhante ao modelo de Fick, atingindo a saturação depois de transcorridas 80 horas de imersão e apresentando valor de absorção máxima de 5,17 %.

Muitos processos de absorção de água em polímeros e compósitos são regidos pela Lei de Fick, porém alguns fatores podem causar irregularidades. A presença de defeitos em materiais compósitos e polímeros submetidos a envelhecimento em água podem levar o processo de absorção a desviar-se do modelo de difusão regido pela Lei de Fick.⁽¹⁶⁾

3.3 Parâmetros Mecânicos do Compósito de Coco

O material apresentou-se quebradiço em relação a outros compósitos híbridos com uma deformação na ruptura de 6 %, sendo causada pela baixa quantidade de fibras incorporadas na matriz, com ausência de interação fibra-resina no interior do material, comparado a outros compósitos como os laminados com e sem reparo de fibras de carbono que apresentam resistência a tração de 862,1 MPa e 675,3 MPa⁽¹⁷⁾, respectivamente, e maior que compósitos fibra/matriz utilizando fibra de curauá e poliéster que possuem resistência de 100 MPa. Isto ocorre devido à pobre adesão interfacial entre as cargas (fase dispersa) e a matriz polimérica. A falta de adesão leva ao desacoplamento da carga, identificada na Figura 3.



Figura 3. Corpo de prova do compósito incorporado com fibra de coco.

O material utilizado é exposto ao ensaio de tração, elevando seu módulo de deformação. Em comparação a compósitos feitos de fibras de curauá, onde ocorre a diminuição do módulo de deformação.⁽¹⁸⁾ Logo, podemos concluir que isto ocorre

devido à diferença do tamanho de fibras dos dois materiais. As fibras do curauá são curtas e do coco são longas e randomizadas. Os resultados do ensaio de tração são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros mecânicos do compósito

Presença de fibras de coco	σ_r (MPa) \pm Desvio padrão	Deformação \pm Desvio padrão
Sem	34,6 \pm 2,51	2,5 \pm 0,5
Com	482 \pm 3,54	6,0 \pm 0,2

4 CONCLUSÕES

- Os métodos de caracterização física das fibras mostraram-se eficientes e coerentes com os encontrados na literatura;
- A resistência mecânica apresentou um módulo de 220 MPa, considerada aceitável comparada a outras fibras como: curauá e sisal;
- O comportamento diante da análise de absorção de água mostrou que o compósito confeccionado utilizando fibras de coco, atingiu o equilíbrio com absorção de 5,17 %, com um comportamento fickiano;
- As fibras de coco com sua disposição longa e randomizada agregaram uma elevação na resistência do compósito de forma satisfatória na grandeza de 482 MPa, comparada ao compósito sem a presença de fibras, apenas a matriz polimérica, que apresentou um valor de 34,6 MPa.

REFERÊNCIAS

- 1 GOMEZ, A.; GÁLVEZ, L. DE LA OSA, O. Sugarcane Bagasse: Utilization for Production of Composites In: LEÃO, A. L., CARVALHO, F. X., FROLLINI, E. *Lignocellulosic-Plastics Composites*. São Paulo, p. 281-324, 1997.
- 2 PANNIRSELVAM, P. V.; LIMA, F. A. M.; DANTAS, B. S.; SANTIAGO, B. H. S. Desenvolvimento de Projeto para Produção de Fibra de Coco com Inovação de Tecnologia Limpa e Geração de Energia. *Revista Analytica*, Campinas, v. 15, p. 56-62, 2007.
- 3 ARAÚJO, C. R. Cinética de Decomposição Térmica de Compósitos Poliméricos com Fibras de Curauá, Tese de Doutorado, (Doutorado em Química) - UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2003.
- 4 MATERIA BRASIL. Disponível em: < materiabrasil.com >. Acesso em: 12 março de 2013.
- 5 ARAÚJO, C. R. Compósitos Elastoméricos de Poliuretanos com Fibras Naturais, Tese de Mestrado, (Mestrado em Química)-UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 1998
- 6 KAPULSKIS, T. A.; DE JESUS, R. C.; MEI, L. H. I. Modificação Química de Fibras de Coco e de Sisal Visando Melhorar suas Interações Interfaciais com Matrizes Poliméricas Biodegradáveis. *Anais VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica*, Campinas, v.6, p.1-6, 2005.
- 7 ALMEIDA, A. L. F. S.; CALADO, V.; BARRETO, D. W.; ALMEIDA, J. R. M. Acetilação da fibra de bucha (Luffacylindrica). *Polímeros: ciência e tecnologia*. São Carlos, v.65, p. 59-62, 2005.
- 8 BONELLI, C. M. C.; ELZUBAIR, A.; SUAREZ, J. C. M.; MANO, E. B. Comportamento Térmico, Mecânico e Morfológico de Compósitos de Polietileno de Alta Densidade Reciclado com Fibra de Piaçava. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 15, nº 4, p.256-260, 2005.

- 9 D3039/D3039M-08 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials.
- 10 Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT (1987). Nbr 9778- Argamassa e concretos endurecidos- Determinação da absorção de água por imersão- Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro.
- 11 DNER-ME 84 (1995) Agregado Miúdo – Determinação da Densidade Real. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Método de Ensaio, Rio de Janeiro, RJ.
- 12 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D3039-08: Standard Test Methods for tensile Properties of Polymer Matrix composites.
- 13 LEDZKI, A. K.; FARUK, O. Creep and impact properties of wood fiber-polypropylene composites: influence of temperature and moisture content. *Composites Science and Technology*. v. 64, p. 693-700, 2004.
- 14 TITA, S. P. S.; de PAIVA, J. M. F.; FROLLINI, E.. Resistência ao Impacto e Outras Propriedades de Compósitos Lignocelulósicos: Matrizes Termofixas Fenólicas Reforçadas com Fibras de Bagaço de cana-de-açúcar. *Polímero: Ciência e Tecnologia*. v. 12, p.228-239, 2002.
- 15 FAGURY, R.V.G. Avaliação de fibras naturais para a fabricação de compósitos: açaí, coco e juta. Dissertação, 83p. UFPA - Centro Tecnológico, PRODERNA, 2005.
- 16 BLEDZKI, A.K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in Polymer Science*. v. 24, p 221-274, 1999.
- 17 FUJIYAMA, R. T., Materiais Compósitos para Reparo de Dutos em Ambiente Terrestre com Defeitos Internos, Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.
- 18 MAYER, S., BOTELHO, E.C, REZENDE, M.C. avaliação da resistência à fadiga de compósitos reparados de fibra de carbono/epóxi. 17^o CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, PR, 2006.
- 19 MONTEIRO, Sergio N. et al. Comportamento mecânico e características estruturais de compósitos poliméricos reforçados com fibras contínuas e alinhadas de curauá. *Matéria* (Rio J.) [online]. 2006, vol.11, n.3, pp. 197-203. ISSN 1517-7076.