



## **ANÁLISE DE FLEXÃO EM UMA VIGA DA ASA DE UMA AERONAVE DO TIPO AERODESIGN**

GUILHERME DOTI BARBOSA<sup>1</sup>, FERNANDO DE HARO MORAES<sup>2</sup>

1 Graduando em Engenharia Mecânica, IFSP, Campus Araraquara, g.doti@aluno.ifsp.edu.br

2 Doutor em Engenharia Mecânica, IFSP, Campus Araraquara, fernandohm@ifsp.edu.br

**Área de conhecimento:** 30500001

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo principal avaliar o comportamento estrutural da viga da asa de uma aeronave do tipo AeroDesign sob cargas de flexão, visando garantir a segurança e eficiência do projeto aeronáutico. A importância da análise reside na necessidade de identificar eventuais pontos críticos de tensão e deformação, que podem comprometer a integridade da asa durante o voo. Para isso, foram utilizados modelos matemáticos que reproduzem as condições de carregamento reais enfrentadas pela viga, considerando materiais e geometria adequados ao projeto. Os procedimentos envolveram a aplicação de cargas típicas de voo e a avaliação da resposta estrutural, destacando os locais de máxima flexão e seus efeitos. Os resultados indicaram que a viga suporta as solicitações previstas, mantendo deformações dentro dos limites admissíveis, o que garante estabilidade e resistência para as condições operacionais. Conclui-se que a análise de flexão é essencial para validar o dimensionamento estrutural, contribuindo para o desenvolvimento seguro e eficiente da aeronave radio controlada, além de orientar melhorias no projeto e seleção de materiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aerodinâmica; carregamento estrutural; materiais compósitos; resistência; simulação computacional; tensão de flexão.

### **INTRODUÇÃO**

A análise de flexão em uma viga da asa de uma aeronave do tipo AeroDesign é fundamental para garantir a segurança estrutural e o desempenho adequado durante o voo. O estudo aborda o comportamento da viga submetida a carregamentos típicos, visando identificar possíveis pontos de tensão excessiva e deformações que possam comprometer a integridade da asa. O problema centrou-se em avaliar se o dimensionamento atual da viga atende às exigências de resistência e rigidez impostas pelas condições operacionais. O objetivo principal foi analisar as solicitações de flexão e a resposta estrutural experimental, fornecendo dados que possam validar ou indicar ajustes no projeto. A justificativa está na necessidade de assegurar a confiabilidade da estrutura com um método eficiente e rigoroso, reduzindo riscos e otimizando materiais. A hipótese considera que, com correta modelagem e parâmetros adequados, a viga suportará as cargas previstas sem falhas. A metodologia incorporou análise experimental e avaliação numérica para analisar tensões e deformações, permitindo resultados precisos e confiáveis. Este trabalho contribui para aprimorar o

desenvolvimento de aeronaves experimentais, promovendo segurança e eficiência no campo da aerodinâmica estrutural.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os ensaios de flexão, predominantes na avaliação do comportamento mecânico de estruturas de compósitos, incluem testes de três e quatro pontos, nos quais se avalia a resistência, deformação máxima e comportamento de fissuração do material (ASTM D-6272, 2010). Segundo o artigo de Scaringi (2010), o ensaio de flexão a quatro pontos é preferido para materiais compostos, pois propicia um estado de carregamento uniforme na região central da viga, permitindo uma análise mais precisa do comportamento sob cargas de momento máximo.

A análise do gráfico carga versus deflexão e do momento fletor versus raio de curvatura fornece informações sobre o limite elástico, resistência à ruptura, ductilidade e potencial de fadiga do material (Hibbeler, 2001). Além disso, a determinação do raio de curvatura antes da falha é fundamental para projetos de tubos e vigas em aeronaves, pois influencia a conformabilidade do componente durante o uso e sua resistência a deformações excessivas. A utilização de materiais compósitos na construção de vigas da asa de aeronaves de AeroDesign é uma estratégia que busca equilibrar resistência mecânica e peso estrutural. De acordo com Teixeira (2007), a resistência à flexão em elementos de fibra de vidro pode ser amplificada pelo controle na orientação das fibras, permitindo uma engenharia de materiais mais eficiente para aplicações aeroespaciais de pequeno porte.

A possibilidade de fabricação de vigas ocas, como demonstrado no artigo, contribui para a economia de peso sem comprometer a resistência às cargas de flexão, imprescindível na aerodinâmica e na eficiência do voo (Magalhães et al., 2011). Assim, testes laboratoriais fornecem dados essenciais para a validação de modelos numéricos, levando a melhorias na otimização estrutural de aeronaves de pequeno porte para AeroDesign.

## METODOLOGIA

O ensaio experimental foi realizado com viga tubular de fibra de vidro do tamanho original, o qual foi utilizado como viga da ponta da asa da aeronave (figura 1).

FIGURA 1. Viga na ponta da asa.



Fonte: próprio autor

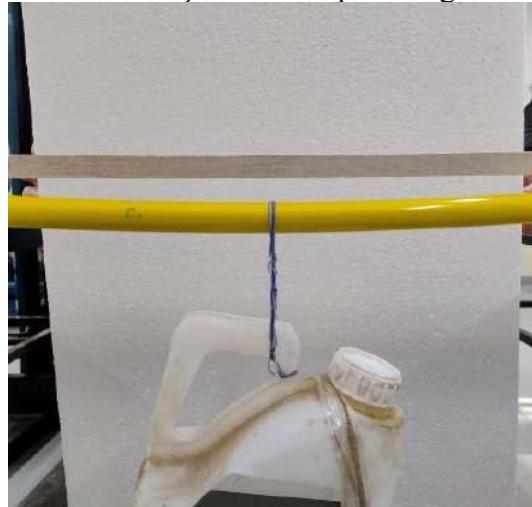
O tubo foi apoiado entre duas mesas, sendo aplicadas cargas gradativamente e medindo a deformação do meio do tubo, seguindo um modelo de ensaio de flexão 3 pontos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados de deformação por carga aplicada na viga, foi possível realizar uma previsão experimental da deformação que a asa sofrerá.

Na figura 2 é apresentado o tubo com carga de 149,01 N e deformação de 16 mm.

FIGURA 2. Deformação do tubo para carga de 149,01 N



Fonte: próprio autor

Na figura 3 é apresentado o tubo com carga de 203,95 N e deformação de 24 mm

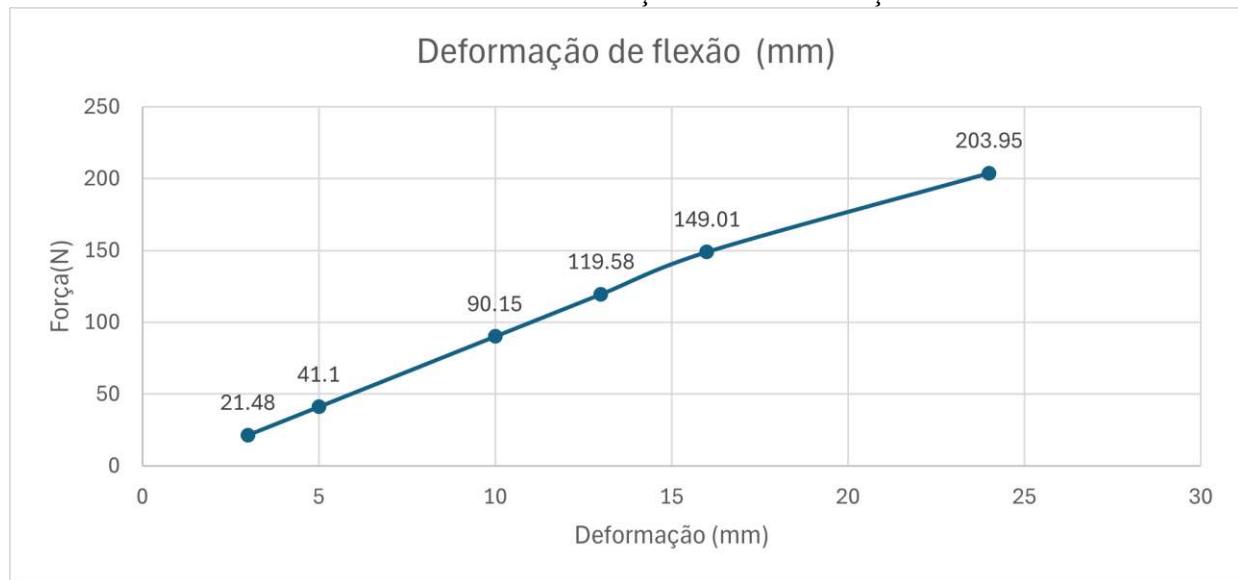
FIGURA 3. Deformação do tubo para carga de 203,95 N



Fonte: próprio autor

Na figura 4 é apresentado um gráfico da força versus deformação.

FIGURA 4. Gráfico força versus deformação



Fonte: próprio autor

Foi realizado um teste experimental da aeronave onde ela foi capaz de voar carregando uma carga de 5kg mais o peso da aeronave de 6kg totalizando 11kg.

A viga suportou os esforços dinâmicos que ocorreram durante o voo, validando o dimensionamento, segue a figura 5.

FIGURA 5. Aeronave em teste de voo



Fonte: próprio autor

Na figura 6, é apresentada a aeronave oficial apta para a 27 competição SAE BRASIL de AeroDesign.

FIGURA 6. Aeronave oficial da competição



Fonte: próprio autor

A tabela 1 apresenta os parâmetros dos tubos utilizados como vigas e a tabela 2 apresenta as Forças versus Deformações registradas durante a análise experimental.

TABELA 1. Parâmetros do ensaio experimental

	Medidas (mm)
Comprimento Total (mm)	1,11
Distância Entre Apoios (mm)	740
Diâmetro Interno (mm)	18
Diâmetro Externo (mm)	20

Fonte: Próprio autor

Tabela 2. Força versus Deslocamento

Massa (kg)	Força (N)	Deformação de flexão (mm)
2,19	21,48	3
4,19	41,1	5
9,19	90,15	10
12,19	119,58	13
15,19	149,01	16
20,79	203,95	24

Fonte: Próprio autor

## **CONCLUSÕES**

A partir da pesquisa realizada, foi possível obter uma previsão de dimensionamento da deformação versus força da viga da ponta da asa. Foi realizada a análise experimental e validada a partir do teste de voo. A viga suportou os esforços dinâmicos de voo. O trabalho está em andamento, e posteriormente serão realizadas análises computacionais para validar os dados obtidos experimentalmente, na qual será utilizado o programa Inventor NASTRAN. A aeronave participou da 27<sup>a</sup> competição SAE BRASIL de AeroDesign, a viga funcionou, não apresentou problemas validando experimentalmente a viga analisada.

## **AGRADECIMENTOS (Opcional)**

Agradecimentos a agência de financiamento PACTEC.

## **REFERÊNCIAS**

ASTM D-6272. Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials, 2010. CALLISTER, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

HIBBELER, R. C. Resistência dos Materiais. Prentice Hall, 2001.

SANTANA, R. T.; RAMOS, A. F.; AZEVEDO, A. F. M. Propriedades Mecânicas de Materiais Compósitos de Fibra de Vidro. Revista de Engenharia e Pesquisa, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2014.

SCARINGI, D. Comportamento em Flexão de Tubos de Materiais Compostos Produzidos por Enrolamento Filamentar. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SOBRINHO, L. L. Desenvolvimento de Matriz Polimérica para Material Composto Visando o Reforço de Dutos de Aço. 2005. Dissertação (Mestrado) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

TEIXEIRA, A. M. A. J. Ponte de Material Composto de Fibra de Vidro. 2007. Dissertação (Doutorado) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.