

AVALIAÇÃO MECÂNICA DO COMPÓSITO RESINA POLIÉSTER COM FIBRA DO EPICARPO DO COCO

Antônio Carlos Barbosa Zancanella¹, antonio.zancanella@ifes.edu.br
André Rabelo Morais¹, andrerabelom@gmail.com
Artur Pratti de Barros¹, artur.barros@ifes.edu.br
Daniel Zancanella de Camargo¹, danielzancanella@hotmail.com
Douglas Ruy Soprani da Silveira Araújo¹, douglassoprani@ifes.edu.br¹
Luiz Rafael Resende da Silva¹, luis.silva@ifes.edu.br
Natalício Filipe Teixeira Garcia Leão¹, natalfilipeleao@gmail.com

¹Instituto Federal do Espírito Santo, BR-101 Norte, Km 58 - Litorâneo | São Mateus - ES | CEP: 29932-540 - Brasil

Resumo: A produção de fibras naturais consome cerca de 30% a menos energia do que as mantas de fibra de vidro, além de serem ecologicamente mais viáveis, sendo essa questão de grande importância no que diz respeito a projetos de engenharia. Neste contexto, o objetivo do trabalho é caracterizar as propriedades mecânicas através de ensaio de tração em um compósito feito com resina poliéster e fibra do epicarpo do coco. O compósito foi feito com duas camadas de resina e uma de fibra de coco centrada, com tempo para secagem em 48 horas em ambiente natural, sem adição de calor. Obteve-se um limite de resistência a tração de 9,85 MPa e módulo de elasticidade de 9,08 GPa, assim, pôde-se concluir que teve um resultado próximo do compósito de fibra de coco com resina epóxi, entretanto possui um limite de resistência a tração baixo comparado com fibra de linho. Em comparação com madeira balsa, obteve módulo de elasticidade superior, contudo limite de resistência inferior.

Palavras-chave: compósito, propriedades mecânicas, tração, epicarpo do coco.

1. INTRODUÇÃO

A opção por substituir as fibras sintéticas usadas em compósitos, pelos naturais, tem-se tornado um atrativo para o desenvolvimento na ciência dos materiais, visando dentre os benefícios à questão ecológica através do menor impacto ambiental e outras características como: baixo peso, alta resistência e rigidez. Salientando também o desenvolvimento econômico, pois compósitos de matrizes poliméricas reforçadas por fibras naturais tem um processo de fabricação considerado bastante simples, fazendo com que não há a necessidade de uma mão de obra especializada e de alto custo, podendo levar ao agronegócio mais uma alternativa de renda para as famílias (MIRANDA, 2007).

Segundo Muller e Krobjilowski (2003), materiais compósitos reforçados por fibras naturais estão sendo considerados como alternativas aos compósitos reforçados por fibras sintéticas como a fibra de vidro, de carbono ou aramida, devido à conscientização ecológica e exigências legislativas quanto ao meio ambiente, pois o processo de fabricação, uso e deterioração destes compósitos são mais críticos. De acordo com esses autores o processo de fabricação de uma manta de fibra de vidro exige 30 a 40% a mais de energia do que a obtenção e fabricação de fibras naturais, levando em conta o cultivo, a colheita e a dissociação da fibra.

Segundo Cardoso e Gonzalez (2016), no Brasil com o crescente mercado do coco verde, a casca do coco verde, subproduto do uso e da industrialização da água de coco, ainda é em grande parte depositada em lixões e aterros sanitários. Este resíduo gera custos e impactos para a sociedade, agravados nas cidades litorâneas, onde o consumo de água de coco é mais elevado.

Motivação ecológica é um dos pontos a se levar em conta nesse trabalho, pois a produção de um compósito com a fibra do epicarpo do coco habilitará a possibilidade de substituir os compósitos no qual atualmente utiliza de fibras sintéticas, tratando-se de abrir possibilidades para produção de novos compósitos para uso em projetos de engenharia. Atraindo motivação técnica e tecnológica, já que se trata de um material considerado de fabricação simples e natural, a fim de reduzir a geração de resíduos do coco.

A incorporação de compósitos reforçados com fibras naturais em todos os aspectos da indústria e da vida em geral aumentou e, com isso, a necessidade de compósitos mais fortes, renováveis e mais energeticamente eficientes. As fibras à base de celulose apresentam várias vantagens sobre as outras fibras naturais, já que elas fazem não apresentam os níveis de toxicidade encontrados em minerais e são mais fáceis de manipular, colher e armazenar (CAVALCANTI *et al.*, 2017).

A fase matriz tem como função: manter as fibras alinhadas e espaçadas; transferir os esforços externos para as fibras; proteger as fibras de abrasão e reações químicas e, devido a sua plasticidade, servir como barreira à propagação de trincas. A região existente entre a matriz e a fibra é chamada de interface onde se tem forte influência sobre as características do compósito, sendo nas propriedades mecânicas e sua estrutura, é nessa região que as diferenças nas propriedades elásticas da matriz e da fibra são interligadas através da transferência dos esforços atuantes na matriz e da fibra (CALLISTER, 2010).

Gonçalves (2010) propôs um compósito de resina epóxi com 10% de fibra de coco e os resultados do ensaio de tração mostraram um limite de resistência à tração de 13,2 Mpa com desvio padrão de 0,4 Mpa. Com o aumento da concentração para 30% observou-se um aumento para 17,7 Mpa com um desvio padrão de 0,6 Mpa.

Mulinari *et al.* (2014) propuseram um composto com a base na fusão da fibra de sisal e resina de poliuretano à base de óleo de ricino, os resultados do teste de tração apresentaram resistência à tração de 8,6 MPa, com desvio padrão de 0,8 MPa.

Araujo e Silva (2017) propôs um compósito de poliamida com 10% da fibra do endocarpo do coco com limite de resistência a tração de 42,20 Mpa e módulo de elasticidade de 7,18 Gpa.

Shah *et al.* (2013) avaliou a substituição do compósito de fibra de vidro por fibra de linho aliada a matriz de poliéster para fabricação das pás do rotor de uma turbina de 11 kW, satisfazendo os requisitos de integridade estrutural e assim, promovendo redução de custo e peso do equipamento.

Segundo Duro (2013) compósito em epóxi reforçado com fibra de linho tem um limite de resistência a tração de cerca de 69,2 MPa e um módulo de elasticidade de 9,3 GPa para fibras orientadas a 0°/90°. Já com as mesmas orientadas $\pm 45^\circ$ obteve 78,9 MPa de resistência a tração e 6,9 GPa de módulo de elasticidade.

De acordo com Ferreira *et al.* (2017), a utilização da madeira como material estrutural apresentam comportamentos mecânicos distintos, resultando em diferentes graus de anisotropia. Nesse contexto, o autor comparou dados das resistências à flexão e à compressão do compósito resina poliéster com 4 e 10% de fibras de coco natural com o de madeiras brasileiras. O compósito foi comparado a onze tipos de madeiras e obteve resistência à flexão maior do que todas, entretanto na compressão superou apenas nove, observando aumento dessas propriedades com o aumento no teor de fibra de coco.

Segundo Castegnaro *et al.* (2017) os bio-compósitos representam uma solução interessante para substituir fibra de vidro em iates, com o objetivo de aumentar a sustentabilidade ambiental do setor náutico. Esta substituição já está ocorrendo em vários setores industriais, desde o setor de construção civil até o automotivo. O autor mostra a produção de veleiro com linho e de madeira de balsa fornecendo métodos para projetar e construir uma embarcação de bio-compósitos.

Fibras recicladas e naturais são ótimas alternativas para inserção em concretos, podendo substituir a altura outros materiais, como o aço e os polímeros. (MAZZOLI *et al.*, 2015).

O objetivo deste artigo é avaliar as propriedades mecânicas de resistência à tração e módulo de elasticidade do compósito constituído de matriz poliéster com adição de fibra do epicarpo do coco.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A forma de fabricação do compósito utilizada foi a de painel sanduiche que consistiu em colocar camadas de fibra do epicarpo do coco manualmente sobre a superfície de um molde intercalado com resina poliéster com a ajuda de um pincel ou rolo, curando em temperatura ambiente.

Para a confecção dos corpos de prova a serem analisados, as dimensões foram baseadas na norma internacional ASTM D 3039-04.

O processo de fabricação consistiu na aplicação de 450 g de resina para 25 g de fibra. Para medição utilizou-se uma balança analítica com 0,0001 g de incerteza.

Em um molde de aço, com dimensões 280x275 mm, aplicou-se uma mistura desmoldante a base de vaselina e grafite em pó (Fig. 1). Posteriormente aplicou-se uma parcela dos 450 g da resina em cima do molde e com o auxílio de uma espátula buscou-se espalhar a mesma de forma uniforme.

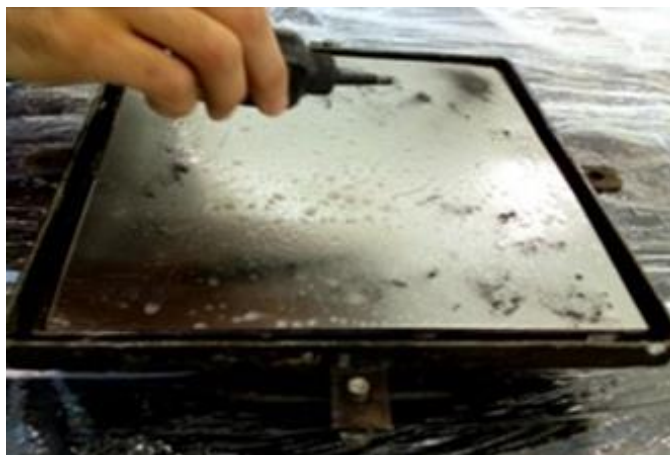


Figura 1. Início do processo de fabricação.

Em seguida espalhou-se 25 g da fibra do epicarpo do coco de forma aleatória sobre a resina no molde até preenchê-lo por completo conforme Fig. 2.



Figura 2. Aplicação da camada da fibra do epicarpo do coco.

Após a adição da fibra do epicarpo do coco, foi utilizado o restante da resina sobre a fibra, e ao final do processo colocou-se a outra parte do molde tampando e com o auxílio de sargentos nas extremidades do molde quadrado a fim de uniformizar a força aplicada como mostrado na Fig. 3, em seguida foi deixado em ambiente natural longe de calor e umidade, para que fosse feito o processo de cura durante 48 horas.



Figura 3. Fechamento do molde com auxílio de sargentos.

Posteriormente ao processo de cura, foram retirados os sargentos e desmoldou-se o compósito. O corte foi realizado em uma serra fita vertical de bancada. A Tabela 1 mostra as dimensões finais dos corpos de prova, já na Figura 4 tem-se o compósito final para avaliação mecânica. Devido a limitações no processo de laminação, houve alteração na espessura do compósito, assim, utilizou-se a espessura de 8 mm.

Tabela 1. Dimensões dos corpos de prova após corte.

Corpo de prova	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
1	198	26,6	8
2	200	25	8
3	199	26	8,1
4	201	26,1	8
5	200	26,6	7,9
6	201	26,6	7,9



Figura 4. Corpos de prova fabricados.

O equipamento utilizado para realizar o ensaio de tração nos corpos de prova foi a Máquina Universal de Ensaio Mecânicos da marca Time Group com o auxílio de um extensômetro de 50 mm conforme a Fig. 5.

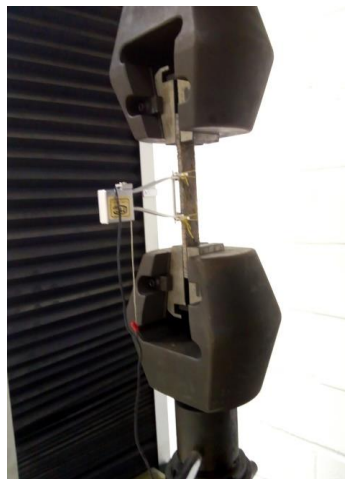


Figura 5. Ensaio de tração.

O ensaio foi realizado a uma velocidade constante de 5 mm/min levando os corpos de prova a ruptura e assim geraram-se gráficos tensão-deformação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 mostra o corpo de prova rompido e a Fig. 7 as curvas de tensão-deformação obtidas nos testes.

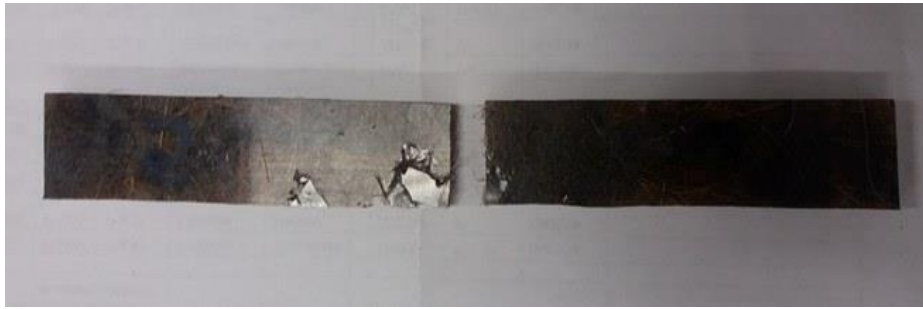


Figura 6. Corpo de prova do compósito após ensaio de tração.

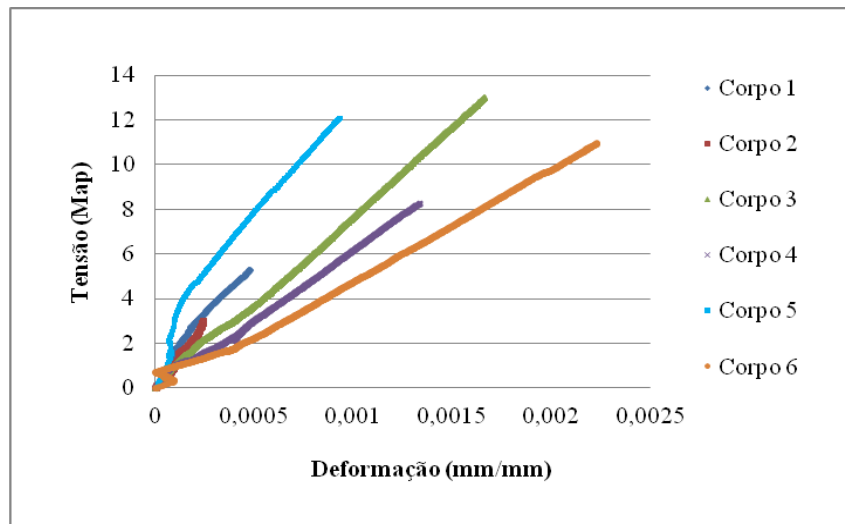


Figura 7. Curvas de tensão-deformação na tração dos compósitos elaborados.

Nota-se um comportamento linear das curvas, assim, os módulos de elasticidade foram obtidos através da inclinação da reta gerada por regressão linear para cada curva. Os resultados do módulo de elasticidade e tensão máxima são mostrados na Tab. 2.

Tabela 2. Módulo de elasticidade e Limite de resistência à tração dos corpos de prova.

Corpo de prova	Módulo de Elasticidade (GPa)	Limite de resistência à tração (MPa)
1	10,48	5,27
2	11,97	9,11
3	7,58	12,98
4	6,06	8,24
5	11,81	12,09
6	4,85	10,58
Média:	9,03	9,85
Desvio padrão:	3,05	2,81

De acordo com Duro (2013), a orientação das fibras pode influenciar nas propriedades mecânicas do material. Assim, como a fibra do epicarpo de coco foi adicionada na matriz de poliéster de forma aleatória, sem uma orientação preferencial, observa-se um desvio padrão relativamente alto quando comparado com o compósito de Gonçalves (2010).

O maior módulo de elasticidade encontrado foi para a amostra de teste 2 com 11,97 GPa, sendo cerca de 32% maior que a média. A amostra de teste 6 tem o menor módulo de elasticidade com 4,85 GPa, cerca de 53% inferior à média. A tensão máxima média foi de 9,85 MPa, com um desvio padrão de 2,81 MPa. A maior tensão máxima foi da amostra 3 com 12,98 MPa, aproximadamente 32% maior do que a média. Por outro lado, a menor tensão máxima encontrada foi da amostra 1 com 5,27 MPa, cerca de 53% menor que a média.

O compósito apresentou limite de resistência à tração médio próximo ao estimado por Gonçalves (2010), a diferença pode ser atribuída a menor concentração de fibra de coco.

O compósito obteve 23% do limite de resistência à tração do material proposto por Araujo e Silva (2017), compósito de poliamida com 10% da fibra do endocarpo do coco, contudo, um módulo de elasticidade maior.

Tendo em vista o compósito de Sisal proposto por Mulinari *et al.* (2014), o compósito de fibra do epicarpo do coco apresentou 14,3% maior limite de resistência a tração.

Entretanto, em comparação com a fibra de linho descrita por Duro (2013) obteve um limite de resistência à tração baixo (aproximadamente 12,5 % do obtido para fibra linho), tornando inválida a utilização do compósito para utilização em turbinas eólicas, visto que de acordo com Shah *et al.* (2013) o linho poderia substituir a fibra de vidro na fabricação das pás.

Modelos de aerodesign utilizam de madeira balsa como elemento estrutural a qual apresentando resultados como resistência máxima à tração, com um valor de 13,50 MPa (Diab, 2016), e para o módulo de elasticidade de 3,71 GPa (Wood-database, 2017). Sendo assim, o compósito avaliado possui módulo de elasticidade 140% vezes maior, já o e limite de resistência apresenta um valor 27% menor.

Segundo Callister (2010) o módulo de elasticidade do poliéster varia entre 2,06 e 4,41 GPa, com a adição de cerca de 5% da fibra do epicarpo do coco conseguiu-se um aumento de rigidez de cerca de 200%.

4. CONCLUSÃO

O compósito tem um custo de obtenção mais barato do que das madeiras e fibras sintéticas além, de ser um material reciclado, aliado as suas propriedades mecânicas, se torna adequado para diversas aplicações de engenharia tanto na indústria civil quanto no setor náutico e aeronáutico. Podendo substituir fibra de sisal, fibra de vidro, madeira balsa e diversas outras madeiras estruturais brasileiras.

Deve-se avaliar a orientação e concentração das fibras do epicarpo do coco a fim de maximizar as propriedades mecânicas a depender de sua aplicação.

5. REFERÊNCIAS

- Araújo, A. E. F. e Silva, L. C. F., 2017, "Fabricação e caracterização de um compósito polimérico a base de endocarpo do coco seco como carga de poliamida 6 como matriz", 94 f. Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Callister, W. D., 2010, "Ciência e engenharia de materiais: uma introdução", 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC.
- Cardoso, M. S. e Gonzalez, J. C., 2016, "Aproveitamento da casca do coco-verde (*Cocos nucifera* L.) para produção de polpa celulósica", Ciência Florestal, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 321-330.
- Castegnaro, S., Gomiero, C., Battisti, C., Poli, M., Basile, M., Barucco, P., Pizzarello, U., Quaresimin, M. e Lazzaretto, A., 2017, "A bio-composite racing sailboat: Materials selection, design, manufacturing and sailing", ELSEVIER, Ocean Engineering.
- Cavalcanti, D. K. K., Neto, J. S. S., Lima, R. A. A., Barros, S. R. e Benea, D. M., 2017, "Mechanical characterisation of hybrid natural fibers composites", 24th COBEM, Curitiba.
- Diab, 2016, Technical Data. In Probalsa: The high performance sandwich core.
- Duro, A. C. F. M., 2013, "Desenvolvimento e caracterização de compósitos reforçados com fibras de linho e sisal", 141 f. Mestrado integrado em Engenharia de Polímeros - Universidade do Ninho.
- Ferreira, J. A., Júnior, A. I. O. e Souza, J. R. P., 2017, "Comparação das resistências mecânicas do compósito resina poliéster/fibra de coco e madeiras brasileiras de usos estruturais", ENGEVISTA, V. 19, n.5, p. 1364-1375.
- Gonçalves, J. A. V., 2010, "Compósitos à base de resina de epóxi reforçados com fibra de coco", 60 f. Programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- Mazzoli, A., Monosi, S. e Plescia, E. S., 2015, "Evaluation of the early-age-shrinkage of fiber reinforced concrete (FRC) using image analysis methods", Construction and Building Materials 101.
- Miranda, R. M., 2007, "Estudo do Comportamento Mecânico de um Eco-Compósito para Aplicação como Painéis Divisórios de Ambientes", Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal Do Pará Centro Tecnológico.
- Mueller, D. H. e Krobjilowski, A., 2003, "New discovery in the properties of composites reinforced with natural fibers. Journal of Industrial textiles", vol. 33, nº2, p. 111-130, Disponível em: <www.periodicos.capes.gov.br>, Acesso em: 15/03/2018.
- Mulinari, D. R., Alves, Â. M. G., Sales, B. C. e Cunha, B. C., 2014, "Compósitos de poliuretano reforçados com fibra de sisal", Cadernos UniFOA, n. 1, p. 65-71.
- Shah, D. U., Schubel, P. J. e Clifford, M. J., 2013, "Can flax replace E-glass in structural composites? A small wind turbine blade case study", ELSEVIER.
- Wood-database, 2017, The Wood Database: Balsa <<http://www.wood-database.com/balsa/>>.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

MECHANICAL EVALUATION OF POLYESTER RESIN COMPOUND WITH COCONUT EPICARP FIBER

Antônio Carlos Barbosa Zancanella¹, antonio.zancanella@ifes.edu.br

André Rabelo Morais¹, andrerabelom@gmail.com

Artur Pratti de Barros¹, artur.barros@ifes.edu.br

Daniel Zancanella de Camargo¹, danielzancanella@hotmail.com

Natalício Filipe Teixeira Garcia Leão¹, natalfilipeleao@gmail.com

¹Instituto Federal do Espírito Santo, BR-101 Norte, Km 58 - Litorâneo | São Mateus - ES | CEP: 29932-540 - Brasil

Abstract. *The production of natural fibers consumes about 30% of the energy consumption as fiberglass, in addition to being more ecologically viable, being a matter of great importance for engineering projects. In this context, the work is characterized as mechanical properties by tensile testing in a composite made with polyester resin and coconut epicarp fiber. The composite was made with two phases of resin and a centered coconut fiber, with drying time in 48 hours in natural environment without addition of heat. Obtain a resistance limit at a traction of 9.85 MPa and a modulus of slackness of 9.08 GPa, thus, conclusions are terminated from a block of coconut fiber with epoxy resin, although it has a low low limit compared to flax fiber. Compared to balsa wood, upper modulus of elasticity, lower strength limit.*

Keywords: *composite, mechanical properties, traction, coconut epicarp.*