

## Fundamentos sobre o funcionamento e projeto de aeronaves.

Gabriel Buglia

Aluno de Gestão da Produção Industrial

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Salto

gabriel\_buglia@hotmail.com

### Resumo

O presente artigo possui como objetivo apresentar os fundamentos básicos sobre o projeto de uma aeronave para a competição Aerodesign. Em um projeto conceitual, devem ser utilizadas diversas técnicas relacionadas à criatividade para auxiliar no desenvolvimento de idéias que surgiram em fases anteriores e novos conceitos. Podem ser realizados muitos rascunhos e esboços com ou sem elementos inovadores. No entanto, uma coerência com a estratégia precisa ser enfatizada.

### Palavras-chave

Projeto Aeronáutico, Projeto Conceitual, AeroDesign.

### 1 – Introdução

O Projeto conceitual é uma fase importante do processo de produção onde são desenvolvidas as primeiras idéias concretas em busca da criação de uma aeronave adequada às necessidades do projeto preliminar.

Objetivos devem estar de acordo com a estratégia, restrições e oportunidades que devem ser definidos levando em consideração novas tecnologias e necessidades da competição. Estes objetivos podem ser reformulados conforme a realidade e podem exigir mudanças de postura com novos problemas e ampliações ou retrações do mercado.

Certos limites definidos durante a fase de planejamento devem ser avaliados no projeto conceitual para estudar a viabilidade

de aplicação na aeronave. Nesta fase começam a ser desenvolvidos os aspectos formais e funcionais da aeronave que devem estar de acordo com o benefício básico.

### 2 – Projeto Conceitual

Os conceitos e definições presentes nesse artigo são destinados a aplicação de qualquer aeronave, porém há ênfase maior na competição SAE Aerodesign.

A análise minuciosa do regulamento da competição é de extrema necessidade para o conhecimento das restrições iniciais, como dimensões máximas e mínimas da aeronave e do compartimento de carga, exigências do regulamento, entre outros aspectos.

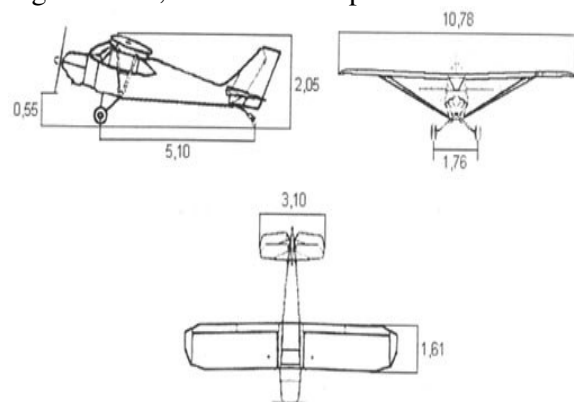


Figura 1 – Exemplo de Dimensões de uma Aeronave.

A partir da leitura e verificando todas as restrições do projeto, inicia-se desenvolvimento de idéias e a realização de esboços preliminares, nessa fase não é obrigatório o uso de cálculos específicos, já que será apenas definida uma possível configuração para o projeto.

### 3- Conceitos

A equipe a realizar um projeto deve estar ciente das definições e componentes principais do projeto.

Como mencionado anteriormente, o presente artigo é direcionado a criação de uma aeronave para a competição SAE AeroDesign. A primeira definição a ser conhecida é sobre o produto que está sendo estudado.

Avião é definido como uma aeronave de asas fixas, mais pesado que o ar, movido por propulsão mecânica, que é mantido em vôo devido à reação dinâmica do ar que se escoia através de suas asas.

Existem vários tipos de modelos de aviões, porém a maioria apresenta componentes básicos, a saber: fuselagem, asas, uma empenagem, trem de pouso, e grupo de moto-propulsor. As características operacionais e dimensões são determinadas a partir do objetivo desejado no projeto.

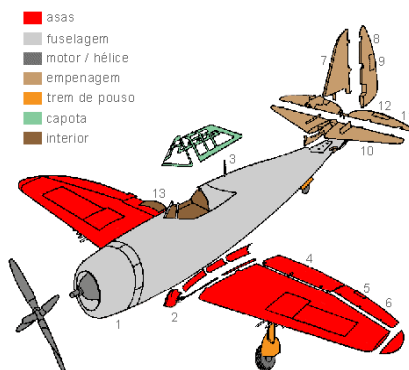


Figura 2 – Componentes Básicos de uma Aeronave.

#### 3.1 Trem de Pouso

O trem de pouso, ou trem de aterragem, é o principal integrante do sistema de pouso de um avião. Suas funções principais são apoiar o avião no solo e manobra-lo durante os processos de taxiamento, decolagem e pouso.

O trem de pouso pode ser classificado basicamente em duas categorias: trem de pouso convencional ou triciclo, de acordo com a posição das rodas.



Figura 3 – Trem de pouso triciclo.



Figura 4 – Trem de pouso convencional.

O trem de pouso convencional (Figura 4) é formado por um trem de pouso principal e geralmente uma bequilha ao fim da cauda. O trem de pouso triciclo (Figura 3) é formado por duas rodas principais e uma roda frontal.

Nas últimas edições do SAE-AeroDesign a maioria das aeronaves apresentaram trem de pouso triciclo pela melhora do controle e da estabilidade da aeronave no solo, além da melhora no desempenho de decolagem.

#### 3.2 Fuselagem

A fuselagem é a camada de proteção exterior da aeronave. Ela ainda inclui a cabine de comando, o compartimento de carga e os vínculos de fixação para outros componentes da aeronave.

Pode ser construída basicamente de três formas diferentes: treliçada, monocoque ou semi-monocoque.

Para o AeroDesign o tipo mais comum de fuselagem é a treliçada, que é uma estrutura em forma de treliça cuja resistência é obtida através da junção de barras conforme pode ser observado na Figura 5.

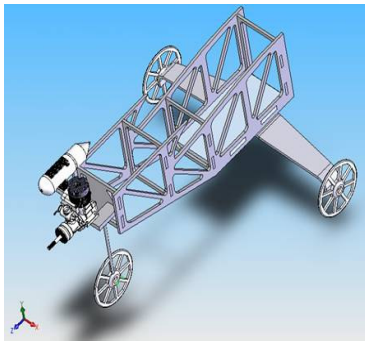


Figura 5 – Fuselagem Treliçada.

### 3.3 Empenagem

Estabilizar e controlar o avião em vôo são as principais funções da empenagem.

É dividida em superfície vertical e superfície horizontal. Esta é formada pelo estabilizador horizontal (fixo) e pelo profundor (móvel). Ela é responsável pela estabilidade e controle longitudinal da aeronave, ou seja, pelos movimentos de afagem (levantar e abaixar o nariz) da aeronave. A superfície vertical é formada pelo estabilizador vertical (fixo) e pelo leme de direção (móvel). É responsável pelo controle e estabilidade direcional da aeronave, ou seja, pelos movimentos de guinada (deslocamento do nariz para esquerda ou direita) da aeronave.

O posicionamento correto da empenagem é de extrema importância para o controle e estabilidade da aeronave. Os critérios analisados devem ser de estabilidade, controle, peso e balanceamento da aeronave.

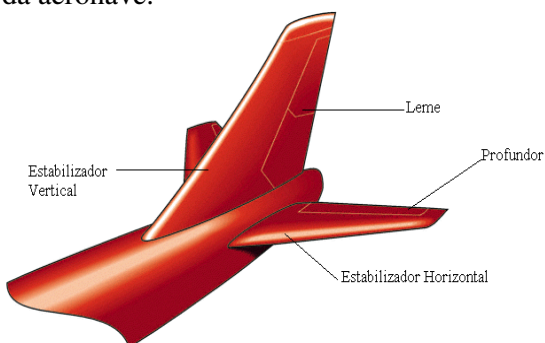


Figura 6 – Modelo de empenagem.

### 3.4 Grupo moto-propulsor

O grupo moto-propulsor é formado pelo motor e pela hélice. A função do motor é proporcionar potência necessária para fazer com que a hélice se movimente. Uma vez que a hélice esta em movimento, sua função é proporcionar tração para impulsionar a aeronave.

De acordo com o número de motores existentes na aeronave, elas podem ser classificadas em monomotores, bimotores e multimotores.

Os componentes necessários para a montagem do grupo moto-propulsor são o motor, a hélice, o spinner e a parede de fogo.

Como o motor é padronizado para todas as equipes no AeroDesign, a análise para a escolha da hélice é fundamental. A escolha deve ser por aquela que apresentar maior tração disponível.



Figura 7 – Grupo moto-propulsor

### 3.5 Asa

As asas são componentes fundamentais da aeronave para a sustentação em vôo. São unidas a cada lado da fuselagem e apresentam diversos projetos, tamanhos e formas a fim de atender o desempenho desejado para cada projeto.

Em relação ao posicionamento na fuselagem pode ser classificado em alta, média e baixa. Pode ser classificada também em relação ao número de asas, com apenas um par de asas são classificadas em monoplane, já com dois pares de asas são

classificados em biplanos, como mostram as Figuras 8 e 9.



Figura 8 – Monoplano



Figura 9 - Biplano

### 3.5.1 Estrutura da asa

Os principais elementos de uma asa são as nervuras, a longarina e o bordo de ataque e bordo de fuga. As nervuras dão a forma aerodinâmica da asa e transmitem os esforços do revestimentos para a longarina. A longarina é o principal componente da asa, pois é ela que é dimensionada para suportar os esforços de cisalhamento, flexão e torção. O bordo de ataque e o bordo de fuga representam a parte dianteira e a parte traseira da asa.

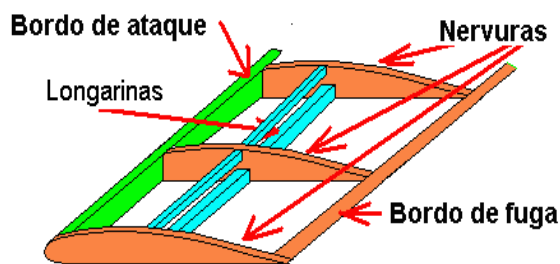


Figura 10 – Componentes da Asa

### 3.5.2 Formas Geométricas da Asa

Os formatos mais comuns para o AeroDesign são as asas retangulares, as asas trapezoidais e as asas elípticas.

As asas retangulares têm baixa eficiência aerodinâmica, porém são de fácil construção e menor custo de fabricação.

As asas trapezoidais têm ótima eficiência aerodinâmica, porém sua fabricação se torna mais difícil, uma vez que cada nervura possui um tamanho diferente.

As asas elípticas representam a melhor asa, pois é ela que apresenta maior eficiência aerodinâmica, contudo sua fabricação e seu custo são mais elevados que os outros tipos de asas.

### 3.5.3 Nomenclatura do perfil e da asa

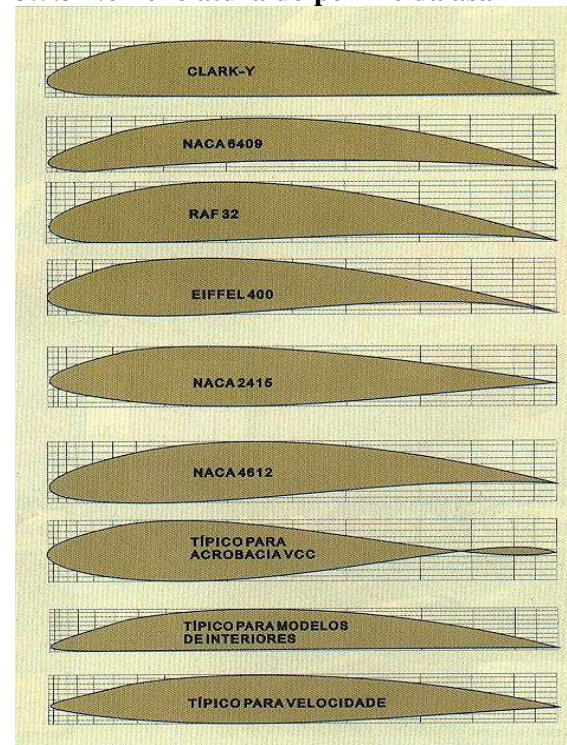


Figura 11 – Perfis.

Extradorso: representa a parte superior do perfil;

Intradorso: representa a parte inferior do perfil;

Corda: é a linha reta que une o bordo de ataque ao bordo de fuga do perfil aerodinâmico;

Envergadura: representa a distância entre a ponta das asas;

Área da asa: representa toda a área em planta, inclusive a porção compreendida pela fuselagem.

Esta análise feita no tópico 3, mostra de forma simples e objetiva os principais tipos e características geométricas das asas. Uma análise maior deve ser feita na aerodinâmica, cujas análises qualitativas e quantitativas sobre o desempenho dos perfis aerodinâmicos e das asas de envergadura finita são analisados.

#### 4 - Movimento e Direção de uma aeronave

Para entender todos os referenciais de movimento e direção de uma aeronave são necessários estabelecer um sistema de coordenadas cartesianas tridimensional. Os três eixos das coordenadas se interceptam no centróide formando ângulos de 90° entre si.

##### 4.1 Movimentos da Aeronave

Durante o vôo uma aeronave pode realizar seis tipos de movimento em relação aos três eixos de referência. Os movimentos lineares ou de translação são os seguintes: para frente e para trás ao longo do eixo longitudinal, para a esquerda e para a direita ao longo do eixo lateral e para cima e para baixo ao longo do eixo vertical.

Os outros três movimentos são os movimentos de rolamento, movimentos de arfagem e movimentos de guinada.

##### 4.2 Superfícies de controle

Existem três superfícies de controle nas aeronaves, são elas: os ailerons, o profundor e o leme de direção.

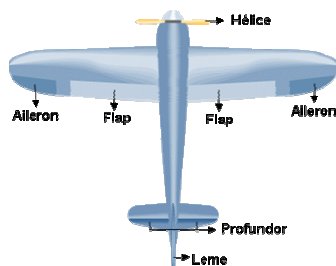


Figura 12 - Superfícies de Controle.

##### 4.2.1 Aileron

Os ailerons são estruturas moveis localizados no bordo de fuga e nas extremidades da asa. Seu principio de comando é quando um comando é aplicado para a direita, por exemplo, o aileron localizado na asa direita é defletido para cima e o aileron da asa esquerda é defletido para baixo fazendo com que a aeronave execute uma manobra de rolamento para a direita, e vice-versa.

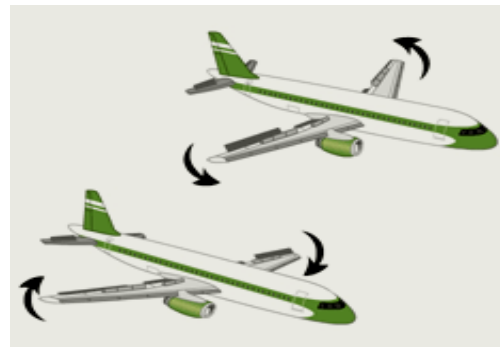


Figura 13 – Deflexão dos Ailerons.

##### 4.2.2 Profundor

Já o profundor, é responsável por baixar ou subir o nariz da aeronave. Quando deseja-se que o nariz do avião levante, o bordo de fuga do profundor se deflete para cima. Quando se quer abaixar o nariz da aeronave, o bordo de fuga do profundor se deflete para baixo, como mostrado na Figura 14.



Figura 14 - Deflexão do Profundor.

##### 4.2.3 Leme de Direção

É o leme de direção que controla o movimento em torno do eixo vertical. Quando um comando é aplicado para a

direita, por exemplo, o leme se deflete para a direita o nariz da mesma se desloca no mesmo sentido do comando aplicado, ou seja, para a direita e vice-versa.



Figura 15 - Deflexão do Leme de Direção.

#### 4.2.4 Flaps

Os flaps, localizados no bordo de fuga da asa, são acionados para baixo com a função de aumentar a área de superfície da asa. Os flaps aumentam a sustentação e o arrasto, diminuindo a velocidade. Estas superfícies são normalmente usadas em baixa velocidade, originando o chamado vôo reduzido ou nos procedimento de aproximação e pouso.

### 5 – Forças que atuam em um aeronave em vôo reto e nivelado com velocidade constante.

Para a condição de vôo reto e nivelado, quatro forças são atuantes em uma aeronave: a força de sustentação ( $L$ ), a força de arrasto ( $D$ ), a força de tração originada pela hélice ( $T$ ) e o peso do avião ( $W$ )

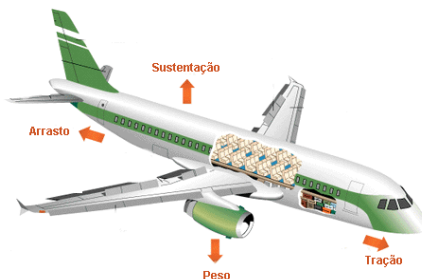


Figura 16 – Forças atuantes em uma aeronave em vôo reto e nivelado com velocidade constante.

A força de sustentação ( $L$ ) representa a maior qualidade da aeronave e é a responsável por garantir o vôo. Esta força é originada pela diferença de pressão existente entre o intradorso e o extradorso da asa.

A força de arrasto ( $D$ ) se opõe ao movimento da aeronave. O maior desafio do projetista é reduzir o quanto possível essa força como forma de se melhorar a eficiência aerodinâmica da aeronave.

A força de tração ( $T$ ) é oriunda da hélice. Uma escolha adequada para a hélice pode propiciar um aumento significativo da tração disponível. A escolha da hélice para o projeto SAEAerodesign é de extrema importância, já que o motor é padronizado para todas as equipes. A finalidade principal da força de tração é vencer a força de arrasto.

O peso ( $W$ ) representa uma força gravitacional direcionada verticalmente para baixo. No caso de uma aeronave, a única forma de se obter o vôo é garantir uma força de sustentação igual ou maior que o peso.

### 6 – Conclusão

É importante ressaltar que no artigo apenas foram apresentados alguns modelos mais comuns utilizados em aeronaves de pequeno porte, com a dedicação em outras fontes de pesquisa é possível obter idéias para o desenvolvimento da aeronave.

No caso do projeto de uma aeronave para a competição AeroDesign, a equipe deve se atentar nos seguintes pontos:

- Escolha da configuração da aeronave;
- Escolha do modelo a ser empregado na construção da fuselagem;
- Determinação da forma geométrica da asa e suas dimensões principais;
- Selecionar a posição da asa em relação à fuselagem e o número de asas;
- Escolher o tipo de trem de pouso a ser utilizado;
- Selecionar o modelo da empennagem;
- Fazer um esboço inicial da aeronave com as principais dimensões indicadas.

Com a configuração básica definida, a equipe já possui uma idéia das necessidades fundamentais para a realização do projeto.

Esta primeira fase é definida na indústria aeronáutica como projeto conceitual da aeronave.



Figura 17 – Aeronave Taperá 2010.

### 7 – Referências Bibliográficas

- [1] ANDERSON, JOHN, D. *Aircraft performance and design*, McGraw-Hill, New York, 1999.
- [2] ANDERSON, JOHN, D. *Introduction to flight*, McGraw-Hill, New York, 1989.
- [3] FEDERAL AVIATION REGULATIONS, Part 23 Airworthiness standards: normal, utility, acrobatic, and commuter category airplanes, USA.
- [4] RODRIGUES. LEMJ, *Fundamentos de Engenharia Aeronáutica*, Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia de São Paulo, E-Book, São Paulo, 2009.
- [5] ROSKAM. JAN, *Airplane aerodynamics and performance*, DARcorporation, University of Kansas, 1997.