

## 16º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2025

### DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO MATERIAL SANDUÍCHE LAMINADO COM COMPÓSITO

GIOVANNA RELSER DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, JUAN PIERRE PAULO DE FARIA<sup>2</sup>, FERNANDO DE  
HARO MORAES<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista PACTEC, IFSP, Campus Araraquara, giovanna.relser@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, IFSP, Campus Araraquara, juan.pierre@aluno.ifsp.edu.br

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Mecânica, IFSP, Campus Araraquara, fernandohm@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.03.00-0 Mecânica dos sólidos

**RESUMO:** Esta pesquisa avaliou a resistência à tração de compósitos laminados, explorando a madeira balsa como núcleo e reforços de fibra de vidro e de fibra de carbono. O estudo teve como objetivo determinar a resistência à tração de dez corpos de prova de 3 mm de espessura, constituídos por uma lâmina de madeira balsa revestida em ambos os lados, sendo cinco corpos de prova com fibra de vidro e cinco com fibra de carbono. Para a laminação, foi utilizada resina epóxi como matriz. Os ensaios de tração foram conduzidos em uma máquina de ensaio universal EMIC, seguindo os procedimentos da norma ASTM D3039/D3039M-17. Os dados coletados permitiram obter os diagramas de tensão versus deformação para cada corpo de prova, fornecendo informações sobre o comportamento mecânico e a resistência dos materiais. Os resultados desta pesquisa serão utilizados como material de construção de uma aeronave do tipo Aerodesign.

**PALAVRAS-CHAVE:** SANDUÍCHE COMPÓSITO, FIBRA DE VIDRO, FIBRA DE CARBONO.

### DETERMINATION OF TENSILE STRENGTH OF LAMINATED SANDWICH MATERIAL WITH COMPOSITE

**ABSTRACT:** This research evaluated the tensile strength of laminated composites, using balsa wood as a core and fiberglass and carbon fiber reinforcements. The study aimed to determine the tensile strength of ten 3-mm-thick specimens consisting of a balsa wood veneer coated on both sides—five specimens with fiberglass and five with carbon fiber. Epoxy resin was used as the matrix for the lamination. Tensile tests were conducted on an EMIC universal testing machine, following the procedures of ASTM D3039/D3039M-17. The collected data allowed for the production of stress-strain diagrams for each specimen, providing information on the mechanical behavior and strength of the materials. The results of this research will be used as construction material for an Aerodesign aircraft.

**KEYWORDS:** TCOMPOSITE SANDWICH, FIBERGLASS, CARBON FIBER.

### INTRODUÇÃO

Esta pesquisa avaliou a resistência à tração de compósitos laminados, explorando a madeira balsa como núcleo e reforços de fibra de vidro e de fibra de carbono. O estudo teve como objetivo determinar a resistência à tração de dez corpos de prova de 3 mm de espessura, constituídos por uma lâmina de madeira balsa revestida em ambos os lados, sendo cinco corpos de prova com fibra de vidro e cinco com fibra de carbono. Para a laminação, foi utilizada resina epóxi como matriz. Os ensaios de tração foram conduzidos em uma máquina de ensaio universal EMIC, seguindo os procedimentos da norma ASTM D3039/D3039M-17. Os dados coletados permitiram obter os diagramas de tensão versus deformação

para cada corpo de prova, fornecendo informações sobre o comportamento mecânico e a resistência dos materiais. Os resultados desta pesquisa serão utilizados como material de construção de uma aeronave do tipo Aerodesign.

O reforço de vigas de madeira com fibras de carbono e de vidro, foi objeto de estudo na tese de Fiorelli e Dias (2002). Gibson (2010), em seu artigo no *Journal of Composite Materials*, discutiu a mecânica de compósitos baseados em espumas. Silva e colaboradores (2020) estudou o desenvolvimento de um processo de laminação de compósitos para a asa de uma aeronave, que utiliza fibra de carbono e resina epóxi. Essas referências direcionaram o trabalho quanto a norma a ser utilizada, resultados esperados e aplicação em aeronaves.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos adotados para a execução dos ensaios de tração nos corpos de prova laminados foram realizados seguindo norma técnica ASTM D3039/D3039M-17.

Os corpos de prova foram confeccionados a partir de uma lâmina de madeira balsa de 3 mm de espessura, que serviu como núcleo. Para o reforço, foram utilizadas duas malhas diferentes: fibra de vidro (FG) com gramatura de 200 g/m<sup>2</sup> para o primeiro grupo de amostras e fibra de carbono (FC) com gramatura de 240 g/m<sup>2</sup> para o segundo grupo. A laminação foi realizada com resina epóxi de média viscosidade, curada em temperatura ambiente.

Foram preparados quinze corpos de prova retangulares, com dimensões finais de 250 mm x 25 mm x 3 mm, sendo cinco para cada tipo de reforço (FG e FC), e cinco somente com o núcleo de balsa, sem laminação. A confecção seguiu o método de laminação manual, onde a lâmina de balsa foi revestida com as malhas de fibra e impregnada com a resina epóxi em ambos os lados, garantindo a saturação completa da fibra, figura-1. Após a laminação, as amostras foram submetidas a um período de cura de 24 horas.

FIGURA 1. Corpos de prova laminados com fibra de carbono



Fonte: próprio autor

Os ensaios de tração foram realizados em uma máquina universal de ensaios EMIC DL 10000, equipada com garras mecânicas para fixação dos corpos de prova. A máquina foi configurada com uma taxa de deslocamento de 2 mm/min, mantida constante durante todos os testes, conforme a norma ASTM D3039/D3039M-17. A carga aplicada e o deslocamento correspondente de cada amostra foram monitorados e registrados continuamente, figura-2.

FIGURA 2. Ensaio dos corpos de prova laminados



Fonte: próprio autor

Os dados de carga versus deslocamento, obtidos em cada ensaio, foram utilizados para o cálculo da tensão e da deformação, permitindo a construção dos diagramas de tensão por deformação para cada corpo de prova. A resistência à tração última foi determinada a partir do ponto de tensão máxima atingido antes da falha. Os resultados foram utilizados para comparar o desempenho mecânico dos compósitos reforçados com fibra de vidro e com fibra de carbono.

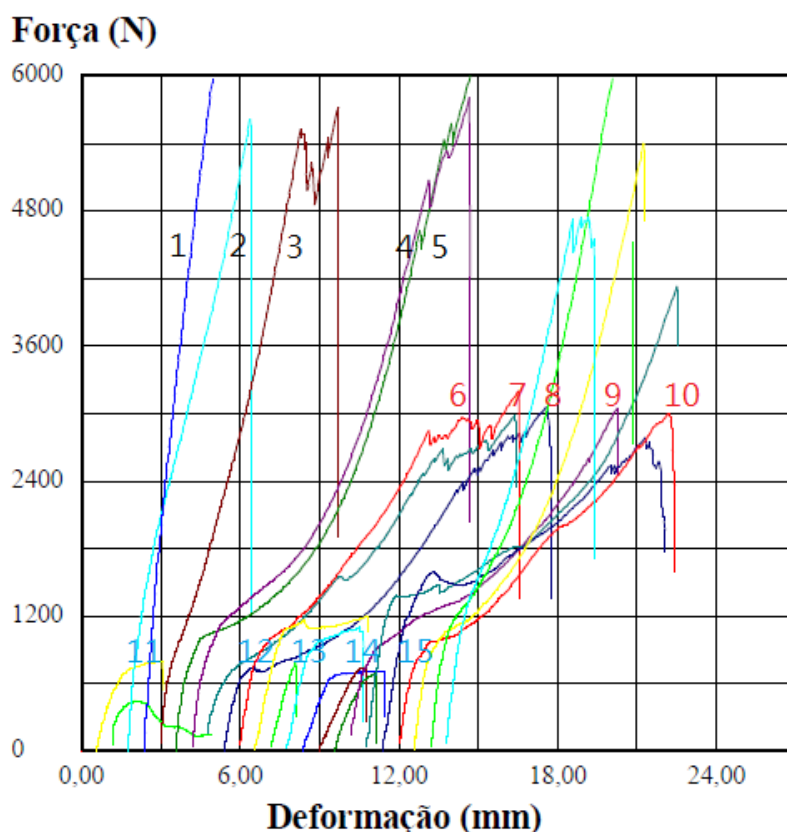
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3 são apresentados os resultados dos ensaios de tração realizados. Essa figura apresenta o resultado dos corpos de prova da seguinte maneira:

- Corpos de prova com núcleo de balsa 3mm laminados dos dois lados com fibra de carbono e resina epoxi foram numerados como 1, 2, 3 ,4 e 5;
- Corpos de prova com núcleo de balsa 3mm laminados dos dois lados com fibra de carbono e resina epoxi foram numerados como 6, 7, 8 ,9 e 10;
- Os corpos de prova com somente o núcleo de balsa 3mm, sem laminação.

É interessante observar que os resultados apresentados na tabela 1 a seguir, são referentes ao sanduíche, ou seja, um núcleo em balsa, laminado com uma fibra e uma resina. Os resultados apresentam a força máxima, deformação, e módulo de elasticidade para cada tipo de corpo de prova avaliado.

FIGURA 3. Diagrama Força x deformação fibra de vidro



Fonte: próprio autor.

A partir do diagrama Força por deformação da figura 3, foi montada a tabela 1 com os valores de força máxima, deslocamento, tensão de ruptura e módulo de escoamento. Os corpos de prova laminados com fibra de carbono apresentaram resistência à tração superior aos corpos de prova laminados com fibras de vidro, e superior aos corpos de prova os sem laminação.

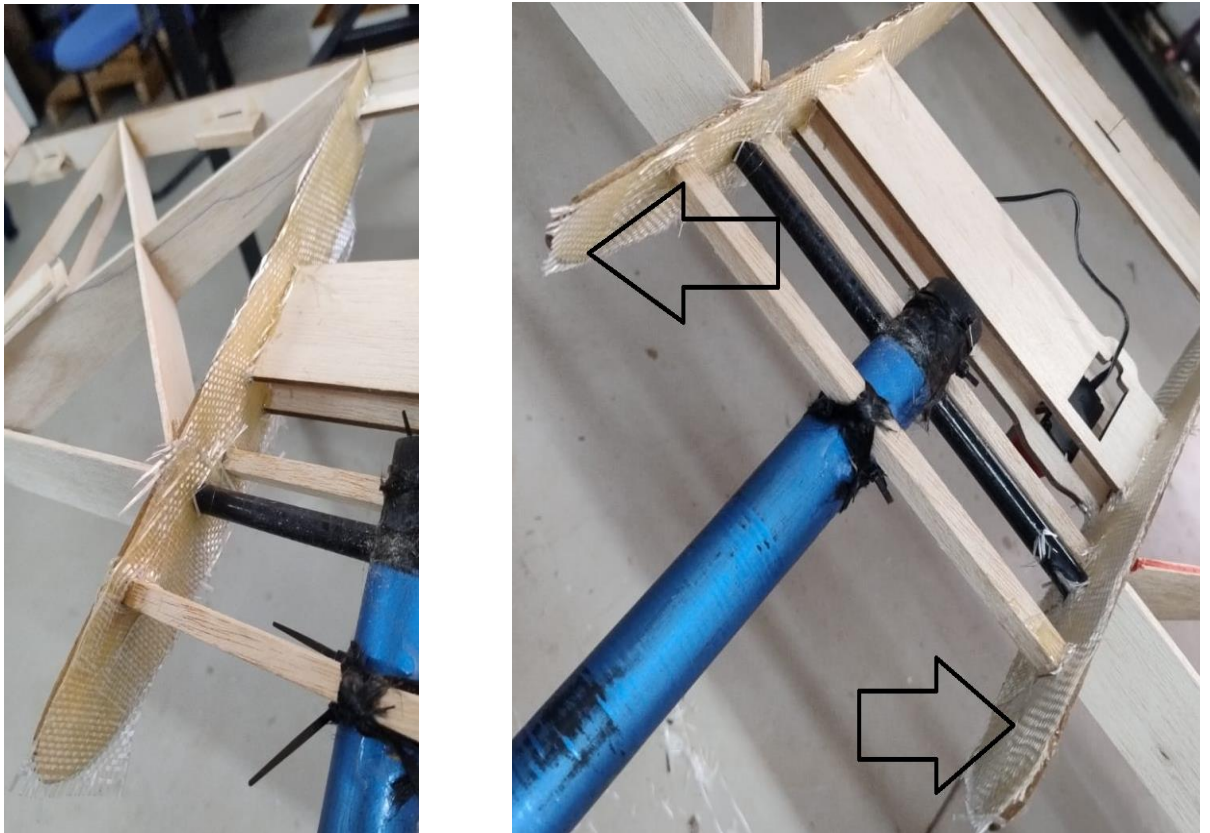
TABELA 1. Resultados obtidos.

| Profundidades (m)            | Força Máxima (N) | Deslocamento (mm) | Tensão de Ruptura (MPa) | Módulo de Escoamento (MPa) |
|------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| Balsa sem Laminação          | 700              | 1                 | 9,33                    | 9,33                       |
| Laminada em fibra de vidro   | 2700             | 7,5               | 36                      | 4,8                        |
| Laminada em fibra de carbono | 5100             | 5                 | 68                      | 13,6                       |

Fonte: próprio autor

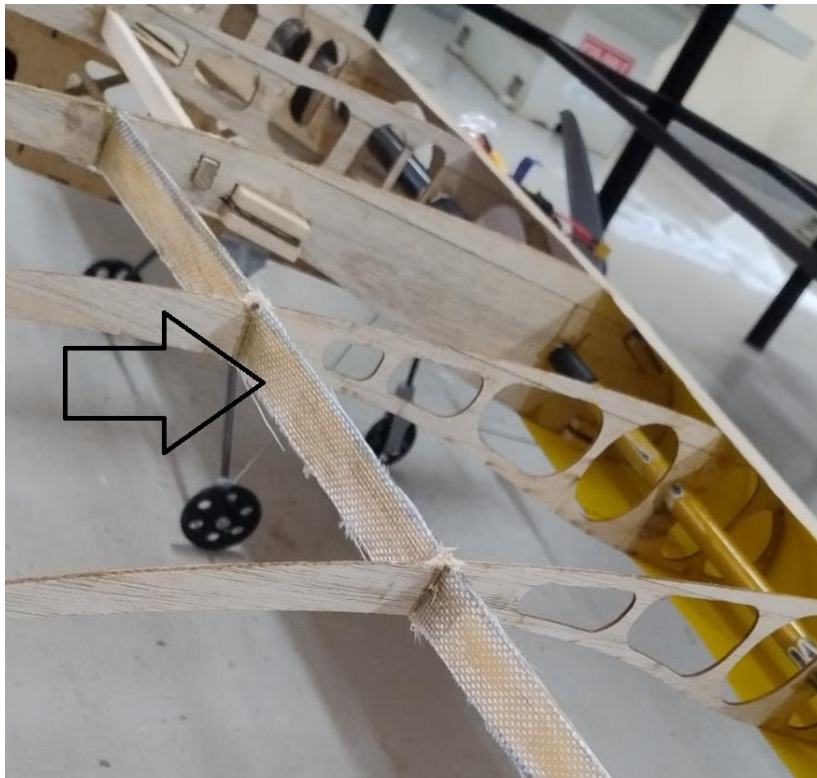
A figura 4 apresenta um exemplo de onde foi aplicado a laminação com fibra de vidro num primeiro protótipo de aeronave aerodesign e futuramente será substituída por fibra de carbono no segundo protótipo.

FIGURA 4. Aplicação da balsa laminada no perfil da empenagem



Fonte: próprio autor

FIGURA 5. Aplicação da balsa laminada na longarina da asa



Fonte: próprio autor

## **CONCLUSÕES**

Os corpos de prova laminados com fibra de carbono apresentaram resistência à tração superior aos corpos de prova laminados com fibra de vidro. Conclui-se que é recomendado utilizar a laminação com fibra de carbono por obter resistência à tração mais elevada do que a com fibra de vidro, podendo resistir a maior esforço de tração com menor peso envolvido, considerando que o material estudado será aplicado a uma aeronave do tipo Aerodesign, onde baixo peso e resistência mecânica são priorizados.

## **CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

Juan Pierre Paulo de Faria contribuiu com a realização dos corpos de prova e ensaio experimental.

Giovanna Relser de Oliveira contribuiu com a análise dos dados e escrita do texto.

Fernando de Haro Moraes contribuiu com a orientação do trabalho.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos ao PACTEC.

## **REFERÊNCIAS**

ASTM D3039/D3039M-17. (2017). Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. ASTM International. [https://store.astm.org/d3039\\_d3039m-17.html](https://store.astm.org/d3039_d3039m-17.html)

FIORELLI, J., & DIAS, A. A. (2002). Utilização de fibras de carbono e de fibras de vidro para reforço de vigas de madeira de espécies nacionais. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-12052003-144536/pt-br.php>

GIBSON, L. J. (2010). The mechanics of foam-based composites. *Journal of Composite Materials*, 44(25), 3045–3058. <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscar.html?task=detalhes&id=W2096233918>

SILVA, A. C., et al. (2020). Desenvolvimento de um processo de laminação de material compósito com fibra de carbono e matriz de resina epóxi da asa de uma aeronave. *Brazilian Journals Publicações*. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/21329>