

## COMPÓSITOS DE FIBRAS DE MALVA (Urenalobata L) E PÓ DE MADEIRA (Hymenolobium petraeum)<sup>1</sup>

Lírian Said de Lima<sup>2</sup>  
Eduardo de Jesus Silva dos Santos<sup>2</sup>  
Léo César de Oliveira Pereira<sup>2</sup>  
Carlos Eduardo Pinto Lopes<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 artigo tem como objetivo mostrar os resultados obtidos do reforço dos compósitos naturais fibra de malva e pó de madeira. O pó de madeira e as fibras foram caracterizadas física e microestruturalmente, sendo as fibras, também caracterizadas mecanicamente e cortadas no comprimento de 5, 10, 15 e 20 mm, enquanto que para o pó de madeira utilizou-se granulometria controlada pelo mesh das peneiras. Ambos os materiais foram incorporados com resina polimérica adotando-se, para isso, um processo de fabricação manual e simples. Ao total, foram fabricados 10 (dez) corpos de prova reforçados com fibras de malva para cada comprimento de fibra juntamente com o pó de madeira. Os resultados apontaram que os compósitos híbridos reforçados por fibras de 5 e 10 mm obtiveram uma resistência maior que os demais compósitos.

**Palavras-chave:** Fibras de malva; Pó de madeira; Compósitos.

### COMPOSITES FIBER MAUVE (Urenalobata L) AND WOOD POWDER (Hymenolobium petraeum)

### Abstract

The article aims to show the results of the strengthening of natural fiber composites mauve and wood dust. The wood powder and fibers was characterized physically and microstructurally, with the fibers mechanically and also characterized in cut length of 5, 10, 15 and 20 mm, while for the wood powder used is controlled by the particle size of the mesh sieves. Both materials were incorporated with polymeric resin adopting for that, a manufacturing process manual and simple. In total, were produced 10 (ten) test pieces reinforced with fibers mallow for each length of fiber together with wood dust. The results showed that the hybrid fiber reinforced composites of 5 and 10 mm had bigger resistance than other composites.

**Keywords:** Malva fibers; Powder Wood, Composites.

<sup>1</sup> Contribuição Técnica ao 68º Congresso Anual da ABM, 30 de julho a 02 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Graduando, Faculdade de Engenharia Mecânica – FEM, ITEC / UFPA. Belém, Pará, Brasil.

<sup>3</sup> Mestre, Professor, Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Pará, ITEC / UFPA. Belém, Pará, Brasil.

<sup>4</sup> Dr, Professor Adjunto, PPGEM – ITEC / UFPA. Belém, Pará, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Libonati,<sup>(1)</sup> “atualmente, a busca por produtos alternativos, renováveis, biodegradáveis, reutilizáveis, passou a fazer parte do comportamento de muitas pessoas, seguimentos industriais e comerciais”.

Os materiais compósitos, segundo Fraga et al.,<sup>(2)</sup> reforçados com fibras naturais têm motivado atualmente discussão de temas relacionados à preservação do meio ambiente e em função do desenvolvimento de novos métodos e processos tecnológicos.

Noda<sup>(3)</sup> afirma que as culturas da fibra de malva, nativa no Estado do Pará, vem contribuindo desde 1930 para a economia da região amazônica em função, principalmente, da sua utilização de forma produtiva das áreas de várzea na extensão do Rio Amazonas, mais especificamente nos municípios localizados à margem do rio nos estados do Amazonas e Pará, justificado, em grande parte, pela facilidade de exploração regional dessas plantas dadas pela sua excepcional adaptação a região.

A pressão exercida sobre os recursos naturais, resultado do crescimento exponencial da demanda, bem como alterações severas no clima de todo o planeta, tornaram essencial à nova lógica do desenvolvimento sócio-ambiental sustentável o reaproveitamento de rejeitos, bem como o desenvolvimento de materiais provenientes de fontes renováveis.

Entre os maiores rejeitos gerados pelas indústrias primárias estão os resíduos de madeira. Segundo Caraschi e Leão:<sup>(4)</sup> “[...] A madeira é um compósito polimérico natural e consiste principalmente de celulose, hemicelulose e lignina. Estes polímeros constituem as paredes de célula de madeira e fornecem a maioria de suas propriedades; até mesmo as indesejáveis, como a natureza hidrófila e a polaridade inerente. As propriedades da madeira, incluindo sua estrutura física, propriedades mecânicas, densidade e relação de aspecto (comprimento médio de fibras e diâmetro) mudam de espécie para espécie”.

A relevância do trabalho em questão possibilita pesquisar e caracterizar produtos de base tecnológica em associação com reforço de fibras naturais, as quais são biodegradáveis e de grande disponibilidade na região Amazônica, constituindo-se fator preponderante para a sustentabilidade dessa importante fonte de recursos da região.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

#### 2.1.1 Resina poliéster

Utilizou-se a resina poliéster tereftálica, adquirida no comércio da cidade de Belém-PA, pré-acelerada e insaturada, conforme a denominação comercial de Deverlopy 754, tendo como agente de cura o Butanox M-50, obedecendo a proporção de 0,33% (v/v).

#### 2.1.2 Resíduos de pó de madeira

Utilizou-se o pó da madeira Angelim Pedra, colhido em indústrias moveleiras da região metropolitana de Belém - PA.

### 2.1.3 Fibras de Malva

Foram adquiridas na cidade de Castanhal-PA e utilizadas em condições ambientes e sem tratamento superficial, sendo as mesmas inicialmente cortadas manualmente (com tesoura) nos comprimentos de 5, 10, 15 e 20 mm. As Figuras 1 e 2 ilustram as fibras de malva e os resíduos de pó de madeira utilizadas no trabalho, respectivamente.



**Figura 1.** Fibras de malva cortadas nos comprimentos utilizados, a exemplo do corte de 20 mm.



**Figura 2.** Resíduos de pó de madeira.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Caracterização dos resíduos de madeira

Foi necessária a caracterização do material a ser empregado quanto a granulometria, teor de umidade e massa específica. Primeiramente, de acordo com a norma ASTM D 1921:2001,<sup>(5)</sup> os resíduos foram submetidos ao processo de granulometria, no qual utilizou peneiras padronizadas de Mesh's 16, 30, 50, 100 e a bandeja coletora, ou bandeja cega, durante 35 minutos.

Em seguida, foi determinado o teor de umidade, segundo a norma ASTM D 3030:1995,<sup>(6)</sup> em que três amostras, sendo que cada continha 3g de resíduos de madeira, foram submetidas a uma temperatura de 105°C para que essa massa se mantivesse constante durante um intervalo de 24 horas. Posteriormente, a mesma foi medida em intervalos de tempos pré-determinados com intervalos de 5 minutos durante 2 horas; 10 minutos durante mais 2 horas; 15 minutos durante mais 2 horas e por fim medido apenas a massa da amostra após as 24 horas.

A massa específica aparente foi determinada segundo o procedimento exposto em Yamajy e Bonduelle,<sup>(7)</sup> que fundamentalmente respalda-se na determinação da densidade aparente através da relação massa/volume, empregando-se um picnômetro abrangendo uma quantidade de massa do material conhecida.

Após a caracterização, os resíduos foram colocados em moldes vazios de silicone sem desmoldante e sem pressão para determinar a massa do pó de madeira a ser utilizado, obtendo-se a média de 8,88g. A Figura 3 ilustra os moldes de silicone utilizados no trabalho.



**Figura 3.** Moldes de silicone utilizados para caracterização e confecção dos corpos de prova.

### 2.2.2 Caracterização das fibras de malva

As fibras de malva, sem qualquer tratamento, foram caracterizadas mecânica, física e microestruturalmente. Sendo a caracterização mecânica baseada na norma da ASTM 3822,<sup>(8)</sup> em que as fibras foram submetidas a ensaio de tração para determinação de sua resistência a tração e alongamento. Em seguida as fibras foram caracterizadas fisicamente por picnometria, onde se determinaram sua massa específica e teor de umidade. Por fim, as fibras foram caracterizadas microestruturalmente por microscopia eletrônica de varredura (MEV), onde foram obtidas suas características microestruturais.

As fibras foram cortadas manualmente (tesoura) nos comprimentos de 5; 10; 15 e 20 mm. Em seguida, foram determinadas as frações mássicas, que se deu pelo preenchimento total dos moldes vazios para cada tamanho de fibra, sem compactação ou pressão das mesmas para finalmente serem pesadas. Determinaram-se as seguintes massas para os diferentes comprimentos de fibras: Compósitos de malva de 5 mm - 2g; 10 mm - 1,96g; 15 mm - 2,12g e 20 mm - 1,84g. Os compósitos foram caracterizados mecanicamente através de ensaio de tração, conforme a norma ASTM 638M,<sup>(9)</sup> e microestruturalmente através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Foram fabricados dez corpos de prova para cada série de comprimentos de fibras para realização dos ensaios de tração.

### 2.2.3 Confecção dos corpos de prova

Os corpos de prova foram fabricados por moldagem manual utilizando-se moldes de silicone totalizando dez corpos de prova (CP`s) para cada tamanho de fibra.

Os compósitos foram particulados misturando as quantidades pré-pesadas de resina, agente de cura e as frações mássicas dos resíduos de madeira e fibras de malva, em um recipiente plástico, sendo a mistura homogeneizada por cerca de cinco minutos e vazada, à temperatura ambiente, nos moldes para a realização dos ensaios de tração. As figuras abaixo ilustram etapas do processo de confecção dos compósitos, a exemplo, a homogeneização dos compósitos como na Figura 4 para então serem vazadas no molde de silicone ilustradas na Figura 5.



**Figura 4.** Homogeneização fibra/ resíduos de madeira/ resina.



**Figura 5.** Compósito vazado no molde de silicone.

Os ensaios de tração dos compósitos foram realizados, na máquina universal de marca KRATOS modelo IKCL3 com sistema de obtenção de dados, com célula de carga 5kN, a uma velocidade de 0,5mm/min, e em seguida, os resultados foram analisados.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Granulometria do Pó de Madeira

A granulometria foi usada neste artigo para avaliar as diferentes propriedades mecânicas dos compósitos reforçados com resíduos de Angelim Pedra quando relacionados com a dimensão ou tamanho das partículas a serem estudadas. Deste modo a Tabela 1 mostra a distribuição granulométrica dos resíduos identificando as frações de massa retida em relação a cada peneira utilizada.

**Tabela 1.** Distribuição granulométrica dos resíduos de madeira

Peneira (Mesh)	Peneira Abertura ( $\mu\text{m}$ )	Retido (%)
16	1180	3,76
30	600	12,77
50	300	30,01
100	150	38,01
Bandeja Coletora (BC)	0	15,50

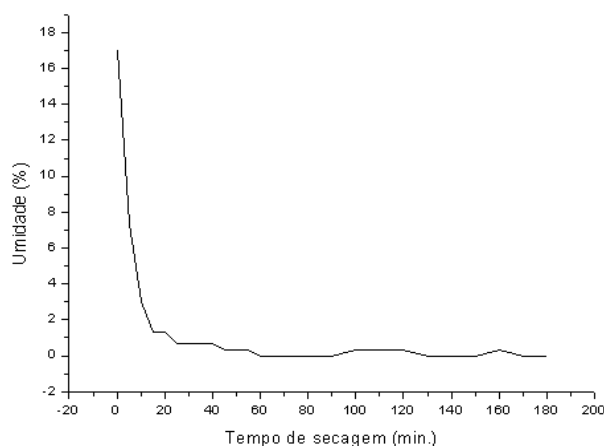
Os resultados obtidos revelam que apesar de as frações mássicas retidas serem diferentes, revelando a heterogeneidade do material, observa-se que a maior parte do resíduo de Angelim Pedra ficou retida nas peneiras de Mesh's 50 e 100, totalizando 68,02%. O que indica que os resíduos trabalhados são, em geral, de pequenas dimensões.

### 3.2 Teor de Umidade e Massa Específica para o Pó de Madeira

O teor de umidade do resíduo de Angelim Pedra foi obtido utilizando 3 amostras com massa de 3 gramas cada, a 105°C e durante um período de 24 horas. A média dos resultados está demonstrada na Tabela 2. Adicionalmente para melhor visualização foi feito a curva de secagem das amostras durante o período de tempo descrito na Figura 6, em que, a partir deste período as massas das amostras se permaneceram constante.

**Tabela 2.** Resultados de teor de umidade e massa específica com os seus respectivos desvios padrões

Amostra	Teor de Umidade (%)	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
Angelim - Pedra	16,3 ± 0,7	0,35 ± 0,135



**Figura 6.** Curva de secagem do Angelim Pedra a 105°C.

Nota-se pela Figura 6 que o resíduo perde a maior parte da sua umidade nos primeiros 20 minutos. Nos instantes entre 80 e 160 minutos se observa uma pequena variação dada, principalmente, pelo fato de que o material ao ser retirado do forno para ser feita a pesagem resulta por absorver uma pequena quantidade de umidade existente no ar.

Os compósitos foram fabricados em condições ambientes e apesar de a umidade da amostra estar em torno de 17%, ela não chegou a influenciar negativamente na fabricação do corpo de prova.

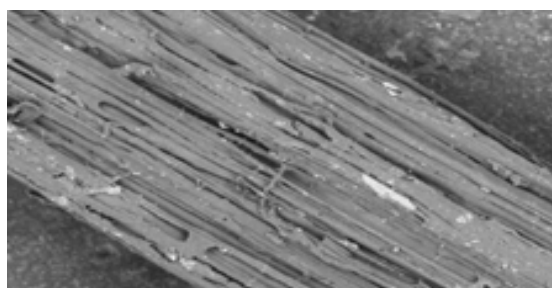
### 3.3 Caracterização Mecânica e Física das Fibras de Malva

Os resultados da caracterização mecânica e física das fibras de malva estão demonstrados na Tabela 3.

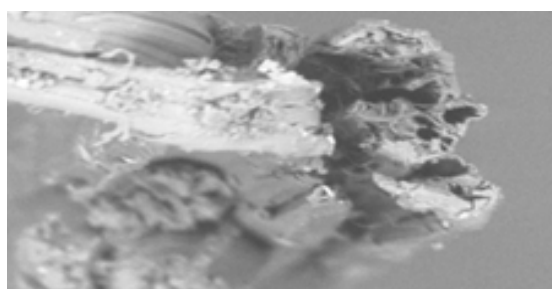
**Tabela 3.** Caracterização mecânica e física das fibras de malva

Material	Resist. Tração (MPa)	Alongamento (%)	Diâmetro (mm)	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	Teor de Umidade (%)
Fibra de Malva	296,55 (± 88,79)	5(± 2,03)	0,045 (± 0,015)	1,48 (± 0,01)	11 (± 0,5)

Os resultados encontrados para as características mecânicas e físicas das fibras de malva foram superiores aos da literatura pesquisada, a exemplo de Savastano.<sup>(10)</sup> Essa diferença de resultado é característica de fibras vegetais e se justifica por se tratar de um material orgânico, e dos diferentes locais de extração das fibras, tipos de solo, métodos de extração mecânica ou manual, que possam modificar os resultados finais. As Figuras 7 e 8 ilustram a caracterização microestrutural das fibras de malva.



**Figura 7.** Seção longitudinal da microestrutura da fibra de malva.



**Figura 8.** Região fraturada da microestrutura, revelando as microfibrilas rompidas.

A Figura 7 apresenta a fibra de malva na seção longitudinal, evidenciando resíduos da extração, e cavidades na superfície da fibra, sem desfibramento das microfibrilas. A Figura 8 ilustra a fibra de malva após ensaio de tração, apresentando a região fraturada, caracterizando uma fratura dúctil e a exposição das microfibrilas rompidas.

### 3.4 Compósitos Híbridos de Malva de 5, 10, 15 e 20 mm / Pó de Madeira

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos no ensaio de tração para os compósitos híbridos poliéster reforçados com fibras de malvados tamanhos de 5, 10, 15 e 20 mm e pó de madeira.

**Tabela 4.** Resultado dos ensaios de tração dos compósitos híbridos poliéster reforçado com fibras de malva de 5;10;15 e 20 mm e pó de madeira

Tipo Amostra	Fração mássica do reforço		Resist. Tração( $\sigma$ ) (MPa)
	Fibra de Malva	Pó de madeira	Média (Desvio Padrão)
Relação (%) Malva/ pó Madeira			
<b>5 mm (50/50)</b>	1g - <b>1,5 %</b>	4,44g - <b>6,6 %</b>	21,59 ( $\pm$ 1,86)
<b>10 mm (50/50)</b>	0,98g - <b>1,46 %</b>	4,44g - <b>6,6 %</b>	19,70 ( $\pm$ 1,1)
<b>15 mm (50/50)</b>	1,06g - <b>1,58 %</b>	4,44g - <b>6,6 %</b>	18,46 ( $\pm$ 1,53)
<b>20 mm (50/50)</b>	0,92g - <b>1,37 %</b>	4,44g - <b>6,6 %</b>	18,34 ( $\pm$ 1,73)

## 4 DISCUSSÃO

Os dados da Tabela 4 mostram que os compósitos híbridos reforçados por fibras de 5 e 10 mm obtiveram uma resistência um pouco acima dos demais compósitos. Pois, o pó de madeira se efetivou como carga e não como reforço propriamente dito do material. Logo, os compósitos com fibras mais longas (15 e 20 mm) obtiveram resultados um pouco inferiores, já que o aglomerado de fibras e pó de madeira não obtiveram uma boa homogeneização. O pó de madeira neste caso, é apropriado para compósitos de fibras de 5 e 10 mm.

Para os compósitos de fibras longas é conhecido que a diminuição da resistência é compatível com a literatura, já que reforços particulados, inseridos em matrizes poliméricas dúcteis, podem atuar como pontos concentradores de tensão, nucleando trincas, reduzindo assim a resistência.

Contudo, os resultados encontrados para os compósitos híbridos de fibras de malva e pó de madeira ficaram superiores em torno de 25% a 45% aos compósitos híbridos reforçados com fibras de sisal e pó de madeira de outra espécie, como os resultados de Rodrigues.<sup>(11)</sup>

## 5 CONCLUSÕES

Os compósitos híbridos de fibras de malva e pó de madeira apresentaram melhores resultados nos compósitos reforçados com fibras de 5 e 10 mm. E os compósitos de fibras de 15 e 20 mm obtiveram resultados inferiores entre as séries fabricadas.

Nas relações de proporções de fibras/pó de madeira (50/50) apresentaram resultados relevantes.

O pó de madeira atua nos compósitos com fibras de malva, como carga, não sendo um reforço efetivo. No entanto, os resultados encontrados foram superiores em quase 50% aos da literatura pesquisada.

A relevância da pesquisa reside no fato da empregabilidade desse pó de madeira como reforço ou carga de compósitos reforçados por fibras vegetais, possibilitando uma nova opção ou destinação desses resíduos da agroindústria da região.

## Agradecimentos

Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura – LABMEV do Instituto de Geociências, e 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 LIBONATI, V. F. A juta na Amazônia. Belém: Instituto Agronômico do Norte. *Boletim Técnico*, n. 34, p. 81, 1958.
- 2 FRAGA, A. N. et. al. Relationship between water absorption and dielectric behaviour of natural fibre composite materials. **Polymer Testing**, Mar del Plata, Argentina, v.25, p. 181-187, 2006.
- 3 NODA, S. N. **As Relações de Trabalho na Produção Amazonense de Juta e Malva**. 1985. 135f. Tese (Mestrado em Agronomia – Sociologia Rural) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP, Piracicaba, 1985.
- 4 CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L. Wood flour as reinforcement of polypropylene. **Materials Research**, v. 5, n. 4, p. 405-409, 2002.
- 5 ASTM D 1921 – 1991, “**Standard Test Methods for Particle Size (Sieve Analysis) of Plastic Materials**”, Annual Book of ASTM Standards”, American Society for Testing and Materials, 1991.
- 6 ASTM D 3030:1995 “**Standard Test Method for Volatile Matter (Including Water) of Vinyl Chloride Resins**”, Annual Book of ASTM Standards”, American Society for Testing and Materials, 1995.
- 7 YAMAJI, F. M.; BONDUELLE, A. Utilização da serragem na produção de compósitos plástico-madeira. *Revista Floresta*, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 59-66, 2004.
- 8 ASTM D3822 – 07, “**Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers**”, Annual Book of ASTM Standards”, American Society for Testing and Materials, 2007.
- 9 ASTM D 638M - 1989, “**Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic (metric)**”, Annual Book of ASTM Standards”, American Society for Testing and Materials, 1989.
- 10 SAVASTANO, J. H. **Materiais à base de cimentos reforçados com fibras vegetais: Reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. 2000. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- 11 RODRIGUES, J. da S. **Comportamento Mecânico de Material Compósito de Matriz Poliéster Reforçado por Sistema Híbrido Fibras Naturais e Resíduos da Indústria Madeireira**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.