

# AVALIAÇÃO MECÂNICA E MORFOLÓGICA DE COMPÓSITOS DE FIBRAS DE ARAMIDA/EPÓXI

- Mateus Armelin Piai<sup>1</sup>, Luiz C. Pardini<sup>2</sup>, Antônio C. A. Júnior<sup>3</sup>, Edson C. Botelho<sup>1</sup> - 1- Inter-áreas – Engenharia de Materiais – Departamento de Materiais e Tecnologia – Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá; 2 – Divisão de Materiais, Instituto de Aeronáutica e Espaço – CTA – São José dos Campos- SP; 3 - Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A - Av. Brigadeiro Faria Lima, Putim, São José dos Campos - SP

Um dos objetivos da competitiva indústria aeronáutica consiste na redução de peso das aeronaves sem comprometer a rigidez e a resistência dos componentes. Dentro deste conceito, os laminados de compósitos poliméricos avançados têm tido grande aceitação nas aplicações aeronáutica e espacial, por satisfazerem os requisitos de resistência mecânica e rigidez para componentes de grande responsabilidade estrutural, com peso inferior às estruturas equivalentes em metal. Peças para fins civis e militares, tais como: flapes, leme, bordos, longarinas, carenagens, empenagens, ailerons, tanques de combustível, entre outras, que anteriormente eram fabricadas em ligas de alumínio, titânio e aços especiais, estão hoje sendo obtidas na sua grande maioria em estruturas laminadas de materiais pré-impregnados de compósitos poliméricos avançados [Botelho, E. C., 2005; Callister, W. D., 2002]. Atualmente, compósitos de fibras de carbono, vidro e aramida, vêm sendo utilizados em diversas aplicações em aeronaves comercializadas pela EMBRAER (Figura 1).

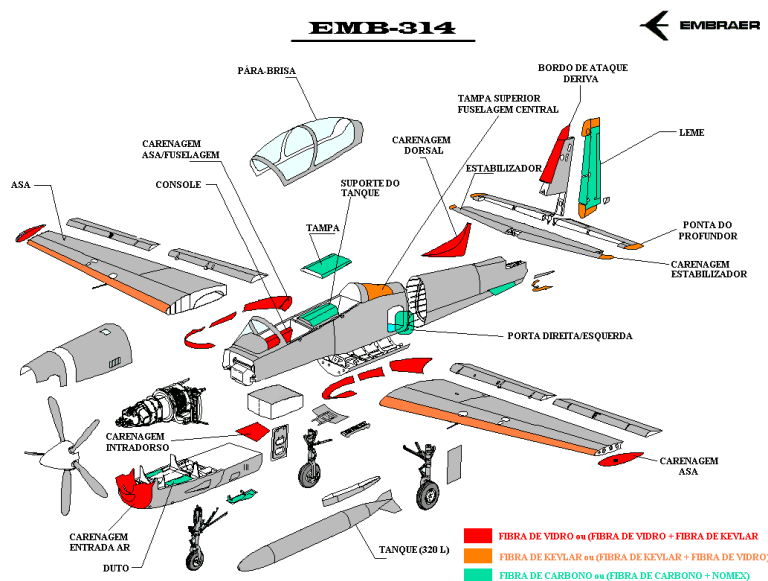


Figura 1. Aplicações de compósitos em aeronaves.

Compósitos poliméricos fabricados a partir de fibras de aramida, são hoje intensamente utilizados. Estas fibras oferecem como principais vantagens: baixa massa específica, elevada resistência à tração, baixo custo e elevada resistência ao impacto [Cândido, G. M., 2000].

Atualmente, o processo mais utilizado na fabricação dos compósitos poliméricos termorrígidos tem sido a cura em autoclave. Esta técnica apresenta como vantagens: bom aproveitamento da matéria-prima, possibilidade na utilização de vários ciclos de cura, peças com bom acabamento final, etc [Canevarolo, S. V., 2005; Kirk, G. E., 1988].

Dentro deste conceito, este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades morfológicas e mecânicas de compósitos poliméricos termorrígidos com matriz epóxi reforçados com fibras de aramida, a partir de ensaios de resistência à tração e microscopia

óptica. Com o objetivo de se avaliar o conteúdo volumétrico das fibras de reforço, neste trabalho foram realizados ensaios de termogravimetria. Os valores encontrados a partir desta técnica foram utilizados na obtenção de valores teóricos do módulo de elasticidade para os compósitos analisados.

Neste trabalho foram utilizados compósitos de fibras de aramida/epóxi processados em forma de placas e com reforço em tecido do tipo plain weave. Este processamento foi realizado em uma autoclave da EMBRAER.

A avaliação morfológica do compósito estudado, foi realizada a partir das análises por microscopia óptica nos laboratórios de microscopia da FEG/ UNESP. Amostras de fibras de aramida/epóxi foram embutidas em resina acrílica e tratadas em lixas de 100, 200, 320, 400, 600 e 1000 mech e polidas com pasta de diamante de 6µm, 3µm e 1µm.

Com o intuito de verificar o teor de fibras presente no compósito, foram realizadas análises de termogravimetria (TGA) em um equipamento da Perkin Elmer modelo TGA 7. Durante esta análise foram utilizados como parâmetros: razão de aquecimento de 10°C/min, atmosfera de nitrogênio com fluxo constante de 20 mL/min e varredura entre 30°C até 1000°C.

Ensaio de resistência à tração foram realizados de acordo com a norma ASTM 3039, utilizando uma máquina universal INSTRON modelo 8801.

As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados da análise fractográfica dos compósitos de fibras de aramida/epóxi. Como pode ser observado, as micrografias mostram que o compósito processado apresentou uma boa distribuição da matriz polimérica ao longo do reforço, não sendo possível observar regiões de porosidade e/ou delaminação.

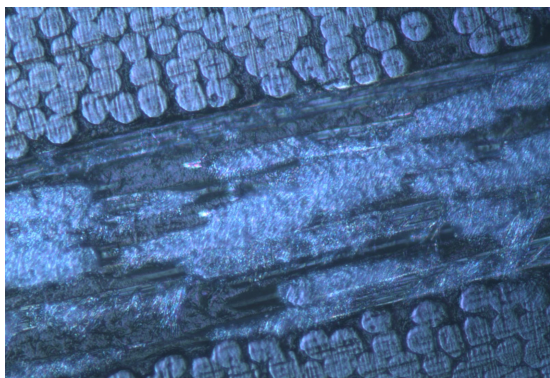


Figura 1. Microscopia com ampliação de 500x

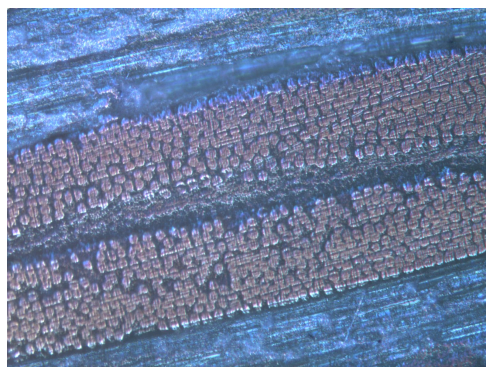


Figura 2. Microscopia com ampliação de 200x

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos a partir da avaliação do teor fibra/matriz do compósito por ensaios de TGA. Durante as análises foram ensaiadas 5 amostras do compósito, resultando em um teor médio do reforço em 56±1%, em volume. Os valores de teores de fibras e matriz foram utilizados para a obtenção do módulo teórico de elasticidade, a partir da regra das misturas (equação 1):

Tabela 1. Resultados de teores volumétricos de fibras obtidos a partir dos ensaios de TGA.

Ensaio	Teor de fibra (%)	Teor de matriz (%)
TGA	56±1	44±1

$$E_c = E_f V_f + E_m V_m \quad \text{equação 1}$$

onde:  $V_f$  = volume de fibras de aramida;  $V_m$  = volume da matriz;  $E_f$  = valor do módulo elástico para o reforço e  $E_m$  = valor do módulo elástico para a matriz.

A partir da equação anteriormente mencionada, o valor do módulo elástico do compósito foi calculado, utilizando valores teóricos dos módulos da resina epóxi, 3,2 GPa e da fibra de aramida, 68 GPa, disponíveis em literatura [Botelho, E. C., 2005]. O valor obtido a partir da regra das misturas foi comparado com os valores obtidos experimentalmente, apresentados na Tabela 2.

Neste trabalho, foi observado que o valor módulo elástico, obtido experimentalmente, foi de 36,8 GPa, enquanto que o valor teórico foi de 39,17 GPa. Esta diferença de 6% é devido ao cálculo teórico não levar em consideração os efeitos da interface existente entre a fibra e a matriz e a existência de porosidade (que, devido ao tamanho reduzido, não pode ser evidenciada nas Figuras 1 e 2) resultante do processo de fabricação do compósito.

Tabela 2. Resultados obtidos a partir dos ensaios de resistência à tração.

	<b>Valor médio (GPa)</b>	<b>Desvio padrão (%)</b>
Resistência	0,68	0,8
Módulo	36,8	1,6

A partir deste trabalho, pôde ser concluído que os compósitos de fibras de aramida/epóxi processados apresentaram valores do módulo de elasticidade inferiores aos obtidos teoricamente, entretanto, devido à pequena diferença observada, estes compósitos podem ser utilizados em aplicações estruturais.

#### **Agradecimentos:**

Os autores gostariam de agradecer à FAPESP (projeto nº 05/54358-7) e a empresa Embraer S.A.

#### **Referências Bibliográficas:**

BOTELHO, E. C., COSTA, M. L., PARDINI, L. C., REZENDE, M. C., Processing and Hygrothermal Effects on Viscoelastic Behavior of Glass Fiber/Epoxy Composites, **Journal of Materials Science**, 40, pp. 3615-3623, 2005.

CALLISTER, W.D., **Ciência e Engenharia de Materiais**, Uma Introdução, 5 edição, pp358-38, 2002.

CÂNDIDO, G. M., REZENDE, M. C., ALMEIDA, S. F. M., Processamento de Laminados de Compósitos Poliméricos Avançados com Bordas Moldadas, **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, nº 2, 2000.

CANEVAROLO, S. V., **Técnica de Caracterização de Polímeros**, 2005.

KIRK, G. E. The Composite Aeroengineer, Reinforced Composites, 3<sup>th</sup> - International Conference, Universidade de Liverpool, Inglaterra, 1988.