

## **A engenharia na pesquisa de eco-compósitos a partir de matérias-primas celulósicas utilizadas em comunidades amazônicas**

**Autores:** Cecília Amelia de Carvalho Zavaglia ()  
Eder Lima de Albuquerque ()  
Elisabeth Maria Saraiva Sanches ()  
Nubia Suely Silva Santos (Universidade Estadual de Campinas)

### *Resumo*

*No desenvolvimento de novos materiais de engenharia, as matérias-primas vegetais têm gerado grande interesse, devido ao seu potencial de configurarem produtos ecologicamente corretos, de baixo impacto ao meio ambiente. Fibras vegetais como linho, sisal e curauá, são utilizadas como reforço em materiais compósitos, em aplicações no mobiliário, construção civil e indústria automobilística. Neste trabalho, é mostrado como a produção de fibras vegetais se constitui numa atividade intrinsecamente ligada aos conhecimentos tradicionais de comunidades ribeirinhas da Amazônia, e como essa atividade é considerada importante no desafio de tornar viável econômica e ecologicamente a exploração dos recursos da floresta. Os principais aspectos de estudos locais recentes que utilizaram fibras vegetais da floresta para reforçar compósitos poliméricos são comentados. Características como morfologia, propriedades e aplicações das fibras vegetais são mencionadas para fibras como curauá, sisal, miriti e juta, entre outras. Essas iniciativas mostram como a engenharia pode buscar modelos de uso sustentável da floresta, assim como também reconhecer o papel fundamental das comunidades locais no equilíbrio deste sistema.*

*Palavras-chave: compósitos verdes; fibras vegetais; biodiversidade.*

### **1. Introdução**

O campo de pesquisa sobre fibras vegetais tem experimentado um crescente interesse, muito devido à percepção de que estes materiais são “verdes”, ou “amigáveis” ao meio ambiente (BLEDZKI, 2006). Suas características de biodegradabilidade e reciclabilidade, além do fato de serem provenientes de fontes renováveis, fazem com que sua utilização tenha baixo impacto ambiental. Quanto aos aspectos econômicos, os recursos naturais têm um papel importante na economia doméstica de países em desenvolvimento como o Brasil (SATYANARAYANA, 2007), sendo igualmente relevantes para o desenvolvimento humano de comunidades localizadas em área de floresta. A Amazônia abriga a maior diversidade biológica por bioma conhecida, e, considerando-se a dependência da espécie humana em relação aos recursos naturais, um bioma megadiverso é, antes de mais nada, um potencial depositário de soluções para os grandes problemas que a humanidade enfrenta e ainda vai enfrentar ao longo dos próximos séculos (IDSM, 2006).

Muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de se conhecer para melhor explorar os recursos em fibras naturais da Amazônia, como curauá, açaí, miriti e juta, entre outros (SATYANARAYANA, 2007). Leão (1997) *et al.*, comenta sobre a importância da exploração dessas matérias-primas de fontes renováveis, para o desenvolvimento econômico de áreas rurais, o que deve ser feito de maneira sustentável. Em Zah (2007) *et al.*, encontramos um estudo sobre a sustentabilidade do uso das fibras de curauá como material de engenharia na indústria automobilística, principal setor que demanda o uso de fibras vegetais (BLEDZKI, 2006), seguido da construção civil e mobiliário. As matérias-primas vegetais, também

chamadas ligno-celulósicas, celulósicas, ou apenas fibras vegetais, são incorporadas a termoplásticos como o polipropileno, polietileno e poliestireno, entre outros, na forma de fibras ou de cargas (LEÃO, 1997), originando os compósitos com matriz polimérica e reforço de fibras vegetais. A participação de dois tipos de reforços no compósito tem sido muito estudada. Carvalho *et al.* (2006), elaborou compósitos de poliéster/tecidos híbridos sisal/vidro, e estudou suas propriedades mecânicas. John e Naidu (2004), trabalharam no mesmo sistema com matriz de resina de poliéster insaturado, para prever as propriedades mecânicas de compressão e impacto. Tomczak *et al.* (2007), conduziram estudos sobre a morfologia e as propriedades das fibras de côco no Brasil. Almeida *et al.* (2006), estudaram as características mecânicas e aspectos morfológicos da fibra de piassava (*Attalea funifera*). Gomes e colaboradores (2007), estudaram o efeito do tratamento alcalino nas fibras de curauá, sobre as propriedades mecânicas de tração da fibra, para uso em compósitos verdes.

Com o avanço das pesquisas sobre fibras vegetais, observou-se que as propriedades mecânicas variavam conforme o local do vegetal de onde eram extraídas. Charlet e colaboradores (2007), estudaram as características das fibras de linho em função de sua localização no caule, levando em consideração o diâmetro das fibras, módulo e resistência à tração, segundo as fibras se localizassem na parte de cima, no meio ou na parte de baixo do caule. O objetivo deste trabalho é fazer um breve comentário a respeito da origem das pesquisas sobre fibras vegetais na região, mostrando uma conexão entre engenharia, biodiversidade e conhecimentos tradicionais. São citados também alguns aspectos de estudos recentes que utilizaram fibras vegetais da floresta amazônica para reforçar compósitos poliméricos.

## **2. Pesquisas sobre matérias-primas fibrosas da Amazônia**



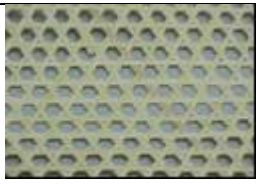
Muito das fibras vegetais existentes na Amazônia começaram a ser estudadas a partir da cultura material de diversas tribos indígenas ainda existentes na região. Ribeiro (1985), citou diversas matérias-primas vegetais em seu trabalho para classificar os trançados de fibras confeccionados pelos indígenas. Vários pesquisadores do Museu Emilio Goeldi também escolheram as fibras vegetais como assunto de seus trabalhos, dando ênfase às diferentes espécies de palmeiras que fazem parte da biodiversidade da floresta Amazônica e que fornecem matérias-primas fibrosas. Oliveira *et al.* (1991), estudaram a utilização das fibras pelas comunidades ribeirinhas/amazônicas, ocorrência das espécies e sua classificação botânica. Nesse trabalho, propõem 5 categorias de utilização das matérias-primas fibrosas: agricultura, pesca, vestuário, construção e utilidades domésticas e decoração. Nesse mesmo estudo, verificou-se que a classe das Monocotyledoneae, onde se encontram as palmeiras (Arecaceae), são as que mais fornecem matérias-primas fibrosas para as categorias de utilização citadas acima. Velthem (1998), em seu estudo sobre a etnografia dos trançados de fibras vegetais feitos pela tribo Wayana, cita as fibras da folha do buriti e as fibras do caule do arumã, entre as espécies mais utilizadas pelos indígenas. Valente e Almeida (2001), fizeram um levantamento das espécies de palmeiras existentes na estação científica de Caxiuanã, sua utilização na alimentação, na construção e no artesanato, igualmente citam o buritizeiro e o arumã como espécies fornecedoras de matérias-primas fibrosas.

No campo da engenharia de materiais, pesquisas recentes na Universidade Federal do Pará-UFPA, estudaram o uso de diversas fibras vegetais como reforço em compósitos poliméricos. Costa (2004), estudou a adesão interfacial de polipropileno carregado com fibras de açaí, usando PP reciclado. Meireles (2006), elaborou preformas para compósitos utilizando fibras de juta e matriz termofixa. Santos *et al.* (2006), alaborou compósitos de fibras trançadas com as mesmas matérias-primas utilizadas pelos artesãos ribeirinhos, utilizando PP reciclado como matriz, submetendo à caracterização mecânica sob carregamento de tração. Em outro estudo, Santos *et al.* (2007), estudaram as propriedades mecânicas de flexão de compósitos de resina

poliéster com fibras trançadas de miriti. Estudos recentes e com resultados preliminares, utilizaram fibras de miriti curtas e fibras de miriti longas e alinhadas na elaboração de compósitos tendo como matriz resina poliéster insaturado (SANTOS, 2007), na tentativa de se prever as propriedades mecânicas sob carregamento de tração.

### 3. Fontes, coleta e produção de fibras vegetais na Amazônia

A atividade de extração, coleta e beneficiamento de matérias-primas fibrosas, é feita por algumas comunidades ribeirinhas da floresta (OLIVEIRA, 1991, ALMEIDA, 2003), que utilizam as técnicas herdadas pelos indígenas para produzir o artesanato denominado "cestaria". No trabalho de Santos (2006), são destacadas 03 espécies fornecedoras de matérias-primas fibrosas, cuja extração/coleta e produção de artesanato, geram renda para as comunidades. No quadro abaixo podemos visualizar alguns exemplos de artesanato e respectivas comunidades produtoras.

Trançado	Descrição	Comunidade
	Trama fechada biaxial, elemento alternando dois ou mais elementos formando desenhos quadrados Largura tala: 5mm (média) Espécie: <i>Ischinosiphon arouma</i> Koern (guarumã)	Utinga – Açu (Barcarena-Pa)
	Trama fechada biaxial, elemento alternando dois ou mais elementos formando desenhos em espinha de peixe Largura tala: 5mm (média) Espécie: <i>Mauritia flexuosa</i> L. (miriti, buriti)	Abaetetuba - Pa
	Trama aberta triaxial, elemento um a um alternado, formando hexágonos de 6mm de lado Largura tala: 5mm (média) Espécie: <i>Astrocaryum vulgare</i> Mart (tucumã, tucum)	Santarém - Pa
Fonte: Santos (2006)		

Quadro 1 - Classificação botânica das matérias-primas utilizadas nos trançados

No quadro 2 as espécies que fornecem matérias-primas fibrosas são identificadas pelos seus nomes científicos.

<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Habitat</b>	<b>Origem da matéria-prima fibrosa</b>
<i>Ischinosiphon arouma</i> Koern guarumã, arumã (arbusto, erva)	Marantaceae (Monocotyledoneae)	Áreas de várzea em forma de touceiras	Parte externa da haste (epiderme do caule)
<i>Mauritia flexuosa</i> L. buriti, miriti (palmeira)	Arecaceae (Monocotyledoneae)	Áreas de várzea, isolada ou agrupada	Parte externa do pecíolo (epiderme)
<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart tucumã, tucum (palmeira)	Arecaceae (Monocotyledoneae)	Áreas de terra firme, primária e de capoeira; agrupadas	Folíolos jovens

Fonte: Almeida (2003) e Oliveira *et al* (1991)

Quadro 2 - Classificação botânica das matérias-primas utilizadas nos trançados

Quando se trata da floresta Amazônica, é inútil pensar apenas no material, no lado material da descoberta exploração de recursos naturais, na pesquisa e utilização dessas matérias-primas em novos produtos para a sociedade. Os recursos da floresta, principalmente os recursos vegetais, não raro são utilizados por populações tradicionais na alimentação, artesanato e construção civil. Essas populações detêm, portanto, a maioria dos conhecimentos que dizem respeito a essas matérias-primas, fazendo com que, numa situação de equilíbrio, ou seja, sem interferências externas, homem e meio ambiente convivam harmonicamente. O homem ribeirinho, caboclo, indígena ou quilombola conhece o bioma em que vive, sabe tirar da floresta o necessário para sua subsistência e de sua família, utilizam sustentavelmente os recursos, conhecem as estratégias de conservação da biodiversidade. Essas estratégias devem ser respeitadas pela comunidade científica, fazendo com que a ciência assuma seu papel de sistematizadora dos conhecimentos tradicionais, promovendo o uso sustentável dos recursos vegetais, como única chance de sobrevivência das populações tradicionais da floresta.

#### 4. Características físicas e mecânicas das fibras vegetais

A maioria das imagens de microscopia encontrada em diversos estudos sobre fibras vegetais, utiliza a técnica da microscopia eletrônica de varredura (MEV), mostrando que essa técnica é realmente a mais apropriada para o estudo da morfologia de superfície e microestrutura dos materiais fibrosos. As principais características na morfologia de superfície mostram rugosidades, relevos e reentrâncias que podem favorecer ou não a adesão da matriz polimérica, quando tratamos de compósitos poliméricos reforçados com fibras vegetais. A mesma técnica de microscopia é bastante útil no estudo da influência dos tratamentos químicos dados às fibras e que visam melhorar a adesão na interface fibra/polímero, através da mudança de morfologia de superfície das fibras. Para o estudo da microestrutura das fibras, as mesmas podem passar pelo processo de fratura criogênica antes da leitura no microscópio eletrônico. Na fig. 1 podemos observar imagens feitas pela técnica de microscopia eletrônica de varredura após fratura criogênica dos espécimes, para as fibras de arumã (ou guarumã), tucumã e miriti. A fig. 1(c) mostra o arranjo estrutural da fibra e a presença e dimensão do lúmen – uma das principais características dos materiais fibrosos, o lúmen é responsável pela baixa densidade do material.

Fibra	Densidade	Resistência à tração(MPa)	Módulo de elasticidade na tração(GPa)	Módulo específico (Km)
Miriti	0,776	360	15,4	1,98
Juta	1,44	393	26,5	1,80
Guarumã	0,98	400	11,0	1,21
Tucumã	0,60	109	4,00	0,89
Curauá	1,38	913	30	-
Fonte: Santos (2006); Gomes <i>et al.</i> (2007); Satyanarayana <i>et al.</i> (2007)				

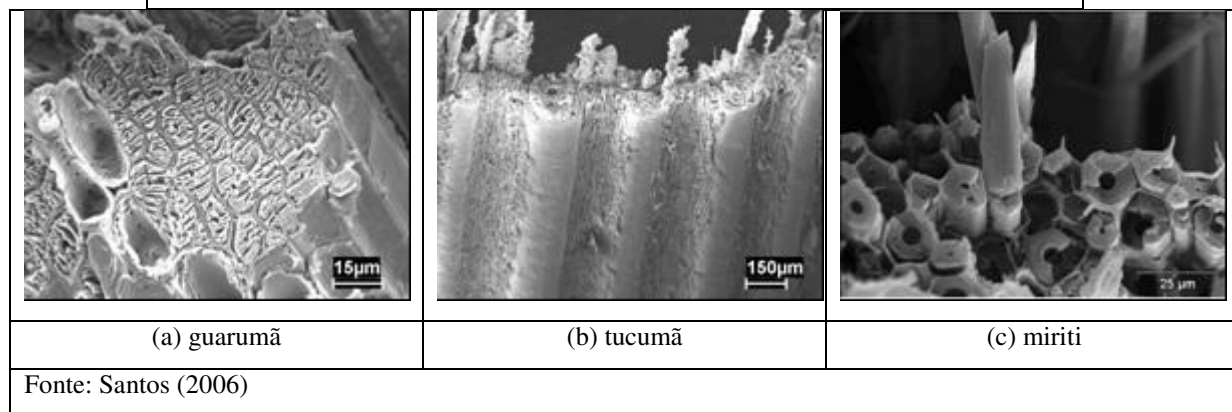
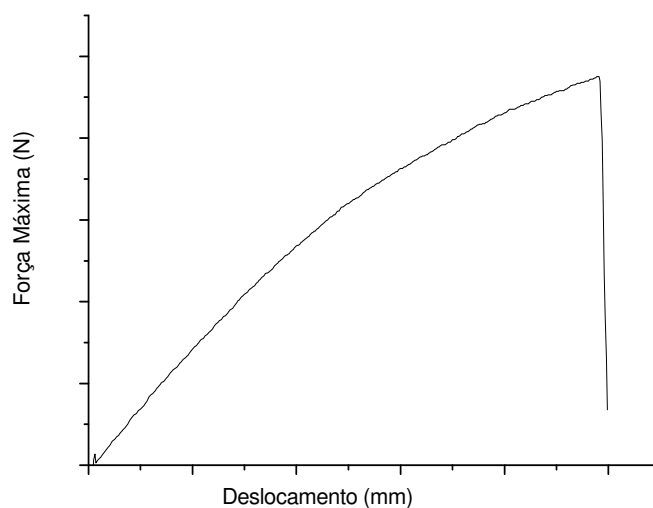


Figura 1 – Imagens feitas após fratura criogênica dos espécimes

As propriedades mecânicas das fibras geralmente são estudadas pelo ensaio de tração, que fornecem resultados de resistência e módulo do material. O comportamento tensão-deformação da fibra é dado no gráfico da fig. 2, no qual podemos visualizar a rigidez do material. Os valores obtidos no ensaio de tração são úteis quando da comparação das respostas mecânicas de outras fibras vegetais. Alguns valores experimentais são dados no quadro 3.

Quadro 3 – Valores algumas fibras no



experimentais de ensaio de tração

Fonte: Santos (2006)

Figura 2 – Curva típica do comportamento tensão-deformação para fibras vegetais

## 5. Conclusão

O estudo sobre os materiais fibrosos existentes no bioma amazônico tem suas origens nas primeiras pesquisas feitas com fins museológicos, para catalogar a cultura material de tribos indígenas amazônicas. Desde então sabemos a importância vital da biodiversidade da floresta para as populações tradicionais amazônicas. Os conhecimentos indígenas relativos a coleta/extração e beneficiamento das fibras vegetais, foram herdados por outras populações amazônicas ribeirinhas. Os conhecimentos tradicionais constituem-se, dessa maneira, em oportunidade de pesquisa sobre novas matérias-primas vegetais existentes no bioma amazônico, podendo levar a descobertas de matérias-primas com potencial para serem utilizadas em materiais de engenharia. A utilização sustentável desses recursos é uma necessidade vital para a sobrevivência do sistema populações ribeirinhas/biodiversidade, devendo ser respeitado em todas as pesquisas que incluam o espaço amazônico.

## Referências

- ALMEIDA, J.R.M., AQUINO, R.C.M.P., MONTEIRO, S.N., 2006.** *Tensile mechanical properties, morphological aspects and chemical characterization of piassava (Attalea funifera) fibers.* Composites: Part A 37, 1473–1479.
- BLDZKI, A.K., FARUK, O., SPERBER, V. E., 2006.** *Cars from Bio-Fibres.* Macromol. Mater. Eng., 291, 449–457.
- CARVALHO, Laura H., CAVALCANTI, Wilma S., 2006.** *Propriedades Mecânicas de Tração de Compósitos Poliéster/TecidosHíbridos Sisal/Vidro.* Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 16, nº 1, p. 33-37.
- CHARLET, K., BALEY, C., MORVAN, C., JERNOT, J.P., GOMINA, M., BREARD, J., 2007.** *Characteristics of Herme's flax fibres as a function of their location in the stem and properties of the derived unidirectional composites.* Composites: Part A 38, 1912–1921.
- COSTA, C. D. P. da; DIAS, C. G. B. T., 2004.** *Adesão Interfacial de Polipropileno Carregado com Fibras Naturais.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 16, Porto Alegre.
- GOMES, A, MATSUO, T., GODA, K., OHGI, J., 2007.** *Development and effect of alkali treatment on tensile properties of curaua fiber green composites.* Composites: Part A 38, 1811–1820.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MAMIRAUÁ, 2006 – JOSÉ MÁRCIO AYRES - IDSM-OS Plano Diretor do IDSM-OS 2006 – 2009 Tefé – Amazonas Abril, 2006.**

- JOHN, K., VENKATA NAIDU, S.**, 2004. *Sisal Fiber/Glass Fiber Hybrid Composites: The Impact and Compressive Properties*. Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol. 23, No. 12.
- MEIRELLES, A.C.R., DIAS, C.G.B.T.**, 2006. *Processes for the obtaining of tri-dimensional preform using natural fibers*. Macro 2006 - 41st International Symposium on Macromolecules Proceedings.
- OLIVEIRA, J., ALMEIDA, S.S., VILHENA-POTYGUARA, R., LOBATO, L.C.B.**, 1991. *Espécies vegetais produtoras de fibras utilizadas por comunidades Amazônicas*. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica 7(2).
- RIBEIRO, B.G.**, 1985. *A arte do trançado dos índios do Brasil: um estudo taxonômico*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi; Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Folclore, 185p.
- SANTOS, N.S.S.**, 2006. *Estudo da utilização de trançados vegetais na elaboração de compósitos laminados*. Dissertação (Mestrado) – Centro tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará.
- SANTOS, N.S.S., DIAS, C.G.B.T.**, 2006. *Mechanical properties of plant braided fabrics/ post-consumer polypropylene composites*. In: Anais em CD-Room do Simpósio Internacional de Macromoléculas - Macro 2006 – 41st International Symposium on Macromolecules Proceedings.
- SANTOS, N.S.S., SANCHES, E.M.S., CAVANI, C.S., SANCHES, C.G., ZAVAGLIA, C.A.C., ALBUQUERQUE, E.L.**, 2007. *Compósitos de resina de poliéster insaturado com fibras de miriti: propriedades mecânicas de flexão*. In: Anais em CD-Room do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros.
- SANTOS, N. S., SANCHES, E. S., ZAVAGLIA, C. A., ALBUQUERQUE, E. L.**, 2007. *Mechanical properties of Amazonian vegetable fiber/unsaturated polyester composites*. In: Anais em CD-Room do 6º Encontro da sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais.
- SATYANARAYANA, K.G., J.L. GUIMARÃES, J.L., WYPYCH, F.**, 2007. *Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications*. Composites: Part A 38, 1694–1709.
- TOMCZAK, F., SYDENSTRICKER, T. H. D., SATYANARAYANA, K.G.**, 2007. *Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part II: Morphology and properties of Brazilian coconut fibers*. Composites: Part A 38, 1710–1721.
- VALENTE, R.M.; ALMEIDA, S.S.**, 1998. *As palmeiras de Caxiuanã*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001.54f. Velthem, L.H.V. *A pele de Tuluperê: uma etnografia dos trançados Wayana*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1998. 251p. (coleção Eduardo Galvão).
- ZAH, R., HISCHIER, R., LEÃO, A.L., BRAUN, I.**, 2007. *Curauá fibers in the automobile industry e a sustainability assessment*. Journal of Cleaner Production 15, 1032e1040.