



Projeto e Especificação de Dispositivo para Ensaio de Fadiga de Asa Utilizada em Aeromodelo

Alexandre Alvarenga Palmeira^{1,2}; 0000-0002-9271-8858
Izabel de Oliveira da Mota²; 0000-0001-6276-5381
Diniz Felix dos Santos Filho²; 0009-0000-0243-6754
Edson de Paula Carvalho²; 0000-0001-6131-6074
Bruna Azevedo de Souza²; 0000-0003-2106-003X
Pietro Carvalho Carmelini Pereira²; 0000-0003-1599-3247
Tiago José Matos da Silva²; 0009-0004-6905-9614
Crislaine da Costa Riguete²; 0000-0002-7579-3661

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

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

alex.a.palmeira@gmail.com

Resumo: Este trabalho tem como objetivo projetar e desenvolver, através do AUTODESK INVENTOR 3D, um dispositivo para ensaio de fadiga destinada a análise experimental da resistência a fadiga de asa utilizada em aeromodelo. Máquina essa que permitirá avaliar os esforços a que serão expostas a asa de um aeromodelo, para caracterizar experimentalmente sua resistência a fadiga. Foi utilizada a seguinte metodologia: Especificação das dimensões iniciais da Asa, Criação do modelo CAD; Especificação das propriedades do material; Definição das condições de restrição e cargas; Simulação dos movimentos; Definição das dimensões finais da máquina de ensaio de fadiga; Definição dos componentes da máquina de ensaio de fadiga. Após o término pode concluir que o AUTODESK INVENTOR 3D, demonstrou ser bastante eficiente no projeto/desenvolvimento de uma máquina para ensaio de fadiga, dedicada a ensaiar asas de aeromodelo. O Software além de possuir uma vasta gama de possibilidades de utilização de materiais, frente a sua biblioteca interna, também permitiu a plena visualização em 3D, principalmente após renderização, da máquina desenvolvida, assim como o ajuste ergonômico da mesma, frente as dimensões da mesma e a necessidade de adequação as dimensões propostas para asa do aeromodelo.

Palavras-chave: Projeto. Máquina de Fadiga. Asa. Aeromodelo. AUTODESK INVENTOR 3D.

INTRODUÇÃO

A fadiga estrutural é definida como sendo acúmulo de danos sofridos, levando a falhas por esforços repetidos com periodicidade, chamado de carregamentos cíclicos, cujos valores de tensão máxima estão abaixo do valor que precede a ruptura. (MULA, S 2020)

Os materiais denominados compósitos possuem modos de falhas complexos em resposta a cargas cíclicas (fadiga) devida a sua natureza heterogênea e anisotrópica.





Ao contrário do que ocorre em metais, esta falha gerada em resposta a fadiga, em compósitos é acompanhada por diferentes danos que se multiplicam pelo componente de um dado volume material gerando uma resposta a fadiga sendo esta isotrópica. (GONÇALVES, 2016)

Ao contrário de materiais homogêneos, os compósitos muito raramente terão uma resposta a degradação em função da resistência, pois suas falhas provêm de uma única trinca. Em materiais compósitos, ocorre a evolução e a interação de vários modos de dano que por sua vez se acumulam e por consequência levam a falha estrutural. Esses modos de dano podem ser considerados como Micro-trincas (intralaminar), delaminação (interlaminar), descolamento fibra/matriz (intralaminar) ou fratura de fibras (intralaminar). Tais modos de dano podem combinar-se, acumularem-se e interagir entre si, gerando mudanças nos valores de resistência local do material e nos campos de tensão do mesmo. (ASTM D638-14, 2014)

O ensaio de fadiga é realizado em uma máquina que constitui um sistema de aplicação de cargas, que permite alterar a intensidade e o sentido do esforço, e por um contador de número de ciclos. (BRANDÃO, 2013). O ensaio é interrompido quando o corpo de prova se rompe. A resposta ao ensaio varia de acordo com as propriedades do material escolhido, sequência do ângulo de combinação e a escolha do tipo de carregamento cíclico. (ASTM D3039/D3039M14, 2014)

Análise por elementos finitos é um método de resolução de equações diferenciais, no qual o sistema é dividido em partes menores e menos complexas, sob análise em diversos elementos, tais elementos possuem nós que naturalmente irão se deslocar quando um carregamento é aplicado sob ele, fornecendo assim toda a distribuição de tensão e deslocamentos. (LAGES, 2017)

O MEF é aplicável a uma gama de áreas existentes da engenharia, como exemplo temos problemas estruturais, eletromagnéticos ou térmicos, o foco será nas análises feitas em estruturas. A análise basicamente nos concede resultados essenciais para entendimento e identificação de durabilidade dos componentes, os pontos onde a tensão estará em maior concentração (quando forem submetidas a carregamentos), entender o comportamento estrutural, otimização de peças, componentes e





equipamentos complexos, antes mesmo da fabricação dos mesmos.. (TEIXEIRA-DIAS, 2010)

Como todo programa de análise e simulação que incorpora o MEF, o AUTODESK INVENTOR 3D faz uso de três etapas básicas de modelamento/programação, que são estas: Pré-processamento, Processamento e Pós-Processamento. O objetivo deste trabalho é projetar e desenvolver, através do AUTODESK INVENTOR 3D, uma dispositivo para ensaio de fadiga destinada a análise experimental da resistência a fadiga de asa utilizada em aeromodelo. Máquina essa que permitirá avaliar os esforços a que são submetidas a asa, para caracterizar experimentalmente sua resistência a fadiga.

MÉTODOS

Inicialmente foi proposto um layout, considerando os parâmetros dimensionais da asa de um aeromodelo convencional. Foi simulada a possível geometria da máquina, considerando diferentes parâmetros de oscilação da asa, permitindo avaliar altura máxima de deflexão da mesma. Sendo assim, etapas do trabalho:

1. Criação do modelo em CAD;
2. Definição das propriedades do material;
3. Criação da malha de elementos finitos, para Asa do Aeromodelo;
4. Definição das condições de restrição e cargas;
5. Resolução do modelo e análise.
6. Definição das dimensões finais da máquina de ensaio de fadiga
7. Especificação dos componentes da máquina de ensaio de fadiga.

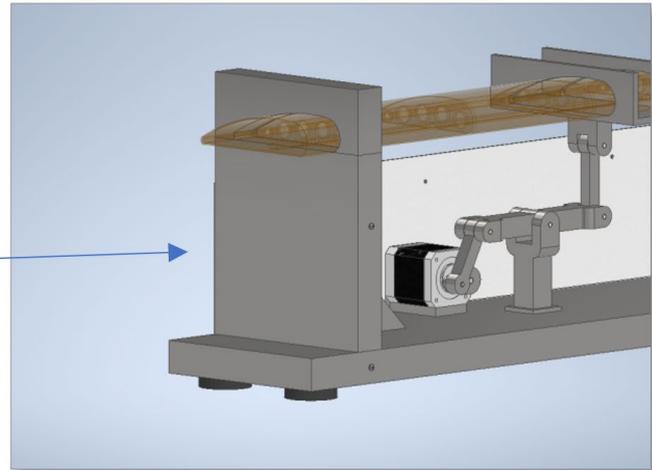
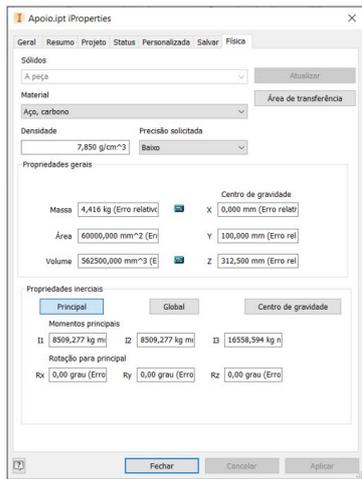
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O software de modelagem Inventor da Autodesk, possui um vasto banco de materiais com todos os dados já pré-estabelecidos conforme a utilização do Sistema Internacional. Conforme pode ser visualizado na figura 1, onde temos como exemplo



o material de “Aço Carbono” utilizado para o suporte lateral com todos os seus parâmetros, assim como, as propriedades físicas da peça.

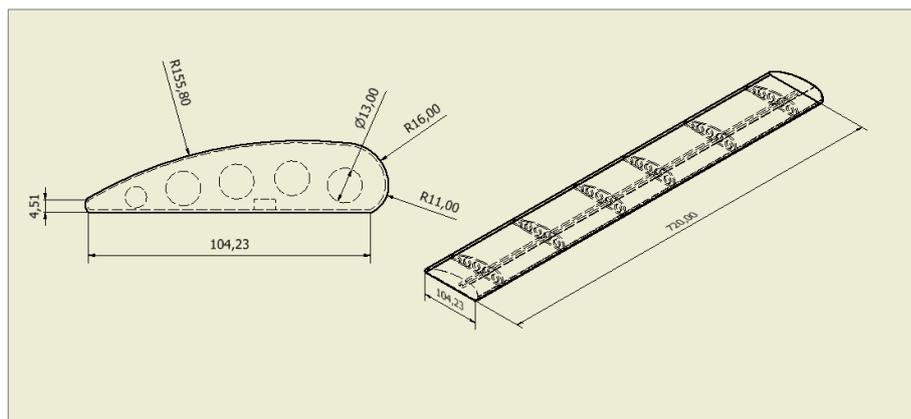
Figura 1. Apoio lateral de aço carbono com a designação do material e suas propriedades.



Fonte: autoria própria

Como as dimensões da asa e seus parâmetros são conhecidos, conforme a Figura 2, é possível iniciar a definição das dimensões e parâmetros da máquina de teste.

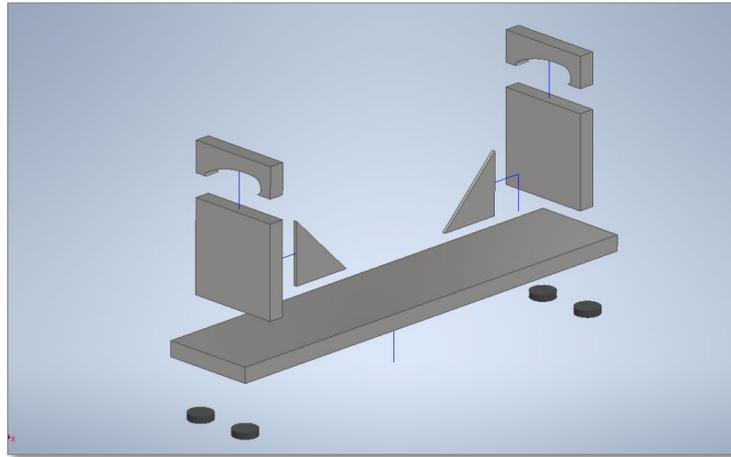
Figura 2. Formato, dimensões e parâmetros da asa usado como base para máquina.



Fonte: autoria própria

Dessa forma, foram definidas as dimensões e primeiras peças da máquina de teste para garantir um bom equilíbrio e proporção à asa que será testada. Conforme a Figura 3, pode ser visualizada as primeiras partes da montagem da máquina.

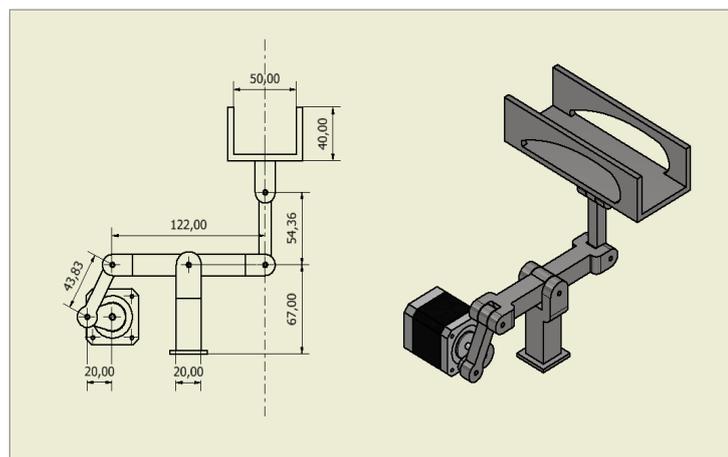
Figura 3. Montagem dos componentes iniciais e estruturais.



Fonte: autoria própria

Após a estrutura básica da máquina de testes modelada e ajustada, foi possível criar o sistema de transferência de força. Esse sistema, utiliza um motor de passo NEMA 17 para proporcionar o torque no conjunto que é transformado em movimento linear através de um mecanismo tipo gangorra acoplado por uma biela ao dispositivo “forçador” da asa, conforme Figura 4.

Figura 4. Mecanismo de força explodido.



Fonte: autoria própria

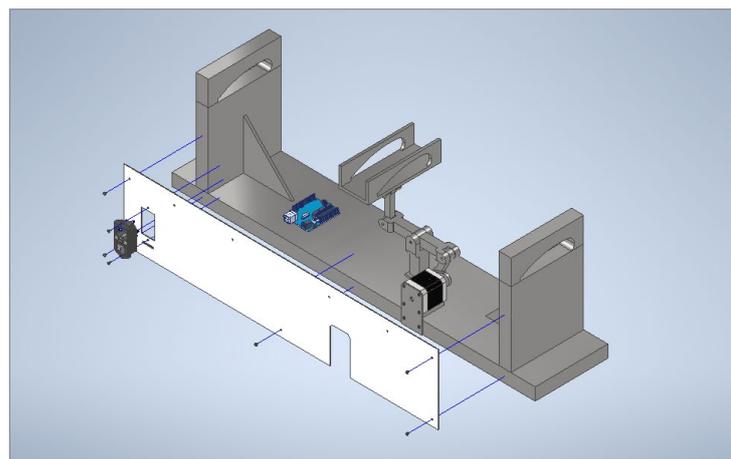
Com todos os estudos realizados, foi criado e modelado os acessórios de acabamento para a máquina de teste a fim de promover uma melhor aparência ao projeto, assim como, proporcionar segurança as partes móveis (segurança para os mecanismos e para os operadores) e também proteger os dispositivos de instrumentação internos.



Além do acabamento, foi especificado a interface de operação para a máquina, a fim de possibilitar os ajustes dos parâmetros de teste, como frequência de trabalho, ciclos, horas e outros parâmetros que se deseje configurar.

Com o objetivo de promover uma segurança de fechamento à máquina, foi modelada uma tampa traseira presa com cinco parafusos com um dispositivo de conexão de alimentação AC padrão, conforme Figura 5. A tampa possui o recorte para a peça de travamento do motor, assim como, a furação em sua parte superior para fixação da tampa superior.

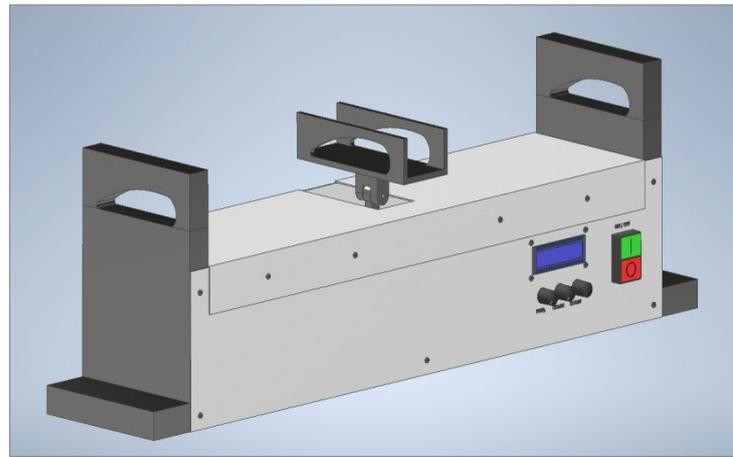
Figura 5. Tampa traseira com seus ajustes e pintura epóxi branca para fechamento traseiro da máquina.



Fonte: autoria própria

Para a proteção da parte frontal, foi modelada uma tampa presa com cinco parafusos com um dispositivo de partida (on/off), display 16x2. A tampa possui furação em sua parte superior para fixação da tampa de cima. Para proporcionar o fechamento superior, foi modelada uma tampa com duas abas e quatro furos em cada uma, para se fixar na tampa frontal e traseira, conforme Figura 7. No centro da tampa existe um rasgo para a passagem da biela de movimento linear que auxilia também na desmontagem.

Figura 7. Vista da parte frontal da tampa superior proporcionando fechamento completo da máquina.



Fonte: autoria própria

Com todos os detalhes apresentados, foi possível efetuar o fechamento da máquina a fim de promover segurança e proteção, assim como, disponibilizar os acessórios de alimentação, partida, controle e monitoração da máquina de teste.

CONCLUSÕES

Após o término pode concluir que o AUTODESK INVENTOR 3D, demonstrou ser bastante eficiente no projeto/desenvolvimento de uma máquina para ensaio de fadiga, dedicada a ensaiar asas de aeromodelo. O Software além de possuir uma vasta gama de possibilidades de utilização de materiais, frente a sua biblioteca interna, também permitiu a plena visualização em 3D, principalmente após renderização, da máquina desenvolvida, assim como o ajuste ergonômico da mesma, frente as dimensões da mesma e a necessidade de adequação as dimensões propostas para asa do aeromodelo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao UniFOA pelo apoio no desenvolvimento técnico-científico através dos pelos mecanismos de desenvolvimento disponibilizados, pela disponibilização do software AUTODESK INVENTOR 3D e pelo incentivo discente através do programa Institucional de Iniciação Científica.



REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D3039/D3039M14: Standard Test Method for tensile properties of polymer matrix composite materials. 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D638-14: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. 2014

BRANDÃO, R. P. **Projeto mecânico de uma máquina de ensaio de fadiga por flexão rotativa.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. 76f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica).

GONÇALVES, M.Q., SILVA JUNIOR. **Estudo de comportamento mecânico do compósito reforçado por fibra de coco em matriz de resina acrílica.** 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2016, Natal, RN, Brasil. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/205-104.pdf>. Acesso em: 08 agosto 2023.

LAGES, M. S. **Desenvolvimento de uma máquina para ensaio de fadiga por flexão.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica, Processos de Fabricação) Belo Horizonte: UFMG. p142, 2017.

MULA, S. **Estudo sobre Falha e Fadiga em Materiais Compósitos Laminados.** Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior De Engenharia De Lisboa, Lisboa – Portugal. p.186, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/12799/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2023.

TEIXEIRA-DIAS, F. et al. **Método dos Elementos Finitos - Técnicas de simulação Numérica em Engenharia.** ETEP - Edições Técnicas e Profissionais. Lisboa, 2010.