

# CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E MECÂNICA DA FIBRA DE MIRITI PARA UTILIZAÇÃO COMO REFORÇO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS<sup>1</sup>

Nubia Suely Silva Santos<sup>2</sup>

Carmen Gilda Barroso Tavares Dias<sup>3</sup>

Elisabete Maria Saraiva Sanchez<sup>4</sup>

Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia<sup>4</sup>

Eder Lima de Albuquerque<sup>4</sup>

## Resumo

Este trabalho apresenta resultados preliminares sobre um estudo que verifica a possibilidade de utilização da fibra de miriti como reforço em compósitos poliméricos. A fibra de miriti é originária da *Mauritia flexuosa* L., palmeira abundante na região amazônica, bastante utilizada na alimentação de comunidades ribeirinhas e na produção de artesanato popular. Os ensaios para caracterização microestrutural e mecânica sob carregamento de tração, foram realizados com o material em forma de talas e em forma de fibras, sendo que a primeira parte dos resultados foi obtida na Universidade Federal do Pará e no Museu Emílio Goeldi. A segunda parte dos resultados, que avaliou o material em forma de fibras foi obtida na Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP. Os valores obtidos no ensaio de tração das fibras são superiores aos obtidos no ensaio do material em forma de talas. Esses resultados indicam que a utilização do material em forma de fibras como reforço de compósitos pode ser mais interessante que a utilização do material em forma de talas.

**Palavras-chave:** Fibras vegetais; Propriedades mecânicas; Eco-compósitos.

## MICROSTRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF MIRITI FIBER FOR UTILIZATION AS REINFORCEMENT ON POLYMERIC COMPOSITES Abstract

This work presents preliminary results about a study that verify the possibility on utilization of miriti fiber as reinforcement in polymeric composites. The miriti fiber is originated from *Mauritia flexuosa* L., an abundant palmae of Amazonian region rather used as food and handcrafts for Amazonian populations. The microstructural and mechanical characterization on tensile tests, were made with material in form of talas and in form of fibers. The first stage of characterization was performed at Universidade Federal do Pará and Museu Emílio Goeldi. The second stage was performed at Faculdade de Engenharia Mecânica of the UNICAMP. The values obtained on tensile tests of de fibers are higher than the one obtained on tensile tests of the talas. These results indicated that the utilization of the material in form of fibers as reinforcement in polymeric composites, probably would obtain a better mechanical performance than the utilization of the material in form of talas.

**Key words:** Vegetable fibers; Mechanical properties; Eco-composites.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas

<sup>3</sup> Doutora em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas

## 1 INTRODUÇÃO

A exigência atual de uma maior consciência ambiental que possa colaborar com a diminuição do impacto causado pela industrialização e pelo consumo desenfreado, tem motivado os pesquisadores na busca de novas matérias-primas provenientes de fontes renováveis, entre as quais se destacam os materiais ligno-celulósicos. Matérias-primas vegetais como a madeira, têm sido usadas desde tempos remotos na construção civil e, mais recentemente, como materiais para engenharia.<sup>[1]</sup> Vários estudos mostram o potencial de reforçamento de matérias-primas ligno-celulósicas e abordam sua possibilidade de, em alguns casos, poder substituir as fibras de sintéticas. Na Europa, principalmente na indústria automobilística, as pesquisas avançam no sentido de substituir matérias-primas de fontes não renováveis por outras de fontes renováveis.<sup>[2]</sup> No Brasil, as primeiras substituições de fibras sintéticas por fibras vegetais, também ocorreram no setor automotivo, considerado uma das maiores áreas de aplicação das fibras vegetais.<sup>[3]</sup> Além da indústria automobilística, podemos encontrar fibras vegetais reforçando compósitos termoplásticos em aplicações no mobiliário, embalagens e construção civil.<sup>[4]</sup> Devido a sua baixa densidade, as fibras vegetais, também chamadas de fibras celulósicas, apresentam boas propriedades específicas,<sup>[3]</sup> característica que as tornam interessantes para uso como reforço em compósitos poliméricos. As principais desvantagens no emprego dessas fibras em compósitos poliméricos são relacionadas à natureza polar e hidrofílica, o que resulta em fraca adesão interfacial polímero-fibra.<sup>[5]</sup> Como a qualidade da interface fibra-matriz tem um papel fundamental na performance do produto final,<sup>[5]</sup> a modificação da superfície das fibras vegetais por meio de agentes químicos é outro assunto que tem suscitado bastante interesse. As fibras vegetais podem ser distinguidas conforme sua origem na estrutura da planta, em: (i) fibras dos frutos, como côco e açaí, (ii) fibras do caule, como linho, juta, kenaf, (iii) fibras das folhas, como sisal e curauá, e (iv) fibras de sementes, como o algodão.<sup>[3]</sup> Fibras como banana, sisal, juta, linho e curauá têm sido objeto de estudo de vários pesquisadores brasileiros e estrangeiros. Charlet et al.,<sup>[6]</sup> estudaram de que maneira a localização das fibras de linho no caule poderia influenciar as propriedades finais de compósitos unidirecionais. Andersons et al.,<sup>[7]</sup> chamaram a atenção para a alta variabilidade das propriedades mecânicas dos materiais naturais num estudo sobre as fibras de linho. A adesão interfacial fibra/matriz em compósitos de polietileno reforçados com fibra de côco é estudada por Brahmakumar et al.<sup>[4]</sup> Alguns estudos apresentam o uso das fibras vegetais combinadas com fibras de vidro, como Carvalho e Cavalcanti.<sup>[8]</sup> D'Almeida et al.<sup>[9]</sup> estudaram os aspectos morfológicos e as propriedades mecânicas sob carregamento de tração, para as fibras de piassava (*Attalea funifera*). Gomes et al.<sup>[10]</sup> elaboraram compósitos de fibras de curauá e avaliaram o efeito do tratamento alcalino dado às fibras nas propriedades mecânicas de tração dos compósitos. Santos et al.<sup>[11]</sup> estudaram as propriedades mecânicas de compósitos de matriz termofixa reforçados com fibras de buriti. O miriti é matéria-prima proveniente da palmeira do buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.),<sup>[12-14]</sup> da qual extraem-se de seu pecíolo – porção central que separa os folíolos de uma folha, uma vara de aproximadamente 8 cm de diâmetro, de característica um tanto esponjosa que é revestida externamente por uma camada mais resistente.<sup>[13]</sup> Abundante na região Amazônica essa palmeira é bastante utilizada por comunidades ribeirinhas que a utilizam principalmente na alimentação e na produção de artesanato popular.<sup>[14]</sup> Trabalhos recentes utilizando a fibra de miriti como reforço em compósitos são encontrados em

Santos et al.,<sup>[15]</sup> que avaliaram as propriedades mecânicas de flexão de compósitos de resina poliéster com reforço trançado de talas de miriti. Em outro estudo as fibras longas e curtas de miriti reforçam compósitos de matriz de resina de poliéster insaturado.<sup>[16]</sup> O presente trabalho tem como objetivo obter dados preliminares da caracterização microestrutural e mecânica da fibra de miriti, observando que o mesmo material pode ser utilizado tanto em forma de fibras – as que são separadas manualmente das talas, quanto na forma de talas, mais comum e a que é mais utilizada na elaboração de artesanato.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas neste trabalho talas e fibras de miriti, conforme mostrado na Figura 1, retiradas do pecíolo da palmeira *Mauritia flexuosa* L. As fibras foram obtidas a partir da separação manual das talas. As talas foram cominuídas para a determinação da densidade do material por picnometria, segundo a norma ASTM D792 (método B).

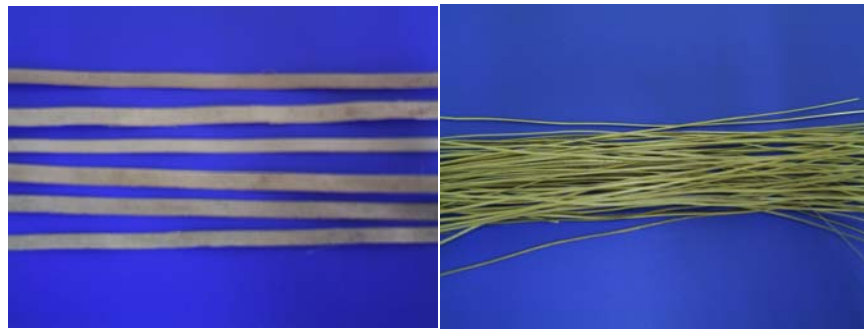


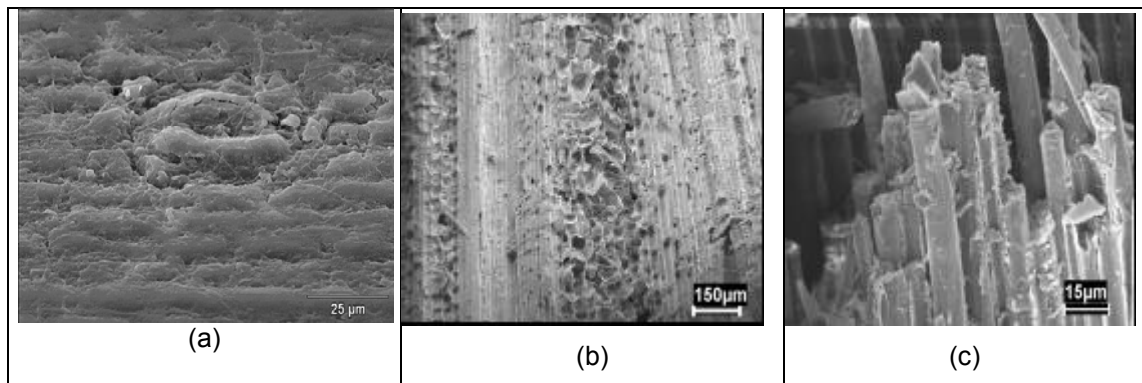
Figura 1. Material em forma de talas (esquerda), e em forma de fibras(direita).

O estudo da morfologia de superfície e microestrutura das talas foi feito através da técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV), no laboratório de pesquisa do Museu Emílio Goeldi. Para tanto as talas foram analisadas em seu lado externo (contato com o ambiente), e lado interno (contato com o sistema vascular do vegetal). A imagem do arranjo microestrutural da tala foi feita após fratura criogênica do material/espécime. A análise da morfologia de superfície e microestrutura das fibras utilizou a mesma técnica, sendo feita no laboratório de microscopia eletrônica de varredura da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. A imagem da microestrutura das fibras também foi feita após fratura criogênica. Os ensaios de resistência à tração do material em forma de talas foram conduzidos na Máquina Universal EMIC modelo DL 500, a velocidade de 10 mm/min em temperatura de 29°C e 70% de UR. Os ensaios de resistência à tração do material em forma de fibras foram feitos na máquina universal Tinius Olsen, modelo H5K-S, a velocidade de 10 mm/min, em temperatura de 23,9°C e 47% de UR. Os ensaios foram feitos de acordo com a ASTM D638 para os espécimes em forma de talas, e ASTM D3379 para os espécimes em forma de fibras.

## 3 RESULTADOS

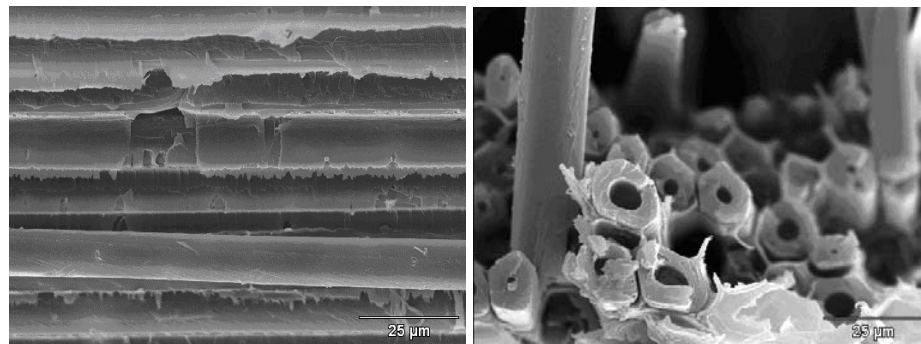
A morfologia da superfície das talas de miriti é mostrada nos dois lados do espécime, evidenciando diferenças inerentes à parte da palmeira de onde se extraiu o material ligno-celulósico, no caso o pecíolo. A superfície externa apresenta

aspecto mais regular com poucas porosidades (Figura 2.a), enquanto a superfície interna, que fica em contato com o sistema vascular do vegetal, apresenta rugosidades, além de marcas de deformação plástica causadas durante o procedimento de separação das talas do pecíolo (Figura 2.b). O arranjo microestrutural da tala, visualizado através da técnica de microscopia eletrônica de varredura, após fratura criogênica, mostra claramente de que forma os segmentos fibrosos se organizam no material, assim como o aspecto unidirecional característico das fibras (Figura 2.c).



**Figura 2.** Morfologia da superfície das talas: (a) externa, (b) interna, (c) microestrutura após fratura criogênica.

A morfologia característica das fibras do material em estudo é mostrada na Figura 3 (à esquerda), na qual observam-se sinais de deformação plástica que pode ter sido ocasionada durante a separação das fibras da tala, ou durante a extração das talas do pecíolo. As imagens feitas após fratura criogênica mostram a microestrutura do material, onde se nota claramente o arranjo em geometria hexagonal, assim como a presença do lúmen, formação típica das fibras vegetais (Figura 3, à direita).



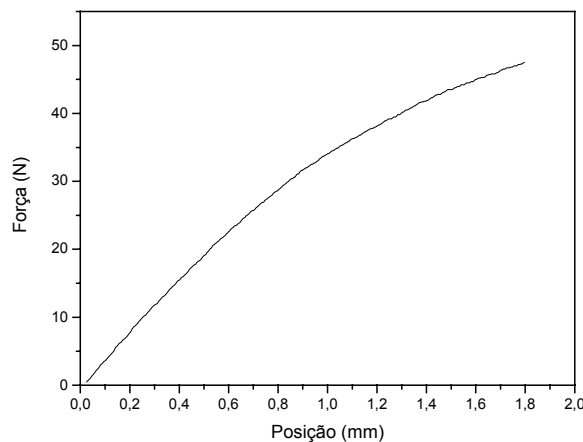
**Figura 3.** Morfologia da superfície da fibra(esquerda), e microestrutura com arranjo hexagonal e presença do lúmen (direita).

Os resultados obtidos no ensaio de tração das talas e das fibras de miriti, assim como os valores específicos, são mostrados na Tabela 1. O valor obtido no ensaio de densidade meio água –  $0,770 \text{ g/cm}^3$ , foi utilizado no cálculo dos valores específicos relativos à resistência e ao módulo.

**Tabela 1.** Propriedades mecânicas de tração de talas e fibras (2005-2007).

PROPRIEDADE	TALA	FIBRAS
Resistência à tração (MPa)	359,84 ± 57,26	684,14 ± 156,21
Módulo elástico (GPa)	15,43 ± 2,64	36,26 ± 12,29
Resistência Específica	47,30	97,7
Módulo Específico	1,98	5,18

Uma curva típica do ensaio de tração do material em forma de fibras, é mostrada na Figura 4.



**Figura 4.** Curva típica obtida após ensaio de tração das fibras de miriti.

#### 4 DISCUSSÃO

As características mais importantes de uma fibra vegetal para que a mesma possa atuar como reforço em compósitos poliméricos, são a resistência e módulo sob carregamento de tração, assim como os valores específicos da resistência e do módulo, determinados considerando a densidade do material. Conforme mostrado na Tabela 1, os valores obtidos nos ensaios das fibras de miriti foram superiores aos obtidos pelas talas. Raros são os estudos que abordam características mecânicas de materiais celulósicos em forma de talas, o que torna arriscado alguma afirmação a respeito de seu comportamento mecânico. Mas, supondo que uma tala de miriti seja formada por várias fibras, a ruptura de algumas destas fibras antes das outras, verificada durante os ensaios, pode ter influenciado o resultado final, além da existência de esforços cizalhantes, levando à ruptura precoce do material. Os valores obtidos para as fibras – resistência de 684 MPa e módulo de 36,26 GPa, estão próximos dos valores encontrados para as fibras de juta - 393-773 MPa e 26,5 GPa, respectivamente, a para as fibras de linho – 345-1035 MPa de resistência e 27,6 a 45 GPa de módulo<sup>[3]</sup>. A fibra de miriti apresentou densidade inferior à densidade da água – 0,770 g/cm<sup>3</sup>, o que resultou em interessantes valores específicos de resistência e módulo sob tração: resistência específica de 97,7 e módulo específico de 5,18. Esses valores estão coerentes aos citados em Mueller,<sup>[3]</sup> para fibras de juta - 52,5 e 1,80, respectivamente; para as fibras de linho - 73,8 e

3,21; para as fibras de kenaf - 63,2 e 3,60; e para as fibras de sisal – 43,2 e 1,07. D'Almeida et al.<sup>[9]</sup> fizeram estudos de caracterização morfológica e mecânica da fibra de *piassava* (*Attalea funifera*), e encontraram valores máximos de resistência de 142 MPa e 4,59 GPa de módulo sob tração. Charlet et al.,<sup>[6]</sup> estudaram o comportamento mecânico das fibras de linho conforme sua localização na haste do vegetal, encontraram valores que variavam entre 755 a 1129 MPa para a resistência à tração, e 46,9 a 59,1 GPa para o módulo sob tração. Gomes et al.,<sup>[10]</sup> citam algumas propriedades mecânicas da fibra de curauá, como resistência à tração de 913 MPa e módulo sob tração de 30 GPa. A variabilidade das propriedades mecânicas de matérias-primas vegetais é levantada por Andersons,<sup>[7]</sup> que estudou a distribuição estatística das propriedades mecânicas das fibras de linho. A morfologia da superfície e da microestrutura, tanto das talas de miriti como das fibras, apresentaram imagens semelhantes às encontradas na literatura para outras fibras vegetais. Conforme a literatura, a existência de um espaço vazio denominado lúmen, é que dá às fibras vegetais a principal vantagem sobre as fibras de vidro, pois é responsável por valores de densidade até 40% menores que os da fibra de vidro e outras fibras sintéticas.<sup>[3]</sup>

## CONCLUSÃO

- ✓ A morfologia apresentada pelas fibras de miriti, da superfície e da microestrutura, está coerente com a morfologia de algumas fibras vegetais mais utilizadas como reforçamento de compósitos;
- ✓ A utilização do material em forma de fibras para reforçar compósitos poliméricos, mostra-se mais interessante, pois os resultados obtidos nos ensaios de tração das fibras são significativamente superiores aos obtidos pelas talas;
- ✓ Outra desvantagem para a utilização da tala como reforço em compósitos, é a diferença na morfologia de superfície, o que resultaria em dois tipos de interface tala/matriz polimérica, tornando complexa a adesão interfacial;
- ✓ Os valores obtidos nos ensaios de tração, assim como os valores específicos, estão coerentes aos encontrados na literatura para fibras vegetais mais utilizadas como reforço em compósitos;
- ✓ Os valores específicos obtidos para as fibras de miriti estão bastante interessantes e justificam o aprofundamento das pesquisas;
- ✓ A obtenção de valores mais confiáveis das propriedades mecânicas requer especial atenção tanto no número de espécimes ensaiados, quanto no tratamento dos dados obtidos.

## REFERÊNCIAS

- 1 BENGTTSSON, M.; GATENHOLM, P.; OKSMAN, K. *Comp. Sci. Technol.*, 2005, 65, 1468.
- 2 SATYANARAYANA, K.G.; GUIMARÃES, J.L.; WYPYCH, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications. *Composites: Part A* 38 (2007) 1694–1709.
- 3 MUELLER, D.H.; KROBJILOWSKI, A. New Discovery in the Properties of Composites Reinforced with Natural Fibers. *J. Ind. Text.*, 2003, 33, 11.
- 4 BRAHMAKUMAR, M., PAVITHRAN, C., PILLAI, R.M. Coconut fibre reinforced polyethylene composites: effect of natural waxy surface layer of the fibre on

- fibres/matrix interfacial bonding and strength of composites. *Composites Science and Technology*, v. 65, p. 563-569, 2005.
- 5 CARVALHO, L.H.; CAVALCANTI, W.S. Propriedades Mecânicas de Tração de Compósitos Poliéster/Tecidos Híbridos Sisal/Vidro. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 16, n° 1, p. 33-37, 2006.
  - 6 CHARLET, K.; BAILEY, C.; MORVAN, C.; J.P. JERNOT, J.P.; GOMINA, M.; BREARD, J. Characteristics of Hermés flax fibres as a function of their location in the stem and properties of the derived unidirectional composites. *Composites: Part A* 38 (2007) 1912–1921.
  - 7 ANDERSONS, K.; SPARNINS, E.; JOFFE, R., WALLSTROM, L. Strength distribution of elementary flax fibres. *Composites science and Technology* 65, (2005) 693-702.
  - 8 CARVALHO, L.H.; CAVALCANTI, W.S. Propriedades Mecânicas de Tração de Compósitos Poliéster/Tecidos Híbridos Sisal/Vidro. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 2006, 16, 33.
  - 9 D'ALMEIDA, J.R.M.; AQUINO, R.C.M.P.; MONTEIRO, S.N. Tensile mechanical properties, morphological aspects and chemical characterization of piassava (*Attalea funifera*) fibers. *Composites: Part A* 37 (2006) 1473–1479.
  - 10 GOMES, A.; MATSUO, T.; GODA, K.; OHGI, J. Development and effect of alkali treatment on tensile properties of curaua fiber green composites. *Composites: Part A* 38 (2007) 1811–1820.
  - 11 Santos, R.S.; Silveira, E. L. C.; Souza, C.M.L. Estudo das propriedades mecânicas de compósitos de matriz termofixa reforçada com fibras de buriti. In: *30a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*.
  - 12 VALENTE, R.M.; ALMEIDA, S.S. As palmeiras de Caxiuanã. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001.54f.
  - 13 VILHENA-POTYGUARA, R.C. Panorama sobre as pesquisas em anatomia de órgãos vegetativos das palmeae (arecaceae). In: 54° CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 2003, Belém. Anais ...Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2003. p. 246-247.
  - 14 ALMEIDA, S.S. Palmeiras da Amazônia Oriental: importância paisagística, florística e econômica. In: 54° CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 2003, Belém. Anais ...Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2003. p. 218-247.
  - 15 SANTOS, N.S.S., SANCHEZ, E.M.S.; CAVANI, C.S.; SANCHEZ, C.G.; DIAS, C.G.B.T.; ZAVAGLIA, C.A.C.; ALBUQUERQUE, E.L. Compósitos de resina poliéster insaturado com fibras de miriti: propriedades mecânicas de flexão. In: 9 Congresso Brasileiro de Polímeros, 2007.
  - 16 SANTOS, N.S.S., SANCHEZ, E.M.S.; ZAVAGLIA, C.A.C.; ALBUQUERQUE, E.L. Mechanical properties of Amazonian vegetable fiber/unsaturated polyester composites. In: 6 SBPMAT, 2007.