



# ESTUDO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS HÍBRIDOS DE RESINA POLIÉSTER REFORÇADA COM FIBRA DE VIDRO E FOLHA DE 1,2mm DE AÇO 1020<sup>1</sup>

*Luis Alex Santos de Oliveira<sup>2</sup>  
Marcelo José Gomes da Silva<sup>3</sup>  
Yuri Soares Negreiros<sup>4</sup>*

## Resumo

A aplicação de compósitos em componentes de automóveis, aeronaves e navios, deve-se primordialmente, à flexibilidade de projeto, excelentes propriedades mecânicas e baixa massa específica, atendendo os mais severos requisitos de desempenho dessas estruturas em serviços. Isto torna os compósitos bastante atraentes como substitutos das ligas metálicas. Entretanto, quando colocados em serviço, os compósitos estão expostos a uma variedade de condições ambientais e diversos tipos de esforços mecânicos que podem causar danos irreversíveis. Com isto, este trabalho objetiva estudar as propriedades mecânicas de compósitos com resina poliéster ortoftálica reforçada com fibra de vidro tipo E e folha de chapa de aço 1020. Para o estudo das propriedades mecânicas foi utilizado ensaio de tração, segundo a norma ASTM D 3039. Os resultados mostraram que a inclusão da chapa de aço no compósito não contribui de forma significativa na melhoria das propriedades mecânicas do compósito.

**Palavras-chave:** Compósitos; Propriedades mecânicas; Resina poliéster.

## STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES OF HYBRID COMPOSITES OF POLYESTER RESIN REINFORCED WITH FIBERGLASS AND SHEET STEEL 1020 1.2 mm

## Abstract

The application of composites in automotive components, aircraft and ships, is due primarily to the design flexibility, excellent mechanical properties and low density, given the most severe performance requirements of these structures in service. This makes the composites very attractive as substitutes for metallic alloys. However, when put into service, the composites are exposed to a variety of environmental conditions and various types of mechanical stresses that can cause irreversible damage. With this, this paper aims at studying the mechanical properties of composites with orthophthalic polyester resin reinforced with fiberglass type and sheet and plate steel joint. To study the mechanical properties was used tensile test according to ASTM D 3039. The results showed that the inclusion of sheet of steel in the composite doesn't contribute significantly in improving the mechanical properties of the composite.

**Key words:** Composites; Mechanical properties; Polyester resin.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

<sup>2</sup> *Graduando em Engenharia Mecânica, Ford Motor Company – Divisão Troller.*

<sup>3</sup> *Doutor em Engenharia, Universidade Federal do Ceará*

<sup>4</sup> *Graduando em Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Ceará.*

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de materiais compósitos é definido pela combinação de dois ou mais materiais diferentes com o objetivo de obter um produto final com um conjunto de características e propriedades superiores às que os componentes individuais poderiam alcançar. Os engenheiros estão cada vez mais buscando materiais estruturais que possuam baixas densidades, sejam fortes, rígidos e apresentem resistência à abrasão e ao impacto, e que não sejam facilmente corroídos. As combinações e as faixas das propriedades dos materiais foram, e ainda estão sendo, ampliadas através do desenvolvimento de materiais compósitos.<sup>(1-3)</sup>

A indústria aeroespacial foi uma das primeiras a perceber os benefícios dos compósitos. A partir da década de 60, os materiais compósitos de alto desempenho foram introduzidos de maneira definitiva na indústria aeroespacial, atendendo as necessidades de desempenho em vôo de aeronaves e veículos de reentrada na atmosfera.<sup>(4,5)</sup>

Figura 1 mostra as estruturas típicas utilizadas em aeronaves comerciais.

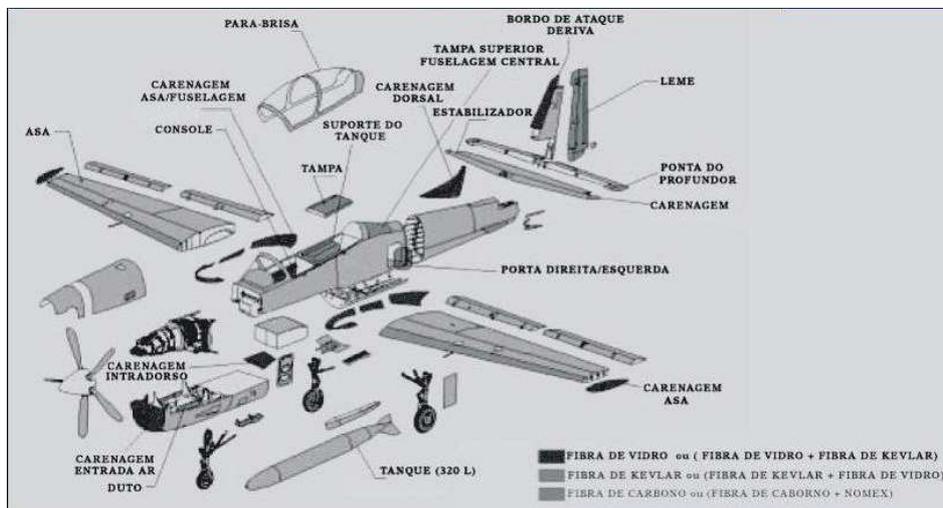


Figura 1 – Exemplo de aplicação de compósito na indústria aeroespacial.<sup>(5)</sup>

O crescente uso de polímeros reforçados com fibras de carbono no setor aeronáutico deve-se, principalmente, ao constante desafio que esta indústria possui na obtenção de componentes que exibam os maiores valores de resistência mecânica e de rigidez específicas entre os materiais disponíveis.<sup>(5)</sup>

Na indústria automotiva, os materiais compósitos têm uma história paralela desde a década de 1940. Henry Ford foi o primeiro a demonstrar o uso de compósito, utilizando fibra de celulose, em um veículo em 1941 durante uma apresentação, mas o mais famoso uso de compósito na indústria automotiva foi nos painéis da carroceria do Chevrolet Corvette, em 1953, com compósito reforçado com fibra de vidro.<sup>(6)</sup>

A Figura 2 mostra exemplos de aplicações de compósito na indústria automotiva.

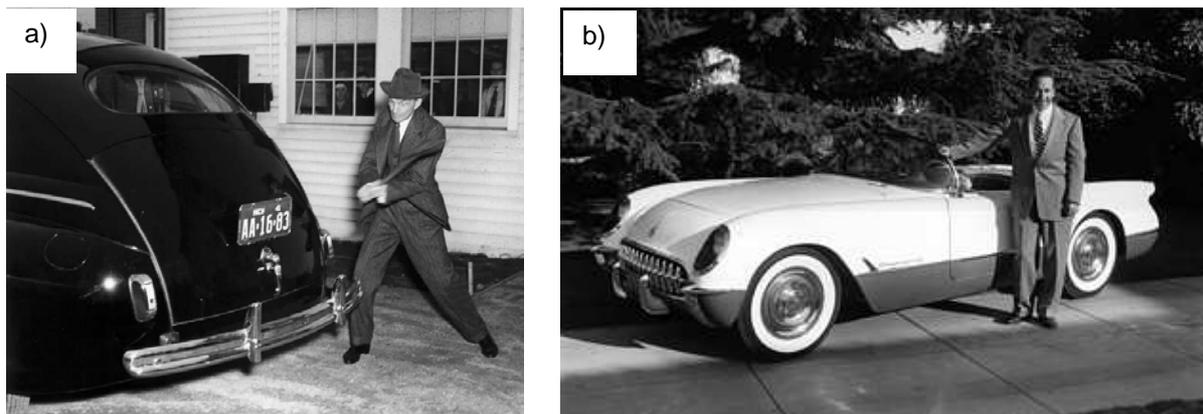


Figura 2 a) Demonstração de Henry Ford. b) Carroceria do Chevrolet Corvette.<sup>(6)</sup>

As características mecânicas são essenciais para a análise de tensões e o projeto de componentes estruturais utilizados em diversos ramos da engenharia. Desta forma este trabalho estudou o comportamento mecânico de compósitos poliméricos reforçado com fibra de vidro e folha de chapa de aço 1020.

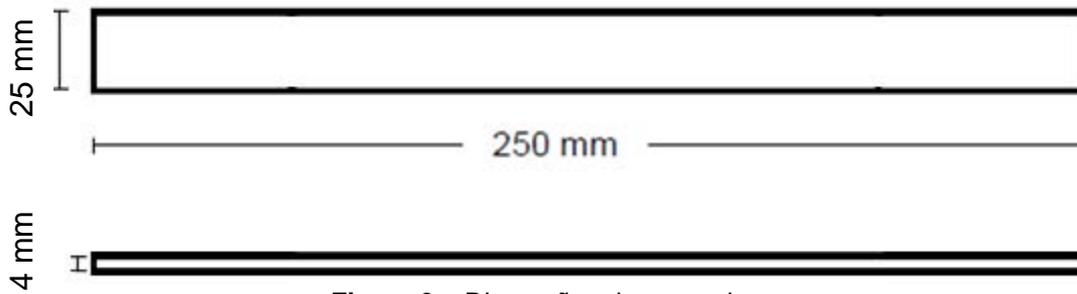
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste estudo foram: manta de fibra de vidro picado de gramatura de  $450 \text{ g/m}^2$ , resina poliéster ortoftálica e chapa de aço 1020 pintada com primer epóxi. Os corpos de prova foram produzidos na TROLLER, montadora de automóvel e os testes foram conduzidos no LACAM/UFC (Laboratório de Caracterização de Materiais da Universidade Federal do Ceara).

A placa compósita foi produzida pela técnica de processamento *Hand lay-up*. Esse método de fabricação consiste em impregnar sucessivamente diversas camadas de reforço de vidro com uma resina termorrígida disposta em um molde, e em seguida, fazer essa resina migrar através do reforço de vidro, eliminando cuidadosamente qualquer inclusão de ar. O processo se inicia pelo tratamento da superfície do molde pela aplicação de um produto desmoldante, para remoção da peça após a cura. A cada camada de reforço sobreposta é efetuada a impregnação com a resina pré-formulada com agente endurecedor adequado.<sup>(1,7)</sup>

O molde foi limpo, e aplicado uma camada de desmoldante para facilitar a retirada da peça. Em seguida foi aplicado uma camada de resina poliéster, catalisada por MEKP (Peróxido de Metil-Eti-Cetona) a 1%, no molde. A manta de fibra de vidro foi cortada na dimensão  $250 \times 250 \text{ mm}$  e espalhada uniformemente no molde; com auxílio de uma trincha, a resina ortoftálica foi vertida sobre as fibras e roletas para remoção de bolhas de ar. Em seguida foi posicionado sobre a manta de fibra de vidro uma folha de chapa de aço 1020 de dimensões de  $250 \times 250 \times 1,2 \text{ mm}$ . E por fim foi colocada outra manta de fibra de vidro sobre a chapa de aço e a resina ortoftálica foi novamente vertida sobre as fibras e roletas para remoção de bolhas de ar.

Da placa processada foram retirados cinco corpos de prova para a realização do ensaio de tração. O desenho esquemático das dimensões dos corpos de prova está mostrada na Figura 3.



**Figura 3** – Dimensões do corpo de prova.

O ensaio de tração foi realizado na máquina de ensaios Instron modelo 8802 J2728 com célula de carga de 250 kN, segundo a norma ASTM D 3039,<sup>(8)</sup> a uma taxa de deslocamento constante igual a 2 mm/min. A Figura 4 mostra a máquina de ensaio de tração.



**Figura 4** – Máquina de ensaio de tração do LACAM – UFC.

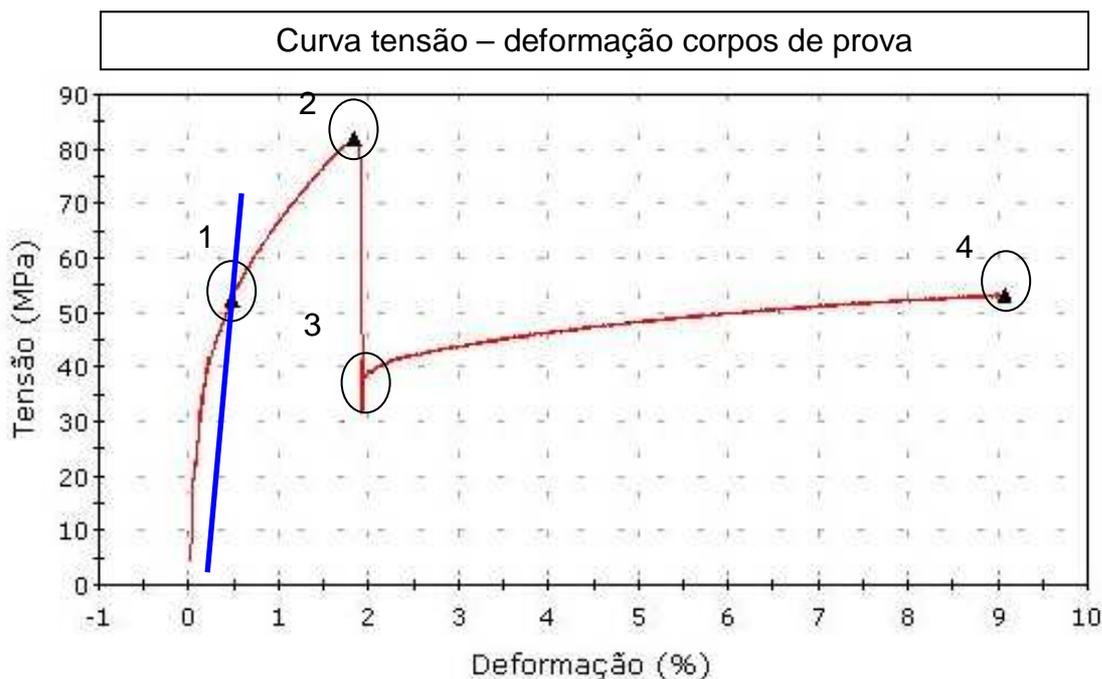
As propriedades obtidas no ensaio de tração foram calculadas a média de acordo com as equação abaixo:<sup>(3)</sup>

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

onde  $\bar{X}$  é média aritmética,  $X_i$  é o valor de um medição específica e  $n$  é o número de observações.

### 3 RESULTADOS

Os gráficos dos corpos de prova estudados apresentaram um comportamento de material frágil, pois apresentou uma deformação plástica pequena quando da sua fratura. A Figura 5 mostra o gráfico do comportamento do material.



**Figura 5:** Comportamento da curva tensão x deformação do material estudado.

A Tabela 1 mostra a média das propriedades dos 5 corpos de prova ensaiados.

**Tabela 1.** Média das propriedades, outubro de 2009

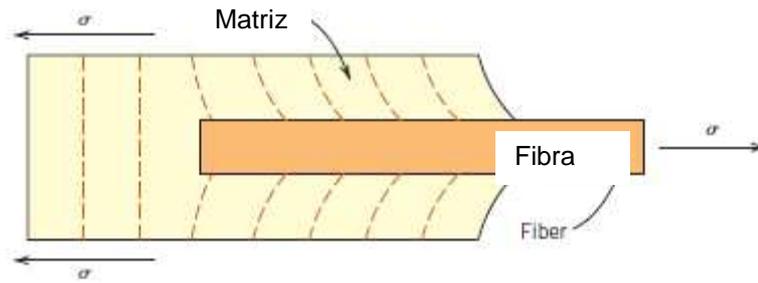
	Limite de Escoamento (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Deformação na Carga Máxima (%)	Limite de Resistência à Tração (MPa)	Alongamento (%)
Média dos Cp's	53,88	11940,61	77,91	1,74	52,13	8,76

#### 4 DISCUSSÃO

Para materiais compósitos, a posição do ponto 1 da Figura 5 não é determinada com precisão, pois o ponto onde ocorre o afastamento inicial da linearidade na curva tensão - deformação não é preciso. Como consequência foi estabelecido uma convenção onde uma linha reta é construída paralela à porção elástica da curva tensão –deformação, a partir de uma pré –deformação específica.<sup>(3)</sup>

No ponto 2 tem-se a tensão máxima suportada pelo corpo de prova. No ponto 3 ocorreu a ruptura do compósito, sem a ruptura do metal e o deslizamento entre o compósito e a chapa de aço. O ponto 4, o ensaio foi terminado manualmente, sendo que a carga aplicada no corpo de prova não fraturou o metal.

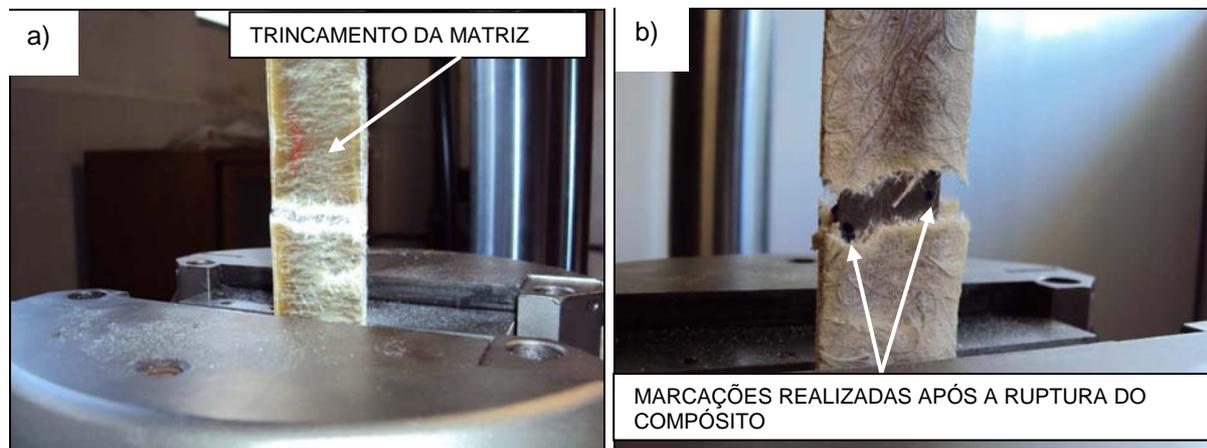
Um dos fatores que influenciam as características mecânicas de um compósito é o grau segundo o qual uma carga aplicada é transmitida para as fibras pela fase matriz. A magnitude da ligação interfacial entre as fases fibra e matriz é importante para essa transmissão de carga. Sob aplicação de uma tensão, essa ligação fibra-matriz cessa nas extremidades da fibra, produzindo um padrão de deformação da matriz<sup>(0)</sup> como está mostrado na Figura 6.



**Figura 6** – Padrão de deformação na matriz em volta de uma fibra que está sujeita à aplicação de uma carga de tração.<sup>(3)</sup>

O mecanismo de falha do compósito observada que ocorreram foram: o trincamento da matriz e a ruptura das fibras. Sendo que a falha por fratura da fibra ou da matriz ocorre quando a tensão em cada um dos constituintes ultrapassa o seu limite admissível de tensão.<sup>(9)</sup>

Na Figura 7 mostra os aspecto visual da ruptura dos corpos de prova que foram observados.



**Figura 7:** Aspecto visual de falha nos corpos de prova.

Como mencionado acima, no ponto 3 teve a ruptura das fibras de vidro e o início do deslizamento da chapa de aço dentro do compósito, este fato pode ser observado pelas marcações realizadas no corpo de prova realizadas imediatamente após a ruptura do compósito, sendo que a a parte superior deslocou-se , como indicado na figura acima.

## 5 CONCLUSÃO

A inclusão da chapa de aço entre as duas mantas de fibra de vidro não melhora as propriedades mecânicas obtidas pelo ensaio de tração. Este fato pode ser evidenciado pelo deslizamento da chapa de aço entre a matriz e chapa de aço.

Para melhor compreensão deste mecanismo sugere-se:

- realizar um estudo complementar de análise de todas as regiões de fratura obtidas neste trabalho por microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura; e
- investigar o comportamento mecânico de compósitos em diferentes condições ambientais.

## Agradecimentos

Ao professor Marcelo José Gomes da Silva por sua orientação e disponibilização do LACAM / UFC e a TROLLER pela confecção dos corpos de prova e ao estudante Yuri Soares Negreiros pela colaboração nos ensaios dos testes de tração.

## REFERÊNCIAS

- 1 LEVY NETO, Flaminio; PARDINI, Luiz Claudio. Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- 2 FAGURY, Régia Vânia Guilliod. Avaliação de Fibras Naturais para a Fabricação de compósitos: açaí, coco e junta. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.
- 3 CALLISTER JR., William D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. cap. 17, p.358 - 382.
- 4 MAZUMDAR, Sanjay K. Composites Manufacturing: Materials, Product, and Process Engineering New York: CRC press, 2001. p. 32 -36.
- 5 SANTOS, Alexandre Maneira. Estudo de compósitos híbridos polipropileno / fibras de vidro e coco para aplicações em Engenharia. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- 6 GIANIRIS, Nicholas J. ASM Handbook - v.21. Composites: Automotive Applications. ASM International, 2001 p. 23234 e 2331.
- 7 CAUCHOIS, Jean Pierre Compósitos I: Materiais, Processos, Aplicações, Desempenho e Tendências. ABMACO, 2008 cap. 7. Pag. 401 – 430.
- 8 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 3039 Standard. “Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials”. Philadelphia: 2000.
- 9 ALVES, Andréia Leite dos Santos Processamento de Placas compósitas pela técnica de moldagem por infusão de resina Seemann (SCRIMP) Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.