

# COMPÓSITO DE FIBRAS DE AÇAÍ E RESINA POLIÉSTER<sup>1</sup>

Diebson Silva da Costa<sup>2</sup>

Wassim Raja El Banna<sup>3</sup>

Lírian Said de Lima<sup>4</sup>

Diego Ferreira Almeida<sup>4</sup>

Eduardo de Jesus Silva dos Santos<sup>4</sup>

Carlos Eduardo Pinto Lopes<sup>4</sup>

Roberto Tetsuo Fujiyama<sup>5</sup>

## Resumo

O trabalho mostra os resultados da caracterização mecânica e microestrutural de materiais compósito de fibra de açaí e resina poliéster. As fibras foram adquiridas de pequenos produtores da polpa do açaí do comércio local de Belém-PA; e que seriam descartados na forma da semente do açaí em lixões de vias públicas. As fibras foram separadas da semente com auxílio de equipamento, sendo cortadas manualmente nos comprimentos variando de 5 mm a 15 mm. E incorporadas com a matriz polimérica. A fabricação dos compósitos se dará de maneira simples através de moldagem manual. A caracterização mecânica será realizada através de ensaio de tração e a caracterização microestrutural se realizará através de microscopia estereoscópica. Os resultados serão analisados de forma a ser obter uma nova opção de material sustentáveis. A resistência à tração dos compósitos de açaí variando de 5 mm a 15 mm com fração mássica de 3,14% foi 23,38 MPa.

**Palavras-chave:** Fibras de açaí; Propriedades mecânicas; Materiais compósitos.

## COMPOSITE OF FIBER AÇAÍ AND POLYESTER RESIN

### Abstract

The work shows the results of mechanical and microstructural characterization of composite materials with açai fiber and polyester resin. The fibers were purchased from small producers of açai pulp from local shops, in Belém-PA, and that would be discarded in the form of açai seed in dumps of public roads. The fibers are separated from the seed with the aid of equipment, being manually cut in lengths ranging from 5 mm to 15 mm. And incorporated with the polymeric matrix. The fabrication of composites will occur simply through manual molding. This characterization will be performed using tensile testing and microstructural characterization will be held through stereoscopic microscopy. The results will be analyzed to obtain a new sustainable material option. The tensile strength of the composites açai ranging from 5 mm to 15 mm with mass fraction of 3.14% was 23.38 MPa.

**Key words:** Açai fibers; Mechanic properties; Composite materials.

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

<sup>2</sup> Engenheiro mecânico. Me, Professor, Faculdade de Engenharia Mecânica, ITEC, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará, Brasil; deibsonsc@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Engenheiro mecânico. Me, Professor, Faculdade de Engenharia Mecânica, ITEC, UFPA, Belém, PA, Brasil.

<sup>4</sup> Graduando, Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), ITEC, UFPA, Belém, PA, Brasil.

<sup>5</sup> Engenheiro mecânico. Dr, Professor Adjunto, PPGEM, ITEC, UFPA, Belém, PA, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o meio ambiente e sua relação com o homem, mais precisamente com a utilização dos recursos naturais renováveis, tem impulsionado pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de se aperfeiçoar o aproveitamento tecnológico, econômico e social destes recursos. Em busca de uma solução para os problemas ambientais, várias pesquisas e trabalhos na área de compósitos poliméricos estão sendo realizada para garantir à preservação ambiental e proporcionar um melhor padrão de vida a sociedade como um todo.

A busca por tecnologias ecologicamente corretas visando minimizar os problemas ambientais, tem se tornado uma grande preocupação nos últimos anos. O novo paradigma do desenvolvimento econômico está voltado para propiciar a melhoria de vida das futuras gerações, incorporando na sua concepção modos de produção menos poluentes e impactantes.

O uso de fibras naturais como reforço para termoplásticos tem despertado interesse crescente, principalmente para termoplásticos reciclados, devido ao baixo custo, utilização de recursos naturais brasileiros disponíveis, além de contribuir para a diminuição da geração de resíduos.<sup>(1)</sup>

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 desenvolver compósitos utilizando fibras naturais como cargas reforçantes.<sup>(2)</sup>

As propriedades dos materiais compósitos são fortemente influenciadas pelos materiais constituintes, suas concentrações e distribuições e por todas as interações por estes geradas dentro do sistema. O reforço de um sistema compósito pode ser função da sua concentração simples ou em termos mais complexos, como o arranjo da distribuição espacial orientada. As combinações geradas pela especificação dos materiais constituintes e do processo de manufatura determinam as propriedades dos materiais compósitos.

A maioria dos compósitos desenvolvidos para aplicações de engenharia é reforçada com fibras descontínuas. A partir do pressuposto de que os compósitos fibrosos têm como característica transmitir os esforços para o reforço, no caso genérico de uma fibra que não atravesse todo o comprimento do corpo do material compósito, a ligação entre a matriz e a fibra nas extremidades da fibra não executa a transferência dos esforços gerados na matriz.

Da *Euterpe oleracea* se obtém mais tradicionalmente, e inclusive em escala industrial, a polpa do fruto denominado açaí, que por sua vez é uma palavra oriunda do vocábulo tupi iwasa'i, que significa: a planta que chora. A Figura 1 mostra a anatomia básica desta planta.

Apesar de o açaizeiro também ser encontrado em outros estados, o Pará é o maior produtor nacional, seguramente com mais de 90% do que é consumido no país. A capital paraense (Belém) é o local que mais consome açaí no Brasil, possuindo cerca de 3 mil pontos-de-venda onde o suco é comercializado.

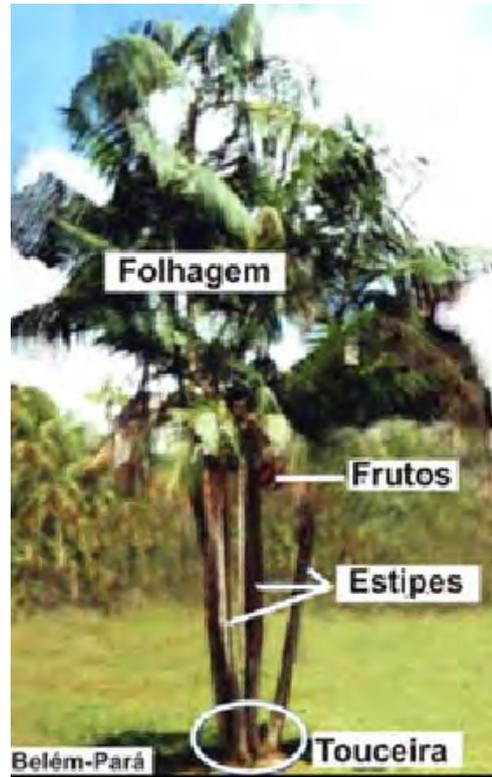


Figura 1. Anatomia básica da planta. <sup>(3)</sup>

As fibras da semente (Figura 2) do açazeiro encontram-se fixadas ao redor da semente do fruto do açai após o beneficiamento do suco, pois elas se localizam no mesocarpo do fruto, justamente onde se localiza a polpa. São, portanto, um subproduto da extração do suco ou polpa do açai. Depois de desidratadas naturalmente podem ser facilmente removidas com as mãos. Possuem um comprimento médio da ordem de 12 mm.



Figura 2. Fibras da semente do açazeiro fixadas ao redor da semente do fruto. <sup>(3)</sup>

Foi usado na fabricação dos compósitos uma resina poliéster, combinada com 3.14% de fração mássica de fibras de açai, com comprimentos variando de 5 mm a 15 mm. Os corpos de prova foram fabricados por moldagem manual utilizando-se moldes de silicone, sem desmoldante e sem pressão. A partir dos resultados obtidos pela caracterização mecânica dos compósitos fabricados neste trabalho, pode-se

compará-los com as propriedades de compósitos reforçados com outras fibras naturais, verificando sua adequação para aplicação como material compósito de engenharia.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material

#### 2.1.1 Resina poliéster

A matriz polimérica utilizada para realização do trabalho foi a resina poliéster teraftálica insaturada, fabricada pela empresa 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 pura e posteriormente foi pré-acelerada com neftenato de cobalto (CoNap), na proporção de 0,15% em massa.<sup>(4)</sup>

#### 2.1.2 Fibras de açaí

As sementes do açaizeiro foram adquiridas de pequenos produtores da polpa de açaí do comércio local de Belém-PA. Após a aquisição das sementes, iniciou-se o processo de separação das fibras dos caroços de açaí com ajuda do desfibrilador pertencente ao Laboratório de Engenharia Mecânica. A Figura 3 ilustra as fibras de açaí extraídas pelo processo de desfibrilamento.



Figura 3. Fibras de açaí extraídas.

### 2.2 Métodos

#### 2.2.1 Confeção dos corpos de prova

Para a fabricação dos compósitos, foram utilizados moldes de silicone para o vazamento do compósito em suas quatro lacunas devidamente expostas. Tais lacunas foram superdimensionadas para que após a solidificação o corpo de prova pudesse ser lixado sem comprometer as suas dimensões. Os corpos de prova foram fabricados por moldagem manual sem desmoldante e sem pressão. A escolha do silicone para produção dos moldes deve-se ao fato de ele manter uma consistência mecânica ótima na hora de desmoldar o compósito.

Depois da realização dos cortes milimétricos das fibras de açaí foram desenvolvidos os corpos de prova, juntamente com a resina poliéster, com a quantidade de 61,5 g de fração mássica, misturado com catalisador, que teve a quantidade de 0,15 g em fração mássica pelo período de 30 s, posteriormente foram adicionadas as fibras de açaí, com a mistura no período de 5min, para assim serem vazados no molde para a confecção dos corpos de prova.

Os moldes são totalmente preenchidos com as fibras, logo depois é feita a pesagem para determinar o quanto massa pode ser inserida no compósito. Essa pesagem foi feita várias vezes para comprovar sua confiabilidade. A Figura 4 mostra como foi realizada a determinação da fração mássica do compósito.



Figura 4. Determinação da fração mássica do compósito.

Determinados os valores de fração mássica, foram confeccionados os corpos de prova para a avaliação da trabalhabilidade da mistura homogeneizada no estado líquido, avaliando sua molhabilidade e moldabilidade da matriz polimérica sobre os reforços estudados neste trabalho. Então, para os comprimentos de fibra variando de 5 mm a 15 mm, determinou-se que sua respectiva proporção de fração mássica é de 3.14%.

### 2.2.2 Caracterização mecânica e microestrutural dos materiais compósitos reforçados por fibras de açaí

Para análise do comportamento mecânico fez-se uso do ensaio de tração dos corpos de prova fabricados. Para a realização dos ensaios de tração foram atendidas as exigências regentes na norma ASTM D 638M,<sup>(5)</sup> com as seguintes dimensões (mm) dos corpos de prova (Figura 5).

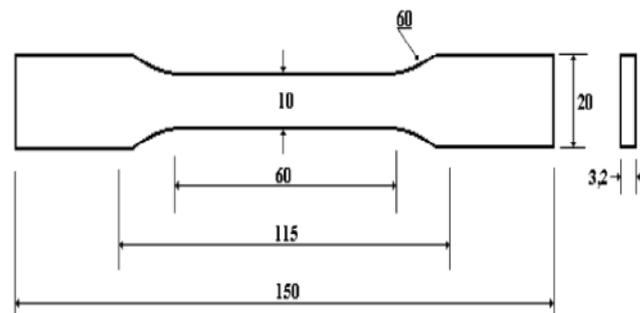


Figura 5. Dimensões (mm) dos corpos de prova.<sup>(5)</sup>

Para que os ensaios fossem realizados, foi utilizada uma máquina de ensaio fabricada pela Kratos COF Equipamentos Industriais Ltda. (Figura 6), modelo MKCA - KE com carga de 5 kN, a uma velocidade de ensaio de 5 mm/min., no Laboratório de ensaios Mecânicos do Labem e comprimento útil para medição entre garras de 60 mm.



**Figura 6.** Máquina de ensaio de tração.

Após a realização dos ensaios mecânicos, as superfícies onde ocorreram as fraturas dos corpos de prova foram analisadas de forma a se estudar os mecanismos de falha de cada composição fabricada. Por meio de microscopia estereoscópica a morfologia da superfície de fraturada pode ser verificada.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Confeção dos Corpos de Prova

Após a produção dos corpos de prova, foi feita a cura que compreende um período de 7 dias para o posterior lixamento do material compósito. Passando pelo período de cura do corpo de prova passa-se a proceder ao seu lixamento das superfícies irregulares por conta de sua má formação de superfície dentro dos moldes.

Além disso, o lixamento deve ser feito para tornar o corpo de prova o mais plano possível, para que irregularidades nas superfícies dele não se tornem em falsos resultados durante o ensaio de tração.

A Figura 7 mostra-se um compósito reforçado com fibras de açai na proporção de 3.14% que é o valor admitido na fabricação dos corpos de prova com comprimento das fibras variando de 5 à 15 mm já desbastado e polido.



**Figura 7.** Compósito reforçado com fibras de açai desbastado e polido.

#### 3.2 Caracterização Mecânica e Microestrutural dos Materiais Compósitos Reforçados por Fibras de Açai

A fabricação deste compósito ocorreu com a máxima regularidade possível das dimensões dos corpos de prova que são sugeridas pela norma. Além disso, a

máquina de desbaste utilizada ocorreu de forma suave e gradativa para que não fossem geradas imperfeições dos corpos de prova.

Os compósitos produzidos, usando como reforço as fibras de açaí foram ensaiados em tração seguindo os procedimentos da norma ASTM D 638.<sup>(5)</sup> A Tabela 1 mostra os resultados obtidos nos ensaios de tração para os compósitos poliméricos reforçados com fibras de açaí, variando os comprimentos da fibra de 5 mm a 15 mm na fração mássica de 3.14% dispostas aleatoriamente.

**Tabela 1.** Resultado dos ensaios de tração para os compósitos poliméricos reforçados com fibras de açaí, variando os comprimentos da fibra de 5 a 15 mm na fração mássica de 3.14%

Reforço	Comprimento de Fibras (mm)	Resist. Tração (MPa) c/ Fração Mássica 3.14%
Açaí	5 à 15	23.38

Após a realização dos ensaios de tração nos compósitos, foi feita uma avaliação do comportamento das fibras na matriz após a fratura. A Figura 8 mostra a região fraturada, onde se pode notar esse comportamento, através da análise de microscopia estereoscópica.



**Figura 8.** Análise de microscopia estereoscópica da região fraturada do compósito.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização Mecânica e Microestrutural dos Materiais Compósitos Reforçados por Fibras de Açaí

A determinação das propriedades mecânicas dos materiais é uma das considerações necessárias para selecionar materiais para o projeto de um produto. Os resultados obtidos através dos testes mecânicos podem servir como base de comparação do desempenho mecânico dos diferentes polímeros, assim como para a avaliação dos efeitos decorrentes da modificação do polímero, como, por exemplo, a adição de fibras vegetais. O resultado de tração do compósito polimérico reforçado com fibras de açaí com seus comprimentos de fibras variando de 5 mm a 15 mm foi considerado satisfatório quando comparado com outros compósitos reforçados por fibras naturais.

Quando comparados os resultados dos compósitos de açaí com os compósitos reforçados com fibra de bananeira de 5 mm, nota-se uma superioridade significativa, onde os compósitos reforçados por fibras de açaí apresentaram uma resistência de tração de 23.38 MPa enquanto que os da bananeira apresentaram 16.39 MPa.<sup>(6)</sup>

Compósitos de matriz poliéster reforçado com fibras de sisal na qual foram avaliadas as suas propriedades mecânicas. Os resultados de resistência à tração mostraram que os valores dos compósitos foram aproximadamente 15 MPa,<sup>(4)</sup> enquanto que os valores dos compósitos de açaí de resistência foi de 23.38 MPa.

As propriedades mecânicas de um dado compósito estão diretamente relacionadas à formação de uma boa interface entre as fibras e a matriz. A Figura 8 ilustra a dispersão das fibras de açaí no compósito. Verifica-se nesta figura que as fibras de açaí estão orientadas de forma aleatória dada pelo processo manual.

Pode-se observar que na superfície de fratura dos compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras de açaí que apesar do mecanismo de *pull out* (sacamento de fibras) ainda ser recorrente, percebe-se a presença de fibras rompidas que são bem visíveis e foram primordiais para o aumento da sua resistência. Além de notar-se o bom acabamento da superfície analisada, resultado de uma boa acomodação das fibras dentro da matriz durante o processo de cura dos compósitos, onde as fibras tiveram o efeito do alinhamento na direção do carregamento dos ensaios de tração dos compósitos, o que contribui também para o aumento da resistência.

## 5 CONCLUSÃO

A técnica de fabricação utilizada na confecção dos compósitos de reforçados por fibras de açaí mostrou-se adequada. Pois, resultou em compósitos com características satisfatórias quando comparados com outros compósitos reforçados com fibras vegetais.

Na caracterização mecânica dos compósitos de fibras de Timbó-Açú obtiveram-se resultados similares a outros compósitos reforçados por outras fibras vegetais.

Conclui-se ainda que uma fratura causada no reforço-matriz de forma que houvesse o rompimento das fibras e um bom acabamento superficial ao longo do corpo de prova indicam que tal união foi bem feita.

A viabilidade da utilização das fibras de açaí como reforço de compósitos com matrizes poliméricas, por apresentarem custos baixos e diminuírem o peso do compósito, quando comparado com as fibras sintéticas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ e Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia - ITEGAM.

## 6 REFERÊNCIAS

- 1 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**, São Carlos, v.15, n. 4, p. 256-260, 2005.
- 2 ISHIZAKI, M. H.; LEILA, L. Y. Visconte; CRISTINA, R. G. Furtado; MÁRCIA C. A. M.; LEITE, J. L. Leblanc. 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, n° 3, p. 182-186, 2006.
- 3 LIMA JUNIOR, U. M. Fibras da Semente do Açaizeiro (*Euterpe Oleracea* Mart.): **Avaliação quanto ao uso como Reforço de Compósitos Fibrocimentícios**. 2007. 145f. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Tecnologia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- 4 RODRIGUES, J. S. **Comportamento mecânico de material compósito de matriz poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria madeireira**. 2008. 35f. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Pará, 2008.

- 5 STANDARD TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES OF PLASTIC (METRIC). **ASTM D 638**, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 1989.
- 6 VENKATESHWARAN, N. et al. Effect of fiber length and fiber content on mechanical properties of banana fiber/epoxy composite. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**. n. 30, p. 1621-1635, 2011.