



Compósito de matriz polimérica com fibra de vidro, manta de fibra de vidro e tecido plano de algodão: caracterização mecânica

Roberta Pereira de Souza¹; 0009-0007-7251-6224
Monique Mota Valladão Mantovanelli¹; 0009-0004-8945-1744
Julia Oliveira e Silva¹; 0009-0008-7642-9950
Julia Cardoso Landim¹; 0000-0002-9651-7076
Luciano Monteiro Rodrigues¹; 0000-0002-4496-1765
Janaina da Costa Pereira Torres de Oiveira¹; 0000-0002-6580-7687

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
robertagodinho13@gmail.com

Resumo: O mundo atual tem a necessidade constante de desenvolver novos materiais a fim de atender o mercado com componentes estruturais de alta performance, seja na indústria aeronáutica, automotiva, bélica, naval, aeroespacial, civil entre outras. Portanto este trabalho teve como objetivo estudar o comportamento mecânico de dois compósitos híbridos, um com tecido plano de algodão e tecido de fibra de vidro tipo E, e o outro com tecido plano de algodão e manta de fibra de vidro, ambos em matriz polimérica de resina poliéster. Foram confeccionadas seis configurações com 4, 5 e 6 camadas de tecido plano de algodão e 5, 6 e 7 camadas de tecido de fibra de vidro tipo E ou manta de fibra de vidro, totalizando 9, 11 e 13 camadas. Ensaio mecânicos de tração, flexão, dureza e impacto foram realizados a fim de comprovar a carga híbrida com reforço estrutural no compósito. Os resultados comprovaram que o compósito híbrido com tecido de fibra de vidro tipo E proporcionou um aumento na resistência quando comparado a resina de poliéster, entretanto o compósito de manta de fibra de vidro diminui sua resistência.

Palavras-chave: Hibridização. Resina poliéster. Ensaio mecânico. Reforço estrutural.

INTRODUÇÃO

Os materiais compósitos mesclam dois ou mais materiais diferentes com propriedades distintas, para formarem, juntos, um novo material que possui as boas qualidades dos materiais combinados e/ou tem suas fraquezas minimizadas. Esse novo material apresenta algumas vantagens tais como: a resistência a temperaturas extremas, corrosão e desgaste, especialmente em aplicações industriais. Estas características podem conduzir a custos mais baixos e aumento do ciclo de vida destes produtos (NEWELL, 2018).

Devido a versatilidade dos materiais compósitos e o seu contínuo desenvolvimento, novas técnicas de fabricação vêm surgindo, aumentando sua aplicabilidade em diversos segmentos industriais, tais como: automobilística, aeronáutica, aeroespacial,



naval, biomédica, construção civil, entre outras (REZENDE; BOTELHO, 2000).

Existem muitos tipos de materiais compósitos, conforme o tipo de materiais que são combinados, como plásticos, metais ou cerâmica (SHACKELFORD, 2008). Porém os compósitos poliméricos têm expandido significativamente o seu estudo e o seu uso. Esses compósitos apresentam reforços unidos por uma matriz polimérica, tipo a fibra de vidro, que apresenta baixo custo e peso e alta resistência, outro são as fibras de carbono, também conhecidas como compósitos avançados, pois apresentam resistência a fadiga bem maior que o aço e o alumínio, maior amortecimento à vibração e coeficiente de dilatação térmica negativo (BRASIL, 2010).

Resinas são polímeros com alta massa molar, e sua estrutura pode apresentar cerca de vinte pequenas unidades que se repetem. Entre as resinas mais utilizadas e mais comuns no mercado estão as resinas poliéster, que do ponto de vista de aplicação são consideradas como de uso geral, e vem sendo utilizadas em estudos acadêmicos como matriz polimérica de compósitos estruturais (APPELT, 2019).

As fibras naturais funcionam como reforços ao polímero, gerando os compósitos poliméricos e segundo Marques (2016), a produção de fibra de algodão no Brasil representa mais de 50% da utilização total de fibras naturais pela indústria têxtil, além de também ser utilizada em outras aplicações (OLIVEIRA; SANTOS, 2022), por ser uma fibra natural tem despertado o interesse de pesquisadores, uma vez que sua origem é renovável e seu descarte não apresenta risco ambiental imediato.

A fibra de vidro é outro exemplo clássico de reforços em compósitos de matriz polimérica, ela é uma fibra sintética produzida através do aquecimento do vidro e por moldagens, com a utilização de um mandril de platina. As fibras sintéticas podem ser mais resistentes a ruptura em comparação com fibras naturais, por outro lado podem apresentar menos resistência a temperatura, além de não apresentarem características biodegradáveis (SOUZA, 2019). A manta de fibra de vidro é aplicada como reforço e o tecido de fibra de vidro tipo E é mais utilizada em compósitos estruturais (SHACKELFORD, 2008).

Esse estudo tem como objetivo caracterizar as propriedades mecânicas de compósito polimérico reforçados com tecido plano de algodão hibridizado com tecido de fibra de





vidro tipo E, ou manta de fibra de vidro, a fim de utilizá-lo como compósito estrutural.

MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizada a resina poliéster ortoftálica cristal com proteção ultravioleta (Arazyn 1.0) e catalisador (Butanox-M50) da marca Redelease. Essa resina foi escolhida por ter custo baixo e facilidade de manuseio, devido a viscosidade menor, pela sua transparência, e boa resistência mecânica. O reforço estrutural, para a produção do compósito, foram o tecido plano de algodão (TPA) com ligação tipo tela ou tafetá, o tecido de fibra de vidro, tipo E, (TFV) e a manta de fibra de vidro (MFV). Para facilitar a retirada e garantir a qualidade das placas de compósito dos moldes metálicos foi utilizado o desmoldante, Tec Glaze – N, fabricado pela Polinox.

Os moldes utilizados foram fabricados conforme especificação apresentada por Oliveira e Santos (2022), seguindo as medidas de 226mm × 226mm × 8mm para os corpos de prova destinados aos ensaios de tração e flexão, e 146mm × 146mm × 10mm para os corpos de prova destinados ao ensaio de impacto.

Nesse estudo, antes da fabricação das amostras, foram selecionadas as configurações das camadas de TPA, TFV e MFV conforme Quadro 1. Essas camadas foram dispostas intercaladamente.

Quadro 1 – Configurações dos compósitos fabricados

TFV	MFV	TPA	Configuração
5 camadas	–	4 camadas	5 TFV + 4 TPA
6 camadas	–	5 camadas	6 TFV + 5 TPA
7 camadas	–	6 camadas	7 TFV + 6 TPA
–	5 camadas	4 camadas	5 MFV + 4 TPA
–	6 camadas	5 camadas	6 MFV + 5 TPA
–	7 camadas	6 camadas	7 MFV + 6 TPA

Fonte: Os autores (2023)

Toda a preparação das placas, para posterior corte dos corpos de prova, foram realizadas nos laboratórios do UniFOA, tanto dos tecidos planos de algodão (TPA),



quando dos tecidos de fibra de vidro (TFV) e das mantas de fibra de vidro (MFV).

Foi feita uma preparação em cada molde para fabricação dos corpos de prova, o primeiro passo foi realizar uma limpeza utilizando acetona, em seguida foram aplicadas três camadas de cera de carnaúba, com intervalo médio de 5 minutos entre as camadas para secagem, esse processo foi repetido para cada placa fabricada.

Para o molde nas dimensões 226mm × 226mm × 8mm foram utilizadas uma mistura de 380g de resina poliéster e 152 gotas de catalisador (1% da massa de resina) e para o molde com as dimensões de 146mm × 146mm × 10mm foram utilizadas uma mistura de 180g de resina poliéster e 55 gotas de catalisador (1% da massa de resina).

Metade da mistura foi vertida diretamente no molde e em seguida foram acrescentados os tecidos e as mantas previamente cortados nas dimensões dos moldes, após a outra metade da mistura foi vertida. A seguir o molde com as dimensões 146mm × 146mm × 10mm, foi colocado em uma Prensa Hidráulica TIL MARCON MPH-15, por 24 horas e uma força de 2 toneladas, e o molde com as dimensões 226mm × 226mm × 8mm foi colocado em uma Prensa Hidráulica TIL MARCON MPH-60, por 24 horas e uma força de 2 toneladas. Finalizado o processo de cura foi realizado a desmoldagem das placas e encaminhadas para a realização do corte dos corpos de prova, conforme as normas para cada teste conforme mencionado no Quadro 2. Com os corpos de prova prontos foram realizados os testes de tração, dureza e flexão nos laboratórios do UniFOA, e o ensaio de impacto foi realizado na Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, campus Volta Redonda.

Quadro 2 – Tipos de ensaios e normas aplicadas ao compósito

Ensaio	Material	Normas utilizadas
Dureza Shore D	Compósito	ASTM D2240
Tração	Compósito	ASTM D3039
Flexão	Compósito	ASTM D790
Impacto Charpy	Compósito	ASTM E23

Fonte: Os autores (2023)



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados do ensaio de tração realizado com as seis configurações do compósito híbrido em matriz com resina poliéster cristal e para a resina pura.

Tabela 1 – Resultados médios do ensaio de tração para a resina e as configurações do compósito híbrido em matriz polimérica

Configuração	Resistência à Tração (MPa)	Deformação Total	Módulo de Elasticidade (GPa)
Resina	33,27 ± 10,92	3,31% ± 0,92%	0,973 ± 0,048
5 TFV + 4 TPA	34,61 ± 2,19	8,08% ± 0,75%	0,707 ± 0,046
6 TFV + 5 TPA	49,21 ± 3,94	4,63% ± 0,27%	1,100 ± 0,079
7 TFV + 6 TPA	48,69 ± 6,93	5,17% ± 0,41%	0,950 ± 0,095
5 MFV + 4 TPA	18,73 ± 2,49	16,01% ± 2,24%	0,443 ± 0,018
6 MFV + 5 TPA	21,28 ± 3,12	13,43% ± 2,55%	0,498 ± 0,022
7 MFV + 6 TPA	25,20 ± 0,96	4,67% ± 0,46%	0,561 ± 0,008

Fonte: Os autores (2023)

Todas as configurações do compósito híbrido, com tecido de fibra de vidro tipo E (TFV), apresentaram resistência a tração e deformação total, maiores do que a resina pura, sendo a maior resistência para a configuração 6 TFV + 5 TPA (49,21MPa), com um aumento percentual de 47,97%. Porém as configurações com manta de fibra de vidro (MFV) a resistência a tração e o módulo de elasticidade foram menores do que da resina pura, entretanto foi a que obteve maior deformação total, 16,01% para a configuração 5 MFV + 4 TPA.

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de flexão realizado com as seis configurações do compósito híbrido em matriz com resina poliéster cristal e para a resina pura. Pode-se observar, no ensaio de flexão, que o comportamento do compósito híbrido foi similar ao do ensaio de tração, isto é, os compósitos com camadas de tecido de fibra de vidro tipo E (TFV) apresentaram resistência a flexão maiores do que o da resina pura, 75,52MPa (7 TFV + 6 TPA), com aumento de 45,37% na resistência à flexão, nessa mesma configuração foi obtida a maior flecha 4,71mm.



Para o compósito híbrido com camadas de manta de fibra de vidro, tanto a resistência a flexão e o módulo de elasticidade foram inferiores ao da resina pura.

Tabela 2 – Resultados médios do ensaio de tração para a resina e as configurações do compósito híbrido em matriz polimérica

Configuração	Resistência à Flexão (MPa)	Flecha (mm)	Módulo de Elasticidade (GPa)
Resina	51,95 ± 25,89	6,63 ± 1,07	2,492 ± 0,517
5 TFV + 4 TPA	70,62 ± 13,94	3,73 ± 0,66	3,539 ± 0,473
6 TFV + 5 TPA	71,06 ± 10,18	4,62 ± 0,29	3,094 ± 0,368
7 TFV + 6 TPA	75,52 ± 7,75	4,71 ± 0,58	3,018 ± 0,164
5 MFV + 4 TPA	33,99 ± 5,53	2,90 ± 0,52	1,915 ± 0,090
6 MFV + 5 TPA	36,07 ± 3,17	4,38 ± 0,72	1,570 ± 0,218
7 MFV + 6 TPA	43,93 ± 4,19	6,19 ± 0,39	1,455 ± 0,075

Fonte: Os autores (2023)

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do ensaio de dureza Shore na escala D, e a partir da análise desses resultados não foi possível inferir que a carga de reforço híbrido provocou um aumento ou diminuição em sua resistência, isto é, esse resultado não foi conclusivo, apenas indica que tanto a resina como o compósito híbrido apresentam boa resistência ao penetrador.

Tabela 3 – Resultados médios do ensaio de dureza para a resina e as configurações do compósito híbrido em matriz polimérica

Configuração	Dureza Shore D
Resina	80,13 ± 1,65
5 TFV + 4 TPA	78,80 ± 2,25
6 TFV + 5 TPA	80,92 ± 2,85
7 TFV + 6 TPA	77,49 ± 2,21
5 MFV + 4 TPA	79,83 ± 2,54
6 MFV + 5 TPA	79,03 ± 1,58
7 MFV + 6 TPA	78,89 ± 1,58

Fonte: Os autores (2023)



A Tabela 4 apresenta os resultados do ensaio de impacto realizado com as seis configurações do compósito híbrido em matriz com resina poliéster e para a resina pura. Neste caso, todas as configurações do compósito híbrido apresentaram maior resistência que a resina. A maior eficiência na absorção de impacto foi alcançada pela configuração 7 TFV + 6 TPA, com um aumento na energia absorvida em relação a resina de 850,98%.

Tabela 4 – Resultados médios do ensaio de impacto para a resina e as configurações do compósito híbrido em matriz polimérica

Configuração	Energia de Impacto Absorvida (J)
Resina	0,51 ± 0,14
5 TFV + 4 TPA	2,27 ± 0,26
6 TFV + 5 TPA	4,14 ± 0,57
7 TFV + 6 TPA	4,85 ± 1,19
6 MFV + 5 TPA	1,29 ± 0,12
7 MFV + 6 TPA	1,82 ± 0,25

Fonte: Os autores (2023)

CONCLUSÕES

Conforme foi apresentado nos resultados, é possível concluir que a carga híbrida, de tecido de fibra de tipo E (TFV) e o tecido plano de algodão (TPA), exerceu a função de carga de reforço no compósito, pois proveu um aumento na resistência mecânica da matriz com relação à tração, flexão e impacto.

Entretanto, os resultados obtidos com o compósito híbrido, manta de fibra de vidro (MFV) e tecido plano de algodão (TFV), não apresentou resultado satisfatório para que seja usado como carga de reforço no compósito, porém foi o que apresentou maior alongamento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro recebido do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq – 2022-2023.



REFERÊNCIAS

APPELT, Arthur Vivian. **Estudo de processos de infusão e transferência de resina em materiais compósitos**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.

BRASIL. **Materiais avançados no Brasil 2010-2022**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

MARQUES, Marcelo de Souza. **Obtenção e caracterização de um compósito polimérico de matriz poliéster e reforço/carga de tecido plano de algodão**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, 2016.

NEWELL, James. **Fundamentos da moderna engenharia e ciência dos materiais**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

OLIVEIRA, Janaina da Costa Pereira Torres de; SANTOS, Bruna Machado de Lima Ribeiro dos. **Estudo das propriedades mecânicas do compósito de tecido plano de algodão em matriz polimérica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E SABERES MULTIDISCIPLINARES, 1., 2022, Volta Redonda. Anais [...]. Volta Redonda: UniFOA, 2022.

REZENDE, Mirabel C.; BOTELHO, Edson C. **O uso de compósitos estruturais na indústria aeroespacial**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 2, 2000.

SOUZA, Luiz Guilherme Vieira Meira de. **Efeitos da adição de tecido de fibra de vidro tipo E a um compósito de resina poliéster e tecido de fibra de algodão**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

SHACKELFORD, James F. **Introdução à ciência dos materiais para engenheiros**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.