



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Introdução ao Projeto de Aeronaves

Aula 28 – Introdução ao Estudo de
Cargas nas Aeronaves

TAPERÁ

Aerodesign



Tópicos Abordados

- Introdução ao Estudo de Cargas nas Aeronaves.

Tipos de Cargas nas Aeronaves

- Uma aeronave é projetada para suportar basicamente dois tipos de cargas.
- a) Cargas no solo: São encontradas pela aeronave durante seu deslocamento no solo, (taxiamento, decolagem e pouso).
- b) Cargas em vôo: São atuantes na aeronave durante as manobras de vôo, rajadas de vento, etc.

Cargas de Superfície e Forças de Corpo

- As duas classes de cargas citadas podem ser divididas em:
 - a) Cargas de superfície: Atuam sobre a superfície da estrutura.
 - b) Forças de corpo: Atuam sobre o volume da estrutura e são geradas pela gravidade e por efeitos de inércia.

Cargas Aerodinâmicas de Superfície

- Durante um vôo quer seja em condições nivelada, de manobras ou devido a uma rajada de vento, a estrutura de uma aeronave está sujeita as cargas aerodinâmicas devido as diferenças de pressão encontradas nas diversas partes do avião.
- A distribuição de pressão sobre a superfície da aeronave provoca esforços de cisalhamento, tração, compressão, torção e flexão em todos os pontos da estrutura.
- A partir do conhecimento desses esforços, o projetista pode dimensionar a estrutura completa da aeronave utilizando-se os fundamentos da resistência dos materiais através de uma solução analítica ou numérica nas principais partes da aeronave.

Projeto de uma Estrutura Aeronáutica

- Projetar uma estrutura aeronáutica requer uma atenção especial do engenheiro ou projetista, pois este tipo de componente pode apresentar solicitações complexas e pouco comuns quando comparado a outras estruturas mais simples. Por isso são exigidas normas de segurança rígidas e extensas neste tipo de aplicação.
- A norma seguida é a norma americana FAR-23 (**Federal Aviation Regulations - Part 23**) aplicada mundialmente para o projeto de aviões e regida pela FAA (**Federal Aviation Administration**), agência reguladora americana.

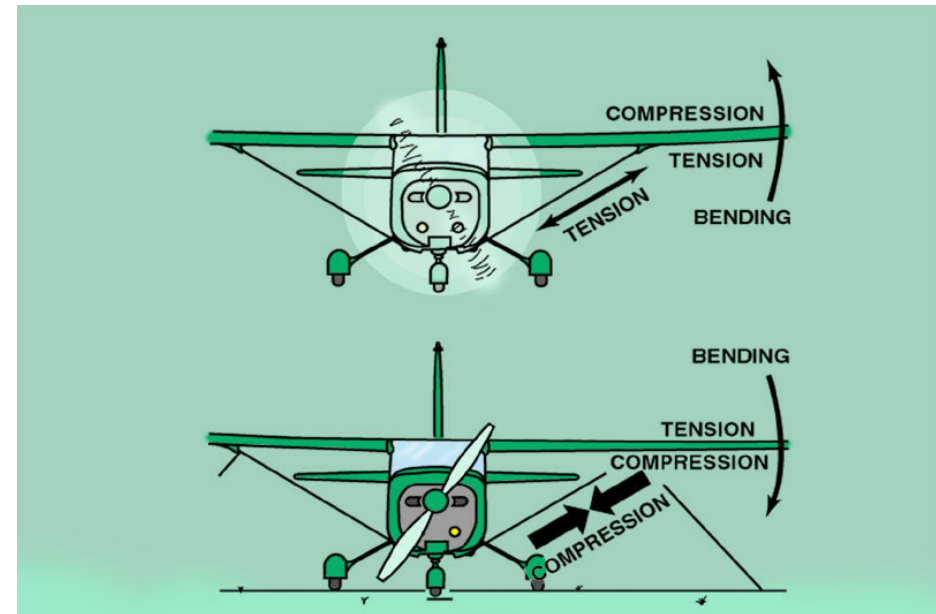
Principais Cargas a Serem Determinadas

- Cargas atuantes nas asas.
- Cargas atuantes na fuselagem.
- Cargas atuantes no trem de pouso.
- Cargas atuantes na empenagem.
- Cargas atuantes nos componentes de fixação da aeronave.
- Determinação das cargas no solo e das cargas dinâmicas de vôo.

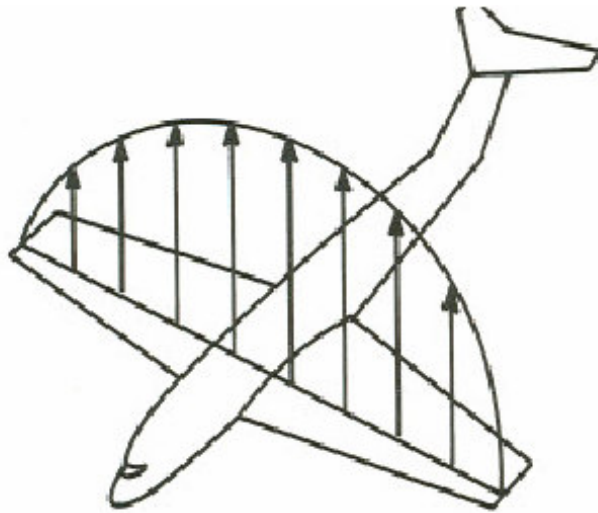
Tensões e Cargas Estruturais

- Deformação elástica: a estrutura retorna a sua forma original quando a carga é retirada.
- Deformação permanente: geralmente ocorre quando o fator de carga limite no diagrama $v-n$ é ultrapassado.

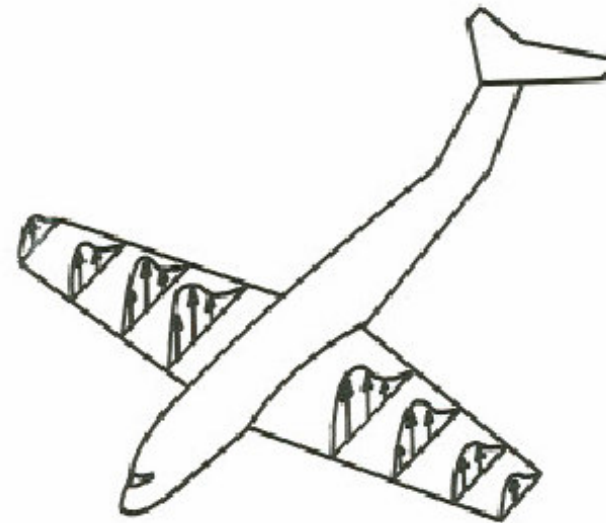
Principais Esforços na Asa de uma Aeronave



Distribuição de Sustentação na Asa



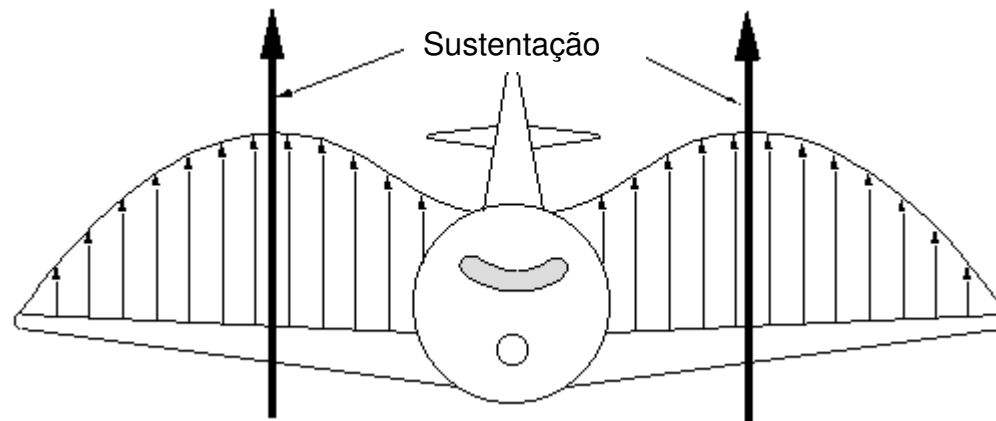
Ao longo da envergadura



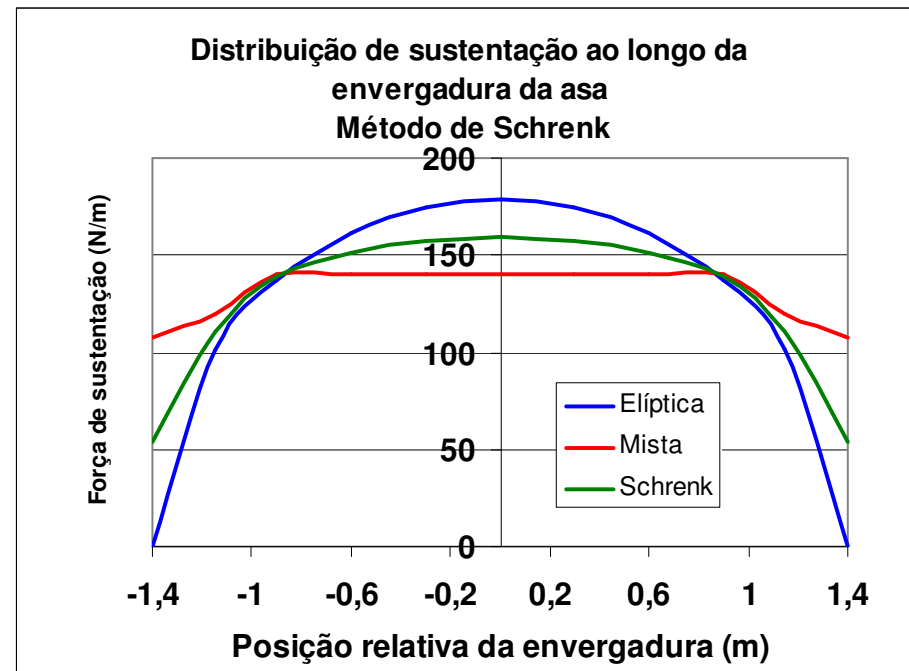
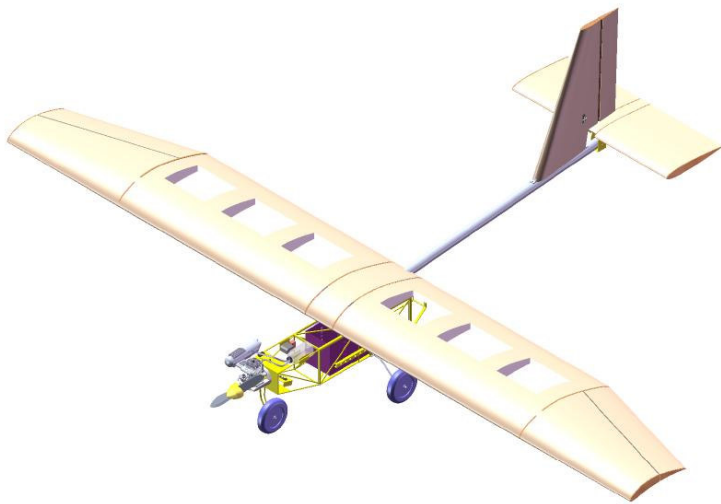
Ao longo da corda

Cargas nas Asas de uma Aeronave

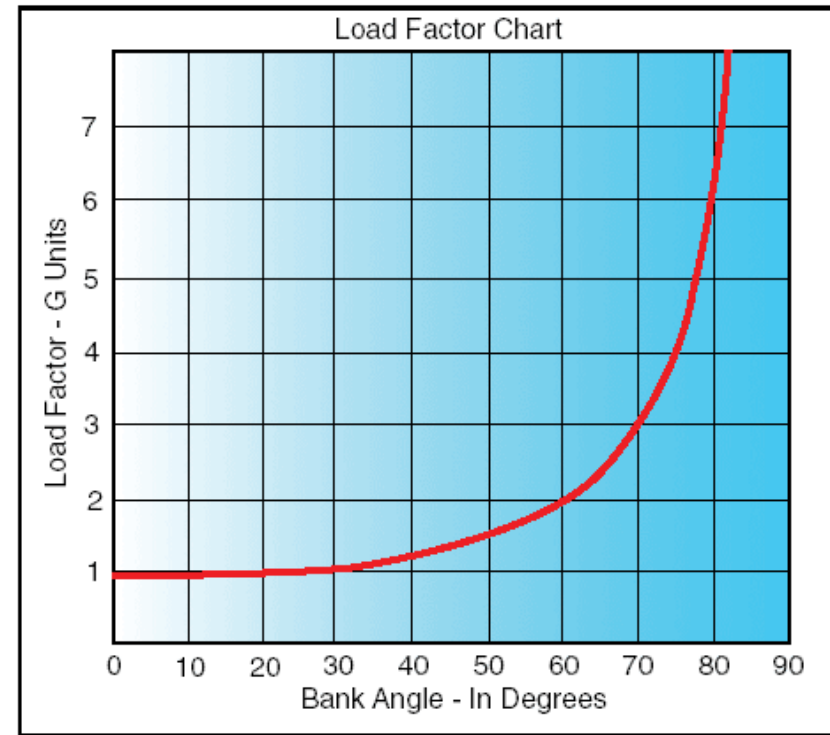
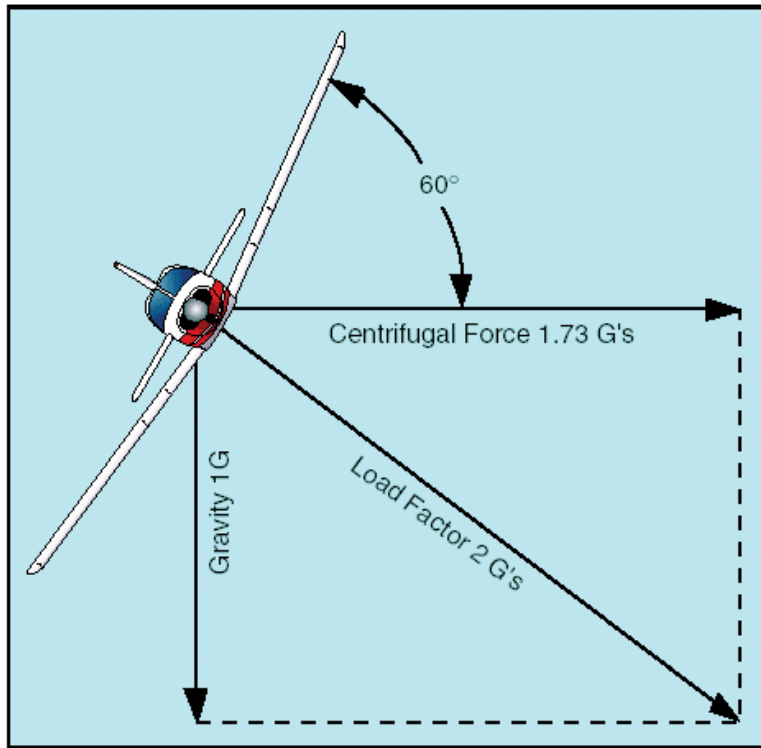
- A figura mostra a distribuição de sustentação ao longo da envergadura de uma asa.
- Esse carregamento pode ser determinado de uma série de maneiras diferentes, para a competição AeroDesign uma metodologia que pode ser empregada com bons resultados é a aplicação da aproximação de Schrenk.



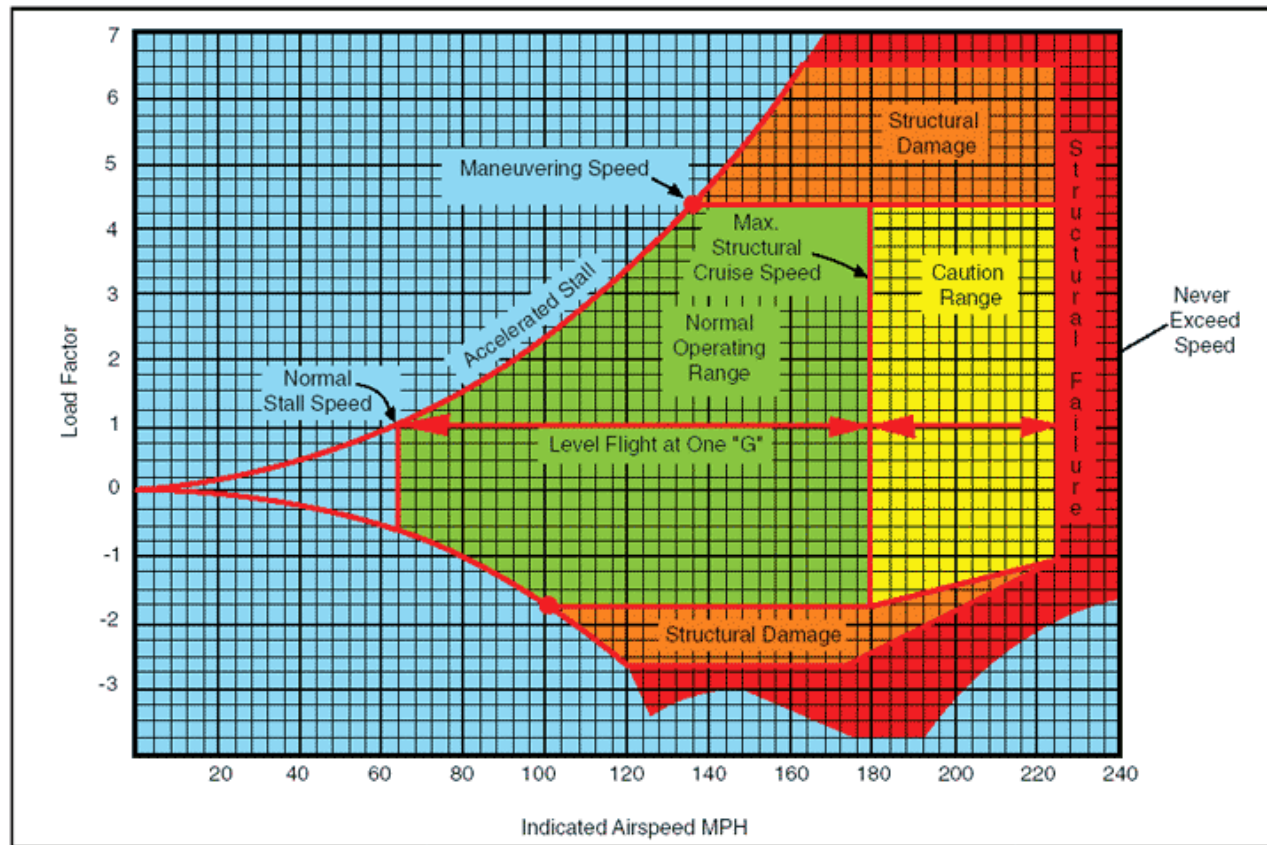
Aplicação do Método de Schrenk no AeroDesign – distribuição na asa



Cargas Atuantes em uma Curva



Interpretação do Diagrama v-n de Manobra

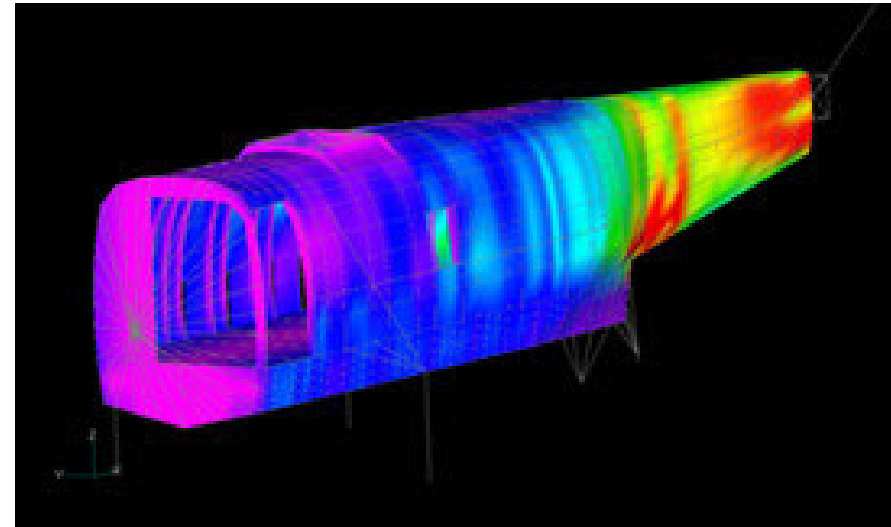


Cargas Atuantes na Fuselagem

- As principais cargas atuantes na fuselagem de uma aeronave são:
- Cargas na empenagem devido a trimagem, manobras, turbulências e rajadas.
- Cargas de pressão na superfície da aeronave.
- Cargas provenientes do trem de pouso devido ao impacto de pouso, taxiamento e manobras no solo.
- Cargas provenientes do sistema propulsivo da aeronave.

Análise Numérica para Determinação de Cargas na Fuselagem

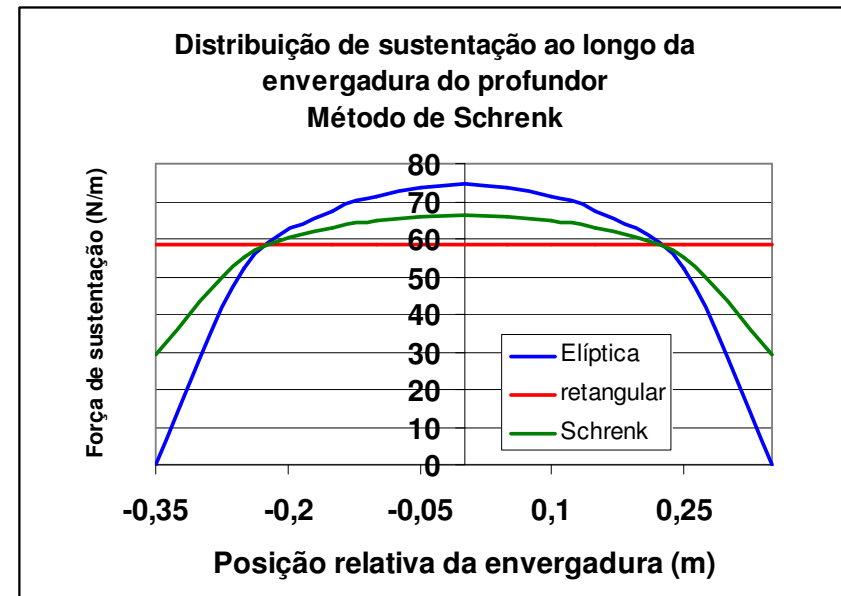
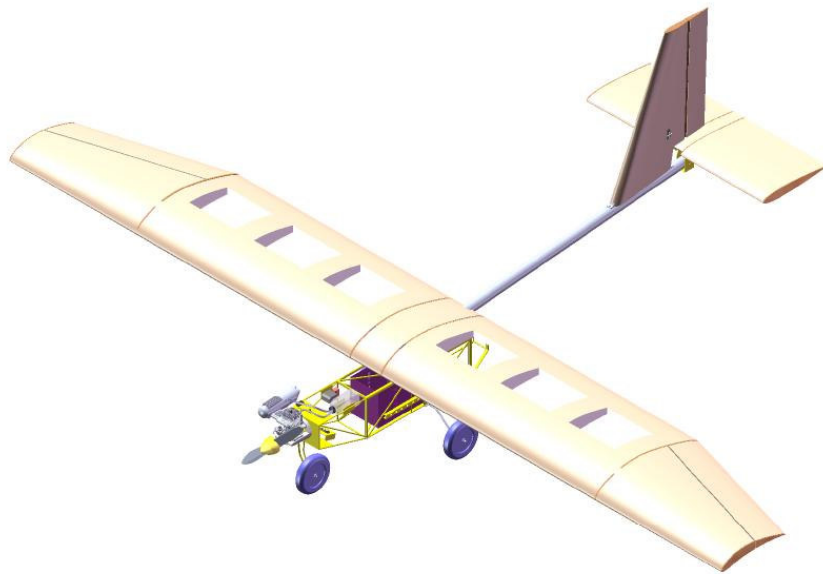
- Na análise, embora não exista escala é possível observar que as seções do tail boom próximas ao ponto de conexão com a fuselagem e próximas a empenagem sofrem os maiores esforços.
- Esses esforços podem ser de tração, compressão, torção e flexão.



Cargas Atuantes na Empenagem

- Determinação das cargas de flexão na estrutura do profundor.
- Cálculo da distribuição de sustentação sobre a envergadura do profundor.

Aplicação do Método de Schrenk no Profundor



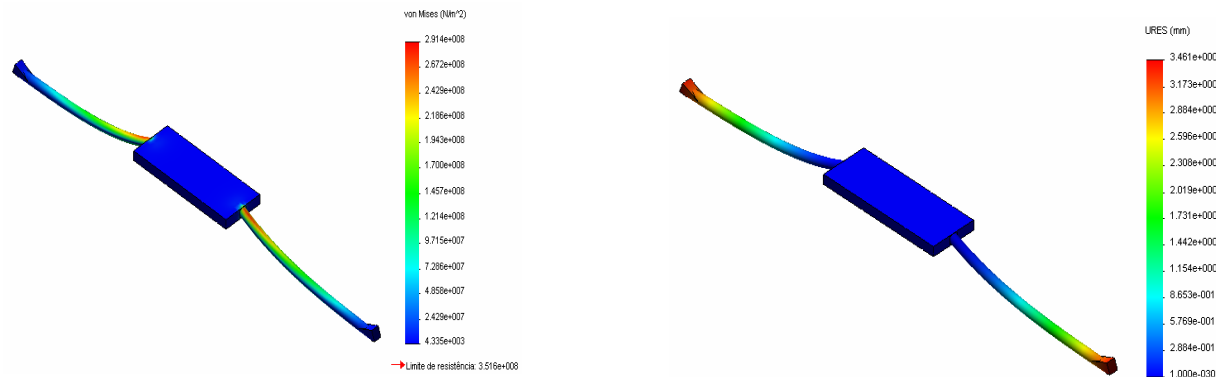
Cargas Atuantes no Trem de Pouso

- Para o sistema de trem de pouso, pode-se considerar três situações de carregamento:
- a) pouso realizado em três rodas com 15% da carga atuante no trem do nariz,
- b) o pouso em duas rodas (trem principal)
- c) pouso em uma das rodas do trem principal (situação mais crítica).
- O fator de carga adotado para o carregamento vertical pode ser de 2,5 com o respectivo fator de carga horizontal em 40% do vertical.

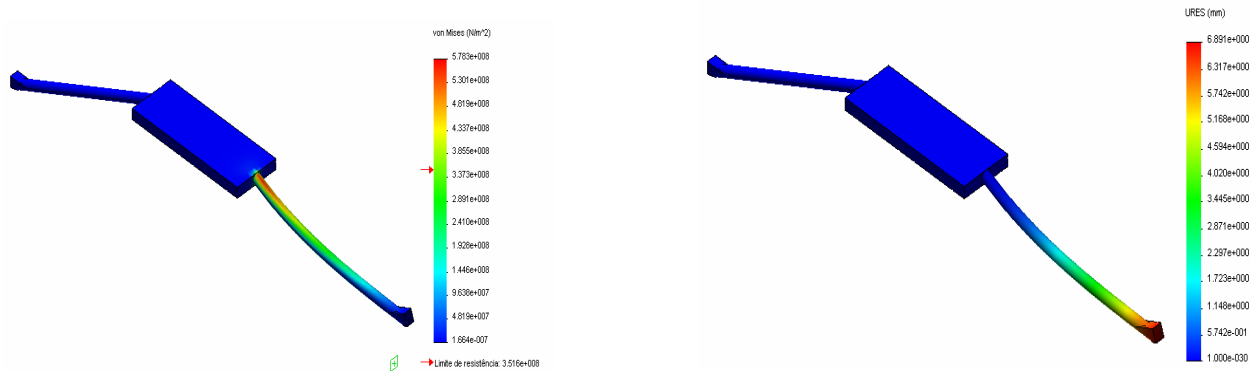
Tabela Representativa de Cargas no Trem de Pouso – Exemplo AeroDesign

Situação	Esquerda		Direita		Nariz	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
Três rodas	167,45N	67,15N	167,45N	67,15N	59,1N	23,7N
Duas rodas	197N	79N	197N	79N	-	-
Uma roda	394N	158N	-	-	-	-

Modelo Numérico de Simulação Estrutural do Trem de Pouso



(a) Pouso em duas rodas – von Mises e deslocamentos



(b) Pouso em uma roda – von Mises e deslocamentos

Determinação das Cargas Atuantes

- Para todos os componentes citados, a magnitude das cargas deve ser determinada com a modelagem física (estática ou dinâmica) dos componentes.
- A análise estrutural somente é possível com a determinação de todas as cargas (forças e tipo de esforço) atuantes na aeronave.
- O projeto AeroDesign é muito diversificado quanto a análise de cargas e estruturas, pois cada equipe possui características que diferem muito em seus aviões, portanto, o material aqui apresentado serve apenas como referência e sugestão de alguns princípios que podem ser aplicados para a determinação dos esforços atuantes na aeronave.

Tema da Próxima Aula

- Diagrama $v-n$ de Manobra e de Rajadas.