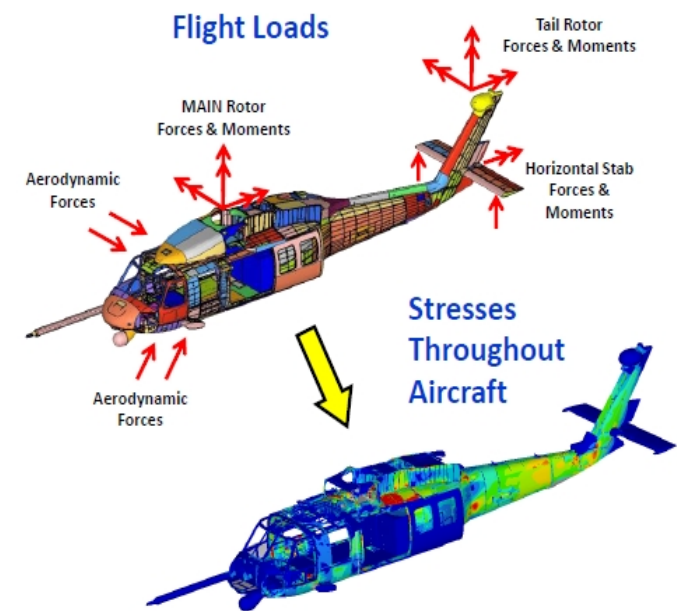


INTRODUÇÃO A CARGAS EM AERONAVES

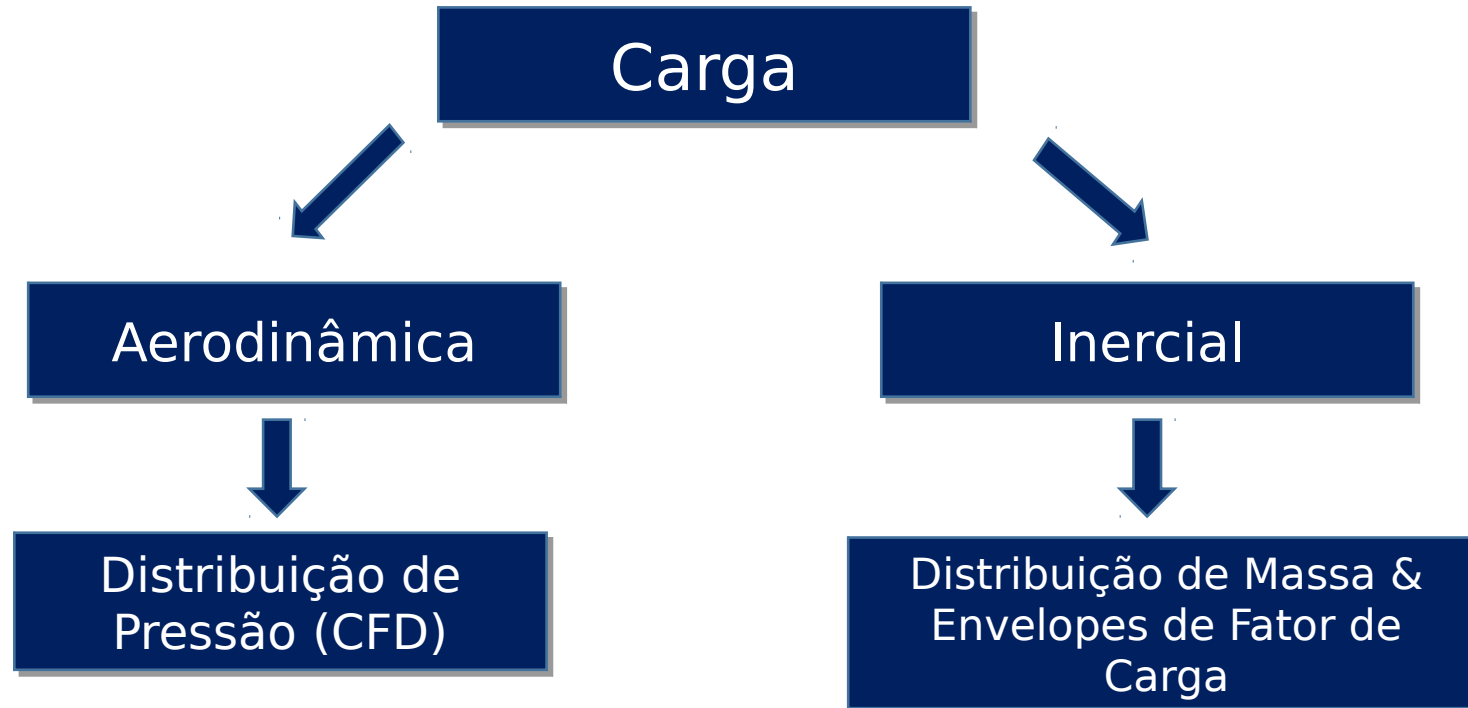


Importância e Aplicabilidade

- As cargas devem ser calculadas de modo preciso ou conservador para o correto dimensionamento estrutural;
- Área multidisciplinar, englobando Aerodinâmica, Estruturas, Dinâmica de Voo e Aeroelasticidade, constituindo um campo de conhecimento particular;
- Times dedicados ao cálculo de Cargas nas grandes Empresas;
- Aplicado em todas as fases do projeto (exceto no projeto preliminar, onde não estão definidas as características da aeronave, o que impossibilita o cálculo das cargas), inclusive na análise de modificações na aeronave certificada.

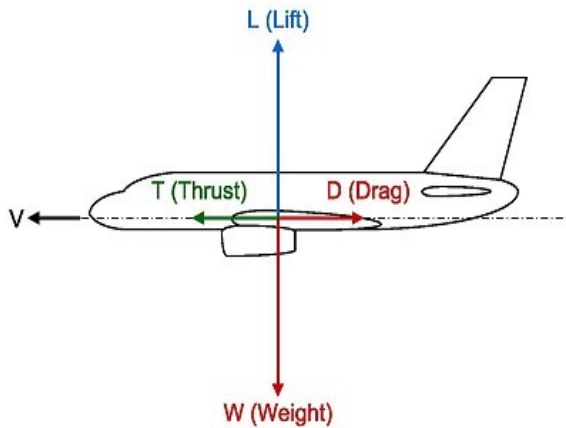


Origem das Cargas

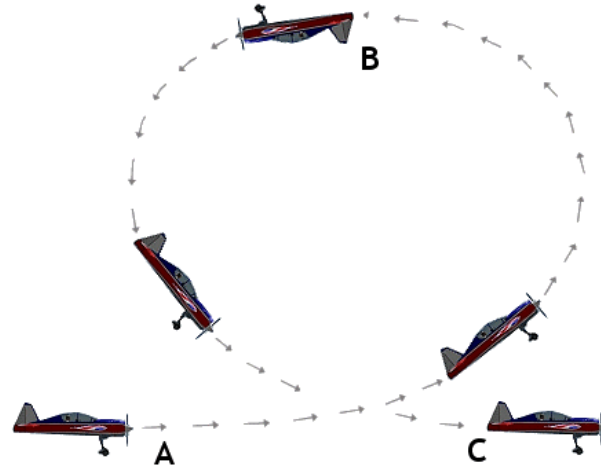


Além das cargas aerodinâmicas e inerciais, distribuídas ao longo de toda aeronave, existem também cargas concentradas como, por exemplo, reações do solo nos trens de pouso e cargas aplicadas pelo grupo motopropulsor.

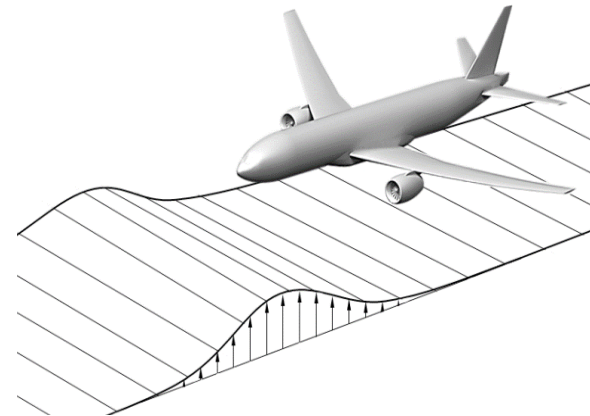
Condições de Carregamento



Condição 1g
(voo reto
nivelado)



Manobra



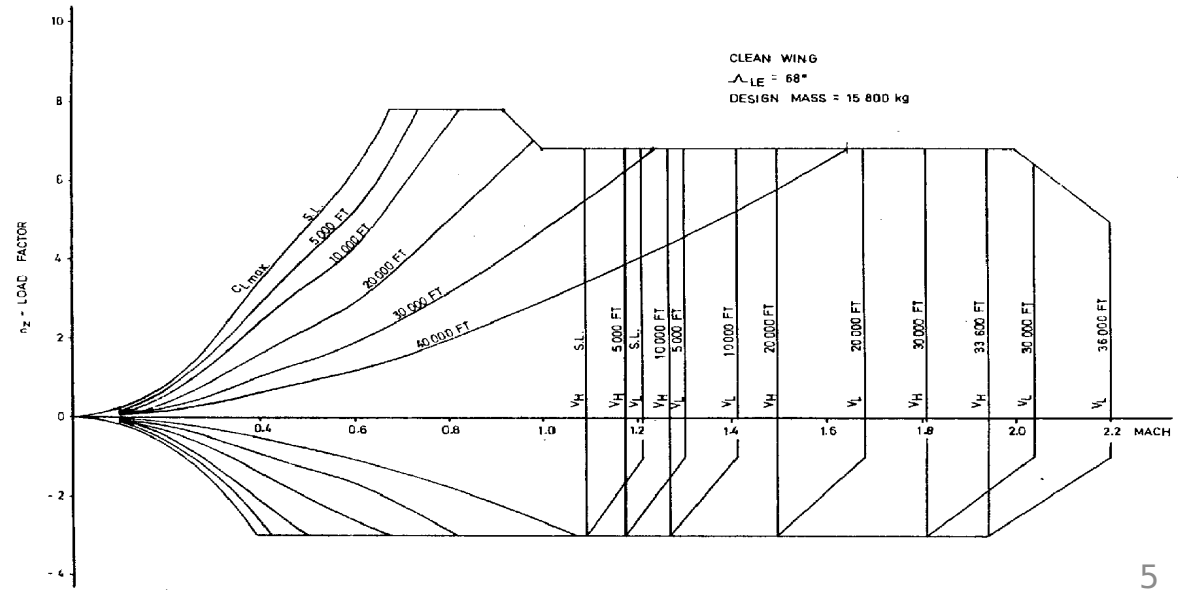
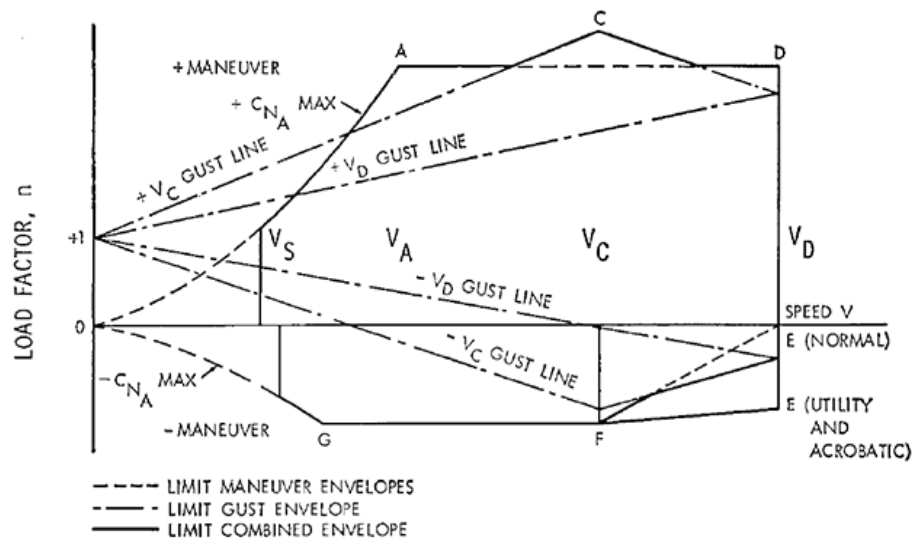
Rajada



Cargas de
Solo

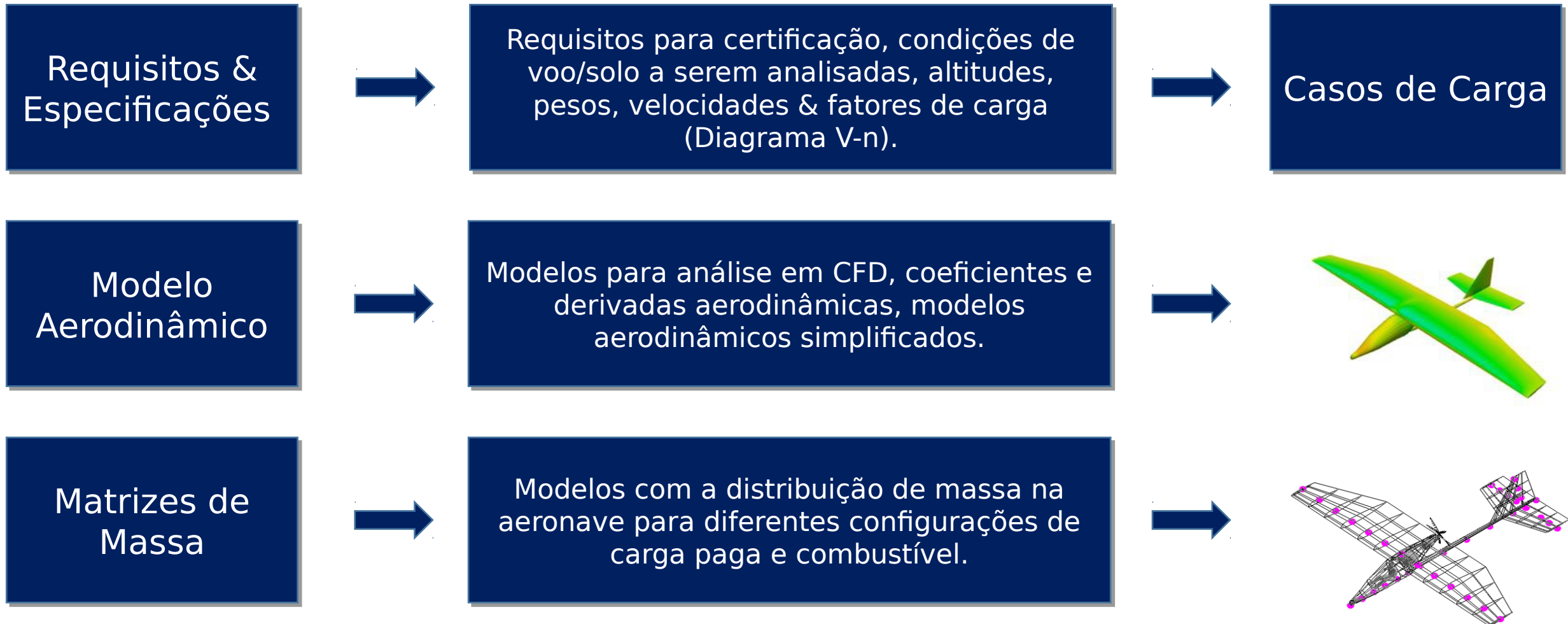
Diagrama V-n

- Definido por requisitos;
- Depende das condições de voo (não é único) → Calculado para combinações críticas de peso e altitude;
- Envelope de fator de carga que estabelece pontos críticos para análise de cargas de manobra e rajada.

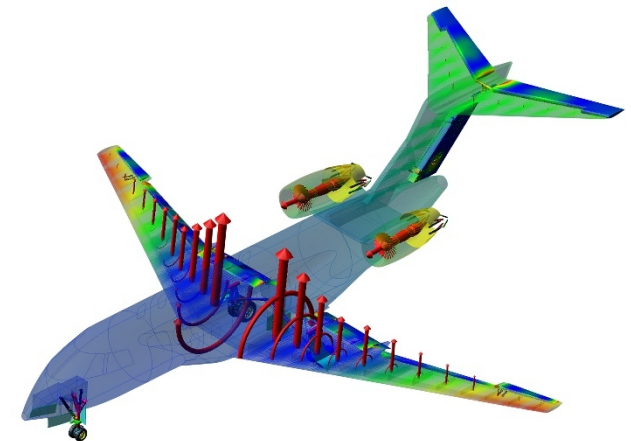


Processos para Cálculo de Cargas

Principais Entradas

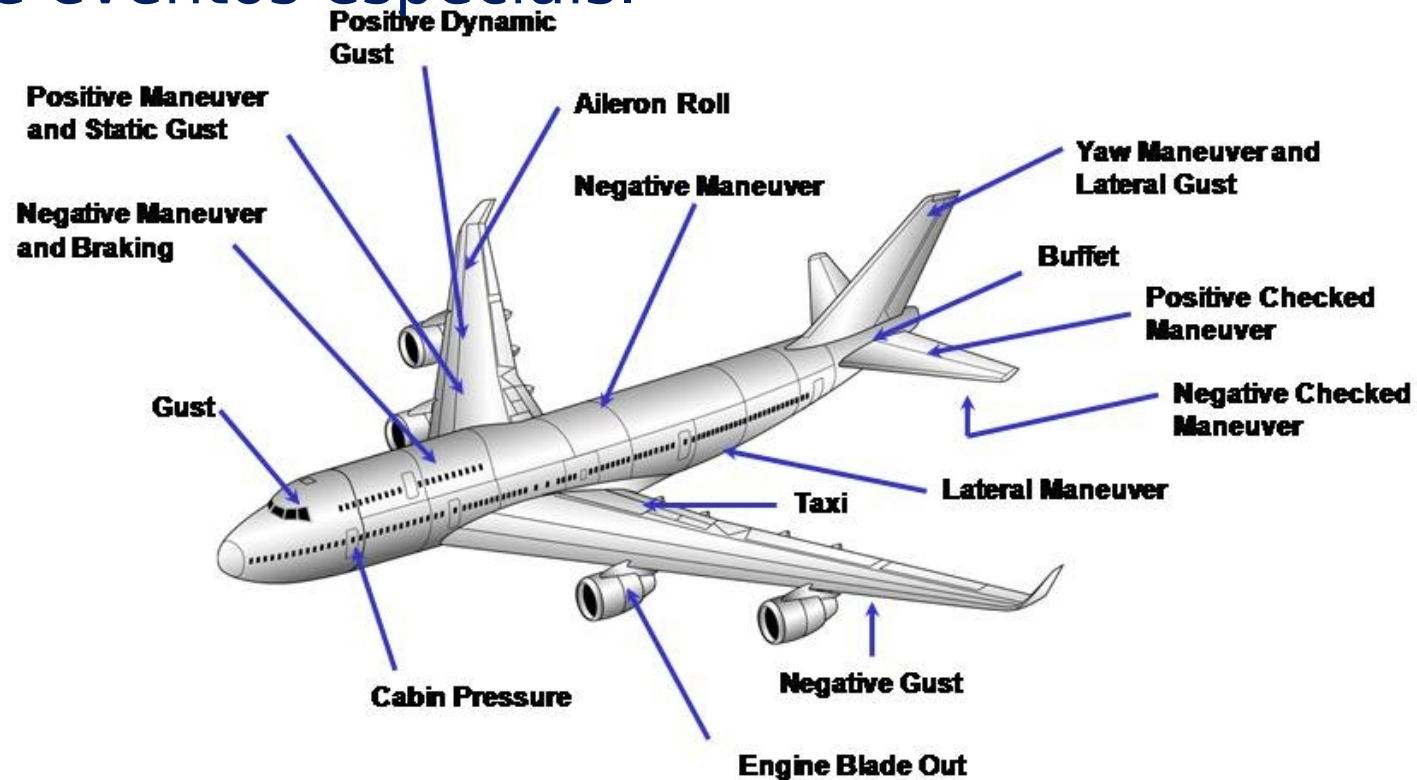


Processos para Cálculo de Cargas



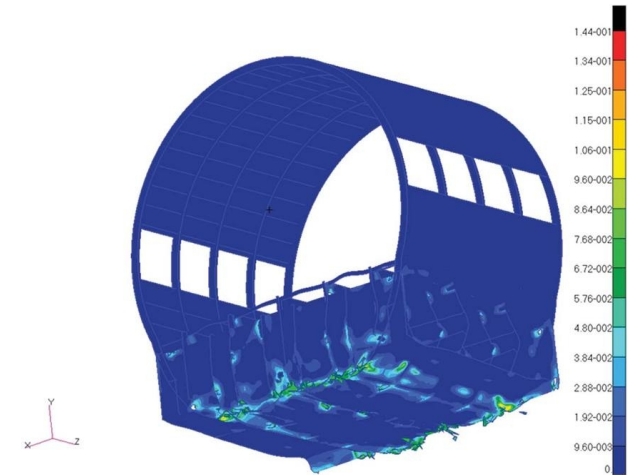
Cargas em Componentes

Determinar as cargas críticas em cada componente da aeronave, levando-se em consideração as cargas de Manobra, Rajada e de Solo, além de eventos especiais.



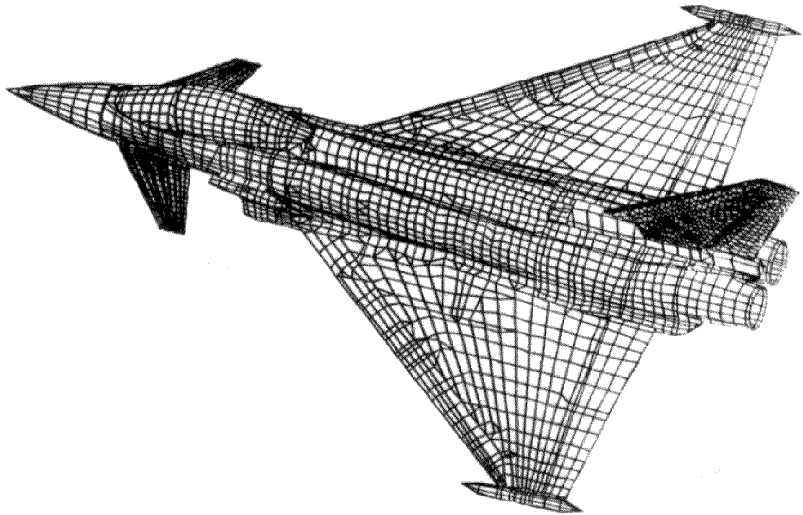
Cargas em Componentes

- Uma vez que as cargas globais foram calculadas para as condições de interesse (manobra, rajada e solo), as mesmas podem ser pós-processadas pelo time de Cargas em Componentes;
- Nesta etapa representa-se as cargas no sistema de coordenadas mais conveniente para cada componente;
- Podem ser levados em conta efeitos da flexibilidade estrutural sobre as cargas calculadas para a aeronave rígida. Notar que as cargas para a aeronave flexível podem ser maiores ou menores que as cargas para a aeronave rígida, a depender de uma série de fatores como os modos principais de flexibilidade da estrutura;
- Ao final desta etapa as cargas são entregues em formato apropriado para os times de Estruturas, seja na forma de cargas distribuídas nos componentes (Strip Load & Nodal Load), envelopes de carga (1D & 2D) ou espectros de carga (fadiga).

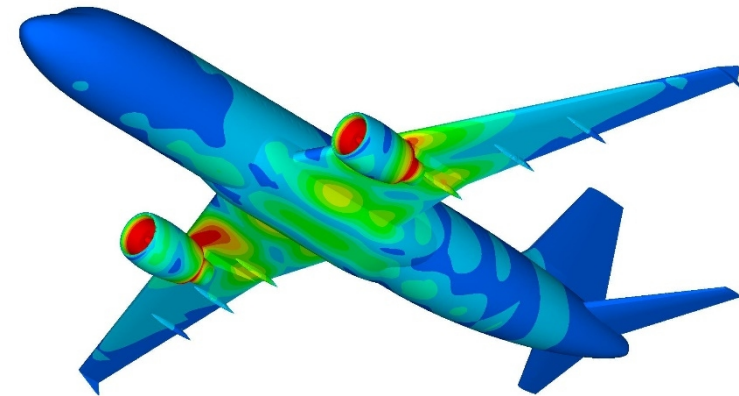


Processos para Cálculo de Cargas

Principais Saídas



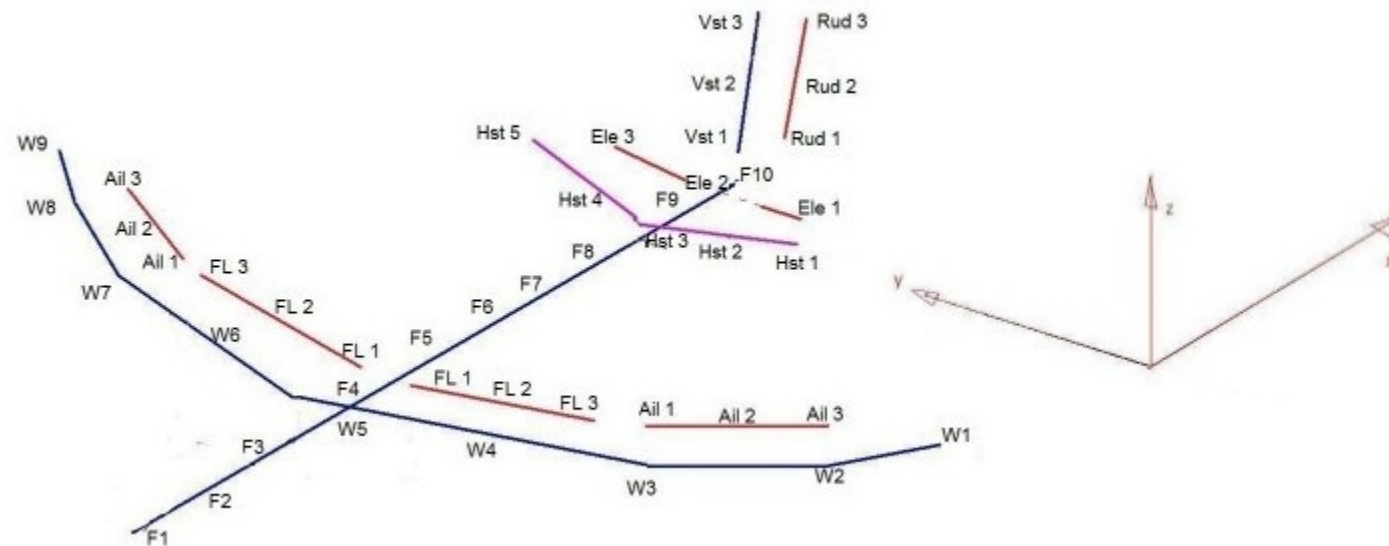
Nodal Loads



Cargas aerodinâmicas e inerciais mapeadas na malha de elementos finitos.

Processos para Cálculo de Cargas

Principais Saídas



Strip Loads



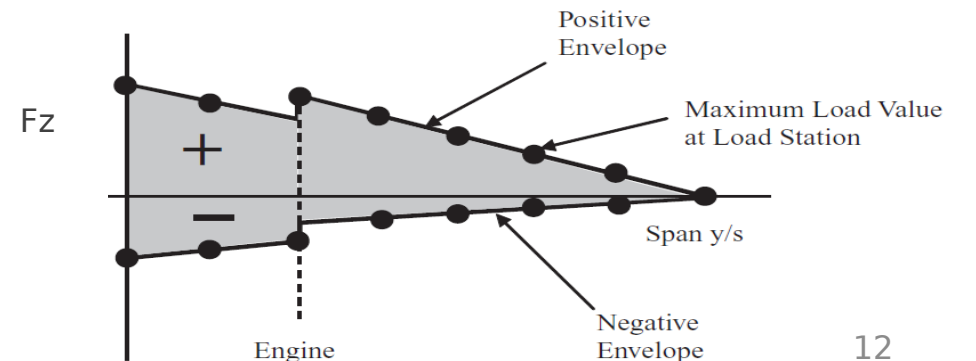
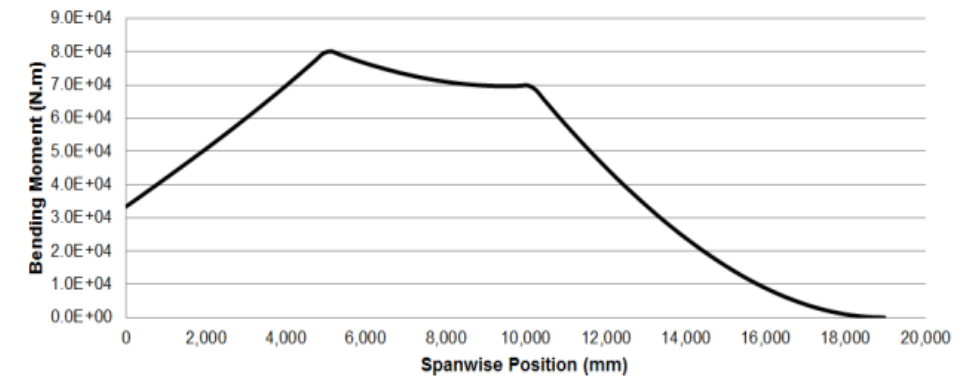
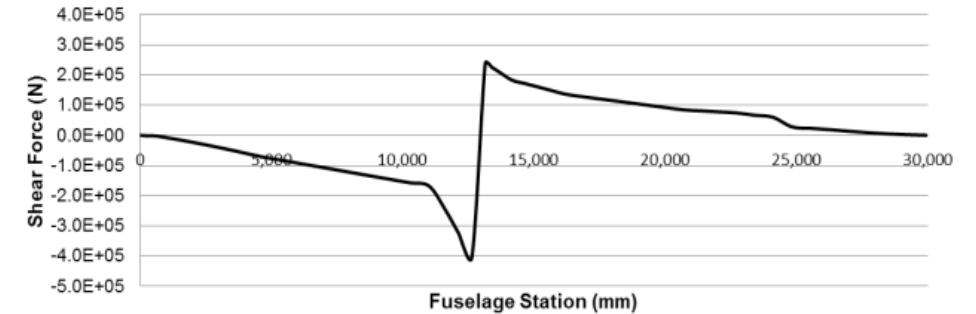
Cargas distribuídas ao longo de linhas de carregamento. Notar que para componentes menores como antenas pode ser de interesse representar as cargas globais concentradas em um único ponto.

Processos para Cálculo de Cargas

Principais Saídas

Envelopes de Carga 1D

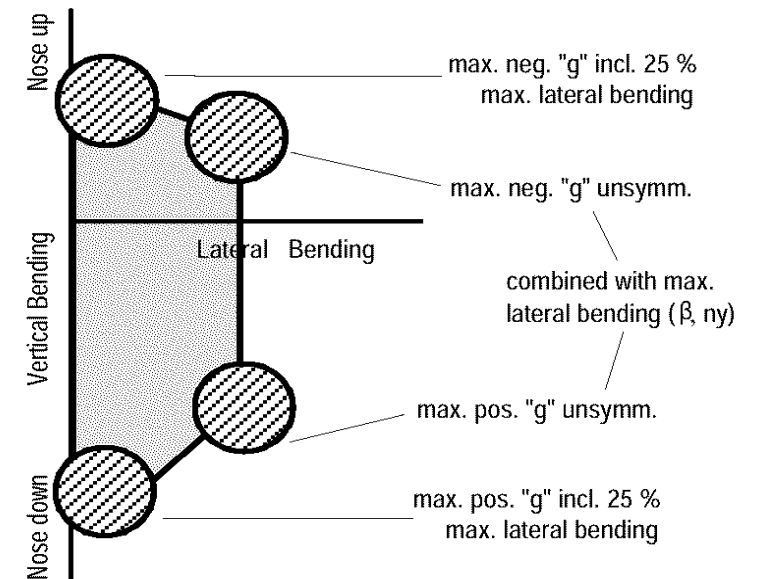
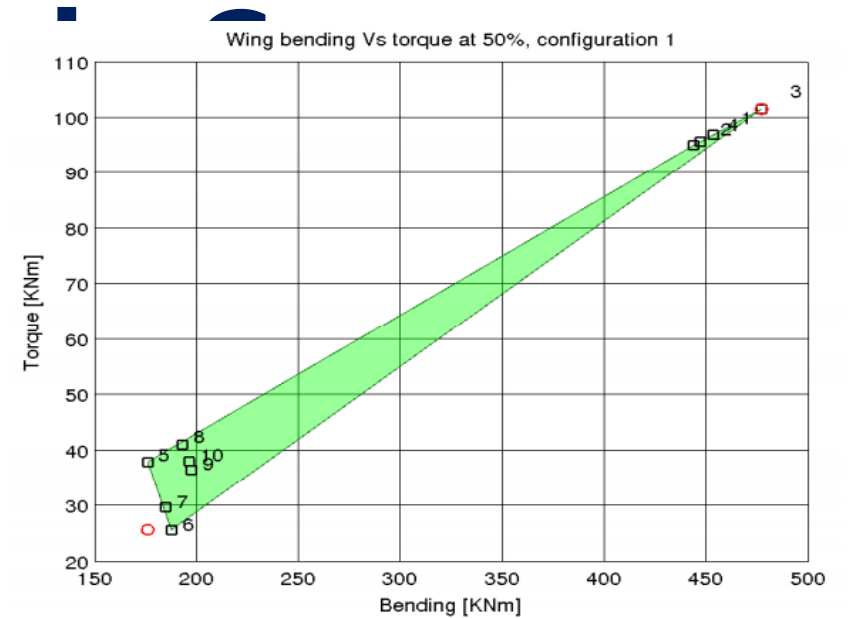
- Calculados para cada componente;
- Uma das referências para cálculo estrutural estático;
- F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z , n_x , n_y , n_z (Cortantes, Momento Torsor, Momento Fletor e Fator de Carga);
- Determinado tomando-se para cada estação do componentes as cargas máximas e mínimas associadas a todos os casos de carga pertinentes;
- Pode ser calculado levando-se em conta todas as condições de carregamento ou um tipo de carregamento particular (ex: envelopes apenas para manobra).



Processos para Cálculo Principais Saídas

Envelopes de Carga 2D

- Utilizado para determinação dos casos de carga críticos para esforços combinados;
- Contem combinações de esforços para todos os casos de carga pertinentes, para cada estação do componente;
- Também é referência para cálculo estrutural estático;
- Para cada componente e aplicação existem diagramas típicos. Por exemplo para a fuselagem é usual plotar F_y vs F_z , M_x vs M_y , M_y vs M_z & M_x vs M_z

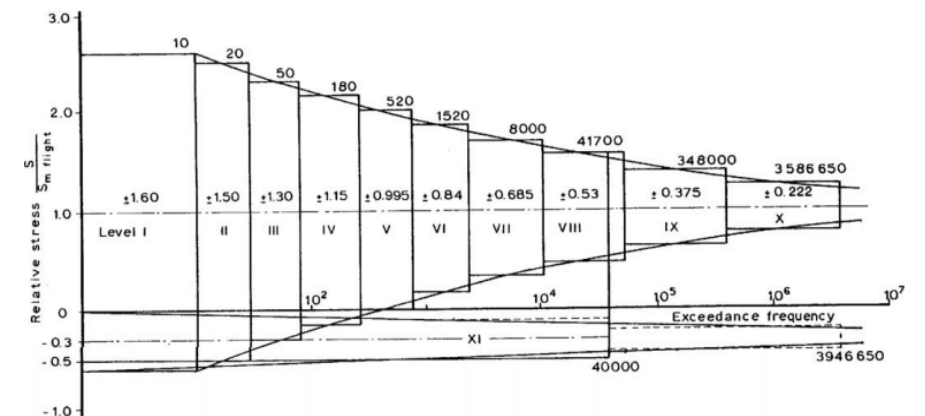
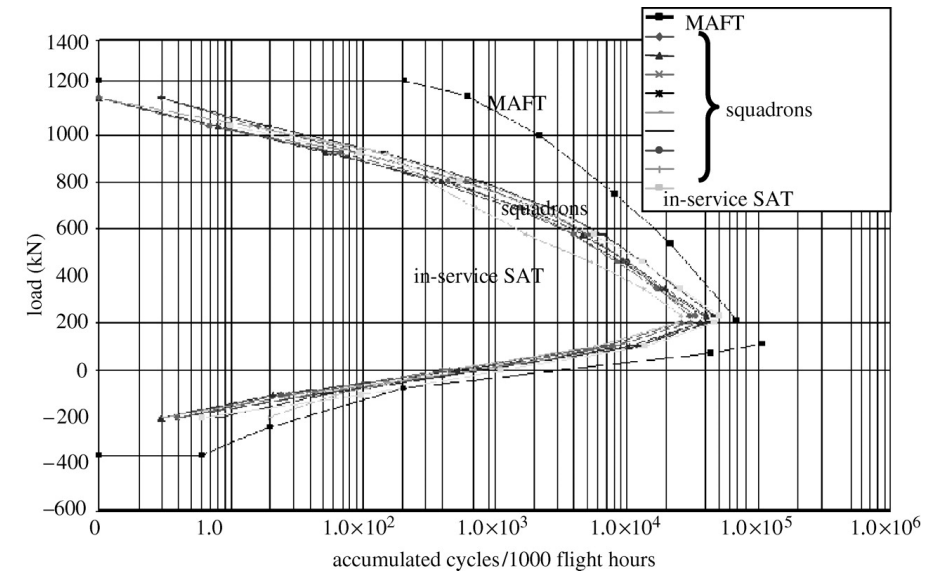


Processos para Cálculo de Cargas

Principais Saídas

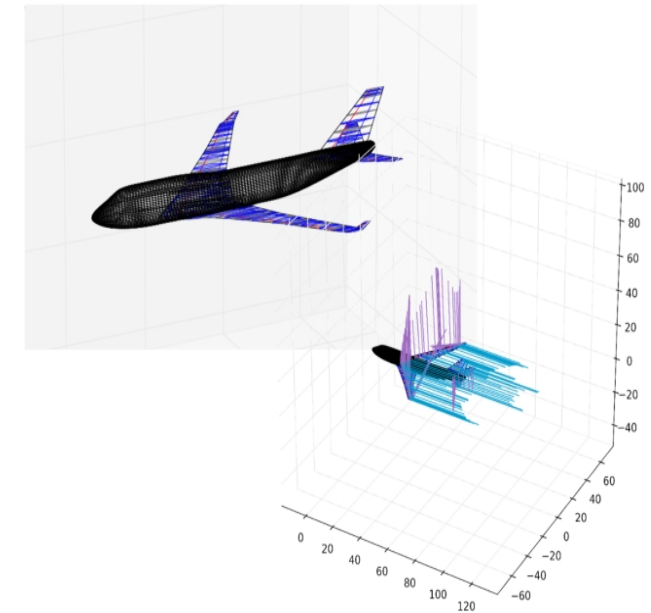
Espectros de Carga para Fadiga

- Obtidos por modelos estatísticos de requisito e/ou provenientes da experiência do fabricante com o modelo;
- Leva em conta as contribuições das cargas de Manobra, Rajada e Solo;
- Utilizado para análise de Fadiga e propagação de trincas na determinação de intervalos de inspeção e da vida da aeronave;
- Representa a ocorrência de níveis de um esforço específico (por exemplo F_z) em uma determinado ponto da aeronave para um número definido de ciclos ou horas de voo.



Considerações Finais

- Foram definidos as condições de carregamento típicas nas análises de cargas, a saber, 1g, manobra, rajada e solo;
- O processo para obtenção de cargas foi sintetizado, apresentando-se as principais entradas, etapas e saídas;
- Espera-se ter demonstrado a importância e os desafios que esta área apresenta para a Indústria Aeronáutica;
- Nas próximas etapas serão apresentados mais detalhes a respeito dos processos para a obtenção das cargas em componentes e os equacionamentos pertinentes para simulações de manobras, rajadas e cargas de solo serão desenvolvidos.



Referências Bibliográficas

[1] Wright, Jan R.; Cooper, Jonathan E.; Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads, 1.ed, England: Wiley, 2007;

[2] Guinther, G.; Neubauer, M.; Aircraft Loads, ADPO10772, DaimlerChrysler Aerospace GmbH, Munich, 2000;

[3] Howe, D.; Aircraft Loading and Structural Layout, AIAA, 2004;