



Influência do Comprimento das Fibras (Curtas e Longas) de Palha da Costa (*Raphia Vinifera*) nas Propriedades Físicas, Mecânicas e Fractográficas de Compósitos Poliméricos

*Influence of the Length of Coast Straw Fibers (Short and Long) From *Raphia Vinifera* on the Physical, Mechanical, and Fractographic Properties of Polymeric Composites*

Livian Brito da Cunha

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais. <http://lattes.cnpq.br/9897624190868724>.

Sinara da Silva Barbosa

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais. <http://lattes.cnpq.br/4204192209548499>.

Gustavo Luis Gonçalves Salame

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química. <http://lattes.cnpq.br/7331306014714268>.

Jennifer Ferreira Fernandes

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. <http://lattes.cnpq.br/1870190983115933>

Yan Christian Silva de Araújo

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. <http://lattes.cnpq.br/5136415587850242>

Brenda Tayna Silva da Silva

Universidade Federal do Pará, Técnica do Laboratório de Catálise. <http://lattes.cnpq.br/5082199705304533>

Gildson Ribeiro do Carmo

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Geociencias e Engenharias. <http://lattes.cnpq.br/0254768670301757>.

Emerson Cardoso Rodrigues

Universidade Federal do Pará, Professor Dr. da Faculdade de Engenharia Química. <http://lattes.cnpq.br/7459428211048580>.

Denilson da Silva Costa

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa e Inovação Tecnológica da Unifesspa. <http://lattes.cnpq.br/4026240895415329>.

Deibson Silva da Costa

Universidade Federal do Pará, Professor Dr. da Faculdade de Engenharia de Materiais. <http://lattes.cnpq.br/1521124351431087>

Resumo: A palha da costa é uma palmeira da família Arecaceae, cujas fibras podem ser utilizadas em materiais compósitos. Assim, o trabalho objetivou caracterizar morfológicamente e determinar a massa específica da fibra de palha da costa, visando a fabricação de compósitos com fração mássica de 5% de fibra curta (15 mm) e longa (160 mm), e analisar propriedades

físicas, mecânica de tração, seguida de análise fractográfica. Iniciou-se a determinação da massa específica da fibra por picnometria e a caracterização morfológica pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV). Após isso, deu-se início a fabricação dos compósitos, utilizando o método manual (hand lay-up) aplicando compressão de aproximadamente 40 N. Logo, realizou-se os ensaios físicos de massa específica aparente (MEA), porosidade aparente (PA) e absorção de água (AA) e o ensaio de tração seguido da análise fractográfica das fraturas. Nos resultados, a massa específica da fibra apresentou valor de $0,85 \text{ g/cm}^3$ e, na análise morfológica, observou-se superfície fibrosa mista, com irregularidades, típicas de fibras naturais. Nos ensaios físicos, a MEA reduziu comparada a matriz, enquanto a AA e a PA aumentaram com adição das fibras na matriz. No ensaio de tração, os compósitos com fibras curtas exibiram desempenho inferior (17,908 MPa) à matriz plena (36,106 MPa), atuando como carga de enchimento e com fibras longas mostraram resultado superior (40,453 MPa) em relação à matriz, atuando como reforço. Nas fraturas dos compósitos de maior resistência à tração, verificou-se ruptura das fibras, indicando boa adesão interfacial. Os compósitos de menor desempenho mecânico, predominou o mecanismo de arrancamento, associado ao desalinhamento das fibras na matriz.

Palavras-chave: propriedades de tração; reforço lignocelulósico; morfologia.

Abstract: The raffia palm is a palm tree of the Arecaceae family, whose fibers can be used in composite materials. Therefore, this work aimed to morphologically characterize and determine the specific gravity of raffia fiber, aiming at the manufacture of composites with a mass fraction of 5% short (15 mm) and long (160 mm) fibers, and to analyze physical and tensile mechanical properties, followed by fractographic analysis. The determination of the fiber's specific gravity was initiated by pycnometry, and the morphological characterization was performed using scanning electron microscopy (SEM). After that, the composites were manufactured using the manual method (hand lay-up) applying approximately 40 N of compression. Subsequently, physical tests were performed to determine apparent specific gravity (ASG), apparent porosity (AP), and water absorption (WA), and a tensile test followed by fractographic analysis of the fractures. In the results, the fiber specific gravity was 0.85 g/cm^3 , and in the morphological analysis, a mixed fibrous surface with irregularities, typical of natural fibers, was observed. In the physical tests, MEA decreased compared to the matrix, while AA and PA increased with the addition of fibers to the matrix. In the tensile test, the composites with short fibers exhibited inferior performance (17.908 MPa) to the full matrix (36.106 MPa), acting as a filler, while those with long fibers showed superior results (40.453 MPa) compared to the matrix, acting as reinforcement. In the fractures of the composites with higher tensile strength, fiber rupture was observed, indicating good interfacial adhesion. In the composites with lower mechanical performance, the pull-out mechanism predominated, associated with fiber misalignment in the matrix.

Keywords: tensile properties; lignocellulosic reinforcement; morphology.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a crescente preocupação ambiental tem motivado estudos voltados ao desenvolvimento de novos materiais com menor impacto ecológico, com potencial de substituir materiais convencionais de maneira eficiente (Satyanarayana, 2007). Nesse contexto, os compósitos se destacam por abranger uma ampla gama de aplicações, incluindo polímeros reforçados com fibras, materiais híbridos e

compósitos estruturais (Levy Neto e Pardini, 2016). A palha da costa é uma fibra natural abundante no território brasileiro e pode ser utilizada sem causar impactos ambientais significativos, também conhecida como *Raphia vinífera* ou jupatí (tupi lupatí), é uma palmeira da família Arecaceae, da espécie *Raphia taedigera* Mart., de caules múltiplos ou solitários e estipe com altura de até 15 metros, encontrada na região Norte do país, notadamente em áreas de várzea e igapós (Oliveira, 2006).

Nos últimos anos, as fibras naturais têm ganhado relevância, especialmente em materiais compósitos, devido às suas vantagens sobre as fibras sintéticas. Entre os principais benefícios das fibras vegetais destacam-se: abundância, baixo custo, baixa densidade, boas propriedades específicas, facilidade de obtenção e manuseio, não toxicidade, baixa abrasão de equipamentos e moldes, absorção de dióxido de carbono do meio ambiente, biodegradabilidade e caráter ecológico e renovável (Moura, 2010).

Os materiais compósitos são formados pela combinação de duas ou mais fases distintas, geralmente uma matriz e um reforço, com o objetivo de obter propriedades superiores às dos materiais constituintes isolados. Nos compósitos fibrosos, as características mecânicas dependem fortemente da orientação, do comprimento e da distribuição das fibras, bem como da qualidade da interface entre a fibra e a matriz. Quando as fibras estão alinhadas na direção da carga aplicada e há boa aderência interfacial permite uma eficiente transferência de tensões entre matriz e reforço, o que resulta em melhor desempenho estrutural (Callister, 2021).

Assim, o presente estudo teve como objetivo fabricar compósitos poliméricos reforçados com fibras de palha da costa, utilizando fração mássica de 5% de fibras curtas (15 mm) e longas (160 mm), caracterizar fisicamente as fibras, avaliar as propriedades mecânicas por meio do ensaio de tração e, por fim, realizar a análise fractográfica dos compósitos.

METODOLOGIA

O procedimento experimental iniciou-se com a obtenção da fibra em um comércio local de Belém (PA). Em seguida, realizou-se a desfiação manual das fibras de palha da costa. As fibras foram cortadas em comprimentos de 15 mm e 160 mm, correspondentes às classificações de fibras curtas e longas, respectivamente.

As fibras de palha da costa foram submetidas ao ensaio de determinação da massa específica por picnometria. O procedimento envolveu a medição sequencial das seguintes massas: picnômetro vazio (m_1), picnômetro com fibras (m_2), picnômetro com fibras e água destilada (m_3) e picnômetro contendo apenas água destilada (m_4). A densidade das fibras foi então calculada por meio da Equação 1 (MEA), a partir dos valores obtidos experimentalmente.

$$MEA = \frac{(m_2 - m_1)}{(m_4 + m_2) - (m_1 + m_3)} \times p_{H_2O} \left(\frac{g}{cm^3} \right) \quad (1)$$

Após a determinação da massa específica, iniciou-se o processo de fabricação dos compósitos. Primeiramente, as fibras foram pesadas em balança semianalítica e, em seguida, submetidas à secagem em estufa a aproximadamente 100 °C por 20 minutos, com o objetivo de eliminar a umidade superficial.

Para a fabricação dos compósitos, utilizou-se um molde de silicone e uma matriz polimérica de resina poliéster ortoftálica e iniciador de cura butanox (MEK-P). O processo seguiu o método manual de fabricação (*hand lay-up*), empregando frações mássicas de 5% de fibras curtas e 5% de fibras longas.

Durante a preparação, foi aplicada uma primeira camada de resina, seguida pela disposição das fibras e, posteriormente, uma segunda camada de resina. Após atingir o ponto de gelificação, aplicou-se uma carga de compressão de aproximadamente 40 N por 30 minutos. Finalizado esse período, a carga foi removida e os corpos de prova foram deixados em cura por 72 horas, garantindo a completa polimerização para a realização do ensaio mecânico e análise fractográfica.

Os ensaios físicos de massa específica aparente (MEA), porosidade aparente (PA) e absorção de água (AA) seguiram respectivamente as normas ASTM D792, ASTM D2734 e ASTM D570. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Catálise (LABCAT) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Para a realização do ensaio mecânico de tração, os compósitos foram ensaiados seguindo a norma ASTM D638.

O ensaio de tração foi realizado no Laboratório de Engenharia Mecânica (LABEM), pelo Grupo de Pesquisa em Engenharia de Materiais (GPMMAT) da Universidade Federal do Pará.

A caracterização morfológica e a análise fractográfica foram realizadas por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando o equipamento Hitachi modelo TM-3000, no Laboratório de Microscopia (LABMEV) da Universidade Federal do Pará. As amostras foram inseridas em porta-amostras com fita dupla face de carbono e, posteriormente, submetidas à análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

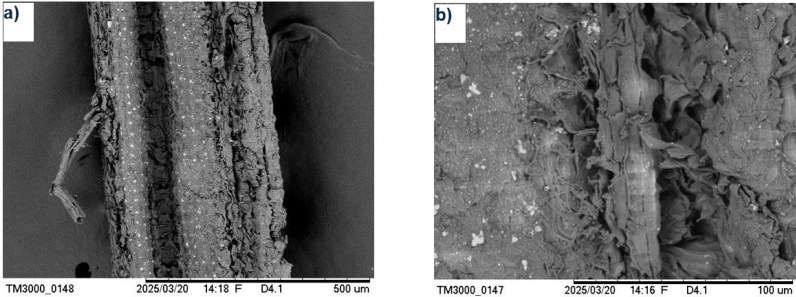
Massa Específica da Fibra de Palha da Costa

Com base nos dados obtidos, a massa específica aparente da fibra de palha da costa foi determinada por triplicata para garantir maior precisão e confiabilidade do resultado. O valor médio encontrado foi de 0,85 g/cm³. O resultado obtido neste trabalho foi coerente aos dados da literatura consultada, que indicaram um valor de 0,965 g/cm³ (Rodrigues, 2014).

Caracterização Física da Fibra de Palha da Costa

A figura 1, apresenta a caracterização morfológica da fibra de palha da costa, analisada no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

Figura 1 - Morfologia da fibra de palha da costa.



Fonte: autoria própria, 2025.

Na análise da figura 1, observou-se uma particularidade mista na fibra, com sua superfície lisa e parte interna rugosa, o que é característica das fibras naturais. Por se tratar de uma fibra proveniente do caule da planta, apresenta uma superfície relativamente lisa, o que pode reduzir a aderência entre a fibra e a matriz polimérica, comprometendo a eficiência da ancoragem e, conseqüentemente, diminuindo a resistência à tração dos compósitos (Costa *et al.*, 2016). Santos (2006) diz que as fibras vegetais apresentam em sua composição microestrutural um alto percentual de microfibrilas de celulose.

Ensaio Físicos

A caracterização física dos compósitos ensaiados foi conduzida de acordo com as diretrizes estabelecidas pelas normas ASTM D570 - MEA, ASTM D2734 - PA e ASTM D792 - AA. A Tabela 1 apresenta os valores obtidos para Massa Específica Aparente (MEA), Porosidade Aparente (PA) e Absorção de Água (AA), tanto para os compósitos reforçados com fibras de Palha da Costa (PC) quanto para a matriz polimérica utilizada como referência.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios físicos de compósitos com reforço de fibras de palha da costa.

Composição %	Massa Específica Aparente (g/cm³)	Porosidade Aparente (%)	Absorção de Água (%)
Matriz plena	1,164 (± 0,02)	2,364 (± 1,20)	2,038 (± 1,07)
5% PC 15 mm	1,127 (± 0,01)	4,547 (± 0,30)	4,023 (± 0,28)
5% PC 160 mm	1,133 (± 0,02)	4,464 (± 2,11)	3,957 (± 1,95)

Fonte: autoria própria, 2025.

Pode-se observar uma redução da massa específica aparente nos compósitos reforçados com fibras de palha da costa em comparação à matriz plena. Isso ocorre, pois, a inclusão de fibras naturais de baixa massa específica pode atuar como carga, aumentando o volume de fibras no material e, conseqüentemente, reduzindo o peso do compósito (Levy Neto, 2016).

Quanto à porosidade aparente e à absorção de água, nota-se que os compósitos contendo fibras de palha da costa (PC) apresentaram valores superiores em relação à matriz polimérica isolada. Esse comportamento está relacionado à característica hidrofílica das fibras lignocelulósicas, formadas principalmente por celulose e lignina, que possuem grupos hidroxila ($-OH$) com elevada afinidade por moléculas de água. Em contraste, a matriz polimérica, de natureza predominantemente hidrofóbica, tende a apresentar baixa absorção de umidade. A adição das fibras ao compósito não apenas introduz grupos polares ao sistema, mas também pode criar regiões interfaciais com descontinuidades e poros, favorecendo a difusão de água através da estrutura do material (John, 2008).

Ensaio Mecânico de Tração

Os compósitos poliméricos com fibra de palha da costa foram avaliados conforme o limite de resistência a tração (LRT), alongamento e módulo de elasticidade por meio do ensaio de tração, cujos resultados estão listados na tabela 2.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de tração de compósitos de fibras de palha da costa.

Composição (%)	LRT (MPa)	Alongamento (%)	Módulo de Elasticidade (GPa)
Matriz plena	36,106 ($\pm 0,549$)	6,866 ($\pm 0,966$)	0,477 ($\pm 0,53$)
5% PC 15 mm	17,908 ($\pm 1,714$)	4,428 ($\pm 0,712$)	0,393 ($\pm 0,10$)
5% PC 160 mm	40,453 ($\pm 0,339$)	8,363 ($\pm 2,896$)	0,548 ($\pm 0,50$)

Fonte: autoria própria, 2025.

Na tabela 2, observa-se que a matriz plena apresentou maior limite de resistência à tração (LRT) em comparação ao compósito com fibras curtas, indicando que a fibra utilizada no desenvolvimento do compósito atua predominantemente como material de enchimento. Além disso, observou-se também uma redução tanto no alongamento quanto no módulo com a adição das fibras de 15 mm na matriz, o que pode estar relacionado à eficiência da transferência de tensões entre a matriz polimérica e as fibras, influenciando diretamente o comportamento mecânico do material (John, 2008).

Além disso, verificou-se que o compósito reforçado com fibras longas (160 mm) apresentou resistência à tração superior à da matriz plena. Essa diferença de desempenho pode estar relacionada à orientação e distribuição das fibras no interior do compósito, fatores que influenciam diretamente a eficiência do reforço. Observou-se que o aumento do comprimento das fibras contribui para maiores valores de resistência mecânica, especialmente em materiais nos quais as fibras estão distribuídas de forma aleatória (Mafra, 2018).

Isso ocorre porque as extremidades das fibras longas (160 mm) atuam como concentradores de tensão. No caso das fibras curtas (15 mm), o número de extremidades é maior, o que pode aumentar os pontos de concentração de tensões

e, consequentemente, prejudicar a distribuição uniforme das cargas no material. Assim, os compósitos com fibras curtas tendem a apresentar desempenho mecânico inferior em comparação àqueles que utilizam fibras longas. A maior quantidade de extremidades nas fibras curtas favorece a formação de regiões de fragilidade, resultando em uma redução da resistência desses compósitos (Rodrigues, 2018).

Pode-se observar na tabela 3, a comparação do limite de resistência à tração (LRT) da fibra utilizada no trabalho (PC) com 5% Fibra de palha da costa 15 mm, 5% Fibra de Juta e 1% Fibra de açaí em matriz polimérica.

Tabela 3 - Comparação do Limite de Resistência à Tração com outros trabalhos com fibras curtas (15 mm).

Composição (%)	LRT (MPa)	Referências
5% PC 15 mm	17,90 ($\pm 1,71$)	Este trabalho
5% Fibra de juta	17,38 ($\pm 2,10$)	Oliveira, 2019
1% Fibra de açaí	17,28 ($\pm 1,83$)	Fernandes, 2025

Fonte: autoria própria, 2025.

Dessa forma, ao comparar os resultados obtidos neste estudo com os encontrados na literatura, os resultados mostraram que os materiais produzidos apresentaram maior resistência mecânica. Esse comportamento pode estar associado ao método de fabricação empregado (hand lay-up), no qual a aplicação de compressão durante o processo favoreceu uma melhor impregnação das fibras pela matriz polimérica. A resistência mecânica dos compósitos está relacionada à qualidade da interface matriz-fibra, pois essa interação influencia diretamente a eficiência na transferência de carga entre as fases do material (Callister, 2021).

Na tabela 4, pode-se observar os resultados de comparação do limite de resistência à tração (LRT) da fibra de palha da costa em 160 mm com outros trabalhos com fibra longa.

Tabela 4 - Comparação do Limite de Resistência à Tração com outros trabalhos com fibras longas.

Composição (%)	LRT (MPa)	Referências
5% PC 160 mm	40,45 ($\pm 0,33$)	Este Trabalho
1% Fibra de envira cheirosa	30,89 ($\pm 1,39$)	Monteiro, 2024
10% Fibra de guarumã	32,25 ($\pm 3,56$)	Lima, 2022

Fonte: autoria própria, 2025.

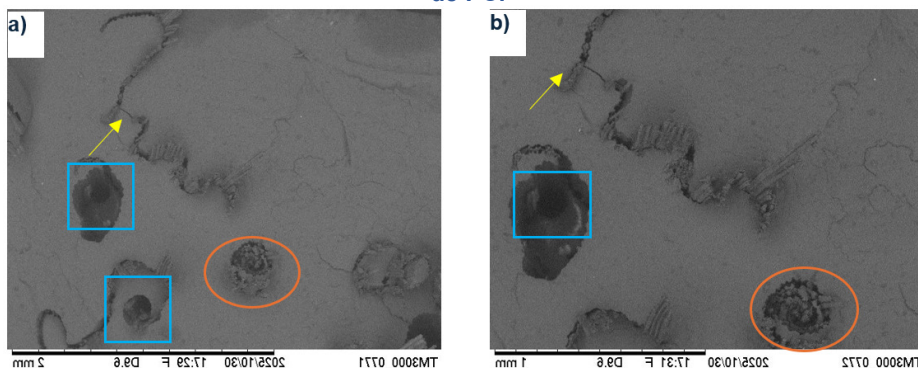
Verificou-se que a fibra de palha da costa apresentou resistência superior em comparação aos valores reportados na literatura. Esse desempenho otimizado pode estar associado ao método de fabricação empregado, que envolveu a aplicação de compressão durante o processo. A melhor molhabilidade das fibras pela matriz, promovida por essa compressão, possivelmente contribuiu para uma adesão mais eficiente entre a fibra e a resina. Nesse contexto, a fibra de palha da costa atuou de forma efetiva como elemento de reforço, resultando em uma maior resistência mecânica do compósito. Tal resultado é relevante, uma vez que a

interação adequada entre a matriz e as fibras é fundamental para a otimização das propriedades de tração em materiais compósitos (Costa, 2016).

Análise Fractográfica

Na figura 2, apresentam-se as micrografias da fratura dos compósitos a) e b) 5% de fibras curtas de palha da costa.

Figura 2 - Fractografia da fratura dos compósitos de 5% de fibras curtas de PC.

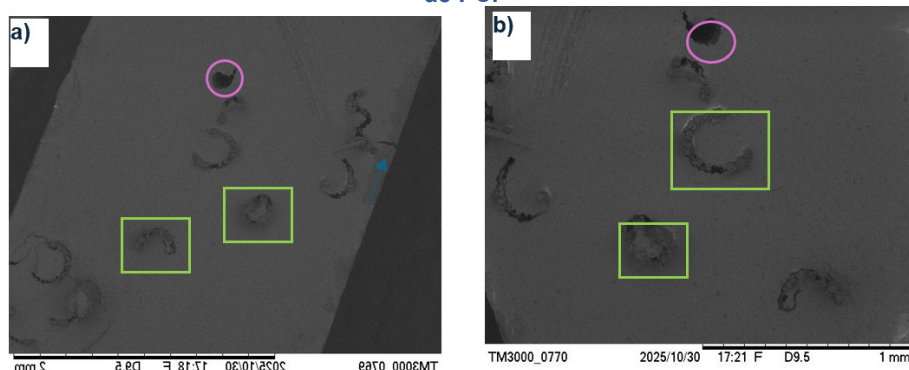


Fonte: autoria própria, 2025.

Na superfície de fratura do compósito com 5% de fibras curtas de palha da costa, observam-se pequenas trincas (setas amarelas), durante o processo de fratura, podem ocorrer a dissociação entre a matriz e as fibras, resultante da propagação de trincas que se desenvolvem paralelamente às fibras (Cordeiro, 2021). Ainda, notam-se arrancamentos (retângulos azuis claros), que podem indicar fragilidades no material. Essas irregularidades estruturais no compósito indicam a presença de regiões de concentração de tensões, o que reduz sua resistência mecânica e favorece a iniciação e propagação de trincas quando o material é submetido a esforços mecânicos (Bezerra, 2022).

Na figura 3, apresenta-se as micrografias da fratura dos compósitos a) e b) 5% de fibras longas de palha da costa.

Figura 3 - Fractografia da fratura dos compósitos de 5% de fibras longas de PC.



Fonte: autoria própria, 2025.

A figura 3 mostra a superfície de fratura dos compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras longas de palha da costa, onde se pode notar que o mecanismo de falha predominante foi à presença de fibras arrancadas (círculos rosas), da mesma forma nota-se a presença de trinca (seta azul claro), e ainda é possível observar a presença de fibras rompidas (retângulos verdes).

Observa-se um melhor acabamento e compactação das fibras na superfície de fratura, além de baixa ocorrência de defeitos e vazios. Esse comportamento indica uma boa adesão entre fibra e matriz, o que contribui para um desempenho mecânico superior em tração (Lazarini, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que os resultados obtidos permitiram alcançar todos os objetivos propostos. A caracterização morfológica da fibra de palha da costa (*Ráphia vinífera*), realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), evidenciou uma superfície fibrosa mista, com ranhuras longitudinais típicas da organização da celulose, características que influenciam diretamente a aderência fibra–matriz e o desempenho mecânico dos compósitos.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, o ensaio de massa específica apresentou valor médio de 0,85 g/cm³.

Os resultados dos ensaios físicos de MEA, PAeAA, mostraram-se consistentes entre si, mesmo com a variação no comprimento das fibras.

Nos testes de tração, verificou-se que o compósito com fibras curtas (15 mm) apresentou desempenho inferior, atuando como material de enchimento, enquanto o compósito com fibras longas (160 mm) demonstrou melhor resistência, funcionando como reforço na matriz polimérica.

A análise fractográfica permitiu identificar diferentes mecanismos de falha nos compósitos de menor desempenho, houve predominância do mecanismo de arrancamento da fibra, outrossim nos compósitos com fibras longas, notou-se melhor ancoragem, compactação e ruptura efetiva das fibras, indicando boa adesão interfacial e melhor distribuição das cargas durante o ensaio de tração.

Além da aplicação das fibras de palha da costa na produção de compósitos, além de seus resultados técnicos, este estudo também se alinha aos princípios da construção sustentável, contribuindo diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), propostos pela ONU. O uso de fibras naturais, como a palha da costa, favorece o ODS 11 ao incentivar práticas construtivas de baixo impacto ambiental, promovendo materiais mais eficientes, acessíveis e integrados ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D2734-16: Standard test methods for void content of reinforced plastics**. West Conshohocken: ASTM, 2016.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D570-98: Standard test method for water absorption of plastics**. West Conshohocken: ASTM, 2010.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D638-14: Standard test method for tensile properties of plastics**. West Conshohocken: ASTM, 2018.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D792-13: Standard test methods for density and specific gravity of plastics by displacement**. West Conshohocken: ASTM, 2017.

BEZERRA, A. F. C. **Desenvolvimento de compósito poliéster insaturado/fibras vegetais (caroá e coco)**. 2022. 160 f. Tese – UFCG, Campina Grande, 2022.

CALLISTER, W. D. Jr. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

CORDEIRO, L. **Filmes compósitos dúcteis de polietileno e folhas celulósicas obtidos por termoprensagem**. 2021. Tese – USP, São Carlos, 2021.

DA COSTA, D.; FUJIYAMA, R.; BANNA, W. **Mechanical properties of polymeric composite reinforced by chopped and continuous sisal fibers**. SAE Technical Paper, n. 2016-36-0389, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4271/2016-36-0389>. Acesso em: 12 nov. 2024.

FERNANDES, J. F. **Compósitos poliméricos com fibras de açaí (Euterpe oleracea Mart.): caracterizações físicas, de resistência à chama e mecânicas**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2025.

JOHN, M. J.; THOMAS, S. **Biofibers and biocomposites**. Carbohydrate Polymers, v. 71, p. 343–364, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.040>.

LAZARINI, R. G. **Pré-tratamento de fibras de bagaço de cana-de-açúcar e seu uso em altos teores em compósitos com polipropileno via mistura termocinética**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12656>.

LEVY NETO, F.; PARDINI, L. C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2016.

LIMA, R. M. S. **Determinação das propriedades mecânicas em tração de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras longas de guarumã (Ischnosiphon arouma)**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2022.

MAFRA, M. P. A. **Caracterização em tração e impacto de compósitos de fibras de pente de macaco (Apeiba tibourbou Aubl.), mutamba (Guazuma ulmifolia) e pindaíba (Guatteria poeppigiana) confeccionados em matriz poliéster**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Pará, Marabá, 2018.

MONTEIRO, M. V. F. **Análise da propriedade mecânica de tração e resistência à chama de compósitos poliméricos com fibras de Envira Cheirosa (Annona paludosa Abul.)**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2024.

MOURA, M. F. S. F.; MORAIS, A. B.; MAGALHÃES, A. G. **Materiais compósitos: materiais, fabrico e comportamento mecânico**. 2. ed. Porto: Publindústria, 2010.

OLIVEIRA, A. P. **Análise da variação dos comprimentos e frações mássicas das fibras sintéticas e naturais (vidro e juta) nas propriedades mecânicas dos compósitos**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2019.

OLIVEIRA, J.; POTIGUARA, R. C. V.; LOBATO, L. C. B. **Fibras vegetais utilizadas na pesca artesanal na microrregião do Salgado, Pará**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, Belém, v. 1, n. 2, p. 113–127, maio/ago. 2006.

RODRIGUES, J. S. **Técnica de infusão na fabricação de compósitos de poliéster reforçados com fibras da Amazônia**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – [S.l.]: [s.n.], 2018.

SANTOS, M. A. **Estudo de compósitos híbridos polipropileno/fibras de vidro e coco para aplicações em engenharia**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

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: Applied Science and Manufacturing*, v. 38, n. 7, p. 1694–1709, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2007.02.006>.

TAVARES, A. R. D. **Caracterização mecânica e morfológica de compósitos com fibras de vidro e palha da costa (*Raphia taedigera* Mart)**. 2019. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Pará, Campus de Ananindeua, 2019. Orientador: Deibson Silva Costa. Disponível em: <http://bdm.ufpa.br/jspui/handle/prefix/1016>. Acesso em: 20 out. 2025.

ZANCANELLA, A. C. B. *et al.* **Avaliação mecânica do compósito resina poliéster com fibra do epicarpo do coco**. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 10., 2018, Salvador. Anais... Salvador: [s.n.], 2018. v. 10, p. 6–13.