

## COMPÓSITOS DE POLIÉSTER COM FIBRAS DE PIAÇAVA (*Attalea funifera*) E SISAL (*Agave sisalana*)<sup>1</sup>

Válter Figueiredo Montello Júnior<sup>2</sup>  
Valdeci Melo Pereira<sup>2</sup>  
Rafael Neves Tavares<sup>2</sup>  
Frank Valdo Monteiro de Lima<sup>2</sup>  
Deibson Silva da Costa<sup>3</sup>  
Wassim Raja El Banna<sup>3</sup>  
Roberto Tetsuo Fujiyama<sup>4</sup>

### Resumo

O presente trabalho mostrará a caracterização mecânica por ensaio de tração de compósitos híbridos reforçados com fibras naturais de piaçava e sisal nas proporções em massa de 25% de sisal com 75% piaçava, 50% de sisal com 50% de piaçava e 75% sisal com 25% de piaçava que foram cortadas manualmente em comprimentos de 5 mm, 10 mm e 15 mm. Foi feita também a caracterização microestrutural dos mesmos através de microscopia estereoscópica. Dez corpos de prova para cada comprimento e cada proporção foram moldados em fôrmas de silicone e dimensionados manualmente. Obteve-se um material com resistência à tração com valor médio 47% menor comparado a um compósito apenas com fibras de sisal em matriz poliéster.

**Palavras-chave:** Fibras de piaçava; Fibras de sisal; Materiais compósitos.

### POLYESTER COMPOSITE WITH PIASSAVA (*Attalea funifera*) AND SISAL (*Agave sisalana*) FIBERS

### Abstract

This work will show the mechanical characterization by tensile test of hybrids composites reinforced with natural fibers of piassava and sisal in mass proportions of 25% of sisal with 75% of piassava, 50% of sisal with 50% of piassava and 75% of sisal with 25% of piassava which were manually cut into lengths of 5 mm, 10 mm and 15 mm. There was also made the micro structural characterization of themselves trough stereoscopic microscopy. Ten specimens for each and every length ratio were molded in silicone molds and manually sized. A material 47% less tensile resistant compared with a composite only of sisal fibers made into polyester matrix was obtained.

**Key words:** Piassava fibers; Sisal fibers; 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> Graduando. Faculdade de Engenharia Mecânica, ITEC, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, PA, Brasil.

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

<sup>4</sup> Engenheiro mecânico. Dr, Professor Adjunto, PPGEM, ITEC, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, PA, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Em vista às crescentes solicitações e necessidades por materiais mais leves e resistentes por parte da indústria, principalmente aeronáutica e automobilística, intensificam-se estudos sobre a possibilidade de novos recursos que satisfaçam a esses desejos. Paralelo a esta tendência, corre a preocupação da sustentabilidade, a exigência do mundo moderno em atender ao aperfeiçoamento da indústria e sua cadeia, simultaneamente com o compromisso de cumprimento às leis ambientais, essas cada vez mais exigentes e rigorosas, e com as questões sociais, ergonômicas, de saúde, de distribuição de renda, de emprego, etc.

Uma solução que se mostrou muito viável é a utilização de compósitos com reforços com fibras vegetais, voltada principalmente para a utilização de recursos naturais abundantes, renováveis e de boa velocidade de recuperação natural. Na região amazônica, cenário de preocupada atenção mundial, principalmente com questões de desmatamentos, conservação da biodiversidade e notório potencial hídrico, a prática de tal ação, como o cultivo de espécies usadas como fonte de reforço natural para compósitos com fibras vegetais, vem se mostrando viável, tanto pela prática do reflorestamento estudado para a cultura das espécies desejadas, respeitando características dos sub-ecossistemas e suas espécies, quanto pela inclusão social, distribuição de renda e melhorias em setores como educação, saúde, transporte e segurança das comunidades amazônicas, atraídos pelo intuito da cultura dos espécimes.

Dentre os vegetais de onde se extraem as fibras pode-se destacar o sisal (*Agave sisalana*) e a piaçava (*Attalea funifera*). O sisal é uma planta geralmente produzida nas regiões do semiárido, onde são dedicados muitos hectares para o seu cultivo, pois, além de servir como mucilagem em alimentação animal, sua fibra é muito usada na indústria, principalmente de fios, cordas e estofamentos.<sup>(1)</sup> Da piaçava é possível se extrair fibras, estas possuidoras de características alongadas, lisas e impermeáveis, características essas que as fazem solicitadas para confecção de vassouras e escovões, cordoaria, preenchimento de assentos de automóveis e coberturas de casas e quiosques.<sup>(2)</sup>

O objeto de pesquisa visa justificar o uso das fibras de sisal e piaçava como reforço em uma matriz de poliéster como material compósito com argumentações embasadas em resultados de ensaios de tração de corpos de prova construídos com tais materiais. A Figura 1 mostra a planta de onde se extrai a piaçava e a Figura 2, a planta de sisal.



Figura 1. (a) Planta fonte de piaçava (*Attalea funifera*);<sup>(3)</sup> (b) Planta fonte de sisal (*Agave sisalana*).<sup>(4)</sup>

## 2 MATERIAIS E METODOLOGIA EXPERIMENTAL

### 2.1 Materiais

A resina poliéster tereftálica insaturada, utilizada como matriz no compósito é obtida no comércio local da cidade de Belém-PA. Os agentes catalisadores, utilizados em um único volume na proporção de 0,33% (v/v), são o peróxido de metil-etil-cetona e o naftenato de cobalto de acordo com a literatura estudada.

As fibras de piaçava e sisal que foram utilizadas neste trabalho foram adquiridas no comércio da região metropolitana de Belém-PA. A Figura 2 ilustra as fibras sem qualquer tipo de tratamento.

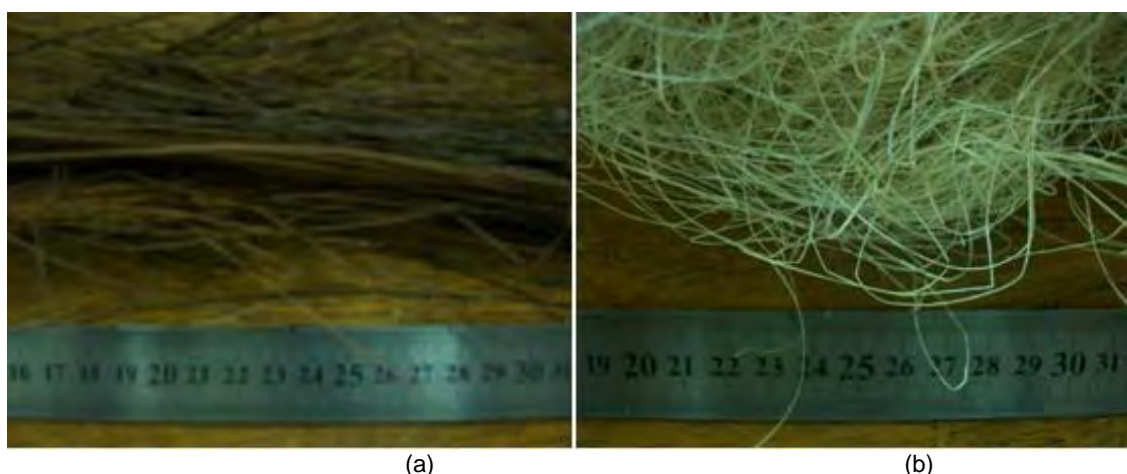


Figura 2. Fibras naturais sem qualquer tipo de tratamento; (a) Fibras de piaçava; (b) Fibras de sisal.

### 2.2 Experimentos

#### 2.2.1 Produção dos corpos de prova

Os corpos de prova foram produzidos em moldes de silicone sem sofrerem compactação. A moldagem é predominantemente manual, auxiliada apenas por um bastão de vidro e uma espátula plástica. A fase de dimensionamento, ou seja, o processo realizado para adequar os corpos de prova às medidas exigidas pela norma ASTM D 638M<sup>(5)</sup> foi procedida por lixamento. A aparência dos moldados antes da ação metalográfica e após a mesma pode ser apreciada na Figura 3.

A imagem abaixo ilustra os corpos de prova em proporção de 50% de sisal com 50% de piaçava em molde e após o lixamento.

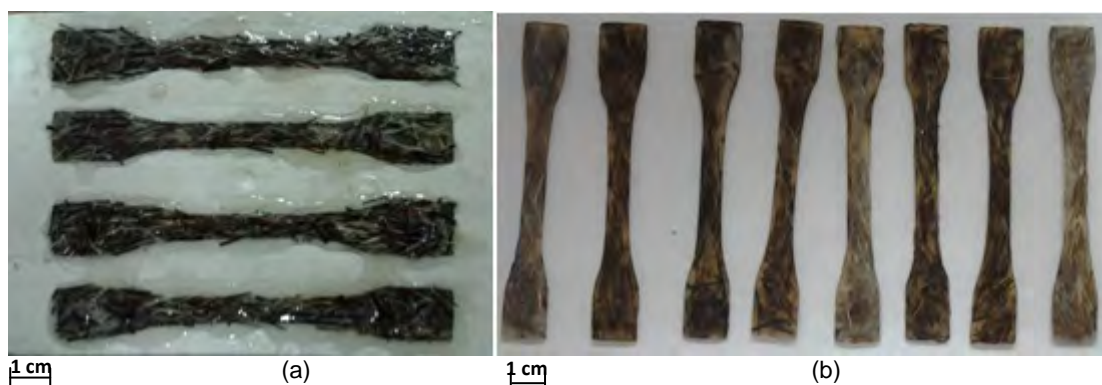
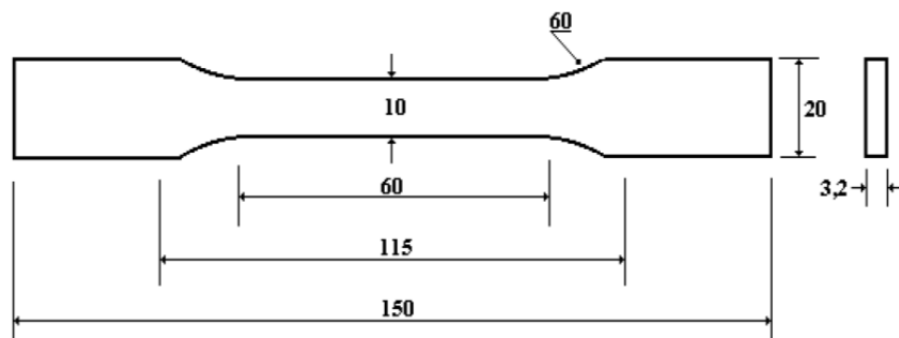


Figura 3. (a) Corpo de prova 50% sisal X 50% piaçava antes do recém moldados; (b) Corpo de prova 50% sisal X 50% piaçava após o lixamento

## 2.2.2 Caracterização mecânica e microestrutural dos compósitos

A norma ASTM D 638M padroniza a metodologia para o ensaio de tração que os corpos de prova sofrerão, bem como suas dimensões para tal. A Figura 4 exhibe as características geométricas que devem ser satisfeitas.



**Figura 4.** Desenho fora de escala de um corpo de prova nas dimensões em milímetros exigidas para o ensaio de tração.

A máquina utilizada para o ensaio de tração é do modelo MKCA – KE de fabricação da KRATOS COF Equipamentos Industriais LTDA. Esta máquina equipa o laboratório de ensaios mecânicos do Laboratório de Engenharia Mecânica (LABEM) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Para a realização do ensaio é aplicada uma carga de 5 kN a uma velocidade de 5 mm/min.

As superfícies de fratura dos materiais ensaiados foram analisadas e caracterizadas através de microscopia estereoscópica.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Caracterização Mecânica e Microestrutural dos Compósitos

Os dados da Tabela 1 evidenciam um aumento da resistência à tração dos compósitos conforme o comprimento das fibras que os constitui aumenta. Possivelmente este comportamento se deve ao fato de que as fibras de maior comprimento geram menor quantidade de descontinuidades de interface fibra-matriz, ou seja, um menor número de pontos de concentração de tensão. Trabalhos anteriores em compósitos mostram que a resistência mecânica ao esforço de tração daqueles com reforço de mesmo comprimento de fibra de sisal<sup>(6)</sup> é maior do que os de piaçava.<sup>(7)</sup> Este comportamento é observado na Tabela 1 ao se comparar a média de resistência mecânica ao esforço de tração com o aumento da proporção mássica de sisal no reforço.

Acredita-se também que este aumento de resistência se deve ao fato de que os reforços de maior comprimento se acomodam o mais longitudinalmente possível com os corpos dos quais participam, ou seja, no mesmo sentido do carregamento do ensaio de tração.

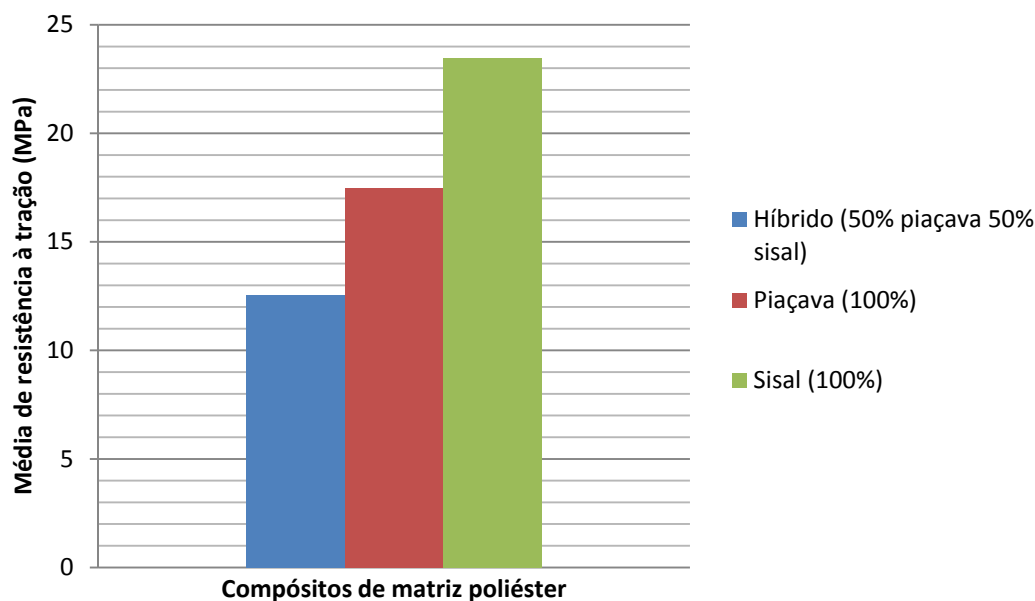
A Tabela 1 exhibe os resultados da caracterização mecânica dos compósitos.

**Tabela 1.** Resultados dos ensaios de tração dos compósitos híbridos. Em 28 fev. 2013

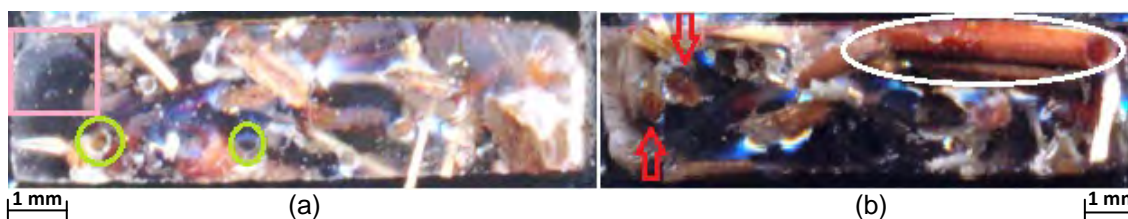
COMPRIMENTO	PROPORÇÃO MÁSSICA DO REFORÇO (%)		MÉDIA DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)
	PIAÇAVA	SISAL	
5mm	75	25	10,38 (± 0,74)
	50	50	10,60 (± 0,80)
	25	75	12,67 (± 2,15)
	100	0	15,09 (± 1,50)
	0	100	15,27 (± 0,91)
10mm	75	25	13,93 (± 2,37)
	50	50	12,57 (± 1,72)
	25	75	15,67 (± 2,97)
	100	0	17,49 (± 0,98)
	0	100	23,48 (± 2,11)
15mm	75	25	14,58 (± 2,62)
	50	50	17,54 (± 3,95)
	25	75	18,25 (± 1,41)
	100	0	19,56 (± 1,32)
	0	100	26,16 (± 2,15)

A Figura 5 exibe um gráfico bem representativo da diferença entre a média de resistência máxima à tração entre compósitos com comprimento de fibra de 10 mm produzidos com 50% de piaçava e 50% sisal, 100% piaçava e 100% sisal, respectivamente. A partir da análise da Figura 5, percebe-se que a fibra de sisal proporciona um aumento significativo de resistência à tração dos compósitos com matriz poliéster. Este gráfico é coerente também com o efeito do aumento de proporção das fibras de sisal no compósito híbrido aumentar tal propriedade mecânica analisada.

As Figuras 6, 7 e 8 exibem a microestrutura da área de fratura dos compósitos em proporção de 50% de fibras de piaçava e 50% para os comprimentos de 5 mm, 10 mm e 15 mm, respectivamente. Os pontos envolvidos por um círculo branco indicam fibras dispostas paralelamente à superfície de fratura. As regiões circuladas em verde indicam porosidades, provavelmente causadas por bolhas de ar que não se desprenderam da matriz. As setas em vermelho demonstram secções transversais das fibras rompidas ou vazios causados pelo arrancamento das mesmas. As áreas registradas em cor-de-rosa limitam regiões ocupadas apenas pela matriz poliéster.



**Figura 5.** Gráfico representativo da média de resistência máxima à tração para compósitos híbridos em proporção de 50% piaçava e 50% sisal, de piaçava e de sisal, todos com comprimento de fibra de 10 mm.



**Figura 6.** Microestrutura de um corpo de prova de 50% piaçava, 50% sisal com fibras de 5 mm. (a) Corpo de maior resistência à tração; (b) Corpo de menor resistência à tração.



**Figura 7.** Microestrutura de um corpo de prova de 50% piaçava, 50% sisal com fibras de 10 mm. (a) Corpo de maior resistência à tração; (b) Corpo de menor resistência à tração.



**Figura 8.** Microestrutura de um corpo de prova de 50% piaçava, 50% sisal com fibras de 15 mm. (a) Corpo de maior resistência à tração; (b) Corpo de menor resistência à tração.

Através da visualização das imagens da microestrutura dos compósitos é possível inferir que as fibras no sentido transversal ao sentido de aplicação da carga de tração estão mais presentes nos corpos que apreciaram uma menor tensão de ruptura nos híbridos de 5 mm. Esta observação também pode ser feita para os

compósitos com reforço de 10 mm. Para o caso dos corpos com comprimento de fibras de 15 mm, pode-se apreciar uma maior região de matriz pura, cuja resistência à tração é significativamente maior,<sup>(6)</sup> e também um melhor alinhamento longitudinal das fibras, uma vez que estas, rompidas, exibem sua secção transversal na região de fratura.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos dos ensaios de tração foram coerentes com o esperado, o que significa um aumento da resistência à tração do compósito de acordo com o aumento do comprimento da fibra. Acredita-se que este aumento de resistência se deve ao fato de que os reforços de maior comprimento se acomodam o mais longitudinalmente possível com os corpos dos quais participam, ou seja, no mesmo sentido do carregamento do ensaio de tração. Isso infere que a orientação das fibras está diretamente ligada com tal propriedade mecânica. A partir disso, com as fibras vegetais orientadas longitudinalmente (portanto um maior espaço preenchido por matriz poliéster nos corpos com maior resistência à tração), permite-se dizer que este aumento também se deve à maior presença de material aglutinante. Pode-se inferir ainda que este aumento de resistência se deve ao aumento da proporção de fibras de sisal no reforço do compósito.

Daqueles resultados fora de conformidade com resultados de outras literaturas acerca do mesmo assunto, ou seja, comportamentos do material fora do previsto após os ensaios, é possível afirmar que esta ocorrência é devida à formação de bolhas na região esperada de fratura e erros durante a fase de dimensionamento, estes capazes de ultrapassar para medidas inferiores às previstas pela norma ASTM D 638M, reduzindo a área de ocorrência de fratura, refletindo em menores valores de tração de rompimento do compósito.

Foi percebida uma dificuldade maior em se lixar os corpos de prova com maiores proporções de fibras de piaçava. Diante dessa dificuldade imagina-se que a piaçava aumente a resistência à abrasão do compósito.

#### Agradecimentos

Ao Laboratório de Engenharia Mecânica (LABEM) da Universidade Federal do Pará pelas realizações dos experimentos deste trabalho e ao ITEGAM – Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia.

#### REFERÊNCIAS

- 1 SUINAGA, Fábio; DA SILVA Odilon; COUTINHO, Wirton. **Cultivo do Sisal**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sisal/CultivodoSisal/index.html>>. Acesso em: 20 fev. 2013.
- 2 BARRETO, Rosane O. Técnicas de manejo e sustentabilidade da palmeira *Attalea funifera* Martius – piaçava da Bahia: Estudo de caso em Massarandipió, Litoria Norte – Bahia. **Candombá - Revista Virtual**, Salvador, v. 5, n. 2, p. 80 – 97, jul - dez 2009.
- 3 PORTAL AMAZÔNIA. **Cineasta do AM prepara documentário sobre dia a dia dos piaçabeiros**. 1 fotografia, color Disponível em: <<http://portalamazonia.globo.com/new-structure/view/scripts/noticias/noticia.php?id=122923>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

- 4 JC NEWS. **Região sisaleira.** 1 fotografia, color. Disponível em: <[http://jorgecalmon.blogspot.com.br/p/regiao-do-sisal\\_30.html](http://jorgecalmon.blogspot.com.br/p/regiao-do-sisal_30.html)>. Acesso em: 20 fev. 2013.
- 5 ASTM D 638 - 1989, “**Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic (metric)**”, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 1989.
- 6 RODRIGUES, Jean S. **Comportamento mecânico de material compósito de matriz poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria madeira.** Belém: 2006, 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.
- 7 FACUNDO, Pedro L. J. **Compósitos poliméricos reforçados por fibras de piaçava.** Belém: 2013, 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.