

COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER COM FIBRAS DO CAULE DE PLANTAS VEGETAIS COMO ALTERNATIVA PARA MATERIAIS DE ENGENHARIA

Amanda C. F. Carvalho^{1*}, Antônio B. S. Oliveira¹, Antônio S. C. N. Júnior¹, Leilane M. R. Nogueira¹, Igor dos S. Gomes², Roberto T. Fujiyama³

1. Estudante da Faculdade de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal do Pará (FEM-UFPA)
2. Estudante de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA/UFPA
3. Professor da FEM-PRODERNA-UFPA - Departamento Engenharia Mecânica/Orientador

Resumo

O objetivo deste trabalho é realizar a caracterização mecânica das fibras de juta e malva e avaliar o comportamento em tração a partir do emprego destas como reforços em compósitos de matriz poliéster. Além disso, a partir das propriedades obtidas, sugerir uma aplicação em materiais de engenharia.

Para tanto, as fibras de juta e malva foram utilizadas nos comprimentos de 5 mm, 10 mm, 15 mm e 20 mm. O método de fabricação foi manual e em molde de silicone. As fibras foram caracterizadas fisicamente e mecanicamente. Já os compósitos foram caracterizadas através de ensaio de tração conforme a norma ASTM D 638. Realizou-se a análise da fratura dos materiais através de microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Palavras-chave: Compósitos poliméricos; fibras vegetais; caracterização mecânica.

Apoio financeiro: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, PIBIC - CNPq – UFPA.

Introdução

O desenvolvimento e a aplicação de materiais renováveis de baixo custo e de reduzido consumo de energia na Engenharia, visando a sustentabilidade, tornam-se exigências básicas atualmente. Os materiais industrializados mobilizam recursos financeiros, consomem muita energia e requerem processos centralizados em sua produção. Em consequência, várias atividades são suprimidas em áreas rurais ou mesmo em cidades de pequeno porte, além de que materiais não renováveis são irreversivelmente desperdiçados, causando permanente poluição ambiental (DA COSTA et al., 2016).

Segundo Almeida (2012), as fibras naturais são potenciais matérias primas em diversos setores de engenharia. Devido à diversas vantagens, tais como, baixo custo, baixa densidade comparado às fibras de vidro, além de serem oriundas de fontes renováveis, biodegradáveis, ser não abrasivas e estão disponíveis em praticamente território nacional.

Entre as fibras naturais, as provenientes do caule são as mais amplamente aceitas como candidatas para se utilizarem como reforços de compósitos devido as suas boas propriedades mecânicas, conforme cita Cristaldi et al. (2010).

Outros fatores que podem ser mencionados, de forma a validar o emprego das fibras vegetais em compósitos são as vantagens sócio-econômicas advindas do seu uso, como: 1) geração de empregos rurais, evitando o êxodo rural, verificado principalmente nas regiões norte e nordeste do país; 2) desenvolvimento de áreas do país economicamente deprimidas; 3) novos mercados tanto em nível nacional quanto para exportação; 4) alternativas rentáveis para a fixação de carbono na natureza, reduzindo a emissão de CO₂ na atmosfera (LEVY NETO; PARDINI, 2006).

Neste estudo, iremos enfatizar as fibras oriundas do caule de espécies vegetais, que são as fibras de juta e malva, ambas em estado *in natura*, cultivadas por famílias residentes da região amazônica (FERREIRA; HOMMA, 2019), e que possuem características mecânicas que podem ser apreciadas pela indústria automobilística. Portanto, o objetivo deste trabalho é realizar a caracterização mecânica das fibras de juta e malva e avaliar o comportamento em tração a partir da aquisição de propriedades de tensão de ruptura, alongamento, módulo de elasticidade. Além disso, sugerimos uma aplicação a partir das propriedades mecânicas encontradas.

Metodologia

A matriz utilizada para confecção dos compósitos foi resina poliéster teraftálica insaturada. O agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK, na proporção de 0.33% (v/v). Como reforço utilizou-se fibra de juta, adquirida no comércio de Belém, e fibra de malva, doada de pequenas indústrias da cidade de Castanhal-Pa. As fibras foram utilizadas sem tratamento superficial e em condições ambiente.

Foram retiradas 100 amostras de cada fibra para o procedimento de caracterização física, que consistiu em avaliar a massa específica, teor de umidade e diâmetro das fibras, e caracterização mecânica de tração de filamento, de acordo com as normas da ASTM D3822.

A confecção dos compósitos ocorreu através de processo manual, com uso de moldes de silicone. As fibras de juta e malva foram primeiramente cortadas nos comprimentos de 5 mm, 10 mm, 15 mm e 20 mm, logo após misturadas por cerca de 5 min com a resina e catalisador. Produziram-se 12 corpos de prova para cada

comprimento e tipo de fibra, havendo um total de 96 corpos de prova. Todo o procedimento de fabricação e o ensaio de tração foram realizados de acordo com a norma ASTM D 638M, cujas dimensões são demonstradas na Figura 1.

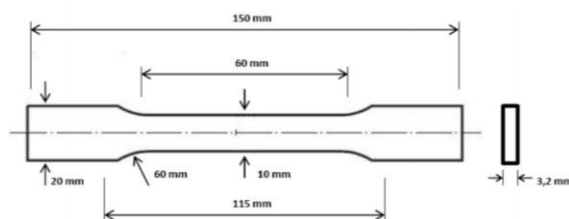


Figura 1 – Esquema do corpo de prova segundo a norma ASTM D 638M

As frações mássicas das fibras de juta nos compósitos foram determinadas para todos os comprimentos de fibra (5 mm, 10 mm, 15 mm e 20 mm), tendo a capacidade volumétrica dos moldes vazios como parâmetro, sem compactação ou pressão, sendo pesadas 10 vezes, calculando-se a média das pesagens e transformando as frações mássicas encontradas em porcentagem para cada comprimento de fibra. Com isso, encontrou-se frações mássicas diferentes para cada comprimento de fibra utilizada na fabricação dos compósitos. Enquanto, para os compósitos de malva optou-se em manter as frações mássicas em 5%.

Os ensaios de tração foram realizados em uma máquina universal de ensaio fabricada pela Kratos, com célula carga de 5 KN, a uma velocidade de ensaio de 5 mm/min. A microestrutura da fratura do compósito foi realizada através de microscopia ótica para os corpos de prova de juta e de microscopia eletrônica de varredura (MEV) para os corpos de prova de malva.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 é apresentado o resultado da caracterização física e mecânica das fibras de juta e malva, como diâmetro, massa específica e teor de umidade, resistência à tração e alongamento.

Tabela 1 – Caracterização física e mecânica das fibras de juta e malva.

Tipo de fibra	Diâmetro (mm)	Massa Específica (g/cm ³)	Teor de Umidade (%)	Resist. Tração (MPa)	Alongamento (%)
Juta	0,10 (± 0,005)	1,10 (± 0,01)	12,05 (± 0,5)	208,75 (±65,28)	2 (± 1,01)
Malva	0,045 (± 0,015)	1,48 (± 0,01)	11 (± 0,5)	296,55 (±88,79)	5 (± 2,03)

Quanto aos parâmetros de alongamento, diâmetro, massa específica e teor de umidade, em geral, foram semelhantes aos encontrados por Costa (2016). A resistência à tração da fibra de malva foi superior a de juta, sendo diferente dos resultados encontrados por Costa (2016). Porém, em se tratando de material orgânico, a discrepância dos resultados de resistência à tração é comum, segundo afirma Kian et al. (2019), em que a estrutura, composição e propriedades das fibras vegetais variam consideravelmente em função das condições ambientais de cultivo e processamento.

A Tabela 2 mostra os resultados da caracterização mecânica dos compósitos de malva e juta, comprimentos do reforço e suas frações mássicas. Observa-se a fração mássica dos compósitos, neste aspecto, evidencia-se que o aumento ou diminuição da fração mássica resulta em incremento na resistência mecânica dos compósitos. No entanto, é importante ressaltar o balanceamento entre as variáveis comprimento da fibra e fração mássica, segundo afirma Lopes et al. (2019), de modo que haja desempenho máximo do compósito.

As Figuras 2 (a) e (b), demonstram os gráficos da relação comprimento da fibra com aumento da resistência mecânica. Nota-se aumento progressivo da resistência a tração dos compósitos, porém, a partir de 20 mm há decaimento brusco da resistência. Este fato ocorre devido às fibras já serem longas para este método de fabricação e emaranharem-se ou enrolarem-se dentro do material, além disso os compósitos curam com as fibras de 20 mm nas mais variadas direções dentro dos moldes.

Não há, portanto, o efeito do alinhamento e quando esse material é submetido ao lixamento, temos como consequência a ruptura, fragilização ou degradação das fibras pela ação da lixa, depreciando sua resistência a tração.

O emprego das fibras juta demonstrou resultados promissores, assim como os de Rodrigues et al. (2015). No entanto, este autor avaliou o desempenho em tração de compósitos de juta fabricados por infusão a vácuo, tendo resultados superiores aos do presente estudo. Logo, infere-se que o processo de fabricação exerce influência nas propriedades mecânicas do compósito.

Os aspectos da fratura dos compósitos reforçados por fibra de juta cada comprimento de fibra são mostrados na Figura 3. Já os aspectos da fratura dos de fibra de malva, também para cada comprimento de fibra, são apresentados na Figura 4.

Tabela 2 - Comportamento mecânico em tração dos compósitos

Compósito	Fração Mássica Reforço (F_M) (%)	Resist. Tração (MPa) Média (Desvio Padrão)
Matriz poliéster	0	Checar os dados gpmac
Malva 5 mm	5	20,42 (\pm 1,53)
Malva 10 mm	5	23,82 (\pm 1,96)
Malva 15 mm	5	25,48 (\pm 1,17)
Malva 20 mm	5	21,32 (\pm 1,94)
Juta 5 mm	9,80	19,56 (\pm 1,32)
Juta 10 mm	9,56	21,30 (\pm 2,90)
Juta 15 mm	7,77	30,57 (\pm 3,49)
Juta 20 mm	7,50	25,34 (\pm 2,61)

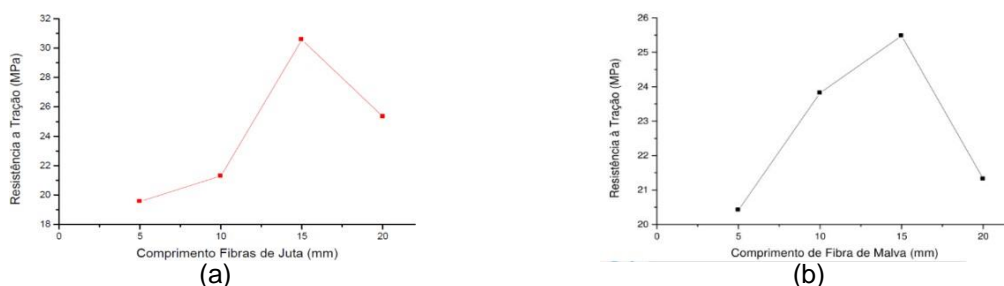


Figura 2 – Gráficos de resistência a tração dos compósitos *versus* comprimento dos reforços de fibra de (a) juta (b) malva.

Observa-se no compósito com fibra de 5 mm, Figura 3 (a), a presença de emaranhados de fibras na superfície, vazios e crateras, o que de certo afetou de maneira negativa a resistência do compósito, do mesmo modo para os de fibra de 10 mm na Figura 3 (b). O aspecto do compósito com fibra de 15 mm, Figura 3 (c), nota-se o aparecimento de fibras fraturadas, o que indica que estas fibras atuaram como reforços efetivos nos compósitos e elevaram a resistência à tração do material. Na Figura 3 (d) observa-se na fratura do material com fibras de 20 mm acentuados defeitos e vazios em sua superfície, depreciando sua resistência mecânica à tração.

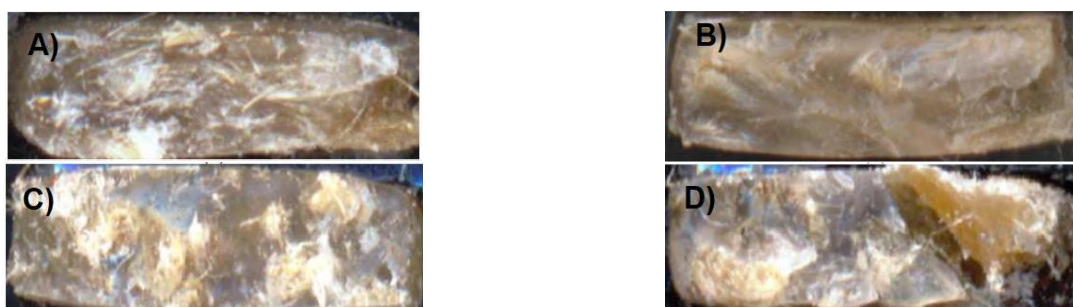


Figura 3 - Fraturas dos compósitos de fibras de juta de (a) 5 mm, (b) 10 mm, (c) 15 mm e (d) 20 mm.

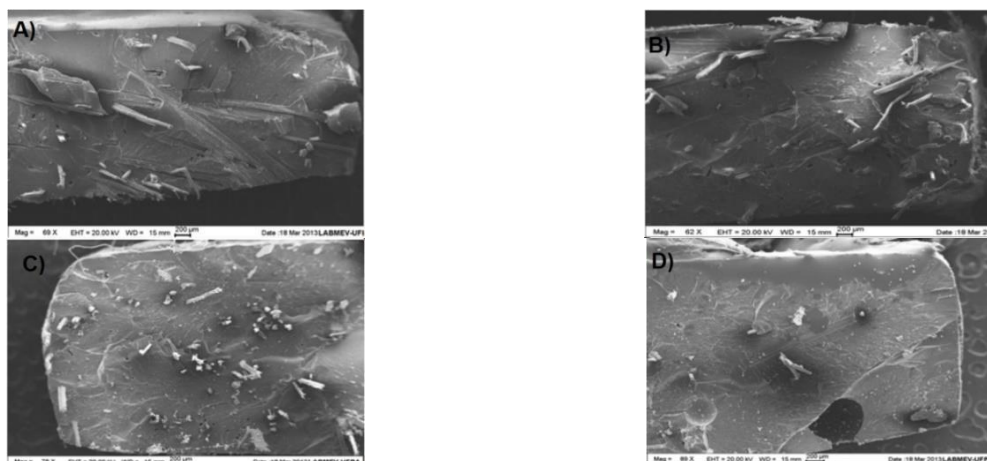


Figura 4 - Superfícies em fraturas dos compósitos de fibras de malva: a) Comprimento 5 mm; b) Comprimento de 10 mm; c) Comprimento 15 mm; d) Comprimento 20 mm

Na Figura 4 (a) no compósito de malva de 5 mm é perceptível uma aglomeração de fibras, descolamento de fibras da matriz, fibras na direção transversal ao carregamento, as quais não contribuem para a resistência à tração do material, a presença de espaços vazios na matriz (poros), mostrado que não houve uma boa compactação das fibras e boa aderência na interface fibra/matriz. A Figura 4 (b) tem-se o compósito

de 10 mm, que apresenta ainda a aglomeração de fibras, mas já surgem algumas fibras rompidas junto ao plano de fratura dos compósitos, o que indica melhora na resistência do material.

Na Figura 4 (c) verifica-se que o compósito com fibras de malva de 15 mm possui um melhor acabamento e compactação (proximidade) das fibras na superfície de fratura dos compósitos, com predominância de fibras rompidas e aderidas à matriz, pequena presença de defeitos e vazios na fratura, o que proporciona ao material melhor desempenho mecânico em tração. Já na Figura 4 (d), tem-se o compósito de 20 mm, com pouca aglomeração de fibras, presença de vazios, bolhas, trincas, superfícies grosseiras, mostrando que não houve um bom acabamento e compactação das fibras junto a matriz. Com isto, reduz sua eficiência em tração.

Conclusões

Foram avaliadas as propriedades das fibras e dos compósitos de malva e juta. Sendo que as fibras apresentaram resultados da caracterização física semelhantes ao encontrado na literatura, mas os resultados da resistência à tração de filamento diferentes dos observadas na literatura pesquisada, devido tratar-se de materiais com estrutura, composição e propriedades que variam consideravelmente em função das condições ambientais de cultivo e processamento para comercialização e fabricação de materiais.

Na avaliação dos compósitos, os resultados mostraram que as fibras atuaram como agente de reforço efetivo conforme o aumento do comprimento de fibra. Sendo o melhor resultados obtido no compósito com fibras, tanto de juta e malva, nos comprimentos de 15 mm. A partir daí, a resistência à tração do material tendeu a decair, demonstrando que os compósitos com fibras de 20 mm fragiliza os materiais.

A análise das fraturas mostrou que os principais mecanismos que comprometeram a resistência dos compósitos com fibras tanto de juta e malva foram os defeitos de bolhas, vazios, má destruição das fibras. Isto, de modo geral, está relacionado ao processo de fabricação dos materiais.

Para a aplicação destes materiais, é necessário ainda estudos posteriores de caracterização, como resistência à flexão, ao impacto, resistência à chama, além de melhorar o processo de fabricação de modo a alcançar propriedades que proporcionem uma melhor resistência específica do material, isto é, maior resistência mecânica e menor massa de material utilizado. Contudo, baseando-se nas propriedades obtidas trabalho, sugere-se a aplicação em componentes estruturais de baixa a média exigência mecânica, tais como, painéis de acabamentos interiores em automóveis, como painéis das portas, painéis de instrumentos e coberturas interiores do teto dos carros.

Referências bibliográficas

- ASTM, 2014. ASTM D638 **Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics**, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- ASTM, 2020. ASTM D3822, **Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers**, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- PIRES, E. N. Efeito do tratamento alcalino de fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi. **Polímeros**, v. 22, n. 4, p. 339-344, 2012.
- DA COSTA, D.S. **Estudo da Influência de Resíduos Gerados pela Indústria de Mineração nas Propriedades de Compósitos de Matriz Poliéster Reforçados com Fibras Naturais**, Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais) - Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Belém, p. 227, 2016.
- DE ALMEIDA, N. M. B. G. **Estudo estrutural de compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras de juta**. Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Cidade do Porto, p 216. 2012.
- KIAN, L. K. et al. A review on processing techniques of bast fibers nanocellulose and its polylactic acid (PLA) nanocomposites, **International Journal of Biological Macromolecules** 121, p. 1314–1328, 2019.
- LOPES, C.E.P et al. Colmos de caule de bambu e da cana-de-açúcar para a fabricação de compósitos poliméricos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 6, p. 6364-6375, 2019.
- RODRIGUES, J.; SOUZA, J.A; FUJIYAMA, R. Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais da Amazônia fabricados por infusão. **Revista Matéria**, v.20, n.4, pp. 946– 960, 2015.
- CRISTALDI, G., LATTERI, A., RECCA, G. CICALA, G. **Composites Based on Natural Fibre Fabrics**, University of Catania – Department of Physical and Chemical Methodologies for Engineering, Catania. Italy, 2010.
- A. S. FERREIRA, A. K. O. HOMMA. A colonização britânica e o declínio da produção de juta indiana: singularidades e possibilidades para a Amazônia, **Fronteiras (Campo Grande)** v. 21, n. 37, p. 39-57, 2019.
- LEVY NETO, F., PARDINI, L. C. **Compósitos Estruturais**. Ciência e Tecnologia. Ed. Edgard Blücher, 2006.