



PESO E BALANCEAMENTO

MÁRCIO ALVES SUZANO

Obras do Autor

❖ **SUZANO, Márcio Alves, Estruturas Aerodinâmicas, 3ª Ed.**
Armazém Digital, Rio de Janeiro, 2007.

❖ **SUZANO, Márcio Alves, Materiais de Aviação, 3ª Ed.**
Armazém Digital, Rio de Janeiro, 2007.



4ª Edição





Peso e Balanceamento de Aeronaves

Copyright © 2007, Garamond Driven Publishing.

Todos os direitos são reservados, no Brasil por:

Márcio Alves Suzano

PoDeditora

Rua do Catete, 90 grp 201/202

Glória, Rio de Janeiro - RJ

Tel. 2236-0844

E-mail: suzanomarcio@yahoo.com.br

www.podeditora.com.br

www.marciosuzano.cjb.net

www.aerolitteris.zip.net

Nenhuma parte desta publicação pode ser utilizada ou reproduzida- em qualquer meio ou forma, seja mecânico, fotocópia, gravação, etc. – nem apropriada ou estocada em banco de dados sem a expressa autorização do autor.

Coordenação Editorial: PoDeditora

Capa: Marcos Menezes

Impressão e Acabamento: PoDeditora

Biblioteca Nacional - Brasil

Dados arquivados na Biblioteca Nacional

Suzano, Márcio Alves, 1967-

ISBN - 978-85-60205-20-2

Certificado de Registro e Averbação:
Peso e Balanceamento de Aeronaves

Este certificado protege à literalidade do trabalho apresentado, e não as idéias nele contidas.

Bibliotecário responsável: PoDeditora

Dedico esta obra à minha amada esposa Rosângela de M. Suzano e meus filhos Rodrigo e Thainá de M. Suzano que estão sempre ao meu lado.

Aos meus Pais Joelina e Paulo Suzano, que foram bases para a minha formação profissional e como pessoa e a Jesus Cristo por permitir que eu esteja dedicando e agradecendo esta obra às pessoas que tanto amo.

Aos meus amigos e em especial ao curso CEMAH, representado pelo Professor Roberto que me apoiou muito no início de minha carreira de docente como amigo e incentivador de meu trabalho.

Agradeço a meus alunos da Escola de Aperfeiçoamento e Preparação da Aeronáutica Civil do Rio de Janeiro – EAPAC, em especial as turmas de Célula (08 e 09), que desenvolveram o trabalho de final de curso, no qual cito nesta obra parte dos exercícios apresentados no seminário exigido na cadeira do curso de Células. Obrigado pelo empenho e dedicação ao trabalho realizado do decorrer do curso.

Prof. Márcio Alves Suzano

ÍNDICE

PREFÁCIO	PÁG. 9
INTRODUÇÃO	PÁG. 10
APRESENTAÇÃO	PÁG. 12
APRESENTAÇÃO	PÁG. 12
1- OS TRÊS EIXOS IMAGINÁRIOS DA AERONAVE	PÁG. 12
2- SUPERFÍCIES DE CONTROLES PRIMÁRIAS	PÁG. 14
3- COMPONENTES DAS SUPERFÍCIES PRIMÁRIAS	PÁG. 15
4- SUPERFÍCIES DE CONTROLES SECUNDÁRIAS	PÁG. 19
5- SUPERFÍCIES DE CONTROLES AUXILIARES	PÁG. 21
6- TIPOS DE EQUILÍBRIOS PARA ESTABILIDADE DA AERONAVE	PÁG. 24
7- DEFINA ESTABILIDADE DA AERONAVE	PÁG. 24
8- FINALIDADE DO PESO E BALANCEAMENTO	PÁG. 25
8.1- NECESSIDADE DE SE REFAZER A PESAGEM	PÁG. 26
9- TEORIA DO PESO E BALANCEAMENTO	PÁG. 27
10- DADOS DE PESO E BALANCEAMENTO	PÁG. 29
11- TERMINOLOGIA	PÁG. 29
12- PROCEDIMENTOS DE PESAGEM DA AERONAVE	PÁG. 38
13- COMPUTO DO PESO E BALANCEAMENTO	PÁG. 41
14- CONDIÇÕES EXTREMAS DE PESO E BALANCEAMENTO	PÁG. 47
15- INSTALAÇÃO DE LASTRO	PÁG. 50
16- CARTAS DE CARREGAMENTO E ENVELOPE DO CG	PÁG. 51
17- EQUIPAMENTO ELETRÔNICO DE PESAGEM	PÁG. 53
18- PESO E BALANCEAMENTO DE HELICÓPTEROS	PÁG. 54
PERGUNTAS E RESPOSTAS	PÁG. 57
QUESTIONÁRIO	PÁG. 61
BIBLIOGRAFIA	PÁG. 66

PREFÁCIO

Este trabalho foi montado com o objetivo de proporcionar aos leitores esclarecimentos sobre conhecimentos de “Peso e Balanceamento de Aeronaves”.

Este livro foi elaborado com a finalidade de reforçar o estudo dos interessados pela especialidade de Mecânico de Manutenção Aeronáutica, pois esta parte, se destina exclusivamente a “Segurança de Vôo” da aeronave, tripulação e passageiros, utilizando-se de conhecimentos teóricos e práticos voltados à área de exatas.

Nesta obra, procurei aglutinar tantos conhecimentos de Gestão da Manutenção de Aeronaves, como técnicos de aviação, pois proporcionará a todos os leitores uma fácil compreensão.

Com base no conteúdo programático estabelecido, desenvolveu-se o que há de bom e objetivo nos métodos tradicionais, com o sistema moderno de ensino, fazendo com que o leitor, apanhando gosto pela especialidade, alcance com sucesso o desenvolvimento na aprendizagem. A que se propõe o objeto deste trabalho.

Autor: Eng^o/Esp MÁRCIO ALVES SUZANO

INTRODUÇÃO

O vôo é um velho sonho da humanidade. Por volta do ano de 1250, o frade inglês Roger Bacon sugeriu o ortóptero, máquina voadora, que bate asa como um pássaro.

Em 1490, Leonardo da Vinci, artista, arquiteto, engenheiro e homem de ciência (1452 – 1519), que estudara o vôo dos pássaros, projetou algumas máquinas voadoras, também do tipo ortóptero. Foi o primeiro que teceu considerações sérias sobre o vôo. Analisou, de modo bastante adiantado para a época, os fenômenos relacionados com a aerodinâmica, mostrando que as aves, para voar, se apóiam no ar.

O homem só conseguiu voar em aparelhos mais pesados que o ar, depois de abandonada a idéia de imitar as aves.

Em 1796, Sir George Gayley construiu um minúsculo helicóptero que só não voou por falta de um motor adequado.

A partir da segunda metade do século XIX, os planadores obtiveram grande sucesso, constituindo o passo decisivo para se chegar ao aeroplano.

O inglês Sir George Gayley, além do helicóptero, construiu um planador que, lançado do alto de uma colina, chegou a planar satisfatoriamente.

O primeiro homem, contudo, que conseguiu manter-se, efetivamente, no ar, em um planador e realizar estudos científicos sobre essa forma de vôo, foi o alemão Otto Lilienthal.

Entre os anos de 1891 e 1896, realizou vários vôos na Alemanha, lançando-se do alto de uma colina. De cada um destes vôos deixou minuciosos relatos.

Projetara equipar um dos seus lançadores com motor. Não chegou a realizar esse plano por ter morrido, quando um de seus aparelhos se destruiu em pleno ar.

Pelo final do século XIX, várias experiências foram efetuadas com planadores equipados com motores de diversos tipos.

Clément Ader, na França, com seu aparelho denominado Avion (nome mais tarde incorporado ao vocabulário aeronáutico), Langley, nos EUA e Phillips e Maxim, na Grã-Bretanha, estiveram a ponto de conseguir o vôo mecânico do mais pesado que ar.

Mas somente em 23 de outubro de 1906, Alberto Santos Dumont, brasileiro, nascido em Minas Gerais a 20 de julho de 1873, realizou o primeiro vôo de um avião.

APRESENTAÇÃO

A principal finalidade de se fazer o peso e balanceamento das aeronaves é a segurança de vôo. Pois um carregamento inadequado pode causar a redução da eficiência da aeronave com respeito ao teto, manobrabilidade, razão de subida, velocidade e consumo de combustível, podendo ser motivo para a interrupção de um vôo, ou mesmo seu cancelamento.

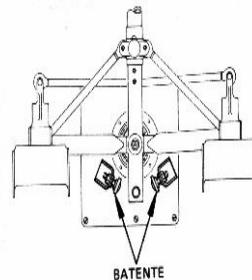
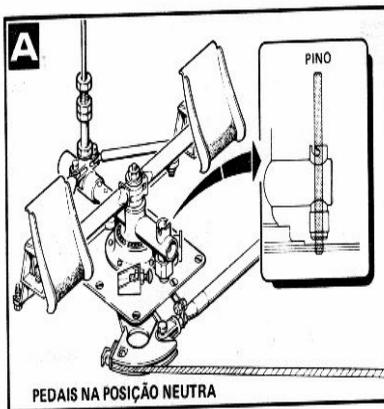
1- OS TRÊS EIXOS IMAGINÁRIOS DA AERONAVE (DIVERSAS PARTES DO AVIÃO E OS EIXOS IMAGINÁRIOS)



- (1) Eixo longitudinal;
- (2) Eixo lateral;
- (3) Eixo vertical;
- (4) Empenagem;
- (5) Leme de direção;
- (6) Estabilizador vertical ou deriva;
- (7) Estabilizador horizontal;
- (8) Profundor ou leme de profundidade;
- (9) Compensadores de direção e profundor;
- (10) Eixo lateral;
- (11) Aileron;
- (12) Bordo de ataque da asa;
- (13) Cabine;
- (14) Eixo de estabilidade;
- (15) Ponta da asa;
- (16) Bordo de fuga da asa;
- (17) Fuselagem;
- (18) Base ou raiz da asa;
- (19) Tubo Pitot;
- (20) Flap.

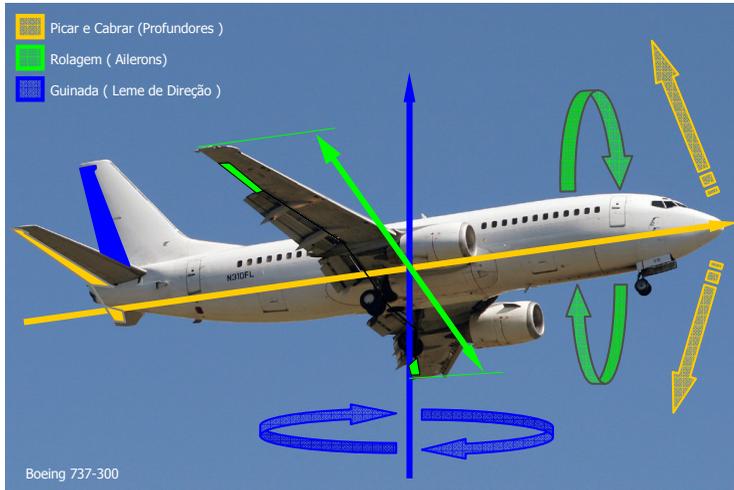
2- SUPERFÍCIES DE CONTROLES PRIMÁRIAS

- a) Manche: É uma alavanca de comando localizada à frente do piloto, que comanda os profundos com seu movimento longitudinal e os ailerons com seu deslocamento lateral;
- b) Volante de comando: Volante inteiro ou seccionado, que é utilizado, na maioria dos aviões. Os movimentos de rotação do volante, para direita ou esquerda substituindo os movimentos laterais do manche, acionam os ailerons, e nos movimentos longitudinais, comanda os profundos;
- c) Pedal (Palonnier): É um dispositivo de comando localizado na cabine que movimenta o leme de direção, quando acionado longitudinalmente (vai e vem), e o freio opera do lado correspondente, quando acionado no sentido com as pontas dos pés.



3- COMPONENTES DAS SUPERFÍCIES PRIMÁRIAS

SUPERFÍCIES DE COMANDO



a) Ailerons:

(1) localização: São duas superfícies móveis que integram o bordo de fuga de cada painel de assento longitudinal e os ailerons com seu deslocamento lateral;

(2) finalidade: Romper a estabilidade própria;

(3) atuação: Quando acionados, movimentam-se, alternadamente, para baixo e para cima, de modo que a elevação de um implica, automaticamente, na descida do outro. Com o aileron no plano da asa (em neutro), não haverá tendência. Caso haja desviado em uma direção, o painel será movimentado em direção oposta. Esses movimentos de asa provêm de um

aumento ou diminuição de sustentação a asa, o aileron levantado dá um decréscimo de sustentação a asa (papel).

b) Profundores ou Elevadores

(1) localização: É uma ou mais superfícies móveis da empenagem, localizadas na parte traseira do estabilizador horizontal;

(2) finalidade: Romper a estabilidade longitudinal própria. Executar movimento de picar e cabrar.

(3) atuação: Com o profundor no plano do estabilizador (em neutro) nenhuma força aparece na empenagem horizontal. Se, contudo, o seu bordo de fuga for desviado em uma direção, toda empenagem será jogada em direção oposta. Estes movimentos provêm de um aumento ou diminuição de sustentação na empenagem.

c) Leme de direção

(1) localização: É uma ou mais superfícies móveis da empenagem, localizadas na parte traseira do estabilizador (deriva);

(2) finalidade: Romper a estabilidade direcional própria do avião. Dar direção ao avião. Executar movimento do nariz do avião para direita ou esquerda. Esse movimento em torno do eixo vertical é chamado de guinada.

(3) comando: Esta nos pedais (palonniers). Levando-se um dos pedais à frente, o leme inclinará para o lado do pedal acionado.

(4) atuação: Com o leme no plano da deriva (em neutro) nenhuma força aparece na empenagem. Caso desviado para um lado, força a empenagem para o lado oposto.

4-SUPERFÍCIES DE CONTROLES SECUNDÁRIAS

COMPENSADORES

Os aviões são dotados também de superfícies secundárias móveis chamadas “compensadores”. Os compensadores são pequenos aerofólios ligados e encaixados dentro do bordo de fuga das superfícies primárias de controle. De modo geral, os compensadores podem ser classificados em três tipos:

a) Ajustável em vôo (trim tab):

(1) Finalidade: É comandado separadamente em vôo. Restituir a estabilidade do avião, perdida devido a causas internas. Corrigir tendência criada nos aviões por defeitos resultantes da regulagem, da má distribuição de pesos, etc.

(2) Atuação: Ex. Se o avião apresentar “nariz pesado”, aciona-se por compensador do profundor para baixo. Isto forçará o profundor para cima e fará o nariz do avião voltar ao normal.

(3) Comando TAB control: É uma roldana, geralmente, localizada nas paredes laterais da cabine do piloto com inscrições técnicas e relativas ao nariz do avião, asa e leme de direção. Essas inscrições indicam:

- Elevador tab (compensador do profundor), UO (nariz para cima), DOWN (nariz para baixo);
- Ruder tab (compensador do leme de direção), RIGHT (nariz para direita), LEFT (nariz para esquerda);
- Aileron tab (compensador do aileron), LEFT WING DOWN (asa esquerda para baixo) RIGHT WING DOWN (asa direita para baixo).

b) Fixos ou Ajustáveis no solo:

Este tipo de compensador é, geralmente, utilizado em aviões de pequeno porte, e que raramente apresentam tendências capazes de prejudicar o vôo. Mas que surge o desequilíbrio, aterrissasse e procede-se a correção no solo. Exemplo o avião apresenta nariz pesado. Correção-compensador do profundor para baixo, profundor irá para cima e o nariz para posição normal.

c) Conjugados:

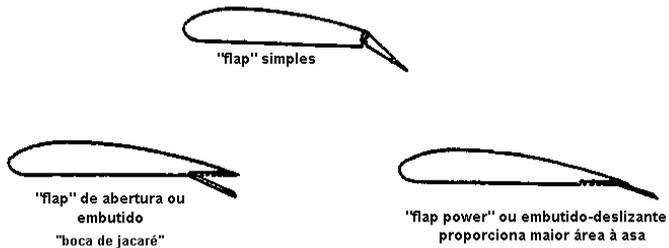
Este tipo de compensador serve para diminuir os esforços no comando. Isto porque, quando a superfície móvel e comandada, o compensador imediatamente toma posição contrária à da superfície. Neste caso, são criadas duas forças paralelas e de

sentido contrário. O piloto que, originalmente, teria que vencer a força que se opunha ao movimento da superfície terá agora que vencer somente a resultante (evidentemente menor). Portanto, a finalidade do compensador tipo “conjugado” é a de aliviar os esforços do piloto no comando.

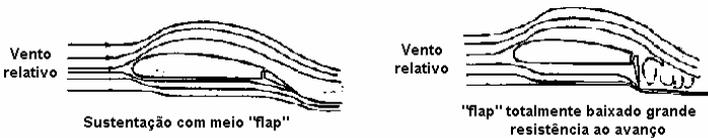
5- SUPERFÍCIES DE CONTROLES AUXILIARES

FLAPS

- (1) Finalidade: Servem para aumentar a curva do perfil da asa, criando um aumento de sustentação e, conseqüentemente, de resistência ao avanço. Isto proporciona a utilização de áreas mais restritivas para o pouso e para a decolagem.
- (2) Comando: O comando dos flaps pode ser: hidráulicos, elétricos ou mecânicos, sendo localizados na cabine do piloto.
- (3) Atuação: Os flaps, quando acionados, trabalham conjuntamente em ângulos de atitude positiva, dando maior sustentação e maior resistência ao avanço do avião.
- (4) Tipos de flaps: Simples; de abertura ou embutido; flap powler ou embutido deslizante.

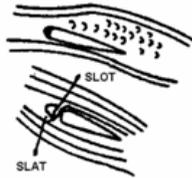


ATUAÇÃO DO "FLAP"



SLOTS

a) É uma passagem em forma de bocal existente no bordo de ataque das asas cuja finalidade é melhorar as condições de circulação de ar entre a parte inferior e a parte superior das asas nos ângulos de ataque elevados. Observe as figuras abaixo: na primeira o ar apresenta na parte superior redemoinhos que prejudicarão a sustentação da asa. Na segunda, a asa com mesmo ângulo de ataque possui um aerofólio auxiliar ou "slat" comandado para permitir a circulação do ar. Quando o slat está recolhido auxilia a formar o perfil da asa.



FREIOS AERODINÂMICOS

- a) Definição: São aletas móveis também conhecidas como freios de mergulho ou flaps de mergulho;
- b) Localização: Nas asas e na fuselagem
- c) Finalidade: Diminuir a velocidade do avião durante a execução do mergulho. Sua ação dá maior precisão ao bombardeio e não força em demasia o material nem o organismo do piloto.

SPOILER

- a) Placa móvel no dorso da asa perturba a corrente de ar provocando uma diminuição de sustentação e aumento de resistência ao avanço. Auxilia na curva trabalhando com o aileron.

6 - TIPOS DE EQUILÍBRIO PARA ESTABILIDADE DE UMA AERONAVE.

- (a) Equilíbrio Estável;
- (b) Equilíbrio Instável

(a) EQUILÍBRIO ESTÁVEL?

É a qualidade que a aeronave possui de sair da sua posição de origem, tendendo a retornar a origem por si só.

(b) EQUILÍBRIO INSTÁVEL?

É a qualidade que a aeronave possui de sair da sua posição de origem, não tendendo a retornar a origem por si só.

7- DEFINA ESTABILIDADE DA AERONAVE

- (a) Estabilidade Estática;
- (b) Estabilidade Dinâmica;
- (c) Estabilidade Própria;
- (d) Estabilidade Comandada

(a) ESTABILIDADE ESTÁTICA?

É a qualidade que o avião possui de se manter estático ou tendendo ao repouso.

(b) ESTABILIDADE DINÂMICA?

É a qualidade que o avião possui de se manter estável no seu movimento

(c) ESTABILIDADE PRÓPRIA?

É a qualidade que o avião possui de se tornar estável no seu processo construtivo

(d) ESTABILIDADE COMANDADA?