



MATERIAIS COMPÓSITOS DE POLIÉSTER E ERVAS AROMÁTICAS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6062

Autores: ROBERTO YURI COSTA DIAS, PEDRO VICTOR DE MENDONÇA MAIA, ALIAN GOMES DA SILVA DE MENDONÇA, LARISSA DOS SANTOS BORGES, LEONARDO WILLIAM MACEDO BRANDÃO, THOMAZ OSMANE DOS SANTOS ROCHA, ROBERTO TETSUO FUJIYAMA

Resumo: O orégano e a alfazema são ervas aromáticas amplamente reconhecidas. Este estudo objetiva investigar a resistência mecânica à tração de compósitos poliméricos reforçados pelas ervas aromáticas orégano e alfazema. Para a caracterização mecânica dos materiais, corpos de prova foram fabricados com dimensões estipuladas pela norma ASTM D638 e testados por meio de ensaio de resistência à tração em máquina universal de ensaios. Os resultados foram comparados com submetidos a análises para avaliar o desempenho dos materiais a partir das propriedades obtidas e da avaliação da superfície de fratura dos materiais. Os compósitos reforçados por orégano registraram resistência média de 7,15 ($\pm 1,48$) MPa enquanto para o reforço de alfazema apresentaram 7,60 ($\pm 0,91$) MPa. Também foram apresentadas imagens da fratura dos corpos de prova após o ensaio de tração, revelando a presença de defeitos nos materiais.

Palavras-chave: Compósitos, Ensaio de Tração, Fratura

MATERIAIS COMPÓSITOS DE POLIÉSTER E ERVAS AROMÁTICAS

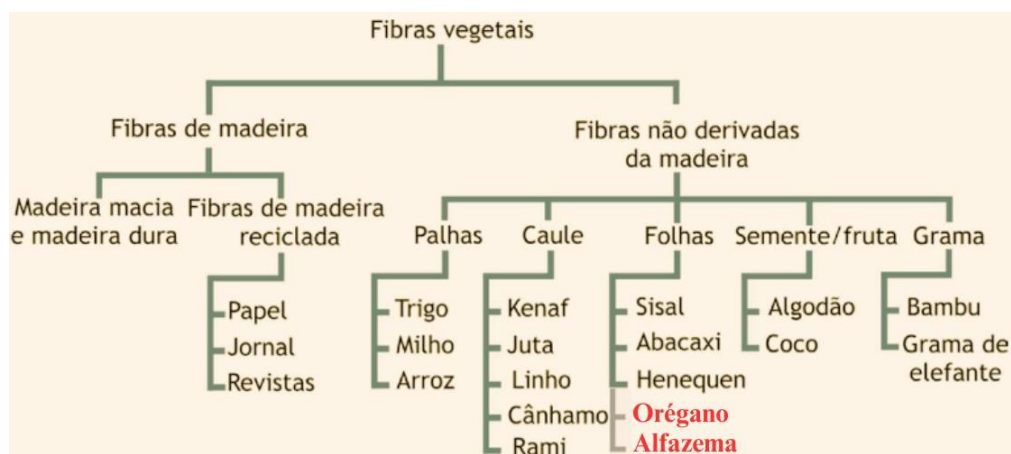
1 INTRODUÇÃO

É verificado que a partir de um intenso crescimento das demandas por bens de consumo e da necessidade de novos materiais que atendam a solicitações específicas, tem-se a utilização exagerada dos recursos naturais, difusão de materiais sintéticos, sobretudo derivados do petróleo, além do descarte inadequado de resíduos no meio ambiente. O descaso perante tais circunstâncias culminou em diversos problemas ambientais no planeta. Diante desta conjuntura pesquisas com apelo a utilização de matérias-primas renováveis se torna importantes.

Nesse sentido, na área das Engenharias, especificamente em Ciência dos Materiais, verifica-se a crescente utilização de materiais naturais e renováveis na vertente de estudo direcionada aos compósitos. Tal classe de materiais pode ser compreendida como a combinação de diferentes componentes com a finalidade de se obter propriedades específicas, as quais estão variam de acordo com as fases do material. Geralmente são avaliadas duas fases, denominadas de matriz ou fase contínua, altera a geometria do compósito e distribui efeitos de tensão pelo material, e o reforço ou fase dispersa, a qual proporciona resistência mecânica (Callister e Rethwisch, 2018).

Diante disso, os denominados “green composites” ou compósitos verdes, fazem referência a compósitos fabricados a partir de matéria-prima proveniente da natureza ou de matéria reciclada, majoritariamente, tem-se as biofibras e os biopolímeros, inúmeras vezes advindos de resíduos agrícolas de folha, caule ou fruto, visando reduzir o impacto ambiental em comparação com os materiais convencionais (Asyraf, 2020). Diante desta perspectiva sustentável, uma das matérias-primas naturais mais utilizadas como fase de reforço em compósitos são fibras de origem natural, sobretudo vegetais, dentre as principais motivações, destacam-se: redução de custo e peso, e propriedades mecânicas (Kotik, 2019). A Figura 1 apresenta um fluxograma que apresenta a classificação das fibras vegetais, com a inclusão da matéria-prima de reforço utilizada nesta pesquisa (destacados em vermelho).

Figura 1 - Fluxograma da classificação de fibras vegetais



Fonte: Adaptado de Mohanty *et al.*, 2005

Ainda se tratando de materiais naturais, costumeiramente presentes no cotidiano, tem-se a espécie *Lavandula officinalis*, conhecida como alfavaca no Brasil, por conta de seu aroma é amplamente cultivada como planta ornamental, conforme mencionado por FRANCO (2007). Outra planta bastante cultivada é o orégano, *Origanum vulgare*, originário da Europa. Suas folhas secas são frequentemente utilizadas como tempero em uma variedade de pratos, incluindo pizzas, massas, saladas e molhos, conforme descrito por Arcila, 2004.

É crescente o número de pesquisas com direcionamento sustentável na área de compósitos, pautas como aproveitamento de resíduos e utilização de materiais não convencionais tem tido cada vez mais destaque. Existem que apresentam a utilização de diversos materiais como reforço em compósitos, tais como resíduos de madeira, de café, copos descartáveis, como alternativa ao descarte do material (Maia *et al.*, 2024; Gomes *et al.*, 2023; Dias *et al.*, 2023).

Além disso, também é verificada a confecção de produtos como embalagens, ferramentas para jardinagem e vasos de plantas, utilizando compósitos com materiais naturais a exemplo de: fibras de coco, amido de mandioca e caroço de ameixa (Calegari e Oliveira, 2016).

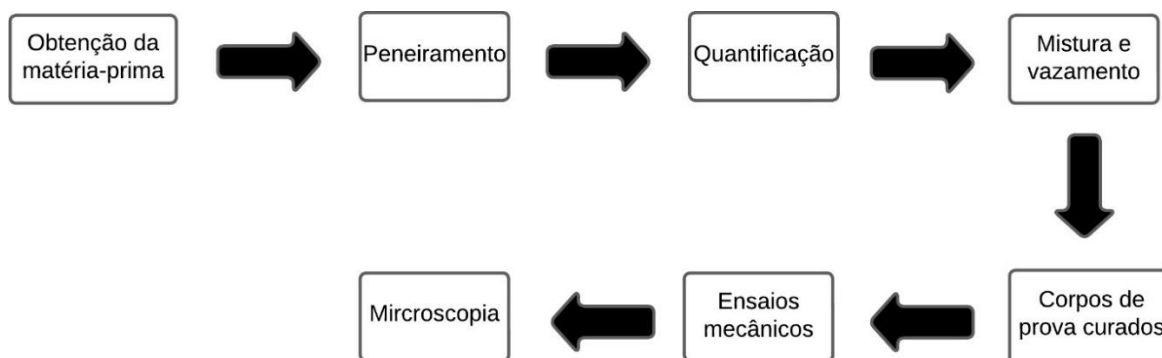
Apesar de não serem encontradas pesquisas que utilizam orégano e alfavaca com reforço em compósitos, materiais semelhantes já foram utilizados. Deker (2020) utilizou resíduos de erva-mate em matriz poliéster isoftálica variando a carga de reforço em 10, 20 e 30%, obtendo como valores médios de resistência à tração 34,80 ($\pm 0,82$) MPa, 24,50 ($\pm 0,82$) MPa e 18,15 ($\pm 1,25$) MPa.

Portanto, esta pesquisa visa avaliar o desempenho mecânico de compósitos poliméricos reforçados pelas ervas aromáticas conhecidas como orégano e alfavaca, as quais se enquadram como materiais naturais, avaliando a possibilidade de serem produzidos compósitos reforçados por materiais naturais, renováveis e não convencionais em aplicações em engenharia, não encontrados na literatura. Para tal análise foram procedidos ensaios de resistência à tração em corpos de prova dimensionados a partir da norma ASTM D638.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia experimental aplicada consiste na obtenção da matéria-prima a ser utilizada como reforço, a uniformização do material por meio de peneiramento para posteriormente quantificar a quantidade necessária de material para a confecção dos corpos de prova, mistura dos componentes do compósito e vazamento nos moldes. De posse dos corpos de prova curados, estes foram submetidos a ensaios de resistência à tração e posteriormente avaliação por microscopia. A Figura 2 apresenta um fluxograma que sintetiza o processo metodológico aplicado.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia experimental aplicada



Fonte: Autoral

As amostras de alfazema e orégano foram cedidas pelo Laboratório de Materiais Compósitos (LABCOM), localizado na Universidade Federal do Pará (UFPA). Para garantir a uniformidade dos experimentos, foi necessário padronizar as dimensões da matéria-prima de reforço. As amostras foram submetidas a peneiramento, a Figura 3-a ilustra a peneira utilizada, com malha de 1,4 mm para a erva de alfazema, enquanto orégano foi processada através de uma peneira com abertura de 850 μm . As Figuras 3-b e 3-c apresentam, respectivamente, amostras de orégano e alfazema, após esse procedimento de uniformização.

Figura 3 - (a) Ilustração de peneira granulométrica (b) Amostra de orégano uniformizado (c) Amostra de alfazema uniformizada.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autoral

Para determinar a quantidade necessária de alfazema e orégano a ser empregada nos corpos de prova, procedeu-se ao preenchimento moldes de silicone padronizados a partir da norma ASTM D638 conforme apresentado na Figura 4-a, as massas necessárias para a confecção foram de 3,9 g para o orégano e 5,61 g para alfazema. Para fabricação dos corpos de prova foram utilizados 61,5 g de resina poliéster, sendo está um polímero termofixo, isto é, após seu processamento, não retorna ao seu estado primário, não podendo ser reutilizada, apresentada na Figura 4-b, com a adição de 0,5% de catalisador, exposto na Figura 4-c, em relação à massa de resina, ou seja, 0,3 g para aceleração do processo de cura dos materiais. As frações mássicas de reforço para os compósitos de orégano e alfazema foram, respectivamente, 5,93% e 8,32%.

Figura 4 - (a) Molde de silicone seguindo a norma ASTM D638 para ensaio de tração (b) Resina poliéster (c) Catalizador MEK



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autoral

Após o processo de cura dos corpos de prova por um dia, estes foram colocados em uma estufa a uma temperatura de 60°C para pós-cura de vinte e quatro horas. Após esse período, os corpos de prova apresentaram o aspecto visual ilustrado na Figura 5-a para os compósitos reforçados por alfazema e na Figura 5-b, por orégano. Com todos os procedimentos concluídos, os corpos de prova foram submetidos a ensaios de resistência à tração em uma máquina universal de ensaios, conforme representado na Figura 5-c, que ilustra um dos corpos de prova sendo submetido ao teste de tração.

Figura 5 - (a) Molde com os compósitos de alfazema (b) Molde com os compósitos de orégano (c) Corpo de prova na garra da máquina de ensaio



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autoral

Para a análise microscópica das superfícies, utilizamos um microscópio Tela HD 4.3 Digital Vedo 1000x com porta USB e LED portátil. A Figura 6 ilustra o modelo de microscópio empregado.

Figura 6 - Microscópio utilizado para avaliar a superfície da fratura do material



Fonte: Autoral

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 7 ilustra a falha de um corpo de prova do compósito reforçado por alfazema, sendo verificado o rompimento no comprimento útil do material, validando o resultado dos ensaios. A Tabela 1 apresenta o resultado dos ensaios.

Figura 7 - Ilustração de corpo de prova pós-teste de tração



Fonte: Autoral

Tabela 1. Resultados do ensaio de resistência à tração

Material de reforço	Resistência à tração (MPa)	Deformação (mm/mm)	Módulo de Elasticidade (MPa)
Orégano	7,15 ($\pm$ 1,48)	0,037 ($\pm$ 0,010)	307,3 ($\pm$ 34,03)
Alfazema	7,60 ($\pm$ 0,91)	0,032 ($\pm$ 0,003)	314,8 ($\pm$ 35,82)

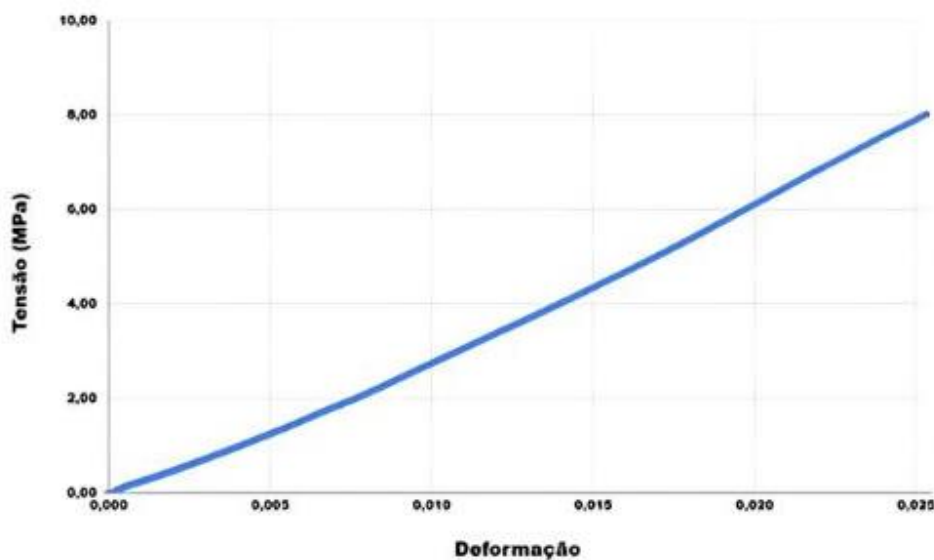
Fonte: Autoral

A resistência à tração da matriz poliéster pura foi de 34,35 MPa, superando em 79,18% e 77,87% os respectivos valores desta propriedade para os compósitos com reforço de orégano e alfazema. Apesar do material proposto por Deker (2020) apresentar grande superioridade em relação aos do presente trabalho, avalia-se somente a similaridade da origem dos materiais de reforço, como não convencionais em tais aplicações, de fontes

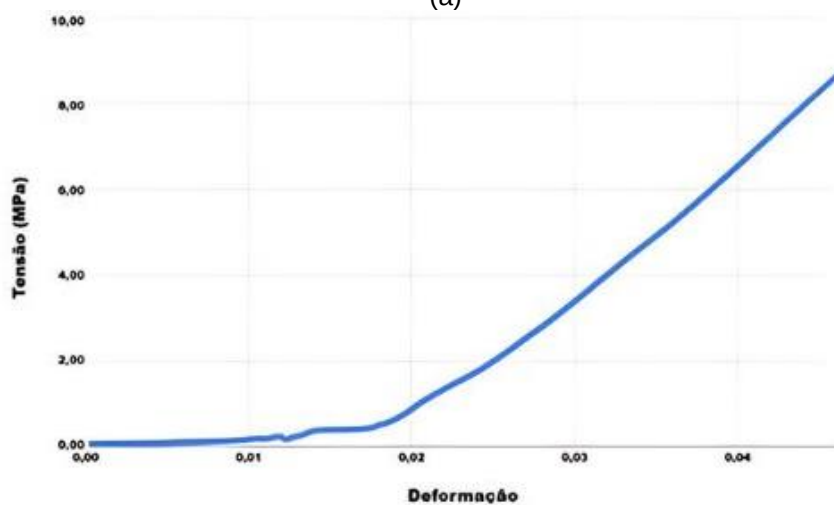
naturais e renováveis. Além disso, é enfatizada a baixa quantidade de pesquisas com a utilização de ervas aromáticas como material de reforço em compósitos.

Os materiais produzidos apresentaram comportamento mecânico semelhante, com baixa variação nos valores de propriedades. O compósito reforçado por alfazema resultou em uma resistência à tração média superior à do compósito de orégano em cerca de 6%, a deformação do compósito reforçado por orégano foi, aproximadamente, 13,5% maior, enquanto a rigidez do compósito de orégano foi cerca de 2,4% maior, ou seja, de acordo com as propriedades obtidas e devido à baixa variação entre estas, os compósitos poliméricos reforçados por alfazema e orégano são estatisticamente iguais. Observa-se que a menor deformação para o reforço de alfazema é justificada pela maior rigidez, verificada por meio do módulo de elasticidade. As Figuras 8-a e 8-b apresentam as curvas representativas dos compósitos reforçados por alfazema e orégano, respectivamente.

Figura 8 - Curvas características Tensão x Deformação dos compósitos poliméricos reforçados por (a) Alfazema e (b) Orégano



(a)



(b)

Fonte: Autora

Verifica-se uma linearidade maior para a curva do compósito com orégano, a curva representativa da alfazema apresenta uma fase de relaxação para os carregamentos iniciais. As Figuras 9-a, 9-b e apresentam as superfícies de corpos de prova no ponto do rompimento dos materiais. As Figuras 9-c e 9-d ilustram superfícies de fratura, isto é, a seção da falha, para os compósitos de alfazema e orégano, respectivamente.

Figura 8- Superfícies dos corpos de prova e seção da falha (a) e (b) Alfazema (c) e (d) Orégano



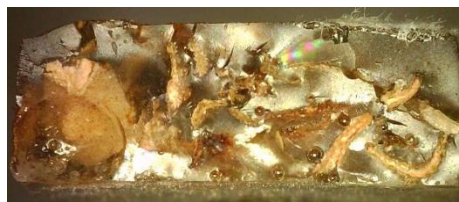
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Autora

Alguns aspectos devem ser contornados para evitar a redução da resistência de um material, sendo um deles elementos concentradores de tensão. Concentradores de tensão são áreas ou pontos em um material onde ocorre um acúmulo de estresse, resultando em uma maior concentração de tensão. Isso pode ocorrer devido a irregularidades na superfície, descontinuidades geométricas, ou presença de defeitos, como entalhes, furos, rachaduras, entre outros, quando a tensão se concentra em uma área específica, essa região tende a ser mais suscetível a falhas ou rupturas (Norton, 2020). Nesse caso, a presença de vazios decorrentes de bolhas de ar que acabaram retidas no material, podem ter atuado como concentradores e resultado na falha precoce do material, mesmo que o material ao redor possua resistência adequada.

4. CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a resistência à tração de compósitos poliméricos reforçados por ervas aromáticas de alfazema e orégano. Observou-se que o compósito de alfazema demonstra uma resistência média superior ao compósito de orégano. Avalia-se também a valorização da utilização de materiais não convencionais em aplicações de engenharia, provenientes de matérias-primas naturais e renováveis, sendo benéfica ao visar a promoção de valor agregado a variadas matérias-primas, para o caso da presente pesquisa, buscando produtos aptos a resistir a baixas solicitações mecânicas. Pesquisas futuras almejam a obtenção de compósitos puramente naturais a partir da união de reforço e matriz naturais.

Os compósitos e poliéster e orégano apresentaram resistência média de 7,15 ($\pm 1,48$) MPa e para a alfazema 7,60 ($\pm 0,91$) MPa. As imagens da fratura dos corpos de prova revelaram a presença de defeitos em ambos os materiais compósitos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da PROPESP/UFPA pela bolsa de Iniciação Científica, Faculdade de Engenharia Mecânica-UFPA, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica-UFPA e a CAPES e CNPq.

REFERÊNCIAS

ARCILA, L., PIÑA, G., URIBE, S., GONZALES, E. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. **Archivos Latinoamericanos de nutrición**, v. 54, n. 1, p. 100-111, 2004.

ASYRAF, M. R. M.; ISHAK, M. R.; SAPUAN S. M.; YIDRIS, N.; ILYAS, R. A.; RAFIDAH, M., RAZMAN; M. R. Potential application of green composites for cross arm component in transmission tower: A brief review. **International Journal of Polymer Science**, v. 2020, n. 1, p. 8878300, 2020.

CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F. D. Compósitos a partir de materiais de fontes renováveis como alternativa para o desenvolvimento de produtos. **Sustentabilidade em debate [recurso eletrônico]**. Brasília, DF. Vol. 7, n. 1 p. 140-155, 2016.

CALLISTER JÚNIOR, W. D; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia dos Materiais - uma Introdução**. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 1014p.

DECKER, Larissa Da Costa. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com resíduo de erva-mate**. Monografia (Graduação) curso de Engenharia Química – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/3071>. Acesso em: 14/04/2025.

DIAS, R. Y. C.; GOMES, J. W. P. ; ROCHA, A. D. S. ; FUJIYAMA, R. T. . Aproveitamento de grãos de café moído pós consumo para serem utilizados em novos materiais. In: XXVI Encontro Nacional de Modelagem Computacional e XIV Encontro de Ciência e Tecnologia dos Materiais, 2023. **Anais**. Nova Friburgo, 2023.

FRANCO, A. L. P. Avaliação da composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de Aloysia gratissima (Gillies & Hook) Tronc.(Alfazema), Ocimum gratissimum L.(Alfavaca-Cravo) e Curcuma longa L.(Açafrão). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, n. 2, 2007.

GOMES, J. W. P. ; DIAS, R. Y. C. ; SOUZA, M. H. S. ; MENDONCA, A. G. S. ; FUJIYAMA, R. T. . Compósito reforçado com polipropileno-PS como possível alternativa para uma destinação adequada aos descartes irregulares na natureza visando a sustentabilidade. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE, 2023. **Anais**. Rio de Janeiro., 2023.

KOTIK, H. G. Fibras naturais e compósitos reforçados com fibras naturais: a motivação para sua pesquisa e desenvolvimento. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 24, n. 3, p. e12477, 2019.

MOHANTY, A. K., MISTRA, M. DRZAL, L. T. **Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites: An Introduction**, CRC press, 2005.

MAIA, P. V. M. ; DIAS, R. Y. C. ; SOARES, R. V. ; MENDONCA, A. G. S. ; SILVA, S. C. ; FUJIYAMA, R. T. . Polyester and Hymenaea Courbaril Residue for Sustainable Composite Manufacturing. **RGSA (ANPAD)**, v. 18, p. 01-11, 2024.

Norton, R., **Machine design: An integrated approach**. 6ªed., Upper Saddle River, Pearson, 2020.

COMPOSITE MATERIALS OF POLYESTER AND HERBS

Abstract. *Oregano and lavender are widely recognized herbs. This study aims to investigate the mechanical tensile strength of polymeric composites reinforced by the herbs oregano and lavender. For the mechanical characterization of materials, specimens were manufactured with dimensions stipulated by ASTM D638 and tested by tensile strength test in universal testing machine. The results were compared with submitted to analysis to evaluate the performance of materials from the properties obtained and the evaluation of the fracture surface of the materials. The oregano-reinforced composites showed an average strength of 7.15 ($\pm$ 1.48) MPa while for the lavender reinforcement they presented 7.60 ($\pm$ 0.91) MPa. Images of the fracture of the specimens after the tensile test were also presented, revealing the presence of defects in the materials.*

Keywords: *Composites, Tensile Test, Fracture.*

