



## **Análise da Influência da Fibra de Bananeira no Comportamento Dinâmico de Aeromodelo Comercial**

Alexandre Alvarenga Palmeira<sup>1,2</sup>; 0000-0002-9271-8858

Izabel de Oliveira da Mota<sup>1</sup>; 0000-0001-6276-5381

Cirlene Fourquet Bandeira<sup>1</sup>; 0000-0001-7034-2477

Leticia Alvim Dias<sup>2</sup>; 0009-0000-3586-0439

Davi José Irlanda<sup>1</sup>; 0000-0001-9338-8806

Gabriel José Braga Arvellos dos Santos<sup>1</sup>; 0000-0003-0459-4830

Edmar Moreira da Silva<sup>1</sup>; 0000-0002-5941-3075

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ

2 – UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Tecnologia, Resende, RJ

[alex.a.palmeira@gmail.com](mailto:alex.a.palmeira@gmail.com)

**Resumo:** A necessidade de redução do tempo e dos custos de geração de um projeto faz com que se faça uso de métodos de simulação numérica, TECNOLOGIA CAE (Engenharia Assistida por Computador), para o desenvolvimento de seus produtos. O objetivo do presente trabalho é realizar a análise estrutural por elementos finitos, através do software SOLIDWORKS© 2023, de um aeromodelo comercial constituído de um compósito a base de fibra de bananeira, fazendo uso de diferentes composições no compósito de resina epóxi reforçado com fibra de bananeira, modificando a quantidade de fibra de bananeira e também fazendo diferentes disposições do compósito ao longo do corpo e asa do aeromodelo. Para tanto, seguiu as seguintes etapas: criação do modelo CAD do aeromodelo; definição das propriedades do material; criação da malha e especificação do elemento; definição das cargas e das condições de restrição; simulação; e por fim verificação dos resultados de obtidos Frequência Natural. As simulações mostraram que a utilização de fibras iguais em todo o aeromodelo mantém a frequência natural em 1.316,40 Hz, com maior oscilação na ponta do leme, garantindo rigidez e estabilidade. Já a combinação de fibras diferentes entre asa e corpo reduz a frequência para 749,57 Hz, com maior oscilação no nariz, indicando flexibilidade e menor resistência estrutural. Conclui-se que a disposição homogênea das fibras assegura maior estabilidade dinâmica, enquanto a heterogênea altera o comportamento vibracional e desloca o ponto crítico, exigindo otimização da geometria e escolha de materiais em pontos estratégicos como leme, profundor e asas.

**Palavras-chave:** Aeromodelo. Simulação. Fibra de bananeira. Frequência natural.

## INTRODUÇÃO

Segundo GONÇALVES (2016) um dos setores que talvez apresente o maior desenvolvimento tecnológico é a aviação; as vantagens que ela tem sobre outros modos de transporte em termos de passageiros e carga são bem conhecidas. Ela também domina o campo militar. O aeromodelismo é uma etapa essencial após o design, pois os modelos em escala reduzida permitem ajustes estruturais com menor custo. Com o apoio de softwares de modelagem e dimensionamento, é possível testar modificações em componentes e validar técnicas distintas, garantindo a otimização do desempenho da aeronave. (DENONI, 2023).

Conforme a Confederação Brasileira de Aeromodelismo (COBRA, 2024) o pioneiro do aeromodelismo foi o francês Alphonse Penaud, que inicialmente dedicou-se ao sonho de ser militar, porém teve que abandonar essa aspiração devido a um reumatismo muscular que o deixou dependente de muletas. Assim, Penaud começou a se dedicar ao estudo do aeromodelismo. Em 1870, ele inventou o motor a elástico, marcando o início do desenvolvimento de diversos tipos de aeromodelos, cada um com diferentes tipos de motores.

O aeromodelismo no Brasil iniciou-se em 1936 com a venda de materiais pela Casa Sloper e, em 1941, com a importação de kits pela Almeida & Veiga. Em 1942 ocorreu o primeiro campeonato paulista, seguido pela criação de clubes e competições. Inicialmente praticado na Av. Rebouças, expandiu-se para outras regiões de São Paulo. Ganhou projeção nacional em 1959 com a fundação da Associação Brasileira de Aeromodelismo, participação em torneios internacionais e avanços tecnológicos como rádios de controle. Em 1987, foi oficialmente reconhecido como esporte no Brasil. (COBRA, 2024).

No Brasil, o preço de um aeromodelo começa em torno de R\$ 1.500, enquanto nos EUA, é possível praticar o esporte com apenas US\$ 200. Entretanto, modelos mais avançados podem custar até R\$ 20 mil. Esses modelos, que são réplicas detalhadas de jatos de combate, podem chegar a velocidades de 400 km/h. (INFOMONEY, 2023)

Um dos maiores desafios no aeromodelismo é a construção de aviões (aeromodelos) que sejam leves e ao mesmo tempo resistentes, permitindo assim a realização das mais

diferentes manobras e acrobacias, aliado ao maior tempo de permanência em voo. Os materiais mais utilizados na construção de aeromodelos incluem isopor, balsa, fibra de vidro e compensado. Para a montagem, podem ser empregadas colas como epóxi, cianoacrilato (super bonder) ou PVA (cola branca para madeira). Além disso, é necessário usar material para entelagem, como vinil ou monokote. (COBRA, 2024)

Segundo MENCHISE (2021), atualmente a utilização de compostos a base de fibras naturais tem sido cada vez mais estudado, principalmente que aliado as propriedades mecânicas obtidas através da associação de diferentes materiais, acrescenta-se o apego de sustentabilidade, frente ao uso de materiais biodegradáveis.

A busca por fibras naturais tem aumentado devido ao alto custo das fibras sintéticas e à preocupação com o uso de recursos mais sustentáveis. A fibra de bananeira, por exemplo, tem sido utilizada com bons resultados como reforço em compósitos poliméricos. Suas propriedades se assemelham às das fibras sintéticas em termos de leveza e resistência à tração, além de contribuir para a redução de custos. (CAMPBELL, 2020)

Aliado aos fatos já descritos, a crescente necessidade de rapidez e economia para dar vida aos projetos forçou a indústria mundial a utilizar técnicas de simulação numérica no desenvolvimento de seus produtos. Apenas um resultado adicional desses computadores poderosos que podem ter altas habilidades de processamento é sua capacidade de imitar qualquer produto definindo processos, peças e a montagem geral (OLIVEIRA, 2019).

O uso de modernas tecnologias de informação afeta o curso de todo processo de projeto. As principais vantagens destas mudanças não são apenas a possibilidade de se suprimir etapas experimentais no desenvolvimento de um projeto, mas também na melhoria da qualidade do projeto. Hoje, a eficiência de um aeromodelo envolve todo o complexo de suas qualidades, desde desempenho de voo até flexibilidade na manutenção e reparos durante a operação. Devido à natureza específica da operação dos aeromodelos, sua aplicabilidade é baseada em seu tamanho, forma e proporções (TRUIZ, 2015).

A busca por novas fibras para fortalecer compostos oferece uma alternativa para o desenvolvimento de materiais mais adequados para usos específicos. Ao avaliar o ciclo de vida do produto, que abrange desde a remoção de matérias-primas até o descarte de

resíduos, peças feitas com fibras de carbono e vidro não são ideais para aeromodelos devido ao difícil rastreamento de seu descarte e ao alto custo/benefício das fibras sintéticas. Nesse contexto, a fibra de bananeira surge como uma opção. (TORRES et al, 2020).

Ainda, segundo Campbel (2020), é promissora para fabricação de peças de aeromodelos, destacando a importância de aprofundar a investigação nas características técnicas de seu composto como um caminho para a evolução e ampliação de sua aplicação. O objetivo do presente trabalho é desenvolver um aeromodelo comercial utilizando um composto de resina epoxi reforçado com 30% fibra de bananeira, em peso, e avaliar a frequência de oscilação do aeromodelo, modificando a quantidade de fibra.

## MÉTODOS

Este trabalho consiste na análise estrutural por elementos finitos de um aeromodelo constituído de um compósito a base de fibra de bananeira. O fluxograma (Figura 1), a seguir, reflete a metodologia desenvolvida na realização do presente trabalho. Os programas de análise e simulação que incorporam o MEF, como o SOLIDWORKS® 2023, possuem três etapas primárias de modelamento/ programação, que são estas:

### Etapa I) Pré-processamento

- a) Criação e obtenção do modelo no sistema CAD, que será submetido a análise, ou seja, a modelagem/desenho da estrutura, neste caso o projeto do aeromodelo, será baseado em um aeromodelo comercial;
- b) Definição das propriedades dos materiais;
- d) Aplicação das condições de contorno e carregamento;
- e) Geração da malha de elementos finitos.

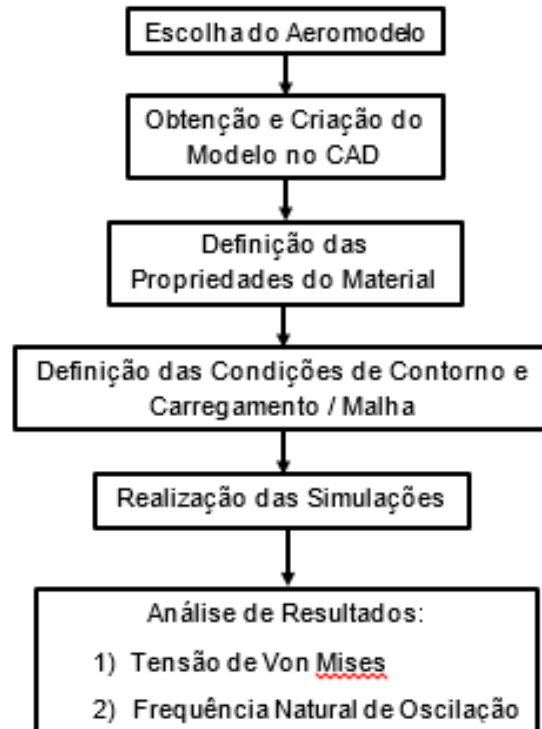
### Etapa II) Processamento

Realiza a efetiva da simulação.

### Etapa III) Pós-Processamento



Figura 1: Metodologia desenvolvida na realização do trabalho



Fonte: autoria própria

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fazendo uso dos resultados obtidos por Campbell (2020), inicialmente foi simulado a resistência estrutural do aeromodelo, sendo este composto totalmente pelo compósito de matriz polimérica (Epóxi 2004–BB) reforçada com fibra de bananeira, as propriedades do compósito são apresentados na Tabela 1, a seguir, cuja a disposição das fibras deu-se de forma aleatória, triturada e longa (fibra no tamanho original).

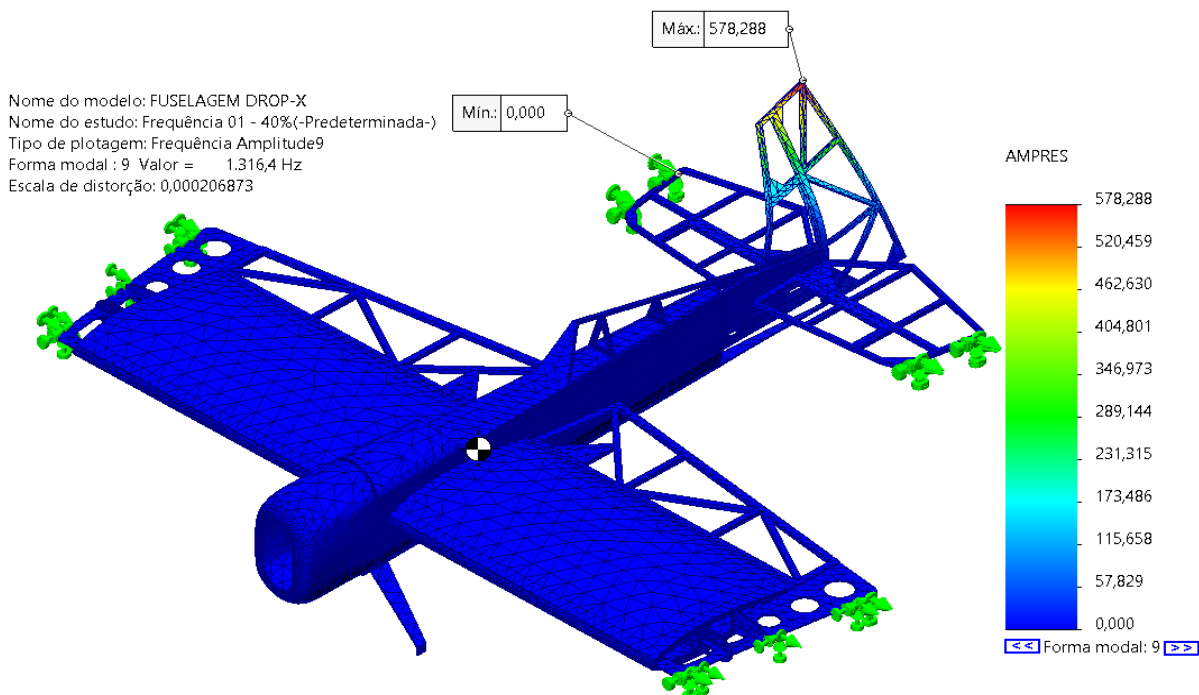
Tabela 1: Propriedades do compósito de matriz polimérica reforçada com 30% de fibra de bananeira.

Tipo de Fibra	Teor de Fibra no Compósito	Dureza (Shore D)	Resistência a Tração [MPa]	Resistência a Flexão [MPa]	Deformação Máxima [mm]
Aleatória	30%	69,53	33,35	36,87	6,72
Triturada	30%	80,27	43,98	54,38	8,27
Longas	40%	74,27	54,73	97,5	7,53

Fonte: Campbell, 2020



Figura 2: Valor da frequência natural [Hz] obtidos na simulação da utilização do compósito de fibra disposto de forma aleatória (30%) em todo aeromodelo.



Fonte: AUTOR (2024).

Conforme pode ser observado na Figura 2, a seguir, o valor máximo do 1º módulo de frequência natural é de 1.316,40 Hz. Observa-se ainda que a maior deslocamento ocasionado pela oscilação ocorreu na extremidade do leme, localizado na calda do aeromodelo. Corroborando assim a necessidade de um maior estudo e otimização da geometria do leme do aeromodelo na calda do aeromodelo. Ressalta-se que o software SOLIDWORKS© 2023, apresenta uma escala de frequência natural em AMPRES, onde esta é uma unidade arbitrária de amplitude vibracional resultante, que apresenta a vibração relativa de diferentes partes do conjunto.

Conforme pode ser observado na Tabela 2, nas três primeiras simulações (fibra aleatória, triturada e longa em todo o avião), a frequência natural encontrada foi 1.316,40 Hz, com a maior oscilação ocorrendo sempre na ponta superior do leme. Isso demonstra que, independentemente do tipo de fibra quando aplicada de forma uniforme, o comportamento dinâmico global do aeromodelo não sofre alteração significativa. Já nas simulações 4 e 5, em que houve combinação de fibras distintas entre asa e corpo do avião, a frequência natural

reduziu para 749,57 Hz, e o ponto de maior oscilação passou a ser o nariz do aeromodelo. Essa mudança indica que a heterogeneidade na distribuição das fibras impacta diretamente a rigidez estrutural e o modo de vibração dominante. Em termos de desempenho, a frequência mais elevada (1.316,40 Hz) sugere uma maior rigidez e resistência às oscilações, o que pode ser vantajoso para evitar ressonâncias em faixas usuais de operação. Já a menor frequência (749,57 Hz), observada nos casos híbridos de fibras, pode indicar maior flexibilidade, mas também maior suscetibilidade a deformações no nariz do aeromodelo.

Tabela 2: Propriedades do compósito de matriz polimérica (Epóxi 2004–BB) reforçada com 30% de fibra de bananeira.

Simulação	Disposição / Tipo de Fibra	Frequência (Hz)	Local Maior Oscilação
1ª	Avião Inteiro (Fibra Aleatória)	1.316,40	Ponta Superior do Leme
2ª	Avião Inteiro (Fibra Triturada)	1.316,40	Ponta Superior do Leme
3ª	Avião Inteiro (Fibra Longa)	1.316,40	Ponta Superior do Leme
4ª	Asa (Fibra Longa) / Corpo do Avião (Fibra Aleatória)	749,57	Nariz do Aeromodelo
5ª	Asa (Fibra Longa) / (Corpo do Avião Fibra Triturada)	749,57	Nariz do Aeromodelo

Fonte: AUTOR (2024).

## CONCLUSÕES

Após as simulações pode-se concluir que quando todo o aeromodelo é construído com fibras iguais (aleatória, triturada ou longa), a frequência natural permanece em 1.316,40 Hz, com maior oscilação na ponta do leme, evidenciando rigidez e estabilidade. Já na combinação de fibras diferentes entre asa e corpo, a frequência cai para 749,57 Hz, com maior oscilação no nariz, indicando maior flexibilidade e menor resistência estrutural. Assim, a disposição homogênea das fibras garante maior estabilidade dinâmica, enquanto a heterogênea altera o comportamento vibracional e desloca o ponto crítico. Tanto a extremidade do leme, profundo e da asa merecem uma melhor avaliação e otimização seja na geometria ou no tipo de material.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao UniFOA pelo apoio no desenvolvimento técnico-científico através dos pelos mecanismos de desenvolvimento disponibilizados e pelo incentivo discente através do programa Institucional de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS

CAMPBELL, C. H. **Desenvolvimento e Caracterização de Compósito com Fibra de Bananeira para Aplicação em Aeromodelos**. 2020. 144 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2020.

COBRA. Confederação Brasileira de Aerodelismo. **Categorias do Aerodelismo**. In. OEHLEMANN, Jonas Dieter; FOLGADO, Valentin Javier. Limeira: São Paulo, 2016. Disponível em: < <https://www.cobra.org.br/historia-do-aerodelismo> >. Acesso em 10 abr. de 2024.

DENONI, A. B., OLIVEIRA JÚNIOR, R. A. e PERTEL, J.. **Projeto De Estruturação E Montagem De Um Protótipo Aerodelo Construído A Partir Dos Conhecimentos De Engenharia Mecânica**. Revista Mundo Tecnológico - Volume 15, Número 17, p. 67. 2023. Disponível em < <https://multivix.edu.br/revista-cientifica-mundo-tecnologico/revista-mundo-tecnologico-volume-15-numero-17/>>

GONÇALVES, L F. **Projeto Estrutural De Um Aerodelo Nos Requisitos Da Competição Sae Brasil Aerodesign - Classe Regular**. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

INFOMONEY <<https://www.infomoney.com.br/minhas-financas/aerodelismo-brinquedo-de-adultos-tem-seu-preco/>> Acesso em: 15 jul 2025.

MENCHISE, C. A. **Desenvolvimento e Caracterização de Material Compósito com Matriz Polimérica Reforçado com Fibra de Coco para Aplicações Industriais Diversas**. 2021 Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha. Centro Universitário de Volta Redonda, 2021.

OLIVEIRA, A.B.; ARANHA JUNIOR, C.C.C e ARAÚJO FÍLHO, P. M. **Simulação Do Desempenho De Uma Aeronave Para Competição Sae Brasil De Aerodelismo**. Revista Ceuma Perspectivas, Edição Especial. VII Congresso de Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade Ceuma. Vol. 34, nº02, 2019. ISSN Eletrônico: 2525-5576.

TORRES, M.; RODRIGUEZ, V. R.; ALCANTARA, P. I.; FRANCO-URQUIZA, E. (2020). **Mechanical Properties and Fracture Behavior of Agave Fiber Bio-Based Epoxy Laminates Reinforced with Zinc Oxide**. Journal of Industrial Textiles. doi:10.1177/1528083720965689.

TRUIZ, M. F. **Estudo e projeto de aerodelos fabricados via impressão 3D e comparação com modelos convencionais**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, Paraná. 2015.