



## Ensaio de tração em compósito com esteiras trançadas de bambu tuldoides e resina poliéster para aplicação em carenagens

### Tensile test on composite with braided bamboo tuldoides panels and polyester resin for application in fairings

André Luiz Bianchi<sup>1</sup>, Fabiano Ostapiv<sup>2</sup>

#### RESUMO

A equipe Tubarão Branco da UTFPR-PB desenvolve um protótipo de veículo elétrico voltado para a *Shell Eco-Marathon*, uma competição anual que tem como principal objetivo avaliar design e eficiência no consumo de combustível de veículos automotores produzidos por universidades em todo o mundo. A finalidade da carenagem é proteger o piloto e proporcionar aerodinâmica do protótipo, para isso o material de sua estrutura precisa ser leve e resistente, propriedades que são encontradas no bambu, além de ser um biomaterial. De acordo com a ASTM D3878-07 um compósito é uma substância constituída de dois ou mais materiais, insolúveis entre si, que combinados formam um material com propriedades que não se encontram nos materiais de forma isolada. O objetivo deste trabalho é obter as propriedades mecânicas em tração do compósito de esteiras trançadas de bambu *Bambusa tuldoides* adicionadas em uma matriz de resina poliéster. Foram obtidos resultados satisfatórios para o uso do compósito na construção da carenagem, como, um bom acabamento superficial, leveza e resistência a tração de aproximadamente 20 MPa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bio compósitos. Carenagem automotiva. Ensaio de tração. Esteira de Bambu.

#### ABSTRACT

The Tubarão Branco team from UTFPR-PB develops an electric vehicle prototype aimed at the Shell Eco-Marathon, an annual competition whose main objective is to evaluate the design and fuel consumption efficiency of motor vehicles produced by universities around the world. The purpose of the fairing is to protect the pilot and provide aerodynamics for the prototype. To achieve this, the material of its structure needs to be light and resistant, properties that are found in bamboo, in addition to being a biomaterial. According to ASTM D3878-07, a composite is a substance made up of two or more materials, insoluble in each other, which combined form a material with properties that are not found in materials in isolation. The objective of this work is to obtain the mechanical properties in tension of the composite of *Bambusa tuldoides* braided bamboo mats added to a polyester resin matrix. Satisfactory results were obtained for the use of the composite in the construction of the fairing, such as a good surface finish, lightness and tensile strength of approximately 20 MPa.

**KEYWORDS:** Bio composites. Automotive fairing. Tensile test. Bamboo panels.

#### CONTEXTUALIZAÇÃO

A *Shell Eco-Marathon* é uma competição anual tendo como principal objetivo avaliar design e eficiência em consumo de combustível de veículos produzidos por universidades em todo o mundo. A equipe Tubarão Branco da UTFPR campus Pato Branco desenvolve o protótipo na categoria elétrico, a Figura 1 exibe o protótipo na competição de 2018. Apesar da competição avaliar somente o consumo, a equipe entende que a eficiência energética vai além, e engloba o veículo como um todo, partindo do projeto passando pelo uso e terminando no descarte. Diante disso, avaliamos a necessidade de projetar uma carenagem mais sustentável, inovadora em material leve e resistente, sem perder a eficiência, além de um melhor custo benefício se comparados aos materiais mais utilizados, como fibras de vidro e carbono.

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: andrebianchi@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1586118177327782.

<sup>2</sup>Docente no Curso de Engenharia Mecânica/Damec PB. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: fabianoostapiv@utfpr.edu.br ID Lattes: 8385686899868293.

Figura 1 – Protótipo da equipe Tubarão Branco na Shell Eco-Marathon Brasil 2018



Fonte: Página Tubarão Branco (2020).

## INTRODUÇÃO

Carenagem é o nome que se dá a cobertura sobre a estrutura dos automóveis, tem como principal objetivo a proteção dos ocupantes e a aerodinâmica, otimizando a performance do veículo. Usualmente são construídas com, metais, compósitos de fibras de vidro, carbono ou aramida.

De acordo com a *American Society for Testing and Materials* (ASTM D3878 - 07), “compósito é uma substância constituída de dois ou mais materiais, insolúveis entre si, que combinados formam um material de engenharia útil, com certas propriedades que não se encontram nos materiais de forma isolada”.

Segundo Lopes (2017), nos últimos anos, um rápido crescimento foi observado no consumo de compósitos poliméricos reforçados com fibras vegetais, devido à combinação do bom desempenho e versatilidade com a vantagem de processamento simples e de baixo custo. Aliando a isso o importante aspecto ambiental.

Conforme Targa (2011), às fibras de bambu possuem potencial imenso no uso em matrizes poliméricas, pois possuem excelentes propriedades mecânicas específicas, possuem alta resistência à tração e compressão (100 – 200) MPa e sua densidade média varia de (0,4 – 0,8) g/cm<sup>3</sup>.

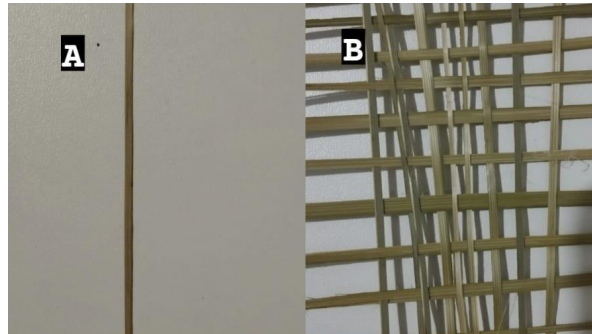
Ostapiv (2020), explica que “lâminas de bambu podem ser usadas para o desenvolvimento de produtos inovadores que apresentam alto grau de sustentabilidade”, cita ainda que o potencial do bambu na construção de estruturas de automóveis e bicicletas, entre outros.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os bambus da espécie *Bambusa tuldoides*, popularmente conhecido como “taquara”, foram extraídos das touceiras, cortados entre seus nós e as lâminas usadas para a confecção de esteiras, foram feitas com a parte externa da região da casca de colmos maduros com mais de 4 anos de idade.

Foram construídas esteiras trançadas para que no material final as propriedades mecânicas fossem o mais próximo de isotrópicas, o espaçamento entre as lâminas de bambu na trama teve uma média de 5 mm com o propósito de reduzir a massa do compósito. A Figura 2 expõe o processo de fabricação das esteiras.

Figura 2 – Processo de fabricação das esteiras



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). A) Lâmina da casca do bambu. B) Esteira construída a partir das lâminas do bambu.

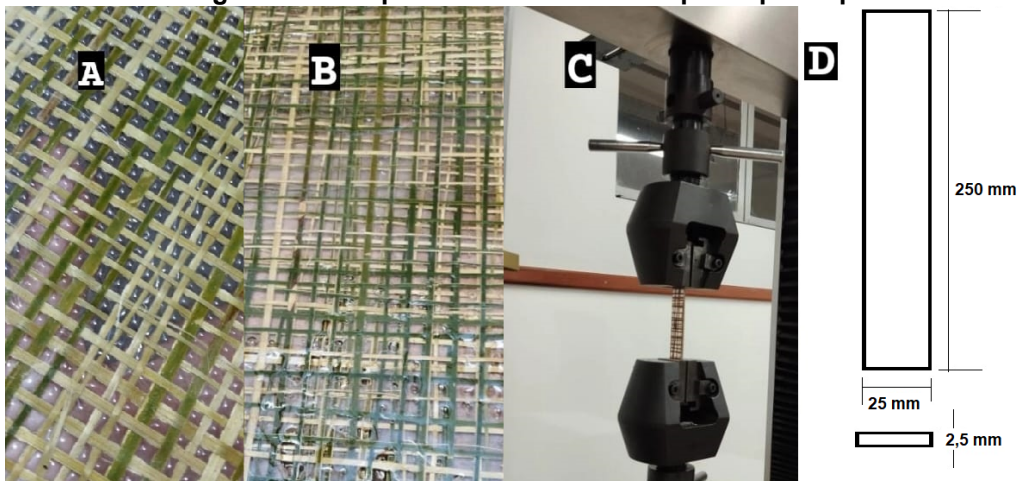
Nos painéis foi realizado tratamento alcalino com hidróxido de sódio por 48 horas para a remoção do amido e açúcares evitando a proliferação de micro-organismos, o tratamento gera também o aumento da resistência e menor absorção de umidade (Lima, 2020), após, foram lavados em água corrente e então secos em temperatura ambiente durante 72 horas, sob leve compressão para que ficassem planos facilitando posteriormente a aplicação de resina.

Para o procedimento de laminação utilizou-se uma placa cerâmica onde foi aplicado desmoldante para evitar que a resina prendesse, foram passadas cinco camadas esperando o tempo de cura entre uma camada e outra. Foi utilizada a resina poliéster devido a seu baixo custo e transparência que facilitou a observação de como as lâminas se comportavam nos ensaios.

A resina possui  $1,18 \text{ g/cm}^3$  de densidade, foi catalisada com 25 gotas a cada 100 g conforme instruções do fabricante, aplicada sobre as esteiras de bambu e deixada secar em temperatura ambiente.

Foram produzidas duas placas, uma com camada simples e outra com camada dupla de esteiras trançadas. Com uma serra foram realizados os cortes dos corpos de prova para o ensaio de tração, seguindo a norma ASTM – D3039, modificando apenas a espessura do corpo de prova. A figura 3 evidencia os compósitos de bambu e o corpo de prova padrão da norma.

Figura 3 – Compósitos de bambu e corpo de prova padrão





Fonte: A), B) e C) elaborado pelo autor (2023), D) ASTM - D3039. A) Compósito com uma camada de esteira laminado e trançado de bambu. B) Compósito com duas camadas de esteira laminado e trançado de bambu. C) Ensaio de tração do compósito. D) Corpo de prova padrão para ensaios de tração conforme ASTM-D3039.

No ensaio de tração apresentado na Figura 3C, é aplicada uma força sobre o corpo de prova, que sofre uma deformação até sua ruptura, o ensaio foi realizado no laboratório da UTFPR-PB, na máquina universal de ensaios da marca Arotec, foram ensaiados 8 corpos de prova com camada dupla e 4 com camada simples, a velocidade de ensaio foi de 2 mm/min. As dimensões das lâminas e esteiras (Figura 2A e 2B respectivamente), e corpos de prova estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1 – Dimensões das lâminas, esteiras e corpos de prova**

Material	Espessura média(mm)	Largura média (mm)	Comprimento médio (mm)	Massa média (g)
Lâmina de bambu	0,25 ± 0,05	2,06 ± 0,52	270	-
Esteira de bambu	0,82 ± 0,09	250	300	14,2
Compósito (uma esteira)	2,00 ± 0,12	25,0	250	8,87
Compósito (duas esteiras)	3,00 ± 0,15	25,0	250	23,44

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## RESULTADOS

Buscando atender o objetivo de um material que possa ser utilizado na construção da carenagem, ter os resultados da densidade, módulo de elasticidade e limite de resistência à tração são importantes para o dimensionamento correto.

### DENSIDADE

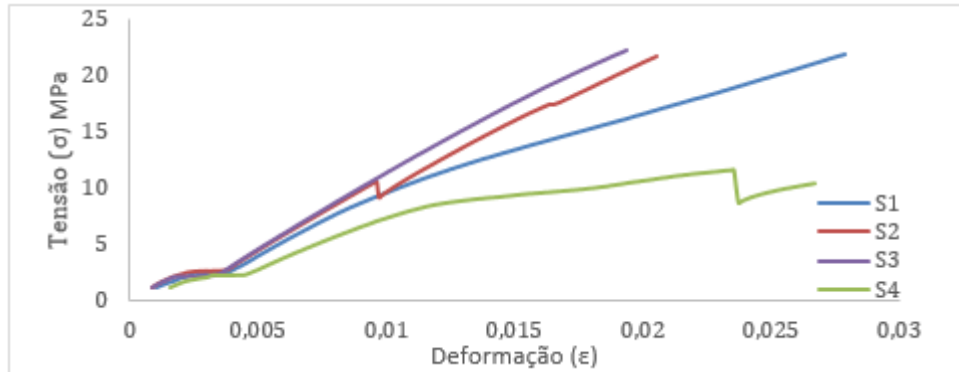
Para o cálculo da densidade do compósito foram utilizadas as dimensões dos corpos de prova e sua massa. Os cálculos foram realizados utilizando a Eq. (1), os dados estão apresentados na tabela 2.

$$Densidade \left( \frac{g}{cm^3} \right) = \frac{massa (g)}{volume (cm^3)} \quad (1)$$

### ENSAIO DE TRAÇÃO

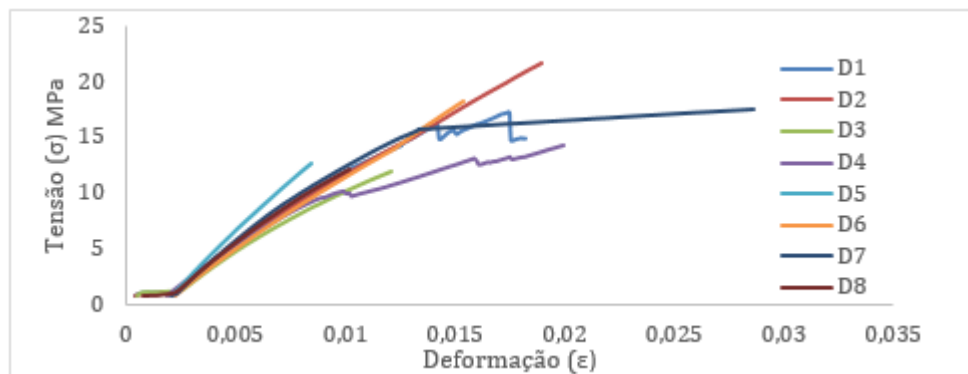
Com os dados de força, área da seção transversal e alongamento, foram produzidos gráficos tensão x deformação dos compósitos. A Figura 4 exhibe os gráficos dos compósitos com uma esteira, e a Figura 5 os gráficos dos compósitos com duas esteiras.

Figura 4 – Gráficos de tensão x deformação compósitos com uma esteira.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). O gráfico apresenta quatro curvas sendo cada uma respectiva a um corpo de prova.

Figura 5 – Gráficos de tensão x deformação compósitos com duas esteiras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). O gráfico apresenta oito curvas sendo cada uma respectiva a um corpo de prova.

Com os gráficos pode-se extrair os dados de deformação, módulo de elasticidade e limite de resistência à tração, estes dados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Deformação, módulo de elasticidade e limite de resistência à tração e densidade.

Material	Deformação média (mm)	Módulo de elasticidade (MPa)	Limite de resistência a tração (MPa)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Compósito uma esteira	2,7 ± 1,5	1068 ± 110	21,5 ± 7,3	0,71
Compósito duas esteiras	1,4 ± 0,3	1531 ± 53	19,95 ± 4,1	1,25

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## CONCLUSÕES

Com os resultados do ensaio de tração pode-se observar que o compósito possui um comportamento frágil, uma possível causa desse fenômeno deve-se a vitrificação da resina poliéster, uma alteração no tipo de resina pode trazer um comportamento mais elástico ao compósito tornando-o mais dúctil. Uma possibilidade que trará mais





sustentabilidade é utilizar a resina de poliuretano derivada do óleo de mamona, por ser de uma fonte natural é atóxica e mais flexível que a resina poliéster.

Para diminuir a densidade do compósito o espaçamento entre as lâminas nas esteiras deve ser o mínimo possível, foi observado que grandes lacunas são preenchidas pela resina, que por ser mais densa gera o aumento na massa final do compósito. Um ponto que pode ser melhorado é a forma com que as tramas são feitas, uma solução é construir as esteiras com auxílio de um tear, utilizando fios em um sentido e as lâminas no outro, isso pode gerar uma diminuição nas lacunas e na espessura do compósito.

Avaliando os dados apresentados de densidade, módulo de elasticidade e resistência a tração, conclui-se que o compósito com uma esteira é mais leve, maleável, deformável e resistente, comparando-o ao com duas esteiras.

O compósito com uma esteira atenderá satisfatoriamente o objetivo de construção da carenagem, pois terá uma combinação peso/resistência devidamente adequada para o protótipo.

### Agradecimentos

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Pato Branco pelo uso dos laboratórios.

### Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

### REFERÊNCIAS

ASTM-D3878-07. **Standard terminology for composite materials**. Pennsylvania, 2007.

ASTM-D3039-D3039M-08. **Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials**, West Conshohocken, PA, 2008.

Lima, Lety Del Pilar Fajardo Cabrera de. **Compósito de PP reforçado com fibra de bambu : uso de ácidos orgânicos como agentes de acoplamento**. Tese de doutorado. UFRGS, Porto Alegre, 2020.

LOPES, Bruno Leonardy S. **Polímeros reforçados por fibras vegetais uma revisão sobre esses compósitos**. Editora Blucher, 2017.

OSTAPIV, F., SALAMON, C., **O bambu como material para engenharia – Produtos, ensaios e modelamento**. Capítulo do livro: A engenharia mecânica da UTFPR. Volume 2. Editora Casaletas, Porto Alegre, 2020. Pág 61-76.

Targa, Gabriel Norcia e. **Compósito reforçado por laminado de bambu com matriz de poliuretano e epóxi: desenvolvimento, produção e caracterização mecânica**. Tese de mestrado. UFSC, Florianópolis, 2011.