**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

**CURSO DE ENGENHARIA AERONÁUTICA**

**SAA 0205 – Projeto de Elementos Estruturais de Aeronaves II**

**Responsável – Prof. Assoc. Volnei Tita**

**Data da Entrega Inicial (Fase “zero”): de 27/09 a 04/10 (Modelo MEF rodando!)**

**Data da Entrega II (Relatório Fase I): de 15/11 a 22/11**

**Data da Entrega III (Relatório Fase II): de 29/11 a 06/12**

**Projeto Individual**

**Devem ser entregues:**

* + Todos os **arquivos gerados pelo Patran/Nastran**;
  + **Ferramentas Computacionais** (planilhas em Excel, programas em Matlab, etc);
  + **Relatório** em formato .doc e .pdf (**upload para o e-Disciplinas**)
    - **Todos os arquivos deverão ficar num Drive para acesso livre**
      * **Em um arquivo txt informar o link para acessar o Drive** (**upload para o e-Disciplinas**)

**Conteúdo do Relatório:**

**Relatório Inicial (Fase “zero”)**

* **Modelo de elementos finitos** 
  + Descrição do modelo, malha, carregamentos e condições de contorno
  + Resultados para os 2 casos de carga (na condição limite e ultimate)
    - Deslocamentos e forma deformada da seção analisada;
    - Distribuições e valores de tensões nos painéis, stringers e frames analisados.
      * Imagem gerada pelo PATRAN e “print” de partes do arquivo F06 do Nastran

**Relatório Fase I**

* **Análise do Painel do Extradorso (painel superior em compósito - extradorso)** 
  + Verificar se o Painel pode ser certificado quando à Fadiga considerando filosofia **Infinite Life**
  + Utilizar os critérios de falha para compósito (**Máxima Tensão, Máxima Deformação, Tsai-Hill e Tsai-Wu**) - Dados das Tabelas 1, 2 e 3 **(obs: o cálculo da MS será feito dentro da ferramenta computacional na condição ultimate)**

**Relatório Fase II**

* **Análise do Painel do Intradorso (painel inferior em alumínio - intradorso)** 
  + Estimar o **Scatter Factor via AC23-13A** (Referências Bibliográficas: FAR\_JAR\_AC)
  + **Obter gráficos de Fator de Carga vs. Excedência, bem como Tensão vs. Excedência**
  + Obter a Função Transferência (FT):
    - Obter as tensões para os 2 casos do Carga
    - Considerar para **n=0; tensão=0 MPa.**
    - As FTs do ramo positivo e negativo serão diferentes
  + Calcular os Períodos de Inspeção do Painel Central do Intradorso considerando filosofia **Damage Tolerance**
    - Assumir que uma **trinca inicial (2a)** nucleia no centro do painel e se propaga transversalmente em relação aos stringers (**ver Slide 24 – Aula 3b\_parte II)**

**Empregar:**

**“A” são os dois últimos algarismos do N° USP do aluno.**

**Multiplicar todas as dimensões e cargas por (exceto propriedades de materiais)**

**IMPORTANTE: Caso o valor de Δ não for empregado adequadamente, o aluno receberá nota igual a “ZERO”.**

**CUIDADO COM AS UNIDADES!!**

# Geometria, Materiais e Cargas

## Caixão de Asa (Dica: Tutorial 10 – Apostila MEF\_GEA)

**– Cada aluno terá um valor diferente de Delta, que será aplicado nas cargas e na geometria (exceto nas propriedades de material)**

|  |
| --- |
| **F1**  **F3**  **F4**  **F1**  **F2**  **F2**  **F3**  **F4** |
| Modelo de Caixão de Asa Simplificado (Dimensões mm) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Perfil 1  W: 15mm  H: 15mm  t: 1mm  W1: 5mm |  | Perfil 2  W: 15mm  H: 10mm  t1: 1mm  t2: 1mm |
| Dados dos Perfis (Dimensões mm)  **Importante:**  **- O Perfil 2 será adotado como flanges das longarinas**  **- O Perfil 2 será adotado como flanges das nervuras (flanges das nervuras = frames)** | | | |

* ***Dados de Materiais***
* Material 1: Al 7475-T6 (obter do Mil Hand - Metals)
  + Material 1 – Perfis
* Material 2: Al 2024-T3 (obter do Mil Hand - Metals)
  + Material 2 – Revestimento do Intradorso (painel inferior)
    - **Espessura 1,5mm** (obs: stringers são equidistantes) (**valor fixo: não é influenciado pelo Delta**)
    - Alma da Longarina – Espessura 1,5 mm
    - Alma da Nervura – Espessura 1,5 mm
* Material 3: Material Compósito (Tabelas 1, 2 e 3)
  + Material 3 – Revestimento do Extradorso (painel superior)
  + Compósito [0°/+45°/-45°/90°]S
    - **Obs 1: a espessura de cada camada é de 0,1 mm** (**valor fixo: não é influenciado pelo Delta**)
    - **Obs 2: remover os stringers do painel superior**

**Dica: Tutorial 13 – Apostila MEF\_GEA**

Tabela 1 – Propriedades Elásticas – Material Ortotrópico (fibra de carbono + resina epóxi)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| E11 | E22=E33 | G12=G13 | G23 | 12 |
| 100 GPa | 10 GPa | 5,4 GPa | 3,05 GPa | 0,34 |

Obs: os valores 13=23=12

Tabela 2 – Valores de Resistência

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| XT | XC | YT | YC | S12=S13 | S23 |
| 1400 MPa | 930 MPa | 47 MPa | 130 MPa | 53 MPa | 89 MPa |

Tabela 3 – Valores de Limites de Deformação

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| X’T | X’C | Y’T | Y’C | S’12 |
| 2,5% | 1,0% | 0,2% | 1,8% | 3,0% |

* ***Dados de Cargas***

**Caso de carga 1 – Rajada ascendente (n=2,516\*Δ)**

* FLim = [(45.000) – (nz\_MAX x Wsemi-ASA)] N
  + nz\_MAX = n
  + Wsemi\_ASA ≈ 1.000 N
* F1 = 0,75 × F F2 = 0,25 × F F3 = 0,1 × F F4 = 0,15 × F

**Caso de carga 2 – Rajada descendente (n=-2,012\*Δ)**

* FLim = [(-20.000) + (nz\_MAX x Wsemi-ASA)] N
  + nz\_MAX = n
  + Wsemi\_ASA ≈ 1.000 N
* F1 = 0,75 × F F2 = 0,25 × F F3 = 0,1 × F F4 = 0,15 × F

**Dados adicionais para obter o Espectro de Fator de Carga vs. Excedências (por milhas náuticas)**

|  |  |
| --- | --- |
| Figure A1-1 e Table A1-1 da **AC23-13A** => |  |
| Para Rajada Positiva (ascendente) => |  |
| Para Rajada Negativa (descendente) => |  |
|  | * + - **W/S** **(Carga alar)** = (**54\*Δ)** lbf/ft2     - V = 315 Knots (velocidade de cruzeiro de projeto)     - U = 30 ft/s (velocidade nominal de rajada)     - m = CLα = 4,4 rad-1 |

obs: 1 Libra-força = 4,4482 Newtons