

ANÁLISE ESTRUTURAL POR ELEMENTOS FINITOS DE UM AEROMODELO CONSTITUÍDO DE UM COMPÓSITO A BASE DE FIBRA DE BANANEIRA

1

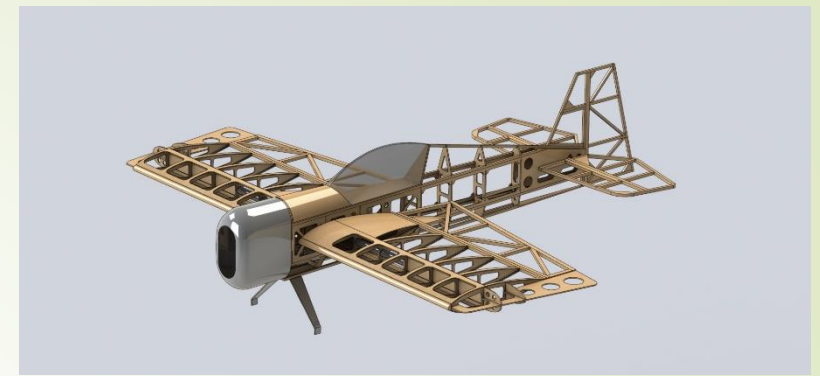
Autor: DAVI JOSÉ IRLANDA

Orientador: DSc ALEXANDRE ALVARENGA PALMEIRA

Defesa – Dez/2024

Introdução:

- No Brasil, o aeromodelismo, teve início com a venda de materiais pela Casa Sloper em 1936 e importação de kits pela Almeida & Veiga em 1941
- A partir de 1959, o aeromodelismo brasileiro ganhou destaque com a fundação da Associação Brasileira de Aeromodelismo
- O preço de um aeromodelo começa em torno de R\$ 1.500, enquanto nos EUA, é possível praticar o esporte com apenas US\$ 200.
- Um dos maiores desafios no aeromodelismo é a construção de aviões (aeromodelos) que sejam leves e ao mesmo tempo resistentes
- 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 fibra de bananeira, 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)
- A 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.

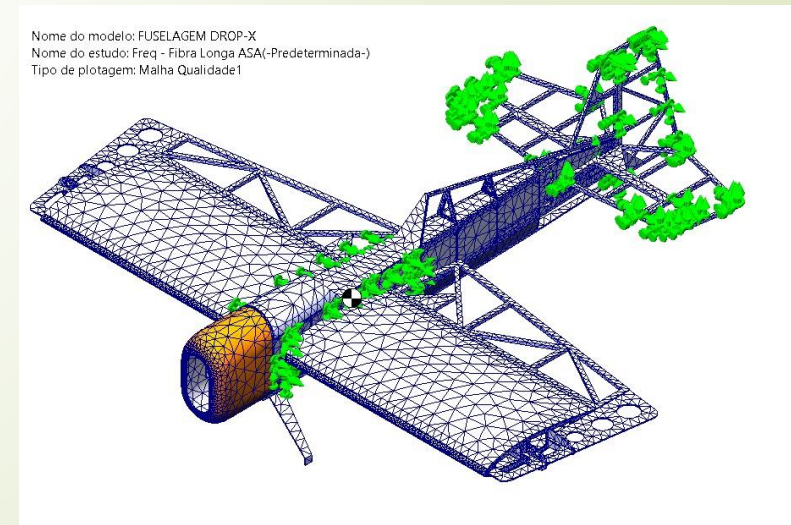


Objetivo & Justificativa

- **Objetivo Geral:** “Análise estrutural por elementos finitos, (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 epoxi 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.”

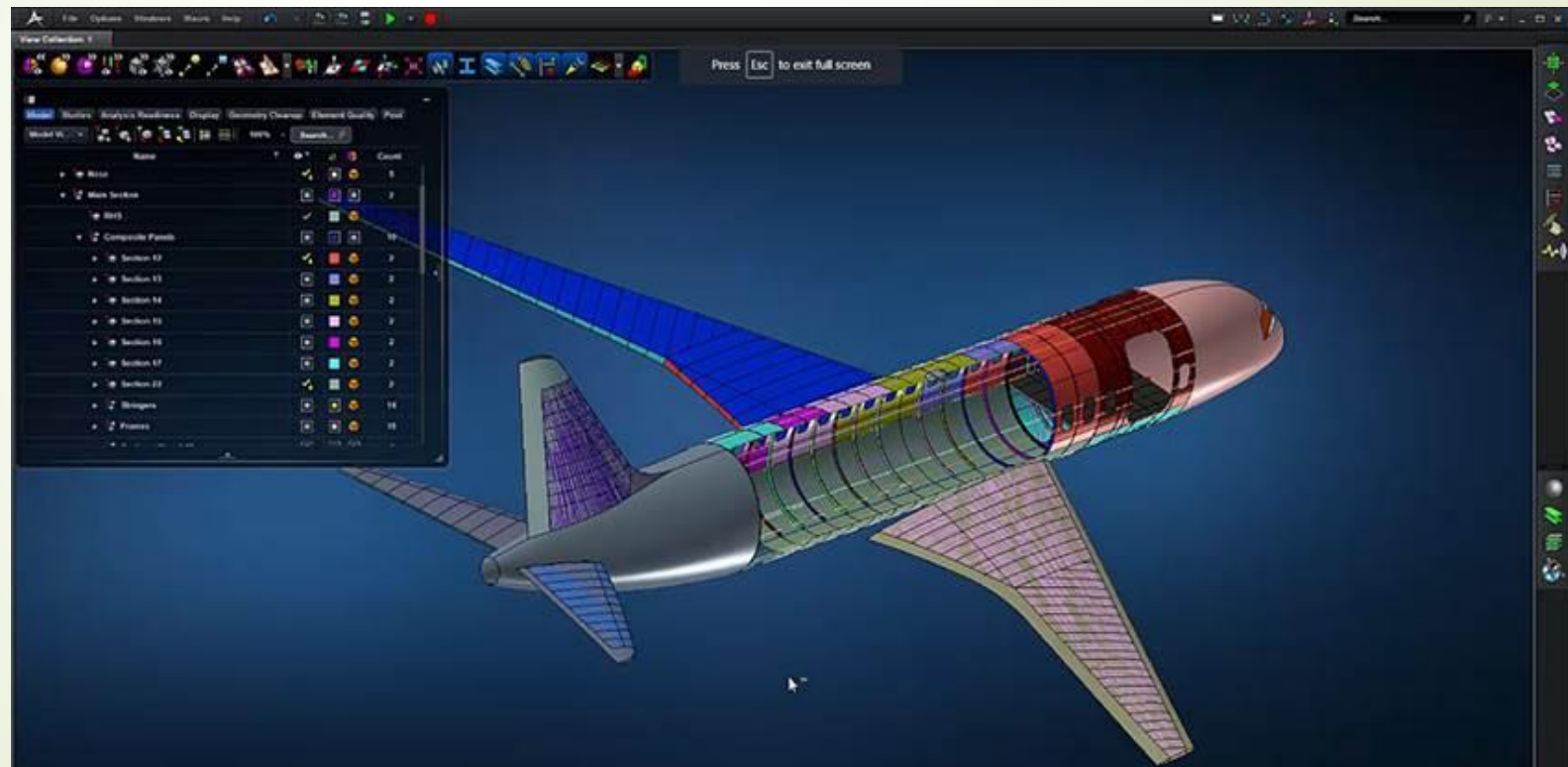
- **Objetivos Específicos**

- **Justificativa**



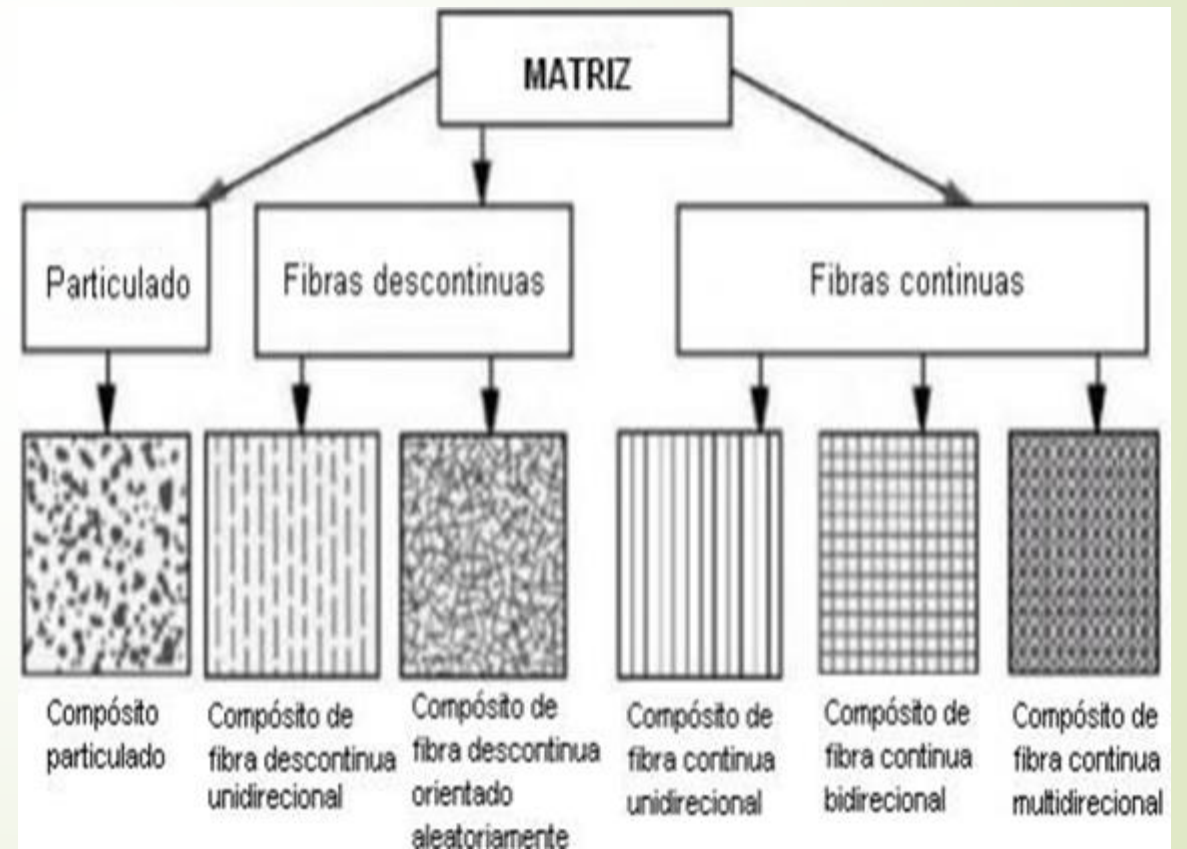
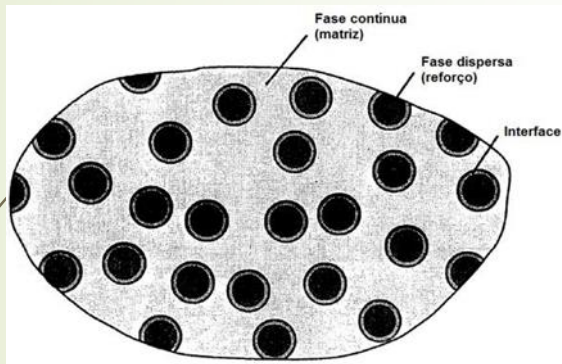
Revisão Bibliográfica

➤ Aeromodelo & Simulação



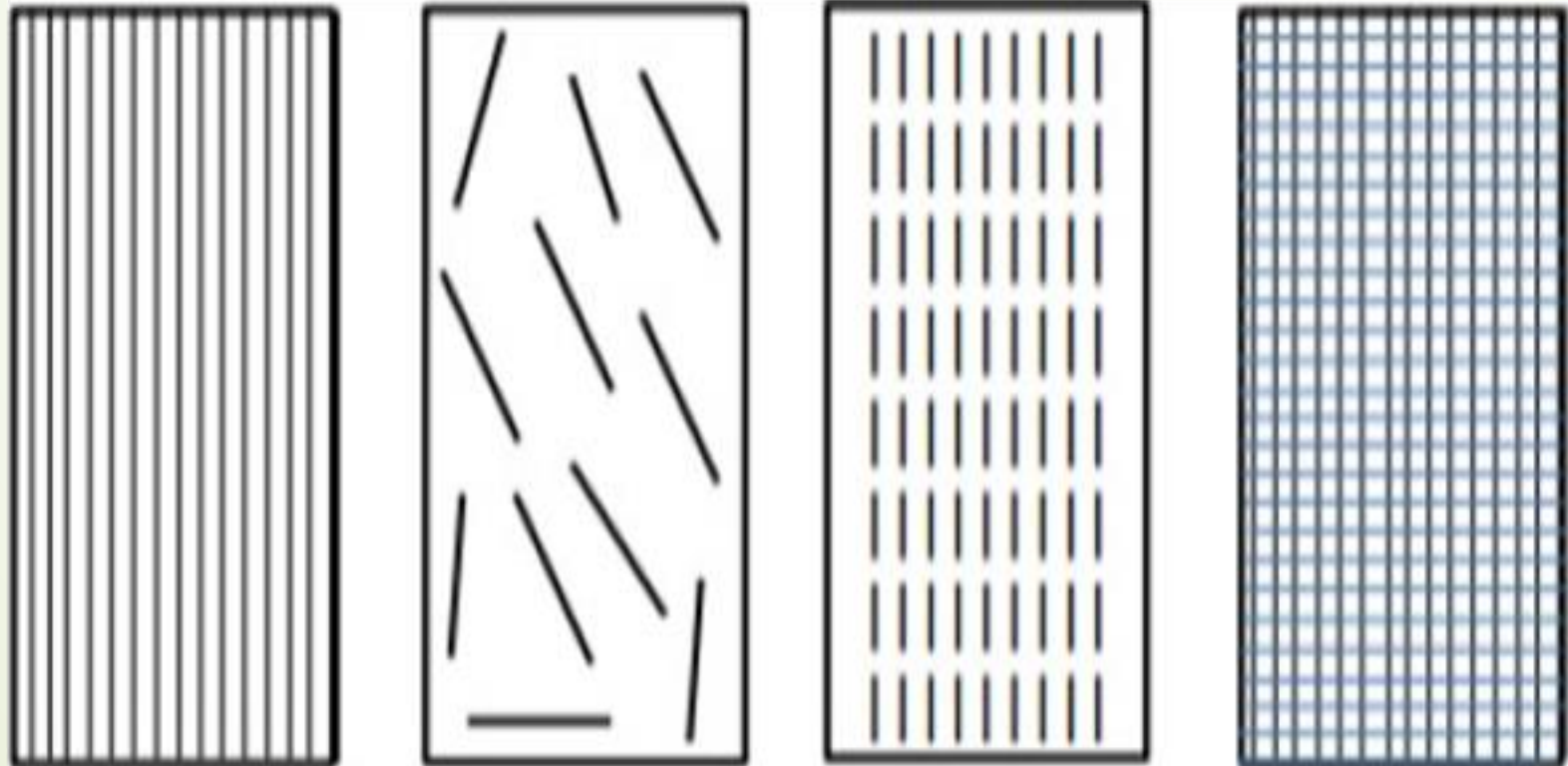
Revisão Bibliográfica

➔ Materiais Compósitos



Revisão Bibliográfica

➤ Materiais Compósitos



Revisão Bibliográfica

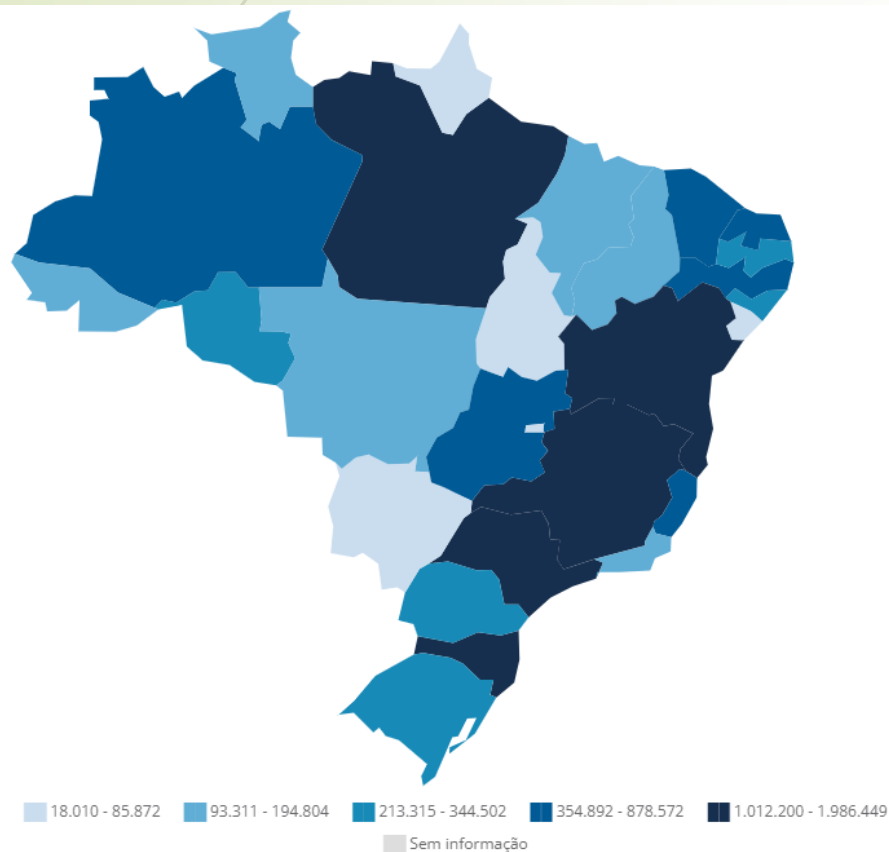
► Fibra de Bananeira

Campbell (2020), fez uso de um corpo de prova de controle, sendo este composto exclusivamente de resina epóxi sem reforço, e endurecido com Suportador Aradur 3154, na proporção recomendada pelo fabricante, utilizando 50 ml de Suportador para 100 ml de resina.

Tabela 1: Propriedades do compósito de resina epoxi reforçado com 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



Revisão Bibliográfica

➤ Método dos Elementos Finitos

Etapa I) Pré-processamento

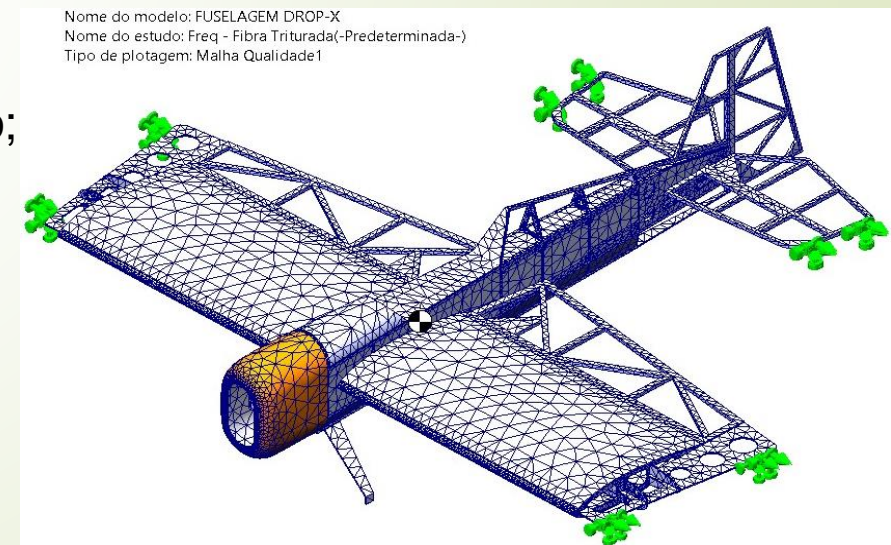
$$\sigma_e = \left\{ \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right] / 2 \right\}^{1/2}$$

- Criação e obtenção do modelo no sistema CAD, que será submetido a análise, ou seja, a Modelagem/Desenho da Estruturas, neste caso o projeto do aeromodelo, será baseado em um aeromodelo comercial;
- Definição das Propriedade dos Materiais;
- Aplicação das Condições de Contorno e Carregamento;
- Geração da malha de elementos finitos.

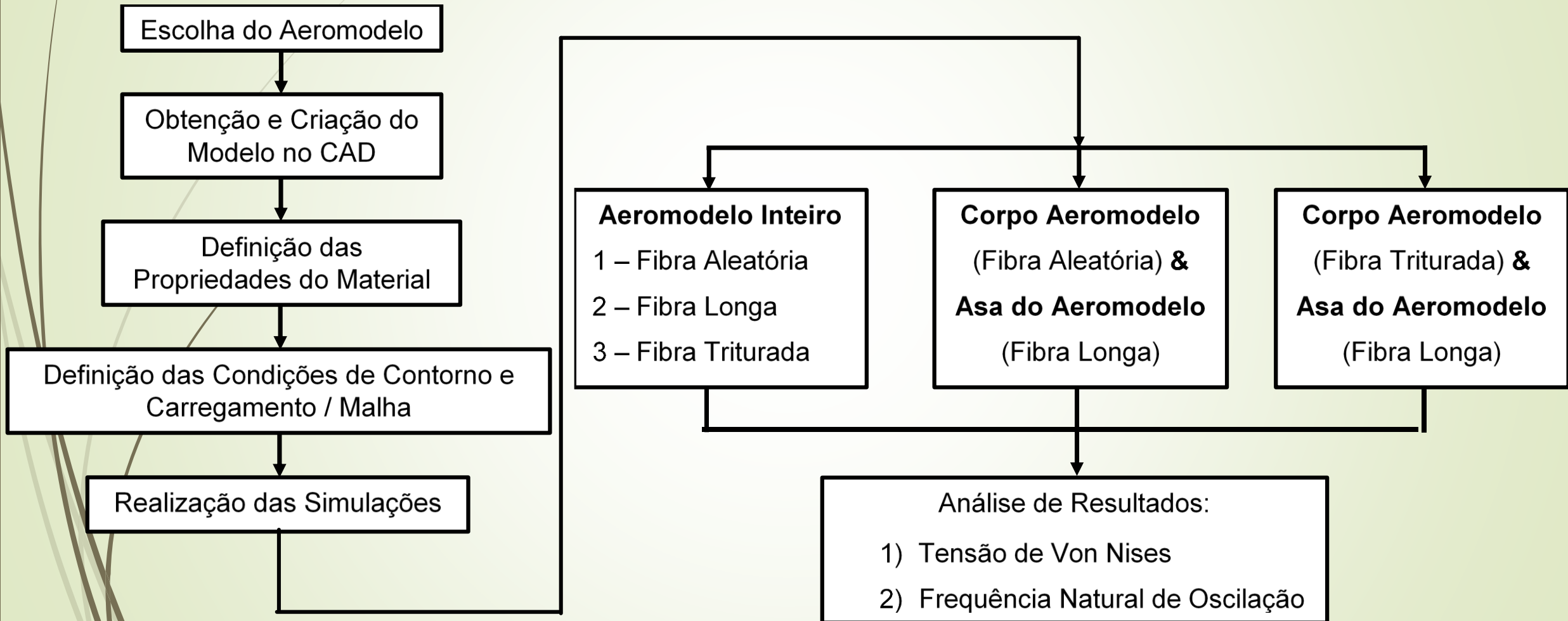
Etapa II) Processamento

Realiza a efetiva da simulação.

Etapa III) Pós-Processamento



Metodologia



Metodologia

➔ aeromodelo DROP-X ELÉTRICO

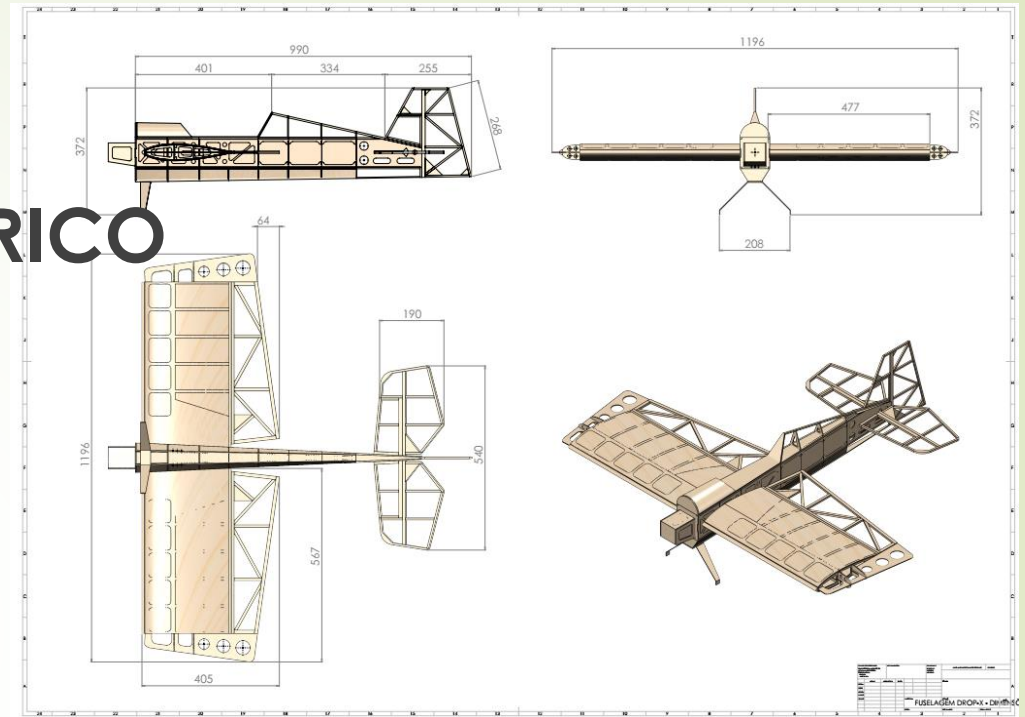
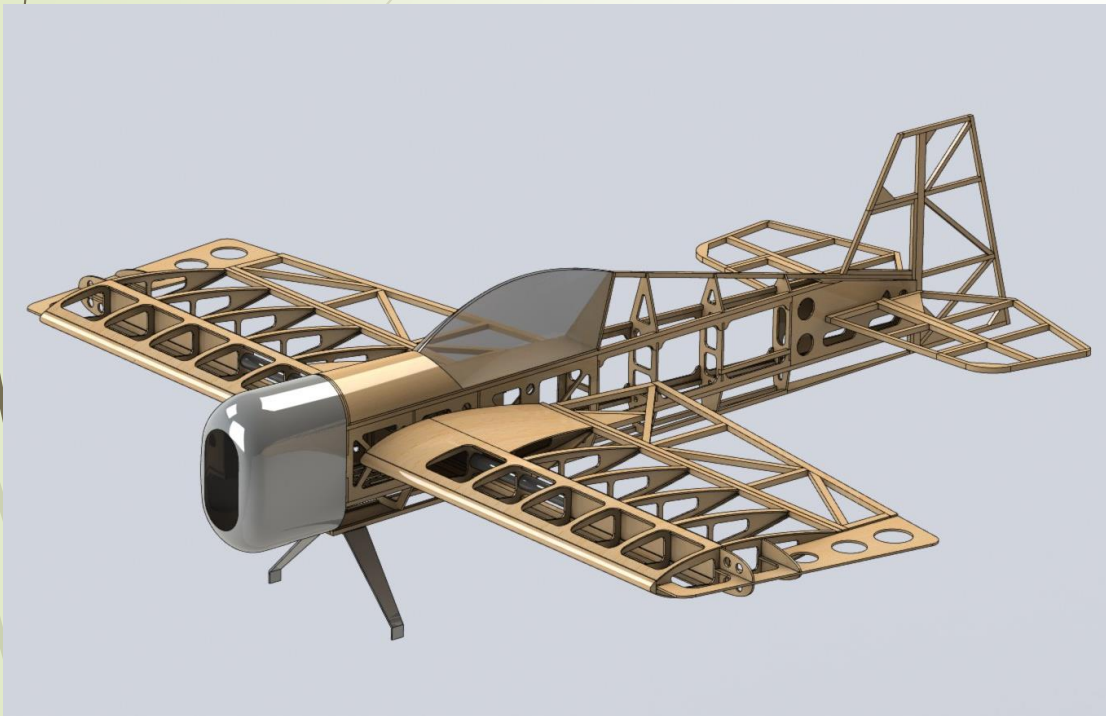


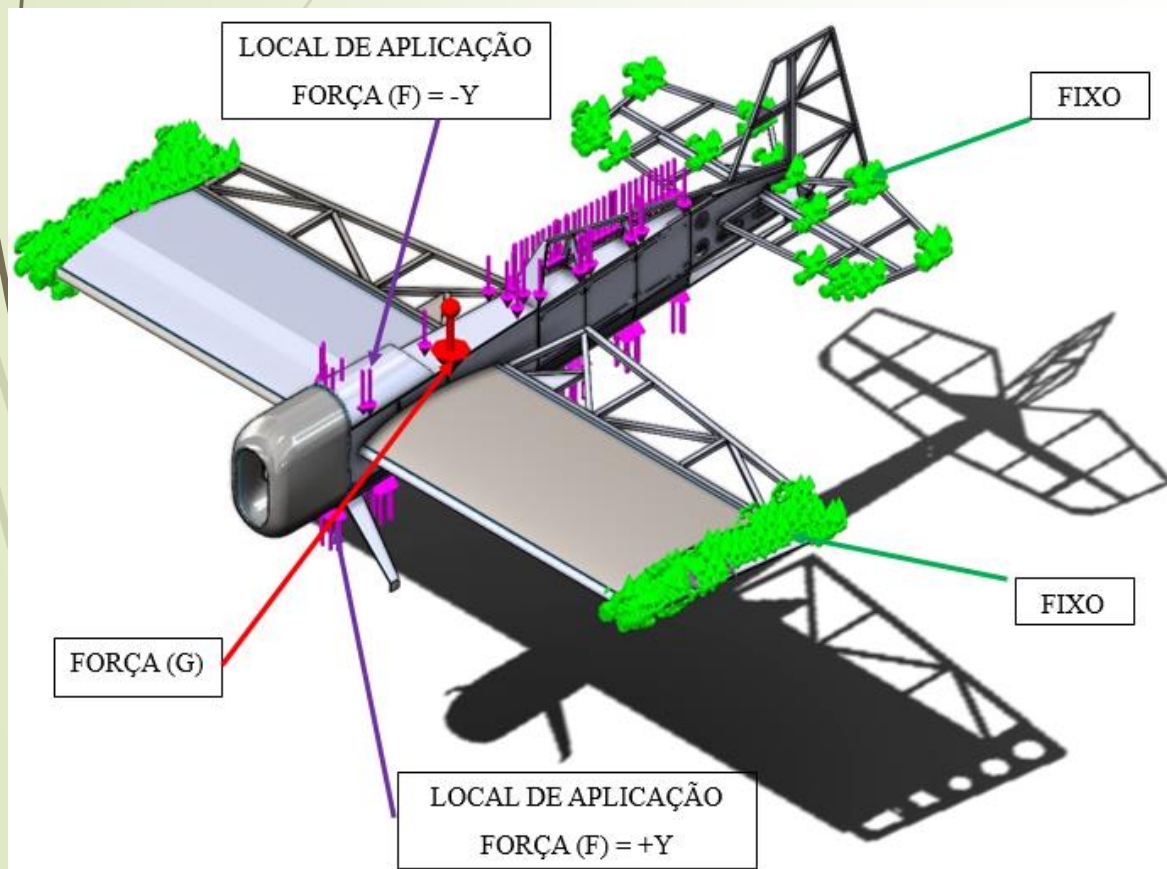
Tabela 1: Propriedades do composto de resina epoxi reforçado com fibra de bananeira.

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

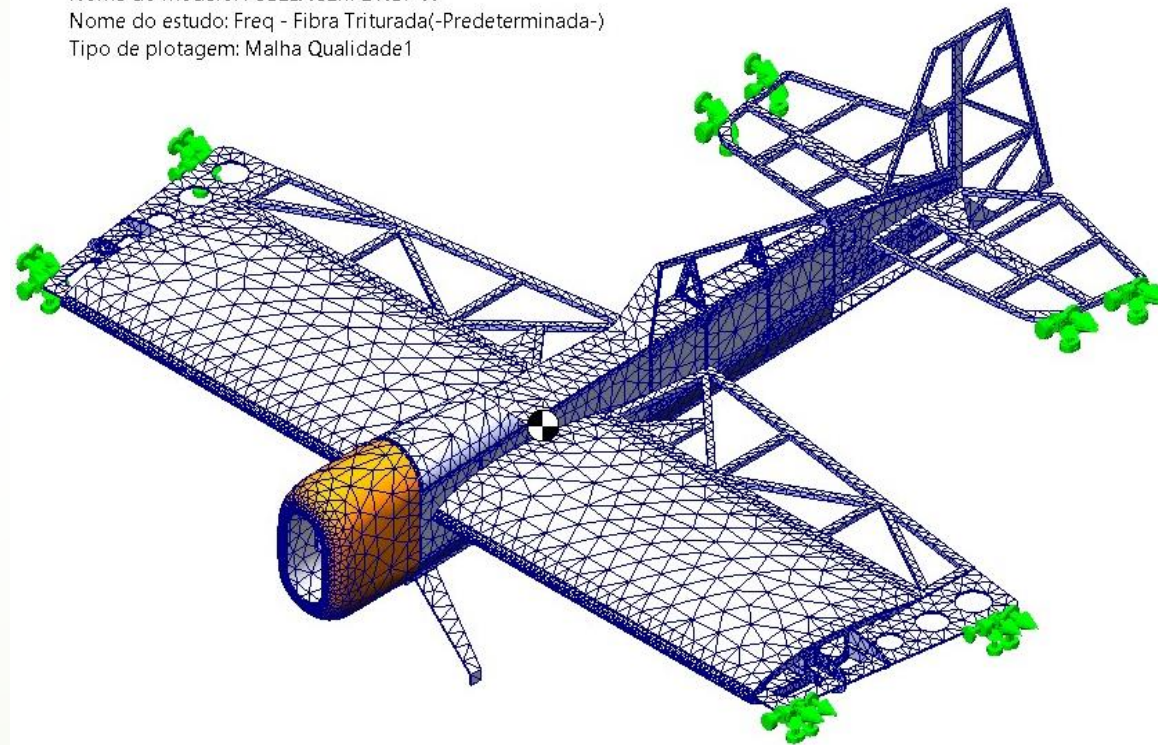
Fonte: Campbell, 2020

Metodologia

► aeromodelo DROP-X ELÉTRICO



Nome do modelo: FUSELAGEM DROP-X
Nome do estudo: Freq - Fibra Triturada(-Predeterminada-)
Tipo de plotagem: Malha Qualidade1



Malha livre de 7.727 nós e 3.937 elementos de casca

Metodologia

Simulação	Tipo de Fibra	Disposição das Fibras / Tipo de Simulação
1ª	Aleatória	Avião Inteiro
		Avião Inteiro/Simulação da Frequência Natural
2ª	Triturada	Avião Inteiro
		Avião Inteiro/Simulação da Frequência Natural
3ª	Longa	Avião Inteiro
		Avião Inteiro/Simulação da Frequência Natural
4ª	Longa / Aleatória	Asa Fibra Longa/Corpo do Avião Fibra Aleatória
		Asa Fibra Longa/Corpo do Avião Fibra Aleatória - Simulação da Frequência Natural
5ª	Longa / Triturada	Asa Fibra Longa/Corpo do Avião Fibra Triturada
		Asa Fibra Longa/Corpo do Avião Fibra Triturada - Simulação da Frequência Natural

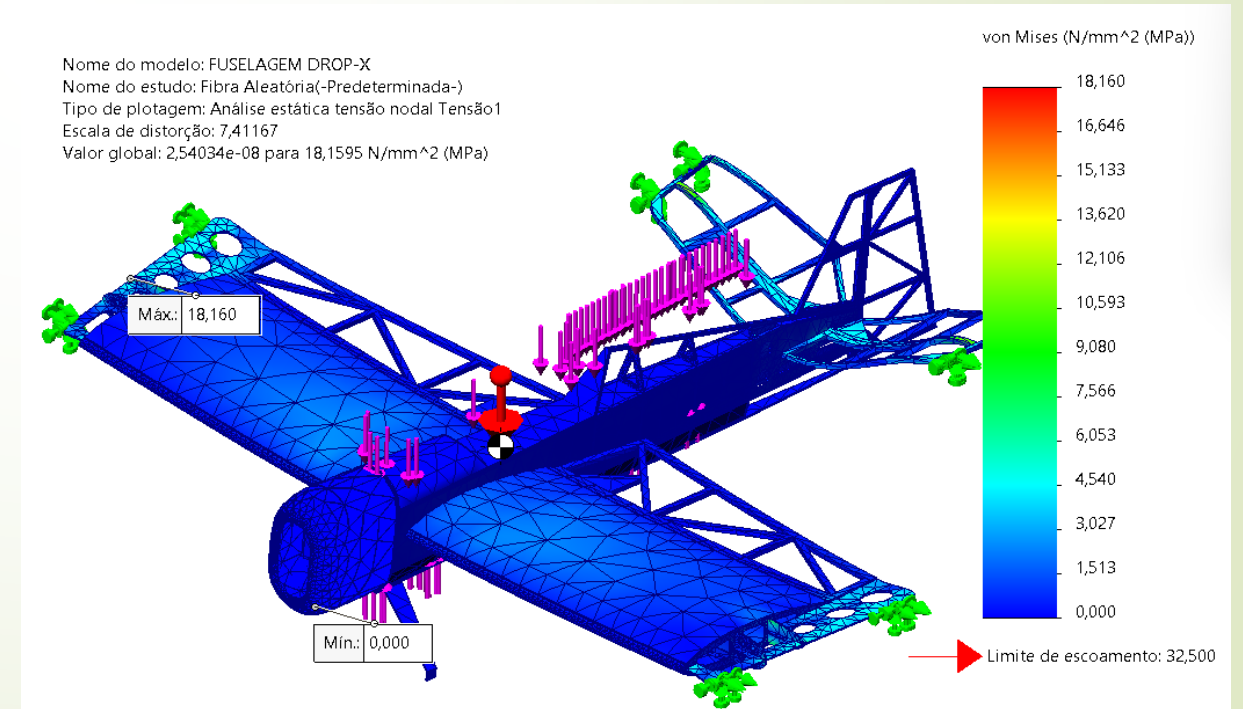
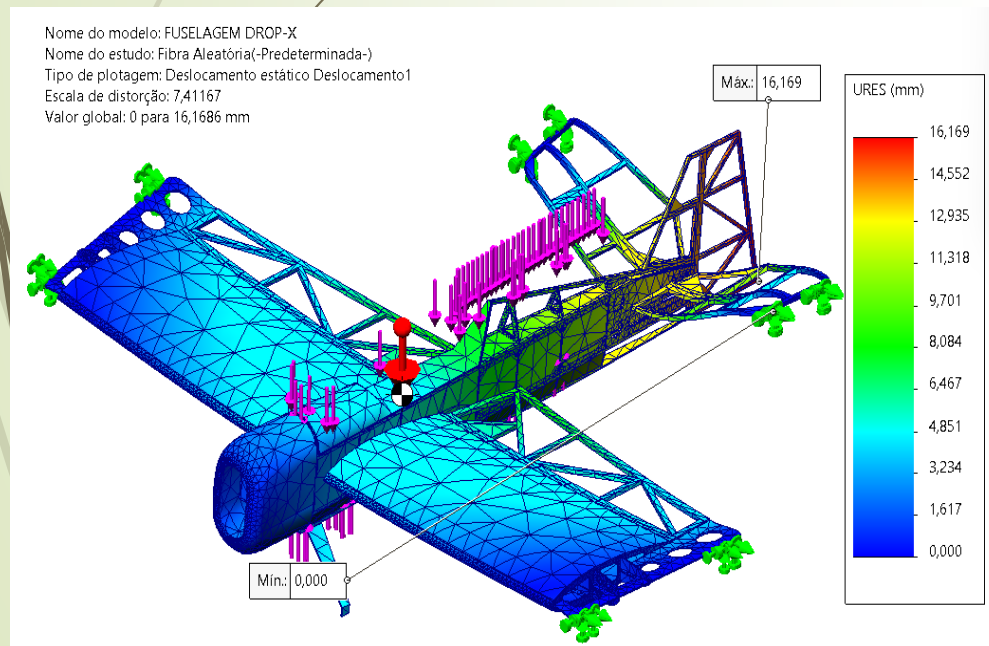
Resultados e Discussões

Simulação	Disposição / Tipo de Fibra	Maior Tensão de Von Mises		Maior Deslocamento		Simulação da Frequência	
		[MPa]	Local	[mm]	Local	[Hz]	Local
1ª	Avião Inteiro (Fibra Aleatória)	18,160	Ponta da Asa	16,169	Ponta do Leme na Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme
2ª	Avião Inteiro (Fibra Triturada)	20,220	Ponta da Asa	20,354	Ponta do Leme na Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme
3ª	Avião Inteiro (Fibra Longa)	20,220	Ponta da Asa	20,354	Ponta do Leme na Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme
4ª	Asa (Fibra Longa) / Corpo do Avião (Fibra Aleatória)	20,220	Ponta da Asa	20,354	Ponta Inferior do Leme	749,57	Nariz do Aeromodelo
5ª	Asa (Fibra Longa) / (Corpo do Avião Fibra Triturada)	20,220	Ponta da Asa	20,354	Ponta Inferior do Leme	749,57	Nariz do Aeromodelo

Resultados e Discussões

1. Simulação da Fibra Disposta Aleatoriamente em Todo Aeromodelo

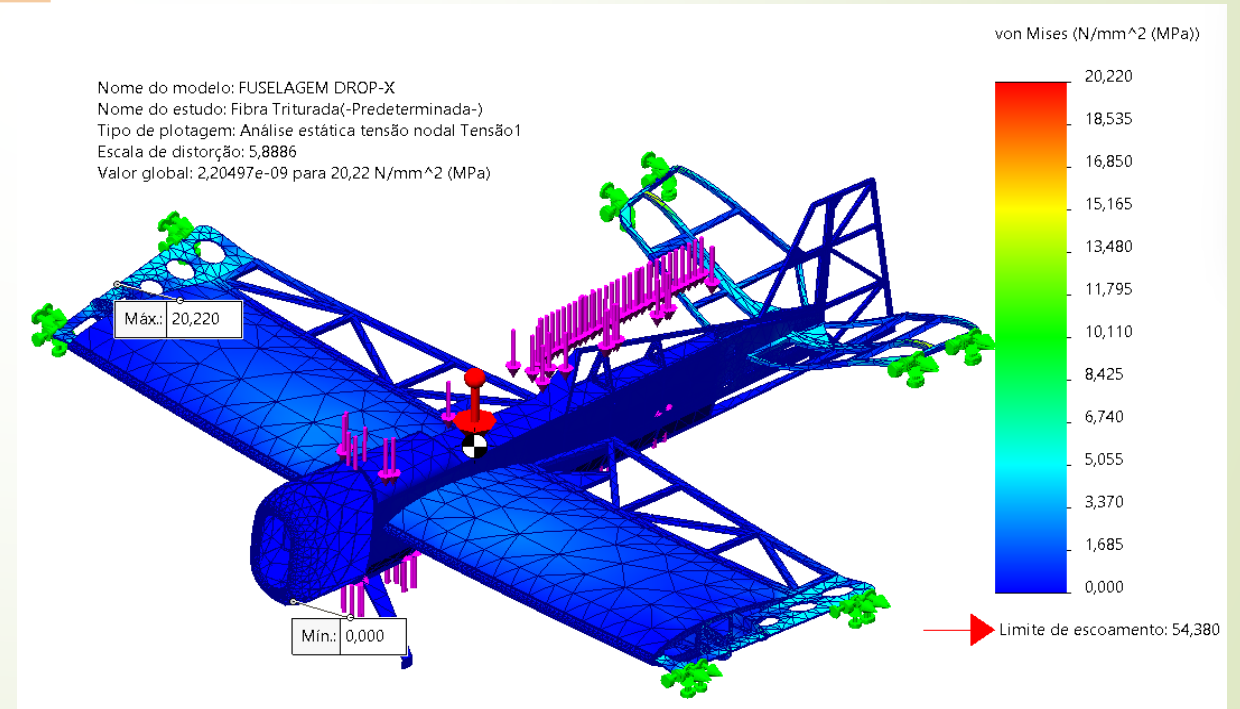
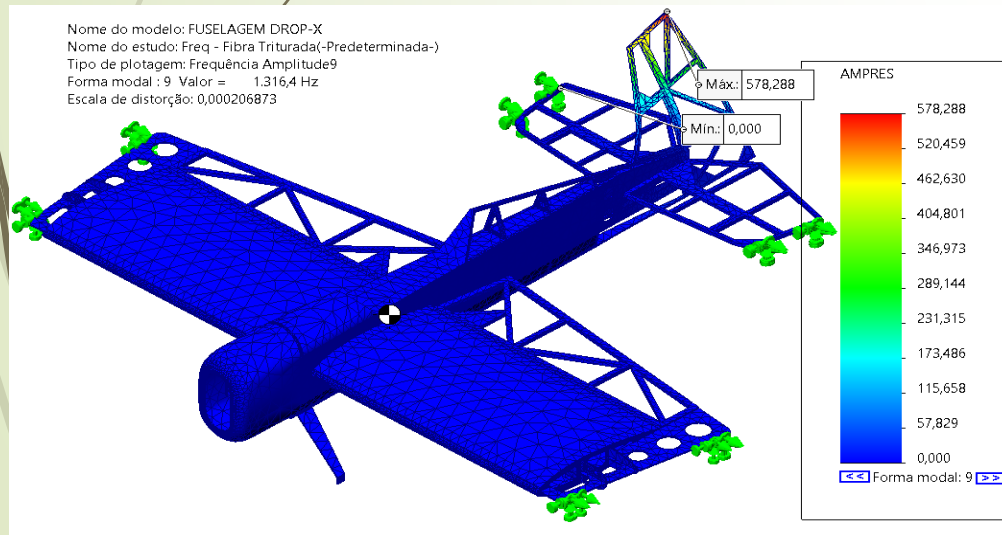
Maior Tensão de Von Mises		Maior Deslocamento		Simulação da Frequência	
[MPa]	Local	[mm]	Local	[Hz]	Local
18,160	Ponta da Asa	16,169	Ponta do Leme na Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme



Resultados e Discussões

2. Simulação da Fibra Triturada em Todo Aeromodelo

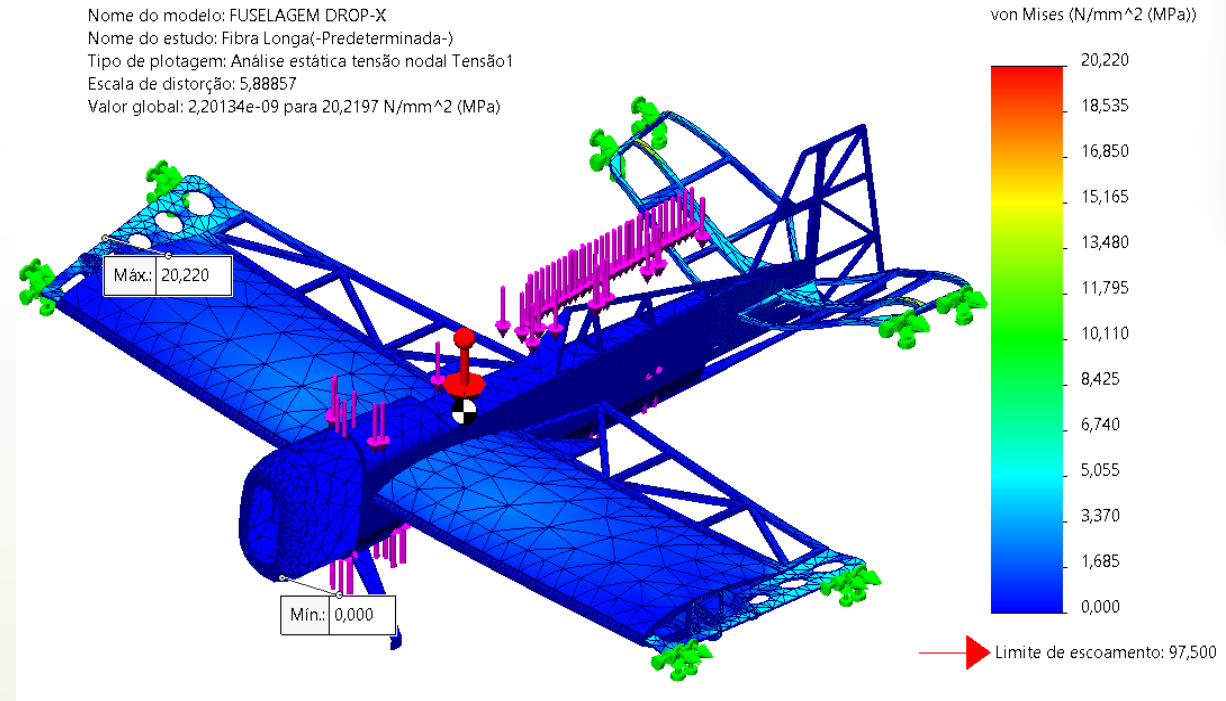
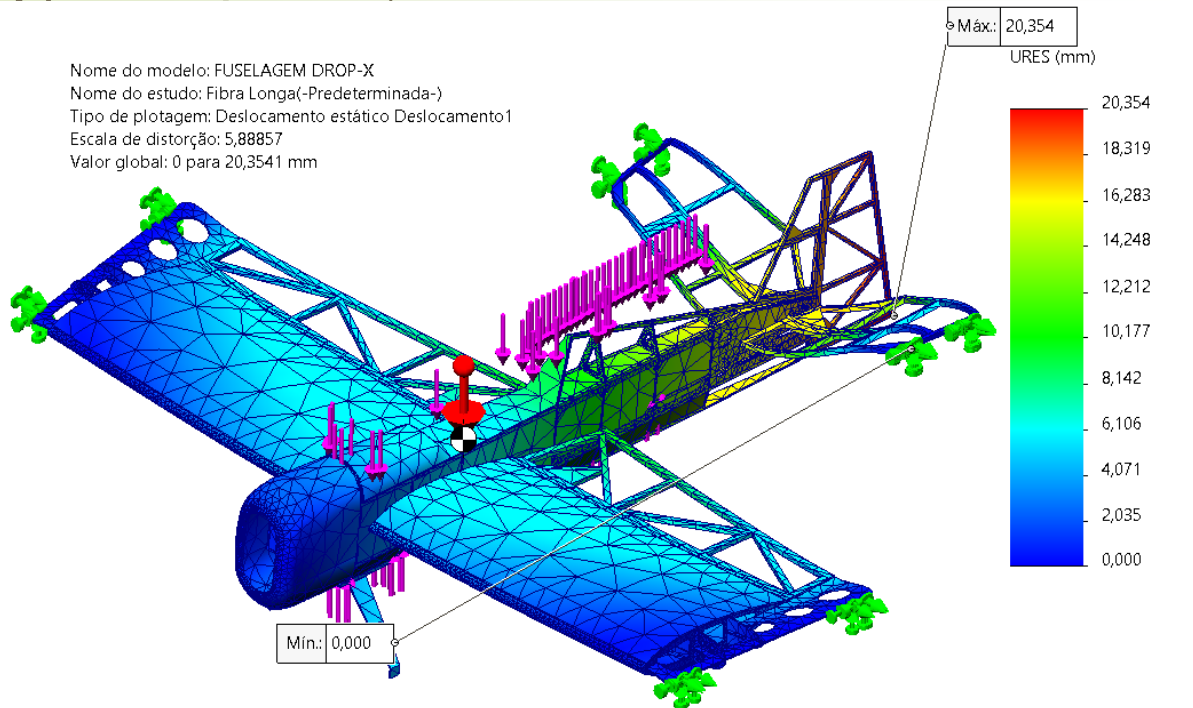
Maior Tensão de Von Mises		Maior Deslocamento		Simulação da Frequência	
[MPa]	Local	[mm]	Local	[Hz]	Local
20,220	Ponta da Asa	20,354	Ponta do Leme na Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme



Resultados e Discussões

3. Simulação da Fibra Dispostas de Forma Longa em Todo Aeromodelo

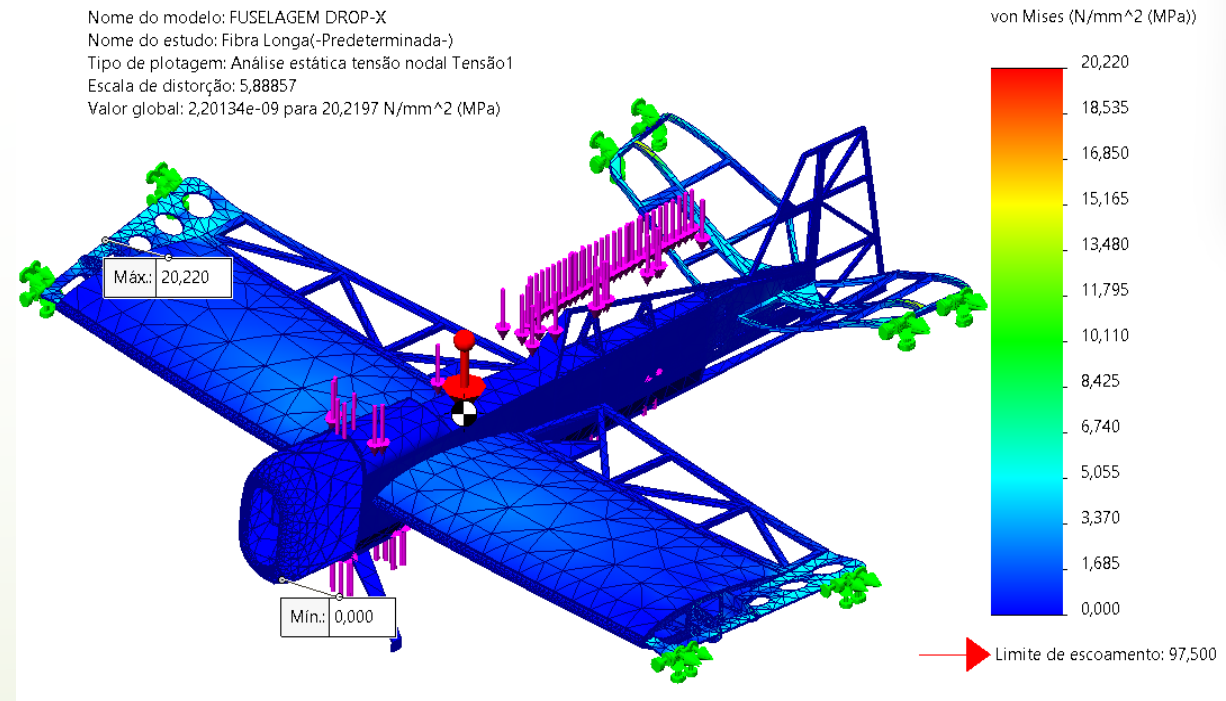
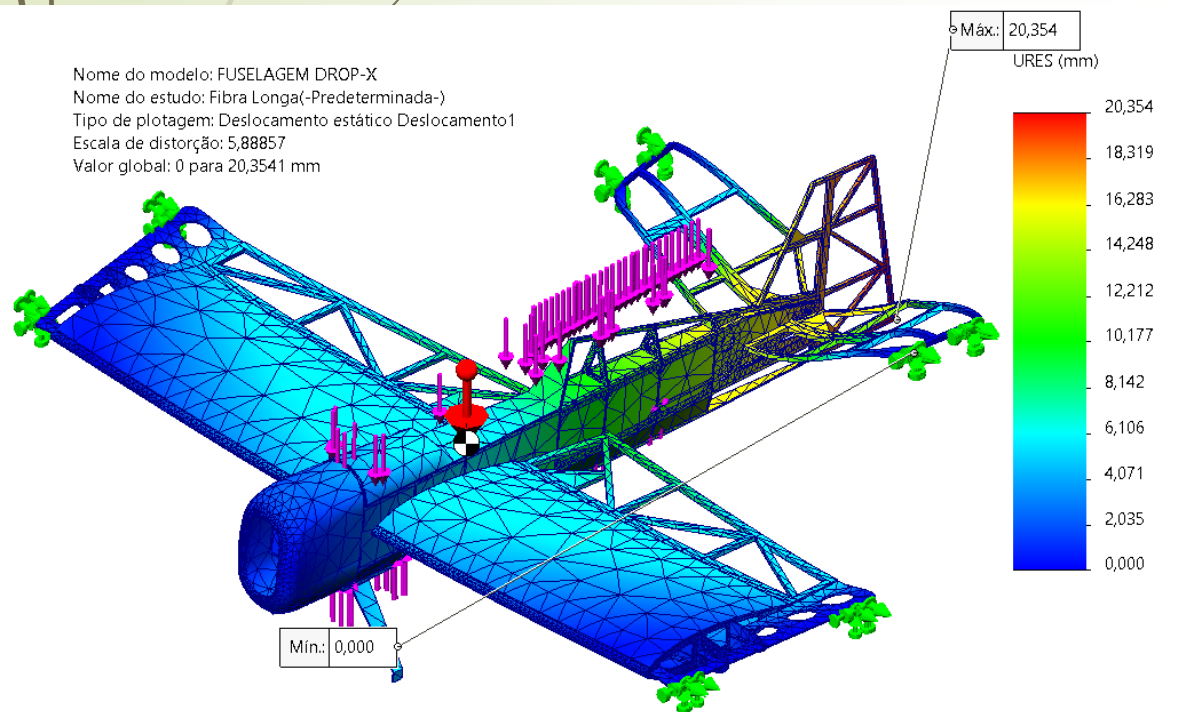
Maior Tensão de Von Mises		Maior Deslocamento		Simulação da Frequência	
[MPa]	Local	[mm]	Local	[Hz]	Local
20,220	Ponta da Asa	20,354	Ponta do Leme na Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme



Resultados e Discussões

3. Simulação da Fibra Dispostas de Forma Longa em Todo Aeromodelo

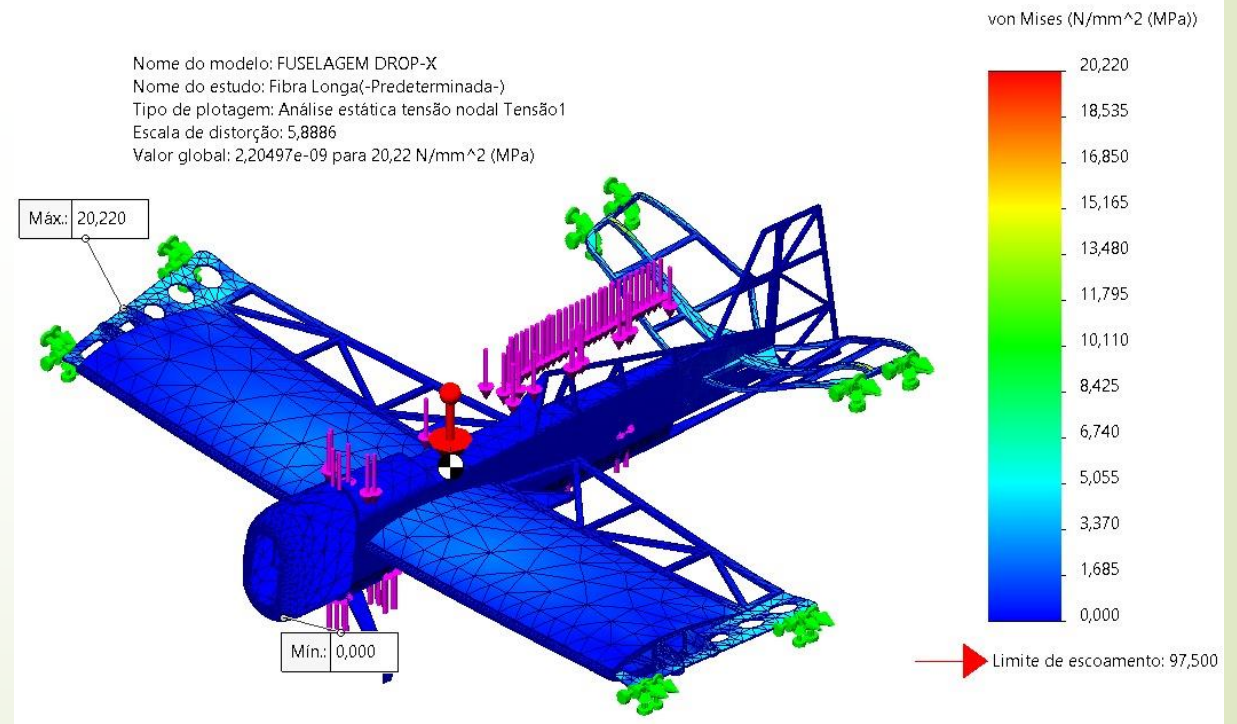
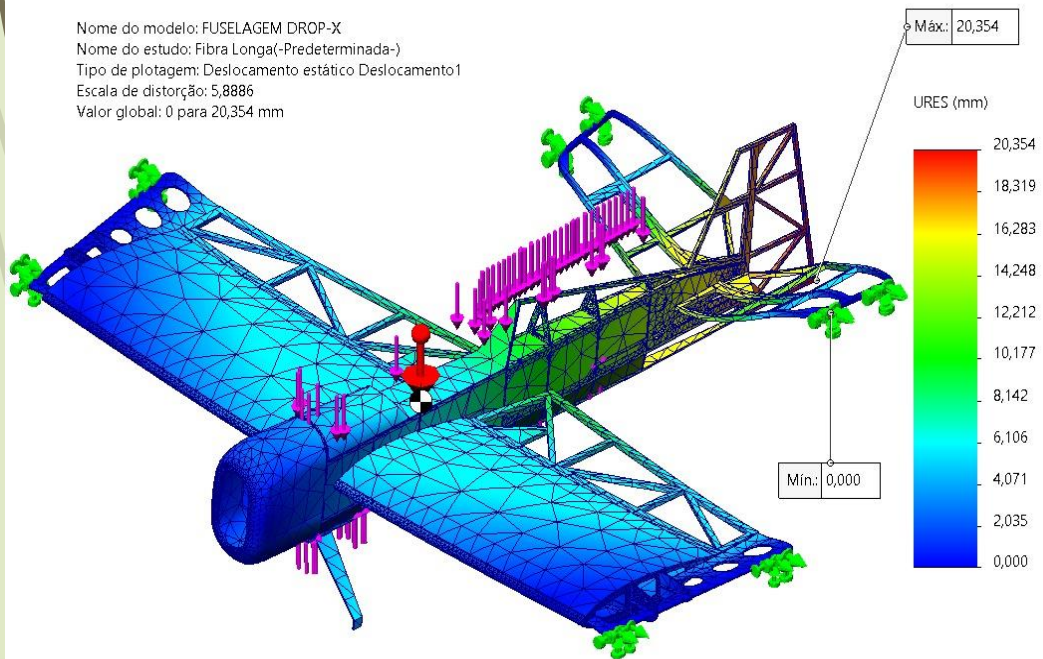
Maior Tensão de Von Mises		Maior Deslocamento		Simulação da Frequência	
[MPa]	Local	[mm]	Local	[Hz]	Local
20,220	Ponta da Asa	20,354	Ponta do Leme na Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme



Resultados e Discussões

4. Simulação da Fibra Dispostas de forma longa (40%) em na asa e fibra disposta aleatória (30%) no corpo de aeromodelo

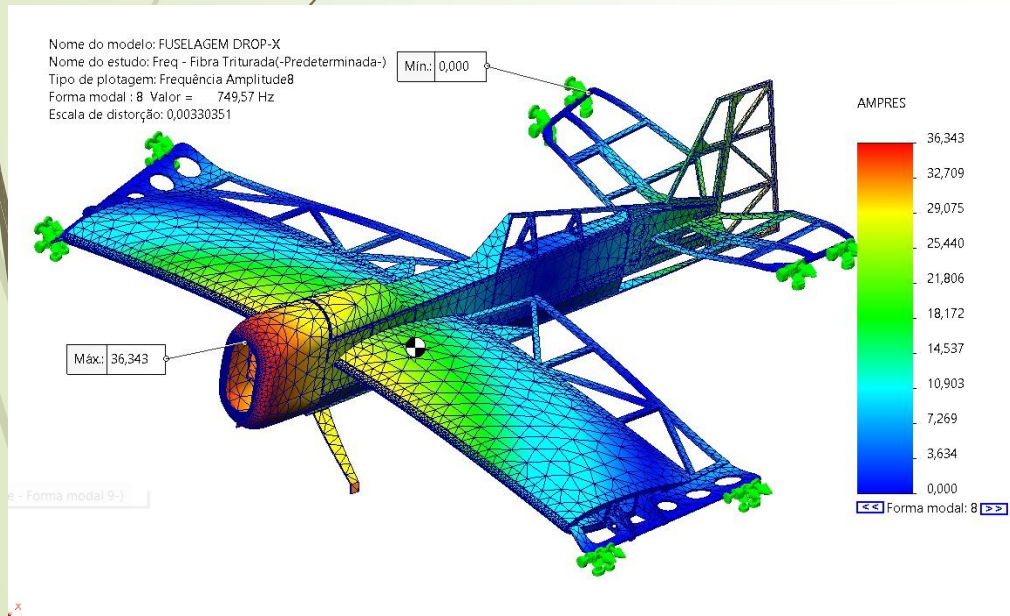
Maior Tensão de Von Mises		Maior Deslocamento		Simulação da Frequência	
[MPa]	Local	[mm]	Local	[Hz]	Local
20,220	Ponta da Asa	20,354	Ponta Inferior do Leme	749,57	Nariz do Aeromodelo



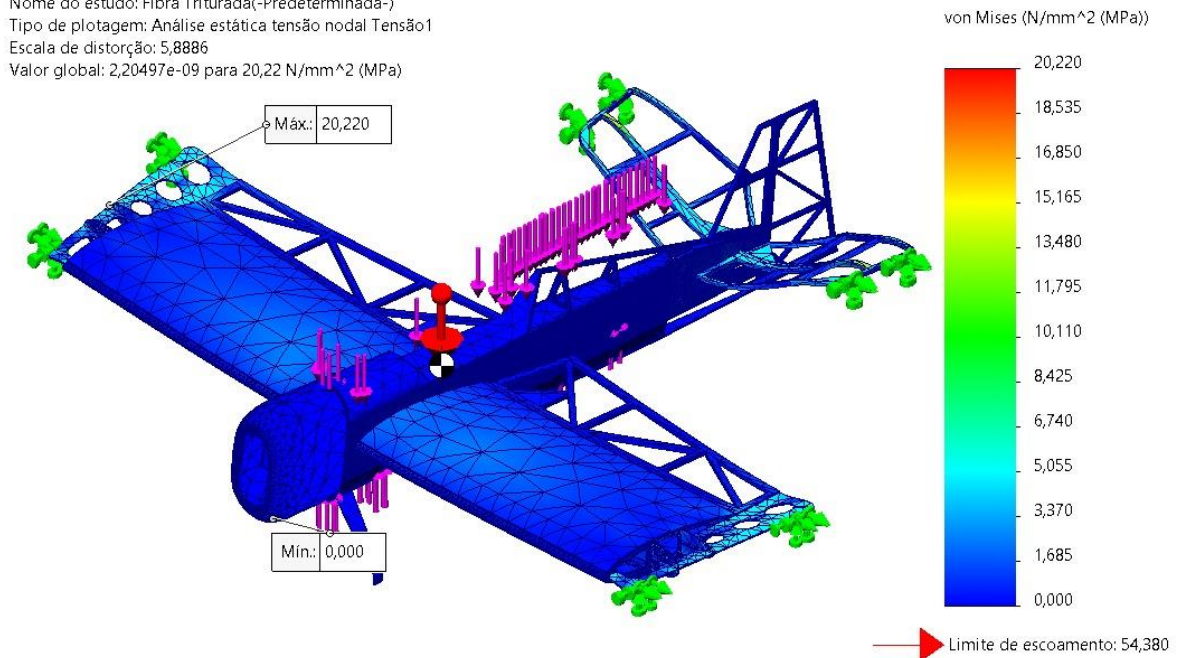
Resultados e Discussões

5. Simulação da Fibra Dispostas de forma longa (40%) em na asa e fibra triturada (30%) no corpo de aeromodelo

Maior Tensão de Von Mises		Maior Deslocamento		Simulação da Frequência	
[MPa]	Local	[mm]	Local	[Hz]	Local
20,220	Ponta da Asa	20,354	Ponta Inferior do Leme	749,57	Nariz do Aeromodelo



Nome do modelo: FUSELAGEM DROP-X
 Nome do estudo: Fibra Triturada(-Predeterminada-)
 Tipo de plotagem: Análise estática tensão nodal Tensão1
 Escala de distorção: 5,8886
 Valor global: 2,20497e-09 para 20,22 N/mm² (MPa)



Resultados e Discussões

Considerações finais

- 1) Todas as simulações tiveram com base os valores experimentais obtidos por Campbell (2020);
- 2) Não se fez uso do valor do amortecimento;
- 3) Somente foram realizadas simulações modificando a composição do material do aeromodelo;
- 4) Não foram diferenciadas no corpo do aeromodelo e na asa do mesmo, a fuselagem da estrutura (treliças/cavernas)

Resultados e Discussões

Simulação	Disposição / Tipo de Fibra	Maior Tensão de Von Mises			Local Maior Tensão	Maior Deformação [mm]	Local Maior Deformação	Simulação da Frequência (Hz)	Local Maior Oscilação
		[MPa]	Comp. RT	Comp. RF					
1ª	Avião Inteiro (Fibra Aleatória)	18,16	54,5%	49,3%	Ponta da Asa	16,169	Ponta do Leme da Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme
2ª	Avião Inteiro (Fibra Triturada)	20,22	46,0%	37,2%	Ponta da Asa	20,354	Ponta do Leme da Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme
3ª	Avião Inteiro (Fibra Longa)	20,22	36,9%	20,7%	Ponta da Asa	20,354	Ponta do Leme da Calda	1.316,40	Ponta Superior do Leme
4ª	Asa (Fibra Longa) / Corpo do Avião (Fibra Aleatória)	20,22	36,9%	20,7%	Ponta da Asa	20,354	Ponta Inferior do Leme	749,57	Nariz do Aeromodelo
5ª	Asa (Fibra Longa) / (Corpo do Avião Fibra Triturada)	20,22	36,9%	20,7%	Ponta da Asa	20,354	Ponta Inferior do Leme	749,57	Nariz do Aeromodelo

Conclusões

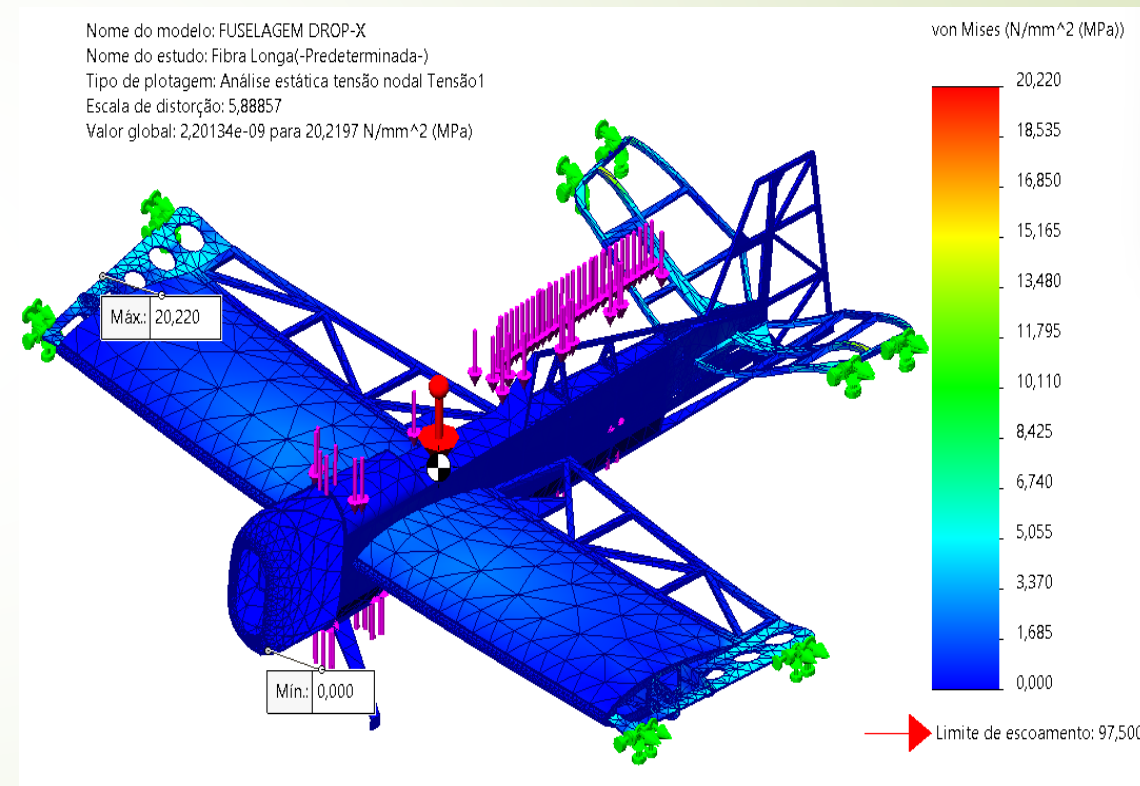
- ✓ O uso do software SOLIDWORKS© 2023 e elemento tipo placa e/ou casca -> eficiente nas simulações;
- ✓ Em todos os casos simulados os valores da Tensão de Von Mises foram abaixo dos encontrados por Campbell (2020)
- ✓ Valor máximo encontrado foi de 20,22 MPa para o compósito contendo 40% de fibra longa e o menor valor foi de 18,16 MPa para fibra disposta de forma aleatória;
- ✓ O valor do deslocamento máximo ocorreu na extremidade da ponta do leme da calda, sendo de 20,354 mm.
- ✓ O maior valor encontrado do deslocamento foi de 20,354 mm, tanto para compósito contendo 40% de fibra longa, quanto o de 30% fibra triturada;

Conclusões

- ✓ Os modelos que fizeram uso de compósito com fibra triturada (30%) e compósito com disposição da fibra longa (40%), apresentaram os mesmos resultados de tensão máxima de Von Mises, deformação máxima e frequência natural
- ✓ Os modelos que fizeram uso de disposição de fibras longa e fibra triturada na asa apresentaram melhores resultados (resistência a tração e flexão)
- ✓ Os valores da frequência natural foram idênticos para os modelos que fizeram uso de diferentes distribuições do tipo de compósito na asa e no corpo do aeromodelo⁴
- ✓ Valor máximo encontrado de 749,57 Hz, para o primeiro módulo de frequência natural, assim como nos modelos que fizeram uso do mesmo tipo e distribuição de fibras em todo aeromodelo;
- ✓ Tanto a extremidade do leme, profundor e da asa merecem uma melhor avaliação e otimização seja na geometria ou no tipo de material;

Conclusões

- ✓ Considerando-se a facilidade de fabricação do aeromodelo comercial, o modelo simulado que apresentou melhores resultados, atendendo ao quesito resistência (tração e flexão) foi modelo que fez uso de fibra triturada, cujo valor máximo da tensão de Von Mises foi de 20,22 MPa.
- ✓ Considerando a resistência mecânica (tração e flexão) o modelo simulado que apresentou melhores resultados foi o que fez uso da disposição de fibras longas na asa, cujo valor máximo da Tensão de Von Mises foi de 20,22 MPa.



Trabalhos Futuros

- ✓ Realizar simulações com base em outros valores experimentais obtidos na literatura;
- ✓ Otimizar a calda do aeromodelo (leme e profundor)
- ✓ Avaliar melhor o efeito do tipo e disposição de fibra no aeromodelo sobre a frequência natural do aeromodelo;
- ✓ Fazer uso do fator de amortecimento para se avaliar a frequência natural amortecida do aeromodelo;
- ✓ Realizar simulações modificando otimizando a geometria do aeromodelo;
- ✓ Diferenciar na simulação a fuselagem do corpo do aeromodelo, da asa, e da estrutura (treliças/cavernas), fazendo uso de diferentes compósitos, otimizando assim o aeromodelo. Tal diferenciação provavelmente interferirá consideravelmente nos resultados.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, o criador e consumidor de todas as coisas, por conceder a mim, saúde e determinação. A Ele toda Honra e toda Glória.

Ao meu grande amigo e professor, Doutor Alexandre Alvarenga Palmeira, que se dedicou em orientar com excelência. A professora Doutora Cirlene Fourquet Bandeira que tanto me auxiliou com seus conhecimentos.

A minha família, que sempre está em minhas orações, em especial a minha mãe, que junto ao apoio incondicional do meu tio Jê, dedicou sua vida em criar a mim e meu irmão com princípios e virtudes nobres, nos mantendo sempre como prioridade em sua vida.

Ao Grupo Keilla, que fomenta e apoia iniciativas de desenvolvimento de trabalhos acadêmicos, proporcionando possibilidades favoráveis para elaboração e defesa dos trabalhos promovidos por seus funcionários



À UNIFOA – Centro Universitario de Volta Redonda, localizado na Avenida Paulo Erlei Alves Abrantes, 1325, Três Poços, Volta Redonda – CEP 27240-560;

Prezados,

Vimos através desta, formalizar apoio e fomento ao desenvolvimento do projeto, com título: ANÁLISE ESTRUTURAL POR ELEMENTOS FINITOS DE UM AEROMODELO CONSTITUÍDO DE UM COMPOSITO A BASE DE FIBRA DE BANANAERA. Este será apresentado como dissertação pelo funcionário Davi José Oliveira de Souza Irlanda, para obtenção de título de Mestre em Materiais.

Para tanto, o Grupo Keilla, se compromete a fazer as devidas liberações para realização das pesquisas e defesa da dissertação, sem que haja ônus ao aluno do programa de Mestrado Profissional em Materiais – MEMAT do UNIFOA.

Adicionalmente, o Grupo Keilla, autoriza a utilização de seu nome como fomentador, e de dados relacionados às suas atividades na dissertação e eventuais artigos científicos produzidos com base no presente projeto, cabendo avaliação preliminar do conteúdo para possíveis divulgações.

Atenciosamente:



Grupo Keilla
André Cortez Mahon
Diretor de Operações