

# CAPÍTULO 1

## ESTRUTURAS DE AERONAVES

### INTRODUÇÃO

A fuselagem de uma aeronave de asa fixa é geralmente considerada como dividindo-se em 5 partes principais - fuselagem, asas, estabilizadores, superfícies de controle e trem de pouso. A fuselagem de helicóptero consiste da célula, rotor principal e caixa de engrenagens de redução (gearbox), rotor de cauda (em helicópteros com apenas um rotor principal) e trem de pouso.

Os componentes da fuselagem são construídos de uma grande variedade de materiais e são unidos através de rebites, parafusos e soldagem ou adesivos. Os componentes da aeronave dividem-se em vários membros estruturais (reforçadores, longarinas, nervuras, paredes, etc.). Os membros estruturais das aeronaves são desenhados para suportar uma carga ou resistir ao estresse. Um único membro da estrutura pode ser submetido a uma combinação de estresses. Na maioria dos casos, os membros estruturais são projetados para suportar mais cargas nas extremidades do que sobre suas laterais; ou seja, são mais sujeitos a tensão e compressão que a flexão.

A resistência pode ser o requisito principal em certas estruturas, enquanto outras necessitam de qualidades totalmente diferentes. Por exemplo, capotas, carenagens e partes semelhantes geralmente não precisam suportar os estresses impostos pelo voo, ou as cargas de pouso. Contudo, essas partes devem possuir qualidades, como um acabamento liso e formato aerodinâmico.

### PRINCIPAIS ESTRESSES ESTRUTURAIS

Durante o projeto de uma aeronave, cada centímetro quadrado da asa e da fuselagem, cada nervura, longarina, e até mesmo cada encaixe deve ser considerado em relação às características físicas do metal do qual ele é feito. Todas as partes da aeronave devem ser planejadas para suportar as cargas que lhes serão impostas. A determinação de tais cargas é chamada análise de estresse. Apesar do planejamento do desenho não ser uma atribuição do mecânico, é, contudo, importante que ele com-

preenda e avalie os estresses envolvidos, para evitar mudança no desenho original através de reparos inadequados.

Há 5 estresses maiores, aos quais todas as aeronaves estão sujeitas (figura 1-1):

- (A) Tensão
- (B) Compressão
- (C) Torção
- (D) Cisalhamento
- (E) Flexão

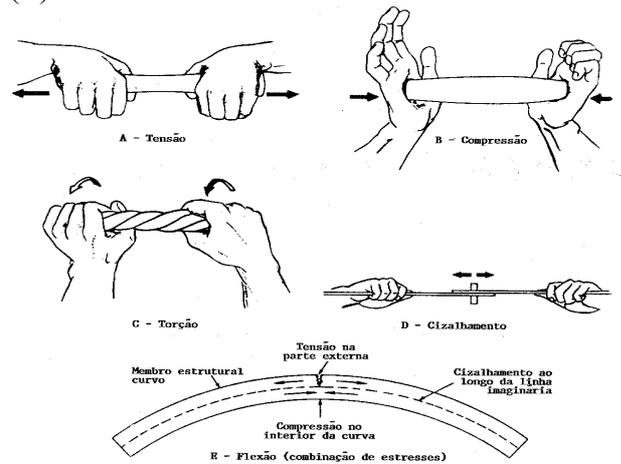


Figura 1-1 Os cinco estresses que atuam em uma aeronave.

O termo estresse é geralmente utilizado com o mesmo sentido da palavra esforço. O estresse é uma força interna em uma substância que se opõe ou resiste à deformação. O esforço é a deformação do material ou substância. O estresse é uma força interna, que pode causar deformação.

A tensão (fig. 1-1A) é o estresse que resiste à força que tende a afastar. O motor puxa a aeronave para frente, porém, a resistência do ar tenta trazê-la de volta. O resultado é a tensão, que tende a esticar a aeronave. O esforço de tensão de um material é medido em p.s.i. (libras por polegada quadrada) e é calculado dividindo-se a carga (em libras) requerida para dividir o material pela sua seção transversal (em polegadas quadradas).

A compressão (fig. 1-1B) é o estresse que resiste à força de esmagamento. A resistência compressiva de um material é também medida em p.s.i. A compressão é o estresse que

tende a encurtar ou espremer as partes da aeronave.

A torção é o estresse que produz torcimento (fig. 1-1C). Enquanto a aeronave se move para a frente, o motor também tende a torcê-la para um dos lados, porém outros componentes da aeronave a mantêm no curso. Assim, gera-se torção. A resistência torcional de um material é sua resistência à torção ou torque.

O cisalhamento é o estresse que resiste à força que tende a fazer com que uma camada do material deslize sobre uma camada adjacente. Duas chapas rebitadas, submetidas a tensão (fig. 1-1D), submetem os rebites a uma força de cisalhamento. Geralmente a resistência ao cisalhamento de um material é igual ou menor que sua resistência à tensão ou compressão. As partes de aeronaves, especialmente parafusos e rebites, são geralmente submetidos à força de cisalhamento.

O estresse de flexão é uma combinação de compressão e tensão. A vareta da fig. 1-1E, foi encurtada (comprimida) em um dos lados da flexão e esticada no lado externo da flexão.

## AERONAVE DE ASA FIXA

Os componentes principais de uma aeronave monomotora à hélice são mostradas na figura 1-2.

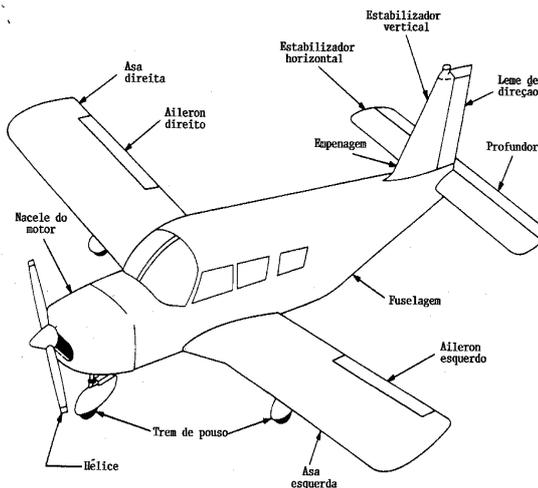


Figura 1-2 Componentes estruturais de uma aeronave.

A fig. 1-3 ilustra os componentes estruturais de uma aeronave a jato. Uma asa e os conjuntos da empenagem são apresentados explodidos nos diversos componentes que, quando juntos, formam unidades estruturais maiores.

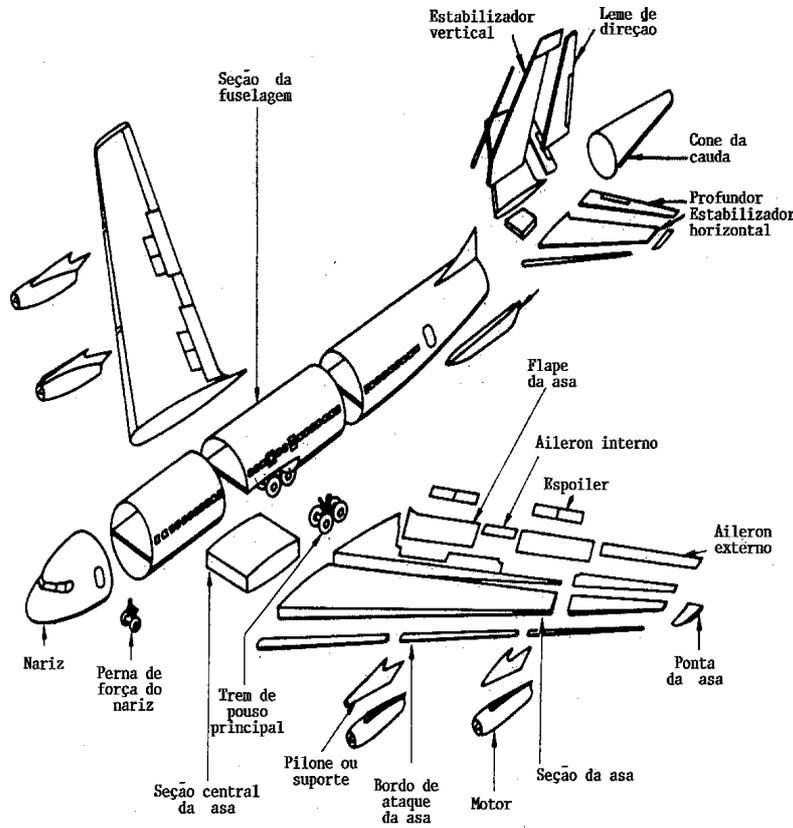


Figura 1-3 Componentes estruturais típicos de uma aeronave a jato

## FUSELAGEM

A fuselagem é a estrutura principal ou o corpo da aeronave. Ela provê espaço para a carga, controles, acessórios, passageiros e outros equipamentos. Em aeronaves monomotoras é a fuselagem que também abriga o motor. Em aeronaves multi-motoras os motores podem estar embutidos na fuselagem, podem estar fixados à fuselagem ou suspensos pelas asas. Elas variam, principalmente em tamanho e arranjo dos diferentes compartimentos.

Há dois tipos gerais de construção de fuselagens, treliça e monocoque. O tipo treliça consiste de uma armação rígida feita de membros como vigas, montantes e barras que resistem à deformação gerada pelas cargas aplicadas. A fuselagem tipo treliça é geralmente coberta por tela.

### Tipo treliça

A fuselagem tipo treliça (fig. 1-4) é geralmente construída de tubos de aço, soldados de tal forma, que todos os membros da treliça possam suportar tanto cargas de tensão como compressão.

Em algumas aeronaves, principalmente as mais leves, monomotoras, a treliça é construída de tubos de liga de alumínio e podem ser rebitados ou parafusados em uma peça, utilizando varetas sólidas ou tubos.

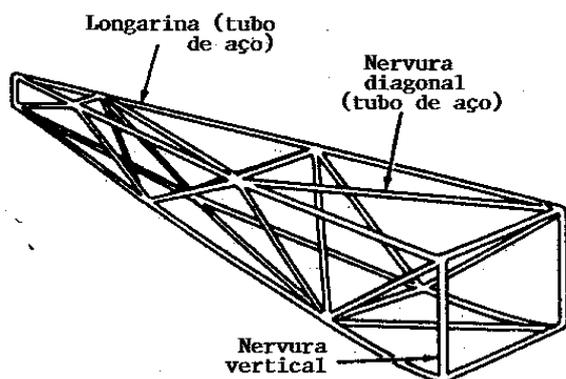


Figura 1-4 Estrutura de fuselagem tipo treliça, de tubos de aço soldados.

### Tipo monocoque

A fuselagem tipo monocoque (revestimento trabalhante), baseia-se largamente na resistência do revestimento para suportar os

estresses primários. O desenho pode ser dividido em 3 classes: (1) Monocoque, (2) semi-monocoque, ou (3) revestimento reforçado. A verdadeira construção monocoque (fig. 1-5), lança mão de perfis, cavernas e paredes para dar formato à fuselagem, porém é o revestimento que suporta os stresses primários. Uma vez que não há esteios ou estais, o revestimento deve ser forte o bastante para manter a fuselagem rígida. Sendo assim, o maior problema envolvido na construção monocoque é manter uma resistência suficiente, mantendo o peso dentro de limites aceitáveis.

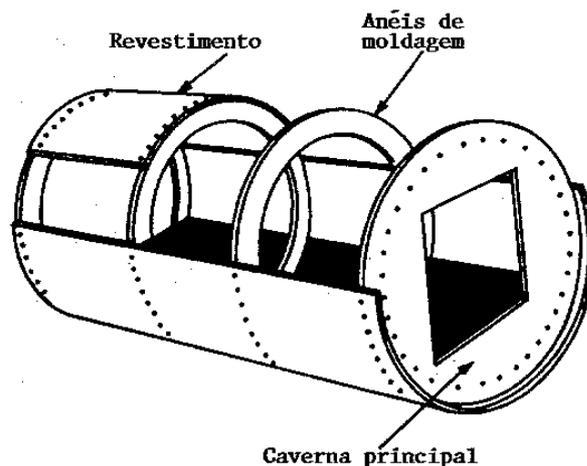


Figura 1-5 Construção monocoque.

Para superar o problema resistência/peso da construção monocoque, uma modificação denominada semi-monocoque (fig. 1-6) foi desenvolvida.

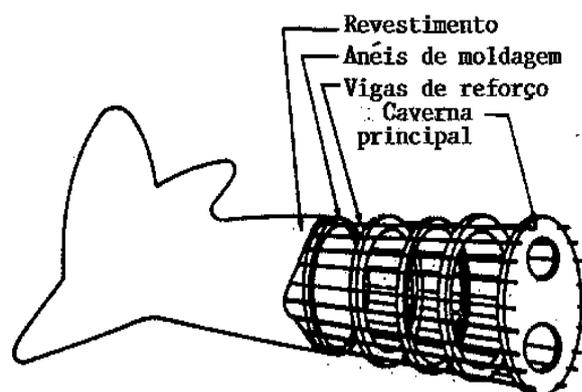


Figura 1-6 Construção semimonocoque.

Em adição aos perfis, cavernas e paredes, a construção semi-monocoque possui membros longitudinais que reforçam o revestimento. A célula reforçada é revestida por uma estrutura completa de membros estruturais. Diferentes partes da mesma fuselagem podem pertencer a qualquer das 3 classes, porém a

maioria das aeronaves é considerada semi-monocoque.

### Tipo semi-monocoque

A fuselagem semi-monocoque é construída primariamente de ligas de alumínio e magnésio, apesar de encontrarmos aço e titânio em áreas expostas a altas temperaturas. As cargas primárias de flexão são suportadas pelas longarinas, que geralmente se estendem através de diversos pontos de apoio. As longarinas são suplementadas por outros membros longitudinais chamados de vigas de reforço. As vigas de reforço são mais numerosas e mais leves que as longarinas. Os membros estruturais verticais são chamados de paredes, cavernas e falsas nervuras. Os membros mais pesados estão localizados a intervalos, para suportar as cargas concentradas, e em pontos onde são usados encaixes para fixar outras unidades, tais como asas, motores e estabilizadores. A fig. 1-7 mostra uma forma de desenho atual de semi-monocoque.

As vigas de reforço são menores e mais leves que as longarinas e servem como preenchimentos. Elas possuem alguma rigidez, mas são principalmente usadas para dar forma e para fixar o revestimento. As fortes e pesadas longarinas prendem as paredes e as falsas nervuras, e estas, por sua vez, prendem as vigas de reforço. Tudo isso junto forma a estrutura rígida da fuselagem.

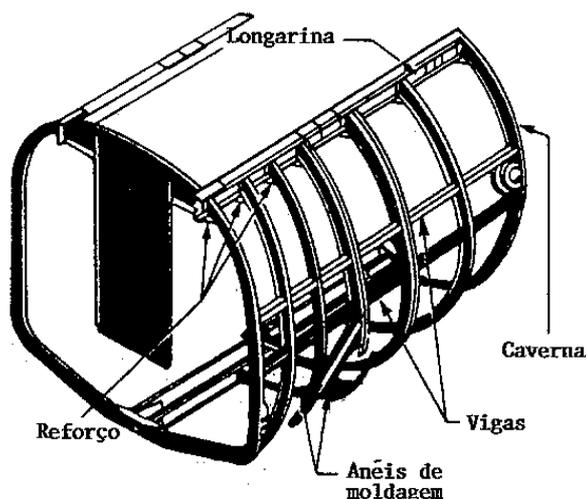


Figura 1-7 Membros estruturais da fuselagem.

Geralmente há pouca diferença entre alguns anéis, cavernas e falsas nervuras. Um fa-

bricante pode chamar um esteio de falsa nervura, enquanto um outro pode chamar o mesmo tipo de esteio de anel ou caverna. As especificações e instruções do fabricante de um modelo específico de aeronave são os melhores guias.

As vigas de reforço e as longarinas evitam que a tensão e a compressão flexionem a fuselagem. As vigas de reforço, são geralmente peças interiças de liga de alumínio, e são fabricadas em diversos formatos por fundição, extrusão ou modelagem. As longarinas, tal como as vigas de reforço são feitas de liga de alumínio; contudo elas tanto podem ser ou não inteiriças.

Só os membros estruturais discutidos não conseguem dar resistência a uma fuselagem. Eles precisam primeiramente serem unidos através de placas de reforço, rebite, porcas e parafusos, ou parafusos de rosca soberba para metais. As placas de reforço (fig. 1-7) são um tipo de conexão. Os escoramentos entre as longarinas são geralmente chamados de membros da armação. Eles podem ser instalados na vertical ou na diagonal.

O revestimento metálico é rebitado às longarinas, paredes e outros membros estruturais, e suporta parte do esforço. A espessura do revestimento da fuselagem varia de acordo com o esforço a ser suportado e com os estresses de um local em particular.

Há inúmeras vantagens em se usar uma fuselagem semi-monocoque. As paredes, cavernas, vigas de reforço e longarinas facilitam o desenho e a construção de uma fuselagem aerodinâmica, e aumentam a resistência e rigidez da estrutura. A principal vantagem, contudo, reside no fato de que ela não depende de uns poucos membros para resistência e rigidez. Isso significa que uma fuselagem semi-monocoque, devido a sua construção, pode suportar danos consideráveis e ainda ser forte o suficiente para se manter unida.

As fuselagens são geralmente construídas em duas ou mais seções. Em aeronaves pequenas, são geralmente feitas em duas ou três seções, enquanto em aeronaves maiores são feitas de diversas seções.

Um acesso rápido aos acessórios e outros equipamentos montados na fuselagem é dado através de numerosas portas de acesso, placas de inspeção, compartimentos de trens de pouso, e outras aberturas. Os diagramas de manutenção mostrando o arranjo do equipamento

e localização das janelas de acesso são supridos pelo fabricante no manual de manutenção da aeronave.

### Sistema de numeração das localizações

Há diversos sistemas de numeração em uso para facilitar a localização de específicas cavernas de asa, paredes de fuselagem, ou quaisquer membros estruturais de uma aeronave.

A maioria dos fabricantes usam um sistema de marcação de estações; por exemplo, o nariz da aeronave pode ser designado estação zero, e todas as demais estações são localizadas a distâncias medidas em polegadas a partir da estação zero. Sendo assim, quando se lê em um esquema "Caverna de fuselagem na estação 137", essa caverna em particular pode ser loca-

lizada 137 polegadas atrás do nariz da aeronave. Um diagrama de estações típico é apresentado na fig. 1-8.

Para localizar as estruturas à direita ou esquerda da linha central de uma aeronave, muitos fabricantes consideram a linha central como sendo a estação zero para a localização à direita ou esquerda.

Com um tal sistema as cavernas do estabilizador podem ser identificadas como sendo tantas polegadas à direita ou à esquerda da linha central da aeronave.

O sistema de numeração do fabricante aplicável e as designações abreviadas ou símbolos, devem sempre ser revisados antes de tentar localizar um membro estrutural.

A lista a seguir inclui os tipicamente usados por muitos fabricantes.

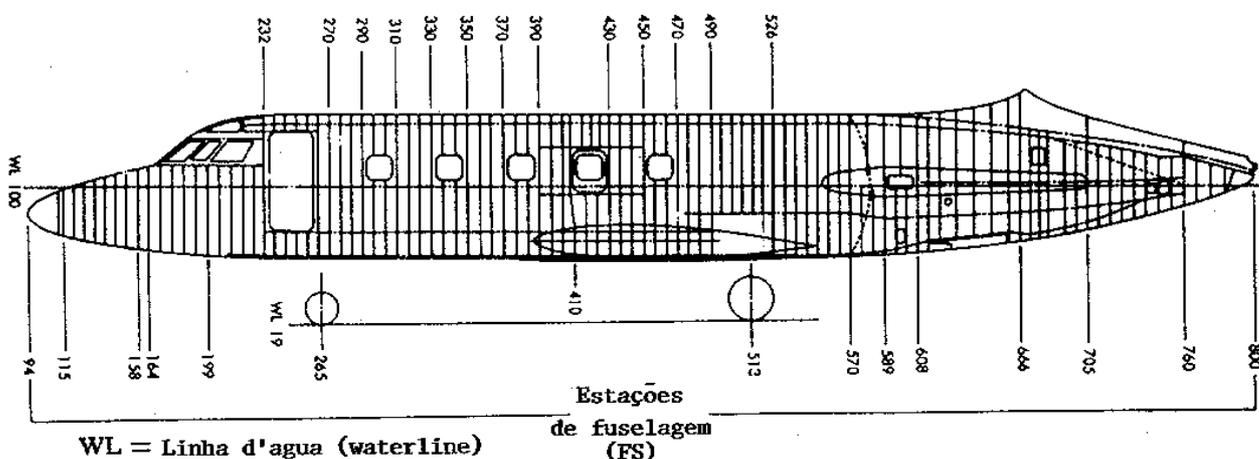


Figura 1-8 Estações da fuselagem.

(1) *Estação de fuselagem* (Fus. Sta. ou F.S.) - são numeradas em polegadas de um referencial ou ponto zero, conhecido como DATUM. O DATUM é um plano vertical imaginário no/ou próximo ao nariz do avião, a partir do qual todas as distâncias são medidas. A distância até um determinado ponto é medida em polegadas paralelamente à linha central, que estende-se através da aeronave - do nariz até o centro do cone de cauda. Alguns fabricantes chamam a estação de fuselagem de estação de corpo (body station) abreviado B.S.

(2) *Linha de alheta* (Buttock line - B.L.) - é uma medida de largura à esquerda ou à direita da linha central e paralela à mesma.

(3) *Linha d'água* (Water line - W.L.) - é a medida de altura em polegadas, perpendicularmente a um plano horizontal

mente a um plano horizontal localizado a uma determinada distância em polegadas abaixo do fundo da fuselagem da aeronave.

(4) *Estação de aileron* (A.S.) - é medida de fora para dentro, paralelamente à lateral interna do aileron, perpendicularmente à longarina traseira da asa.

(5) *Estação de flape* (F.S.) - é medida perpendicularmente à longarina traseira da asa e paralelamente à lateral interna do flape, de fora para dentro.

(6) *Estação de nacele* (N.C. OU Nac. Sta.) - é medida tanto à frente como atrás da longarina dianteira da asa, perpendicularmente à linha d'água designada.

Além das estações listadas acima, usa-se ainda outras medidas, especialmente em aeronaves de grande porte. Ou seja, pode haver estações de estabilizador horizontal (H.S.S.), estações do estabilizador vertical (V.S.S.) ou estações de grupo motopropulsor (P.P.S.). Em todos os casos, a terminologia do fabricante e o sistema de localização de estações deve ser consultado antes de se tentar localizar um ponto em uma determinada aeronave.

## **ESTRUTURA ALAR**

As asas de uma aeronave são superfícies desenhadas para produzir sustentação quando movidas rapidamente no ar. O desenho particular para uma dada aeronave depende de uma série de fatores, tais como: tamanho, peso, aplicação da aeronave, velocidade desejada em vôo e no pouso, e razão de subida desejada. As asas de uma aeronave de asas fixas são chamadas de asa esquerda e asa direita, correspondendo à esquerda e à direita do piloto, quando sentado na cabine.

As asas da maioria das aeronaves atuais são do tipo cantilever; ou seja, elas são construídas sem nenhum tipo de escoramento externo. O revestimento faz parte da estrutura da asa e suporta parte dos estresses da asa. Outras asas de aeronaves possuem suportes externos (montantes, estais, etc.) para auxiliar no suporte da asa e das cargas aerodinâmicas e de pouso. Tanto as ligas de alumínio como as de magnésio são utilizadas na construção de asas. A estrutura interna consiste de longarinas e vigas de reforço no sentido da envergadura, e nervuras e falsas nervuras no sentido da corda (do bordo de ataque para o bordo de fuga). As longarinas são os membros estruturais principais da asa. O revestimento é preso aos membros internos e poderá suportar parte dos estresses da asa. Durante o vôo, cargas aplicadas, impostas à estrutura primária da asa atuam primariamente sobre o revestimento. Do revestimento elas são transmitidas para as nervuras, e das nervuras para as longarinas. As longarinas suportam toda a carga distribuída e também os pesos concentrados, tais como a fuselagem, o trem de pouso e; em aeronaves multimotoras, as nacelles ou "pylons".

A asa, tal qual a fuselagem, pode ser construída em seções. Um tipo muito usado compõe-se de uma seção central com painéis

externos e pontas de asa. Outro arranjo pode conter projeções da fuselagem, como partes integrantes da asa, ao invés da seção central.

As janelas de inspeção e portas de acesso são geralmente localizadas na superfície inferior da asa (intradorso). Há também drenos na superfície inferior, para escoar a umidade que se condensa ou os fluidos. Em algumas aeronaves há até locais onde se pode andar sobre a asa; em outras, há pontos para apoio de macacos sob as asas.

Diversos pontos nas asas são localizados através do número da estação. A estação de asa zero (W.S. 0.0) está localizada na linha central da fuselagem, e todas as estações de asa são medidas a partir daí, em direção às pontas, em polegadas.

Geralmente a construção de uma asa baseia-se em um dos 3 tipos fundamentais: (1) monolongarina, (2) multilongarina, ou (3) viga em caixa. Os diversos fabricantes podem adotar modificações desses tipos básicos.

A asa monologarina incorpora apenas um membro longitudinal principal em sua construção. As nervuras ou paredes suprem o contorno ou formato necessário ao aerofólio. Apesar do tipo estreitamente monolongarina não ser comum, esse tipo de desenho, modificado pela adição de falsas longarinas, ou de membros leves ao longo do bordo de fuga, como suporte para as superfícies de controle, é às vezes utilizado.

A asa multilongarina incorpora mais de um membro longitudinal principal em sua construção. Para dar contorno à asa, inclui-se geralmente nervuras e paredes.

A asa do tipo viga em caixa (caixa central) utiliza dois membros longitudinais principais com paredes de conexão para dar maior resistência e fazer o contorno de asa. Pode-se usar uma chapa corrugada entre as paredes e o revestimento externo liso para que possa suportar melhor as cargas de tensão e compressão. Em alguns casos, usa-se reforçadores pesados ao invés das chapas corrugadas. Às vezes usa-se uma combinação de chapas corrugadas na superfície superior, e reforçadores, na superfície inferior.

## **Configurações de asas**

Dependendo das características de vôo desejadas, as asas serão construídas em diferen-

tes formas e tamanhos. A fig. 1-9 mostra alguns dos tipos de bordos de ataque e de fuga.

Além da configuração dos bordos de ataque e fuga, as asas são também desenhadas para prover certas características de vôo desejáveis, tais como grande sustentação, balanceamento ou estabilidade. A fig. 1-10 mostra alguns formatos comuns de asas.

Certas características da asa causarão outras variações no projeto. A ponta de asa

pode ser quadrada, redonda ou até mesmo pontuada. Ambos, o bordo de ataque e o de fuga, podem ser retos ou curvos. Em adição, a asa pode ser afilada, de forma que a corda nas pontas seja menor que na raiz da asa. Muitos tipos de aeronaves modernas utilizam asas enflechadas para trás (fig. 1-9).

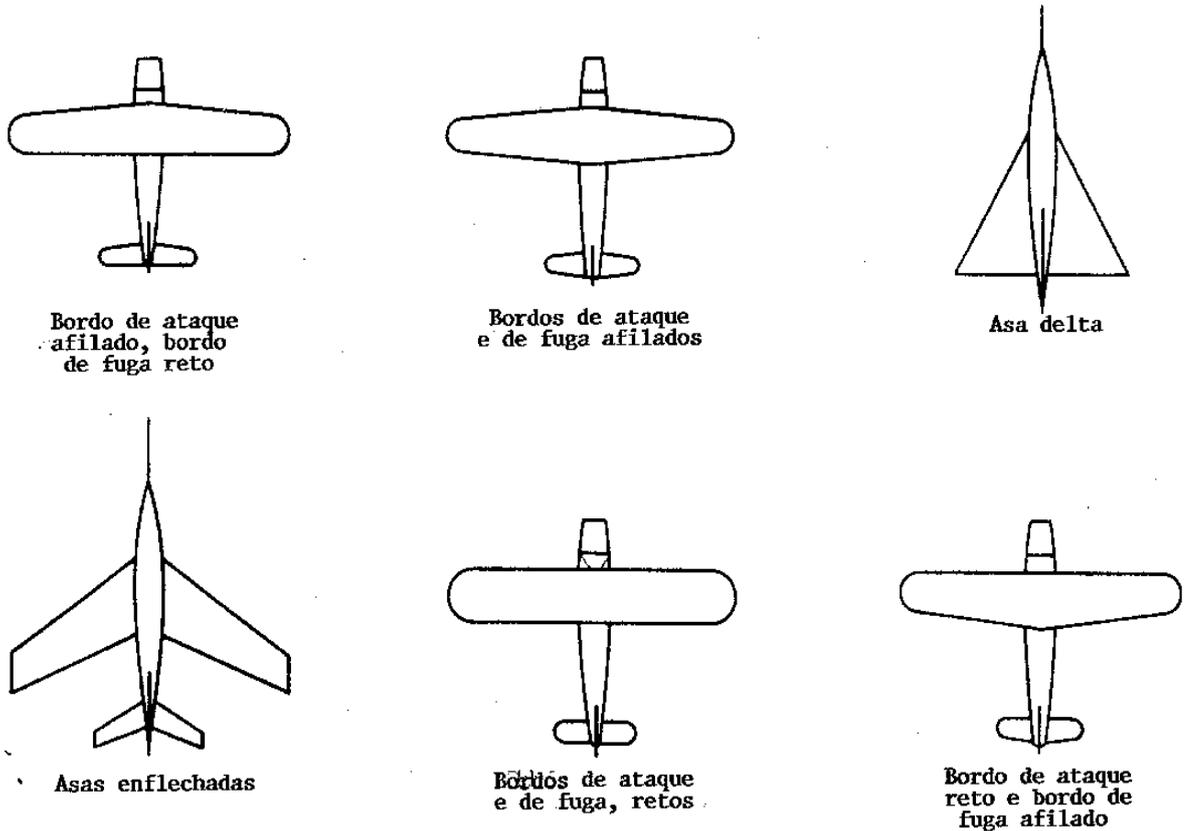


Figura 1-9 Formatos típicos de bordos de ataque e de fuga de asas.

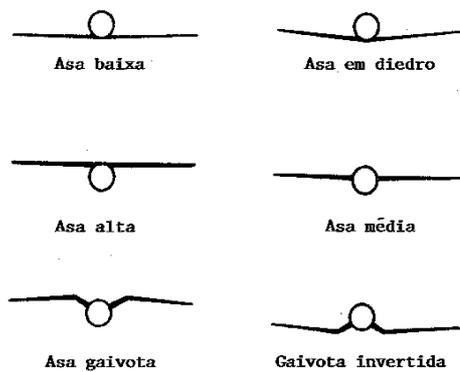


Figura 1-10 Formatos comuns de asas.

### Longarinas de asa

As principais partes estruturais de uma asa são as longarinas, as nervuras ou paredes, e

as vigas de reforço ou reforçadores, como mostrado na figura 1-11.

As longarinas são os principais membros estruturais da asa. Elas correspondem às longarinas da fuselagem. Correm paralelamente ao eixo lateral, ou em direção às pontas da asa e, são geralmente presas à fuselagem, através das ferragens da asa, de vigas ou de um sistema de armação metálica.

As longarinas de madeira podem ser classificadas geralmente em 4 tipos diferentes, de acordo com a configuração de sua seção transversal.

Como mostrado na fig.1-12, elas podem ser parcialmente ocas, no formato de uma caixa, sólidas ou laminadas, retangulares, ou em forma de "I".

As longarinas podem ser feitas de madeira ou metal, dependendo do critério de desenho de uma determinada aeronave.

A maioria das aeronaves recentemente produzidas utiliza longarinas de alumínio sólido extrudado ou pequenas extrusões de alumínio rebatadas juntas para formar uma longarina.

O formato da maioria das longarinas de madeira é mostrado na fig. 1-12. O formato retangular, fig. 1-12A, pode ser sólido ou laminado. A fig. 1-12B, é uma viga "I", que foi desbastada lateralmente, para reduzir seu peso, mantendo uma resistência adequada. A longarina em caixa, fig. 1-12C, é construída em compensado e espruce sólido.

A longarina "I", fig. 1-12D, pode ser construída em madeira ou em alumínio extrudado. A construção de uma longarina "I" geralmente consiste de uma armação (uma placa) e algumas ripas, que são extrudadas ou em ângulo.

A armação forma o corpo principal da longarina. As ripas podem ser extrusões, ângulos formados ou aplainadas, e são presas à armação.

Esses membros suportam os esforços de flexão da asa e também formam uma base para fixação do revestimento. Um exemplo de longarina oca ou internamente rebaixada é mostrada na figura 1-12E.

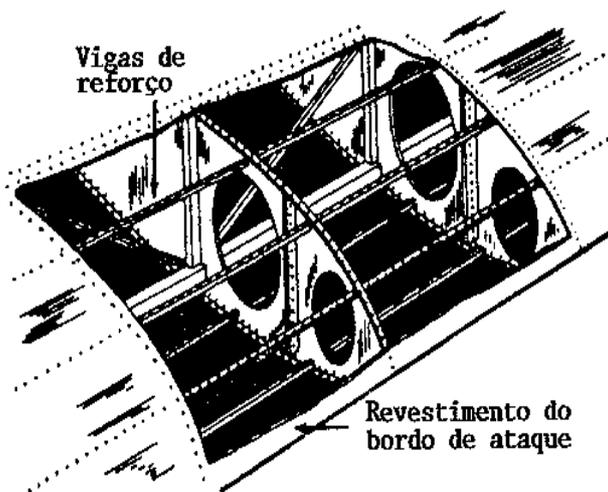
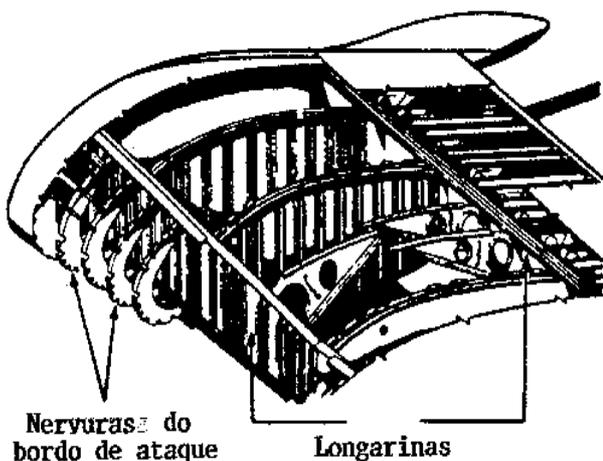


Figura 1-11 Construção interna das asas.

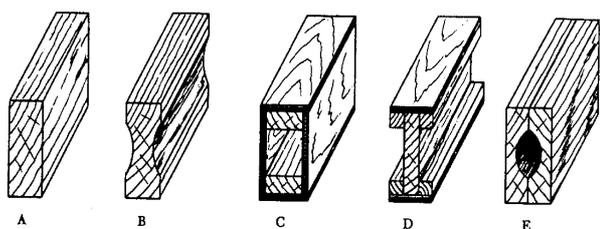


Figura 1-12 Configuração das seções em corte de longarinas típicas de madeira.

A figura 1-13 mostra as configurações de algumas longarinas metálicas. A maioria das longarinas metálicas são feitas de seções de liga de alumínio extrudado, com seções da armação de liga de alumínio, rebatadas a ela para dar maior resistência.

Apesar dos formatos da fig. 1-13 serem os mais comuns, a configuração da longarina pode assumir muitas formas. Por exemplo, uma longarina pode ser feita a partir de uma placa ou de uma armação.

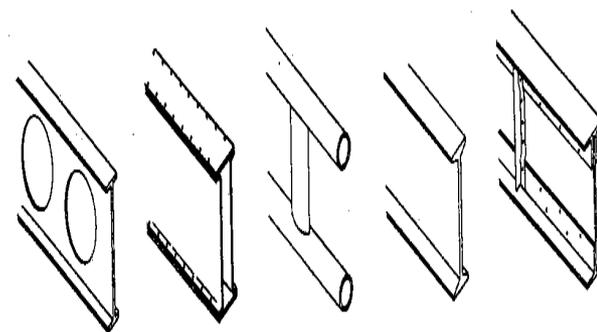


Figura 1-13 Formatos de longarinas metálicas.

A placa de armação (fig.1-14) consiste de uma placa sólida com reforçadores verticais que aumentam a resistência da armação.

Algumas longarinas são construídas de forma diversa. Algumas não possuem reforçadores, outras possuem furos flangeados para reduzir o peso. A figura 1-15 mostra uma longarina de armação metálica, feita com uma co-

bertura superior, uma cobertura inferior e tubos de conexão vertical e diagonal.

Uma estrutura pode ser desenhada de forma a ser considerada à prova de falha. Em outras palavras, se um dos membros de uma estrutura complexa falhar, algum outro membro assumirá sua carga.

Uma longarina construída à prova de falha é mostrada na figura 1-16. Essa longarina é constituída de duas seções.

A seção superior consiste de uma cobertura rebitada à placa de armação.

A seção inferior é uma extensão simples, consistindo de uma chapa e uma armação.

Essas duas seções são unidas para formar a longarina.

Se qualquer uma dessas seções falhar, a outra seção ainda consegue suportar a carga, a qual é o dispositivo à prova de falha.

Via de regra, uma asa possui duas longarinas. Uma delas é geralmente localizada próximo ao bordo de ataque da asa, e a outra fica normalmente a 2/3 da distância até o bordo de fuga.

Qualquer que seja o tipo, a longarina é a parte mais importante da asa.

Quando outros membros estruturais da asa são submetidos a carga, eles transferem a maioria do estresse resultante às longarinas da asa.

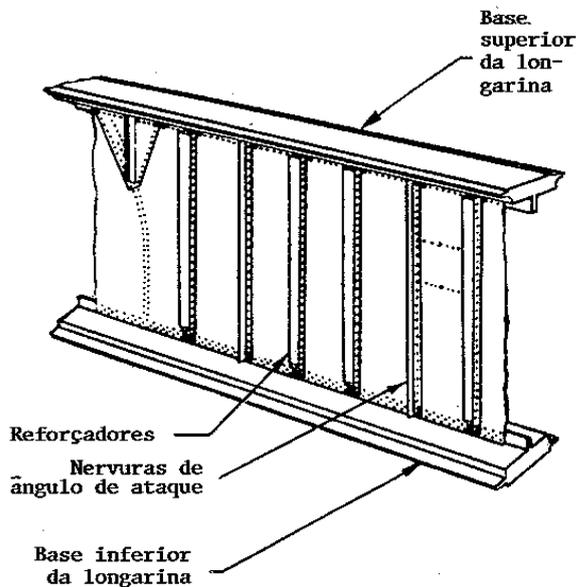


Figura 1-14 Longarina com placa de armação (alma).

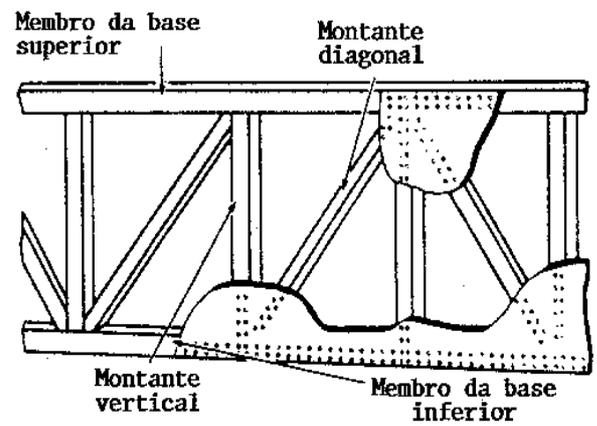


Figura 1-15 Longarina de asa em treliça.

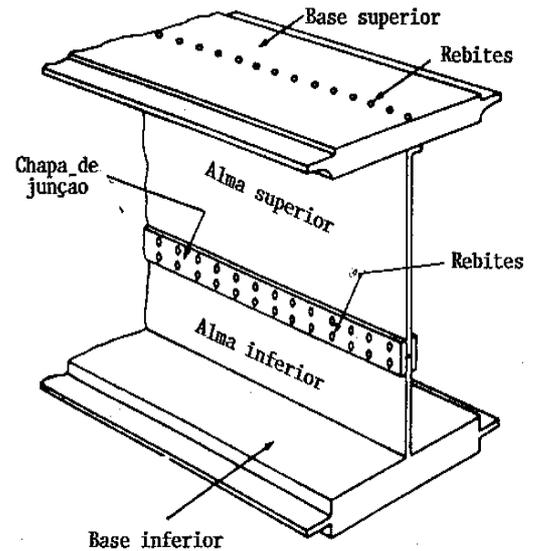


Figura 1-16 Longarina de asa de construção à prova de falhas.

### Nervuras de asa

Nervuras são membros estruturais que compõem a armação da asa. Elas geralmente estendem-se do bordo de ataque até a longarina traseira ou até o bordo de fuga. São as nervuras que dão à asa sua curvatura e transmitem os esforços do revestimento e reforçadores para as longarinas. As nervuras são utilizadas também em ailerons, profundores, lemes e estabilizadores.

As nervuras são fabricadas em madeira ou metal. Tanto as metálicas como as de madeira são utilizadas com longarinas de madeira, enquanto apenas as nervuras de metal são usadas nas longarinas metálicas. A fig.1-17 mostra algumas nervuras típicas geralmente confeccionadas em espruce.

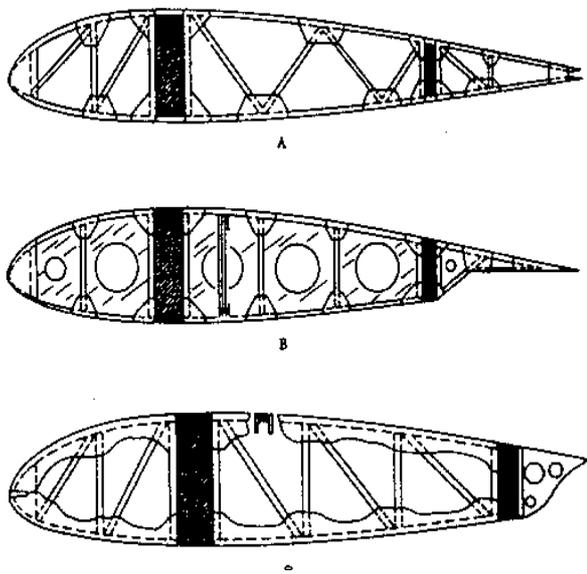


Figura 1-17 Nervuras típicas de madeira.

Os tipos mais comuns de nervuras de madeira são a armação de compensado, a armação leve de compensado e o tipo treliça. Desses 3 tipos, o tipo treliça é o mais eficiente, porém não tem a simplicidade dos outros tipos.

A nervura de asa mostrada na fig. 1-17A é do tipo treliça, com cantoneiras de compensado em ambos os lados da nervura e uma cobertura contínua ao redor de toda a nervura.

Essas coberturas são geralmente feitas do mesmo material da nervura. Elas reforçam e fortalecem a nervura e fornecem uma superfície de fixação para o revestimento.

Uma nervura leve de compensado é mostrada na fig. 1-17B. Nesse tipo, a cobertura pode ser laminada, especialmente no bordo de ataque. A fig. 1-17C mostra uma nervura com uma cantoneira contínua, que dá um suporte extra a toda a nervura com um reduzido acréscimo de peso.

Uma cantoneira contínua reforça a cobertura da nervura. Ela ajuda a prevenir empenamentos e melhora a junção colada entre a nervura e o revestimento, pois pode-se adicionar pequenos pregos, uma vez que esse tipo de nervura resiste melhor que as outras à utilização de pregos.

A cantoneiras contínuas são mais fáceis de lidar que a grande quantidade de pequenas cantoneiras necessárias anteriormente.

A figura 1-18 mostra a estrutura básica longarina/nervura, de uma asa de madeira, junto com outros membros estruturais.

Além das longarinas dianteira e traseira, a fig. 1-18 mostra uma longarina de aileron ou falsa longarina. Esse tipo de longarina estende-se por apenas uma parte da envergadura e dá suporte às dobradiças do aileron.

Vários tipos de nervuras estão também ilustrados na fig. 1-18. Em adição à nervura de asa; às vezes chamada de "nervura plana", ou mesmo "nervura principal", aparecem também nervuras dianteiras e nervuras traseiras. Uma nervura dianteira também é chamada falsa nervura, uma vez que ela geralmente estende-se de um bordo de ataque até a longarina dianteira ou um pouco além. As nervuras dianteiras dão ao bordo de ataque a necessária curvatura e suporte. A nervura de asa, ou nervura plana, estende-se desde o bordo de ataque da asa até a longarina traseira e, em alguns casos, até o bordo de fuga da asa. A nervura traseira é normalmente a seção mais estressada, na raiz da asa, próxima ao ponto de fixação da asa à fuselagem. Dependendo de sua localização e método de fixação, uma nervura traseira pode ser chamada de nervura parede ou de compressão, caso ela seja desenhada para absorver cargas de compressão que tendem a unir as longarinas da asa.

Uma vez que as nervuras têm pouca resistência lateral, elas são reforçadas em algumas asas através de fitas entrelaçadas acima e abaixo das seções da nervura para evitar movimento lateral.

Os estais de arrasto e de antiarrasto (fig. 1-18) cruzam-se entre as longarinas para formar uma armação resistente às forças que atuam sobre a asa no sentido da corda da asa. Esses estais também são conhecidos como tirante ou haste de tensão. Os cabos projetados para resistir às forças para trás são conhecidos como estais de arrasto; os estais de antiarrasto resistem às forças para a frente, na direção da corda da asa.

Os encaixes de fixação da asa, mostrados na fig. 1-18, dão um meio de fixar a asa à fuselagem da aeronave.

A ponta de asa é geralmente uma unidade removível, parafusada às extremidades do painel da asa. Uma das razões é a vulnerabilidade a danos, especialmente durante o manuseio no solo e no taxiamento.

A fig. 1-19 mostra uma ponta de asa removível, de uma aeronave de grande porte. A ponta de asa é construída de liga de alumínio.

Sua cobertura é fixada através de parafusos de cabeça escareada e, presa às longarinas em quatro pontos, por parafusos de 1/4 pol. O bordo de ataque da ponta de asa é aquecido pelo duto de antigelo. O ar quente é liberado através de uma saída na superfície superior da ponta de asa. As luzes de navegação são fixadas no centro da ponta de asa e geralmente não são avistadas diretamente da cabine de comando.

Para verificar o funcionamento da luz de navegação, antigamente se usava uma vareta de lucite que levava a luz até o bordo de ataque; hoje em dia usa-se uma placa de acrílico transparente que se ilumina e é facilmente visualizado da cabine.

A fig. 1-20 ilustra uma vista da seção transversal de uma asa metálica cantilever. A asa é feita de longarinas, nervuras e revestimento superior e inferior. Com poucas exceções, as asas desse tipo são de revestimento trabalhante (o revestimento faz parte da estrutura da asa e suporta parte dos estresses da asa).

Os revestimentos superior e inferior da asa são formados por diversas seções integralmente reforçadas.

Esse tipo de construção permite a instalação de células de combustível de borracha ou pode ser selado para suportar o combustível sem as células ou tanques usuais. Esse tipo de asa com tanque integral é conhecida como "asa-molhada", e é a mais utilizada nos modernos aviões.

Uma asa que utiliza uma longarina em caixa é mostrada na fig. 1-21. Esse tipo de construção não apenas aumenta a resistência e reduz o peso, mas também possibilita a asa servir como tanque de combustível quando adequadamente selada.

Tanto os materiais formados por sanduíche de colmeia de alumínio, como os de colmeia de fibra de vidro, são comumente usados na construção de superfícies de asa e de estabilizadores, paredes, pisos, superfícies de comando e compensadores.

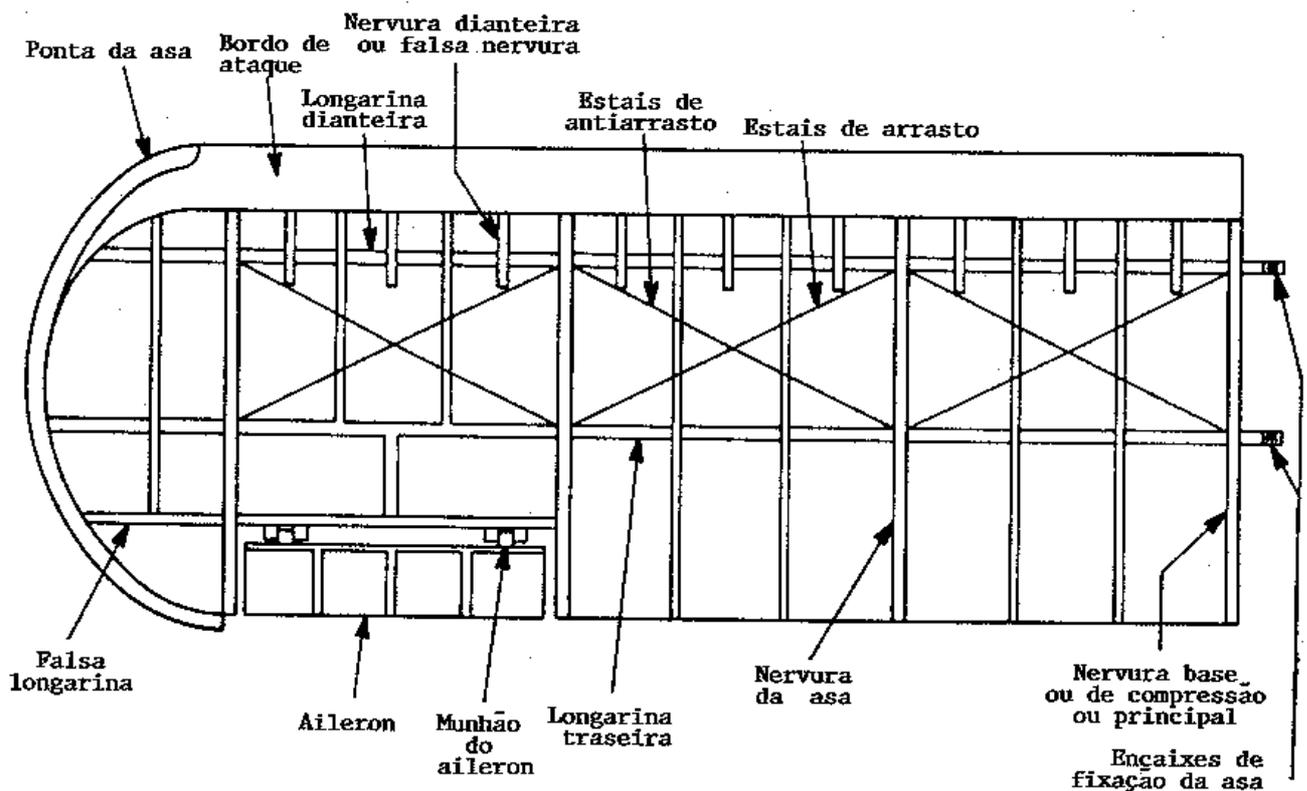


Figura 1-18 Estrutura básica longarina/nervura de uma asa de madeira.

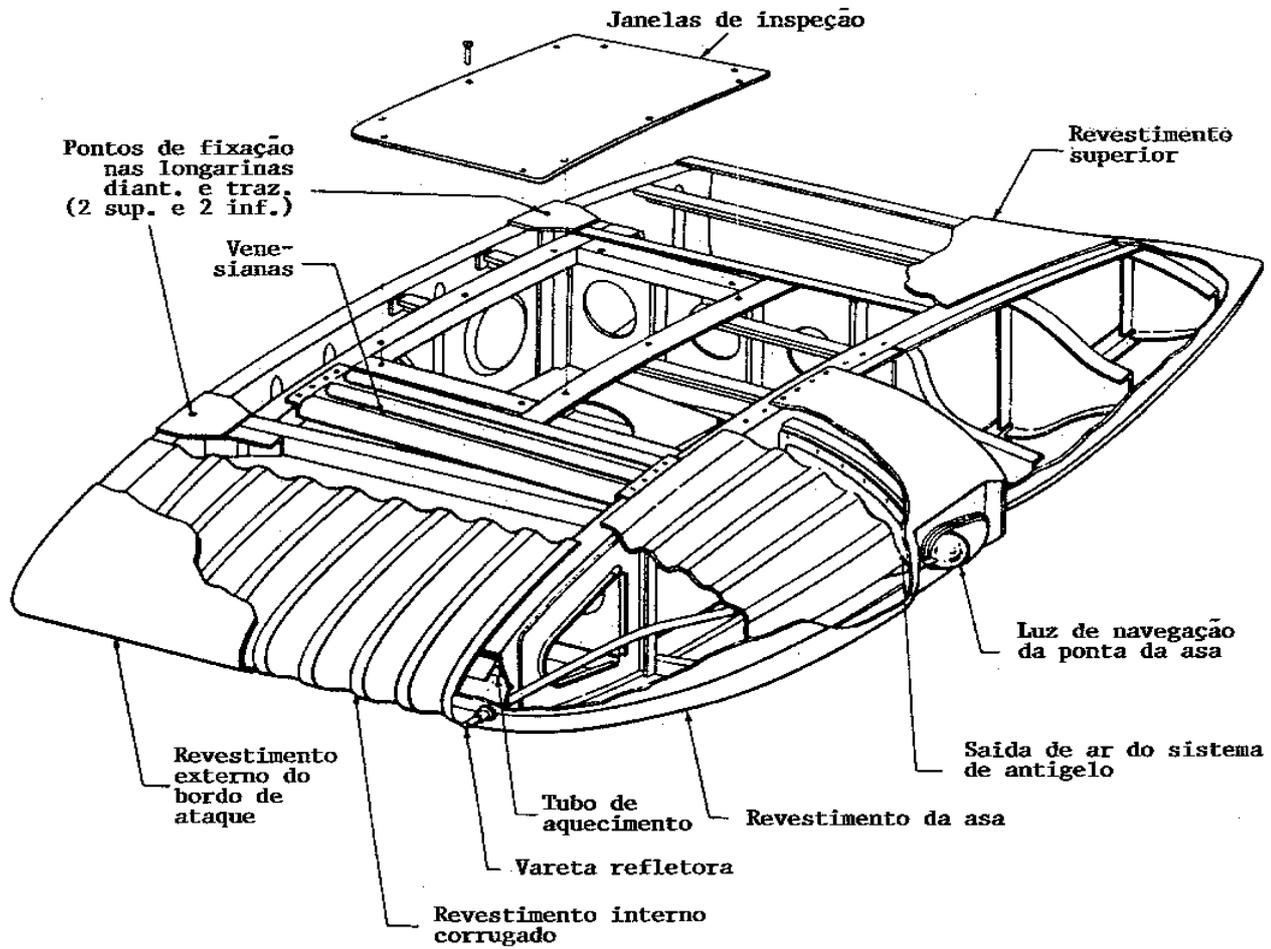


Figura 1-19 Ponta removível de uma asa.

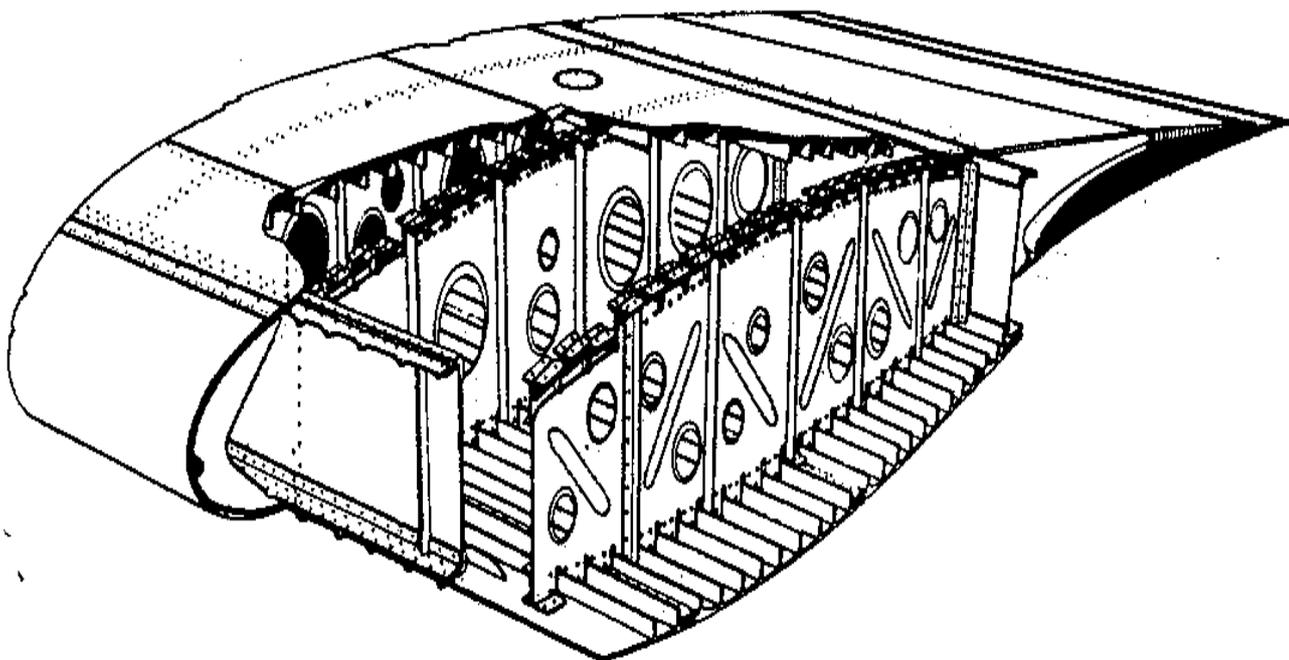


Figura 1-20 Asa metálica com revestimento reforçado.

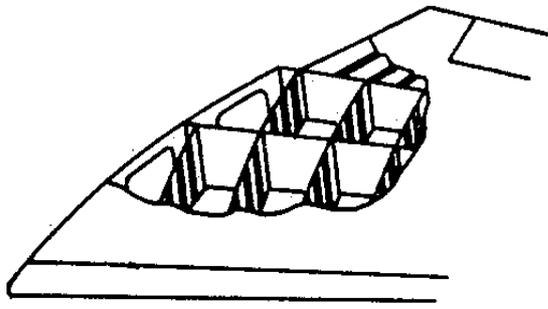


Figura 1-21 Asa com longarina em caixa.

O sanduíche (honeycomb) de alumínio é feito de um núcleo de colmeia de folha de alumínio, colada entre duas chapas de alumínio. O sanduíche de fibra de vidro consiste de um núcleo de colmeia colado entre camadas.

Na construção de estruturas de aeronaves de grande porte, e também em algumas aeronaves de pequeno porte, a estrutura em sanduíche utiliza tanto o alumínio como materiais plásticos reforçados. Os painéis de colmeia são geralmente núcleos celulares leves colocados entre dois finos revestimentos tais como o alumínio, madeira ou plástico.

O material de colmeia para aeronaves é fabricado em diversos formatos, mas geralmente tem espessura constante ou afilada. Um exemplo de cada um é mostrado na fig. 1-22.

A fig. 1-23 mostra uma vista da superfície superior de uma aeronave de grande porte de transporte a jato. Os vários painéis fabricados em colmeia são mostrados pelas áreas hachuradas.

Um outro tipo de construção é apresentado na fig. 1-24. Neste caso a estrutura em sanduíche do bordo de ataque da asa é colada à longarina metálica. Nessa figura também aparece o painel de degelo integralmente colado.

## NACELES OU CASULOS

As naceles ou casulos são compartimentos aerodinâmicos usados em aeronaves multimotoras com o fim primário de alojar os motores.

Possuem formato arredondado ou esférico e geralmente estão localizados abaixo, acima ou no bordo de ataque da asa.

No caso de um monomotor, o motor é geralmente montado no nariz da aeronave, e a nacele é uma extensão da fuselagem.

Uma nacele de motor consiste de revestimento, carenagens, membros estruturais, uma parede-de-fogo e os montantes do motor. O revestimento e as carenagens cobrem o exterior da nacele. Ambos são geralmente feitos de folha de liga de alumínio, aço inoxidável, magnésio ou titânio. Qualquer que seja o material usado, o revestimento é geralmente fixado através de rebites ao berço do motor.

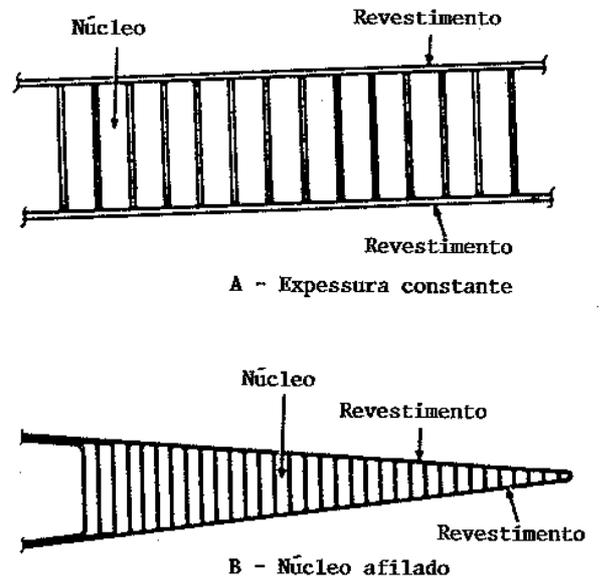


Figura 1-22 Seções de colmeia de espessura constante e afilada.

A armação geralmente consiste de membros estruturais semelhantes aos da fuselagem. Ela contém membros que se estendem no sentido do comprimento, tais como as longarinas e reforçadores, e membros que se estendem no sentido da largura e verticalmente, tais como as paredes, cavernas e falsas nervuras.

Uma nacele também contém uma parede-de-fogo que separa o compartimento do motor do resto da aeronave. Essa parede é normalmente feita em chapa de aço inoxidável, ou em algumas aeronaves de titânio.

Um outro membro da nacele são os montantes, ou berço do motor. O berço é geralmente preso à parede-de-fogo, e o motor é fixado ao berço por parafusos, porcas e amortecedores de borracha que absorvem as vibrações. A fig. 1-25 mostra exemplos de um berço semi-monocoque e um berço de tubos de aço usado em motores convencionais.

Os berços são projetados para suprir certas condições de instalação, tais, como a localização e o método de fixação do berço e as

características do motor que ele deverá suportar. Um berço é geralmente construído como uma unidade que pode ser rapidamente e facilmente separada do resto da aeronave.

Os berços são geralmente fabricados em tubos soldados de aço cromo/molibdênio, e fusões de cromo / níquel / molibdênio são usadas para os encaixes expostos a altos estresses.

Para reduzir a resistência ao avanço em vôo, o trem de pouso da maioria das aeronaves ligeiras ou de grande porte é retrátil (movido para o interior de naceles aerodinâmicas). A parte da aeronave que aloja o trem de pouso é chamada nacele do trem.

## Carenagens

O termo carenagem geralmente aplica-se à cobertura removível daquelas áreas onde se requer acesso regularmente, tais como motores, seções de acessórios e áreas de berço ou da parede-de-fogo.

A fig. 1-26 mostra uma vista explodida das partes que compõem a carenagem de um motor a pistões opostos horizontalmente, utilizado em aeronaves leves.

Alguns motores convencionais de grande porte são alojados em carenagem tipo "gomos-de-laranja". Os painéis de carenagem são presos à parede-de-fogo por montantes que

também servem como dobradiças quando a carenagem é aberta (fig. 1-27).

Os montantes da carenagem inferior são presos às dobradiças por pinos que travam automaticamente no lugar, mas podem ser removidos por um simples puxão de um anel. Os painéis laterais são mantidos abertos por pequenas hastes; o painel superior é mantido aberto por uma haste maior, e o painel inferior é seguro na posição "aberto" através de um cabo e uma mola.

Todos os 4 painéis são travados na posição "fechado" por lingüetas de travamento, que são presas fechadas através de travas de segurança com mola. As carenagens são geralmente construídas em liga de alumínio; contudo, geralmente usa-se aço inoxidável no revestimento interno traseiro da seção de potência, para flapes de arrefecimento e próximo às aberturas dos flapes de arrefecimento, e também para dutos de refrigeração de óleo.

Nas instalações de motores a jato, as carenagens são desenhadas de forma bem alinhada com o fluxo de ar sobre os motores para protegê-los contra danos. O sistema completo de carenagens inclui uma carenagem de nariz, carenagens superior e inferior com dobradiças removíveis e um painel de carenagem fixo. Um arranjo típico de carenagem superior e inferior com dobradiça é mostrado na fig. 1-28.

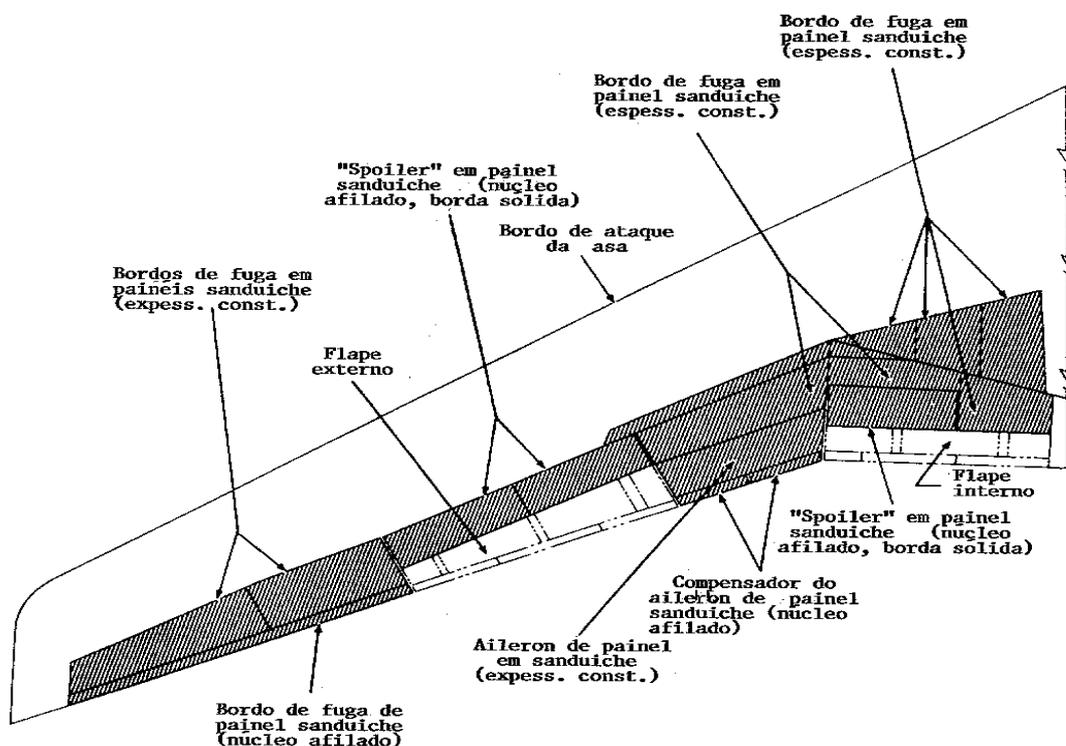


Figura 1-23 Construção em colméia da asa de uma grande aeronave a jato.

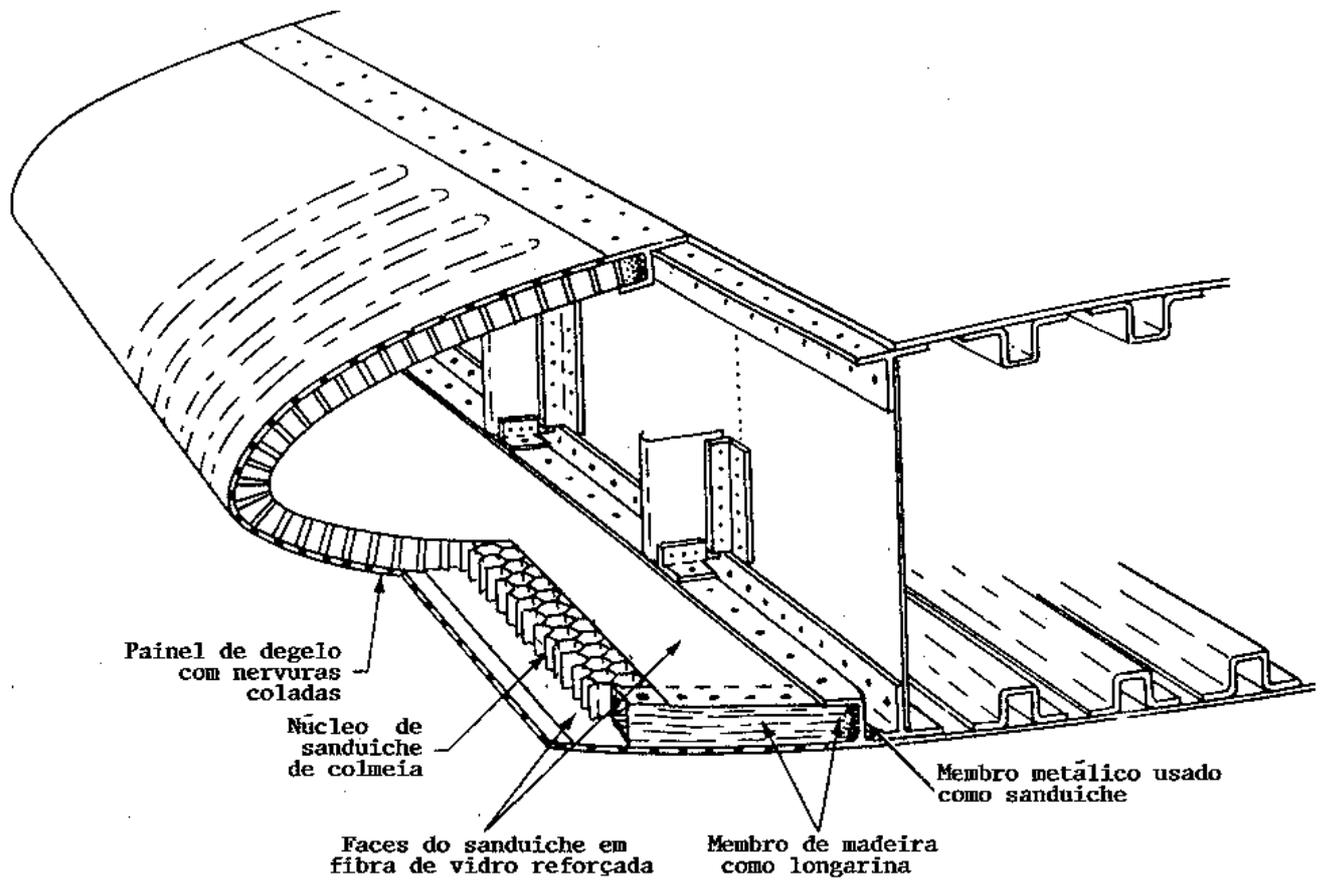


Figura 1-24 Bordo de ataque com estrutura em sanduíche colada na longarina.

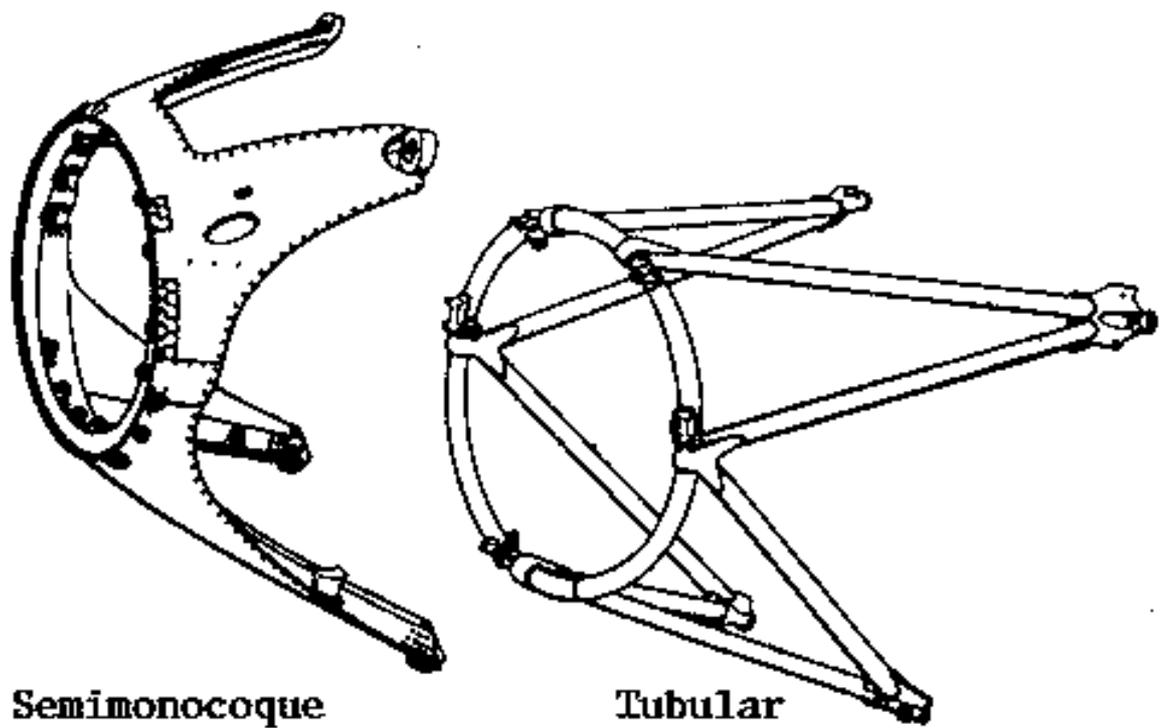


Figura 1-25 Berços de motor semimonocoque e de tubos de aço soldados.

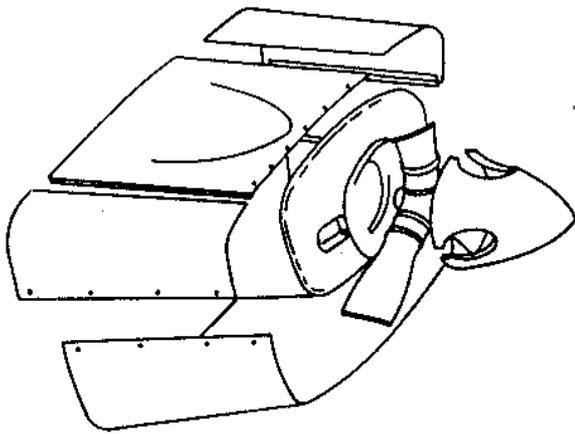


Figura 1-26 Carenagem para motor de cilindros horizontais opostos.

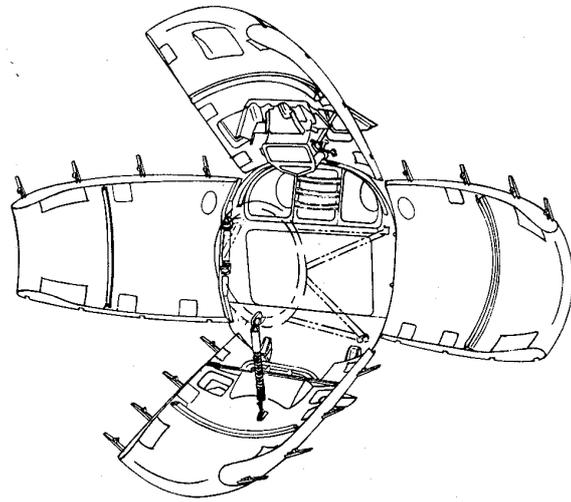


Figura 1-27 Carenagem de motor na posição aberta (tipo "casca de laranja").

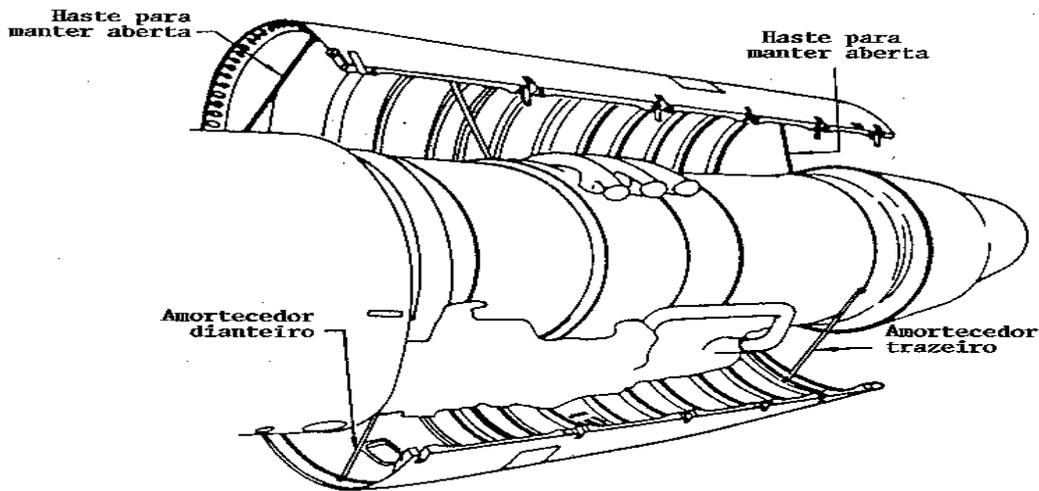


Figura 1-28 Carenagem de motor a jato com dobradiça lateral.

## EMPENAGEM

A empenagem é também conhecida como seção de cauda, e na maioria das aeronaves consiste de um cone de cauda, superfícies fixas e superfícies móveis.

O cone de cauda serve para fechar e dar um acabamento aerodinâmico a maioria das fuselagens.

O cone é formado por membros estruturais (fig. 1-29) como os da fuselagem; contudo sua construção é geralmente mais leve, uma vez que recebe menor estresse que a fuselagem.

Outros componentes de uma típica empenagem são mais pesados que o cone de cauda.

São eles, as superfícies fixas que estabilizam a aeronave e as superfícies móveis que

ajudam a direcionar o voo da aeronave. As superfícies fixas são o estabilizador horizontal e o estabilizador vertical. As superfícies móveis são o leme e os profundores.

A fig. 1-30 mostra como as superfícies verticais são construídas, utilizando longarinas, nervuras, reforçadores e revestimento da mesma maneira que na asa.

O estresse em uma empenagem também é suportado como em uma asa. As cargas de flexão, torção e cisalhamento, criadas pelo ar, passam de um membro estrutural para o outro.

Cada membro absorve parte do estresse e passa o restante para os outros membros. A sobrecarga de estresse eventualmente alcança as longarinas, que transmitem-na à estrutura da fuselagem.

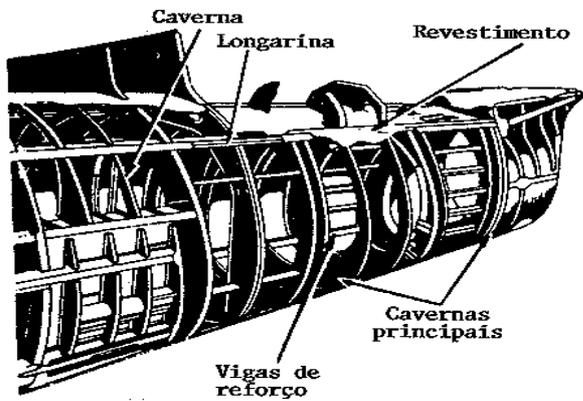


Figura 1-29 A fuselagem termina em um cone traseiro.

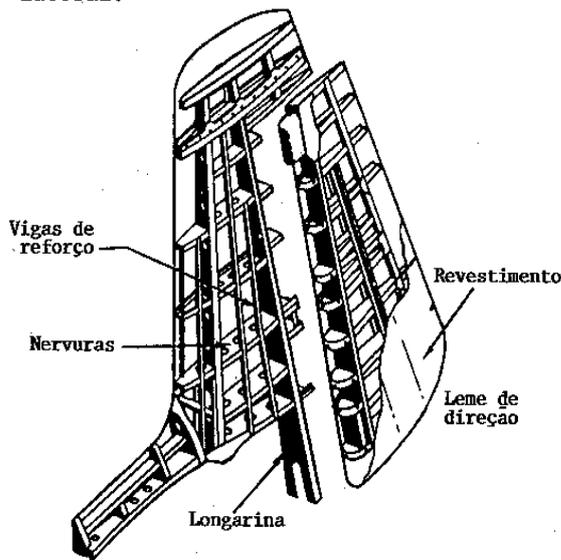


Figura 1-30 Características de construção do estabilizador vertical e do leme de direção.

## SUPERFÍCIES DE CONTROLE DE VÔO

O controle direcional de uma aeronave de asa fixa ocorre ao redor dos eixos lateral, longitudinal e vertical, através das superfícies de controle de vôo. Esses dispositivos de controle são presos a dobradiças ou superfícies móveis, através das quais a atitude de uma aeronave é controlada durante decolagens, vôos e nos pousos. Elas geralmente são divididas em dois grandes grupos: as superfícies primárias ou principais e as superfícies auxiliares.

O grupo primário de superfícies de controle de vôo consiste de ailerons, profundores e lemes. Os ailerons são instalados no bordo de fuga das asas. Os profundores são instalados no bordo de fuga do estabilizador horizontal.

O leme é instalado no bordo de fuga do estabilizador vertical.

As superfícies primárias de controle são semelhantes em construção e variam em tamanho, forma e método de fixação. Quanto à construção, as superfícies de controle são semelhantes às asas, totalmente metálicas. Elas são geralmente construídas em liga de alumínio, com uma única longarina ou tubo de torque. As nervuras são presas à longarina nos bordos de fuga e ataque, e são unidas por uma tira de metal. As nervuras, em muitos casos, são feitas de chapas planas. Raramente são sólidas e, geralmente são estampadas no metal, com furos para reduzir o seu peso.

As superfícies de controle de algumas aeronaves antigas são recobertas de tela. Contudo, todas as aeronaves a jato possuem superfícies metálicas devido à maior necessidade de resistência.

As superfícies de controle previamente descritas podem ser consideradas convencionais, porém em algumas aeronaves, uma superfície de controle pode ter um duplo propósito. Por exemplo, um conjunto de comandos de vôo, os elevons, combinam as funções dos ailerons e dos profundores. Os flapeerons são ailerons que também agem como flapes. Uma seção horizontal de cauda móvel é uma superfície de controle que atua tanto como estabilizador horizontal quanto como profundor.

O grupo das superfícies de comando secundárias ou auxiliares consiste de superfícies como os compensadores, painéis de balanceamento, servo-compensadores, flapes, "spoilers" e dispositivos de bordo de ataque. Seu propósito é o de reduzir a força requerida para atuar os controles primários, fazer pequenas compensações e balancear a aeronave em vôo, reduzir a velocidade de pouso ou encurtar a corrida de pouso, e mudar a velocidade da aeronave em vôo.

Eles geralmente estão fixados, ou encaixados nos comandos primários de vôo.

### Ailerons

Os ailerons são as superfícies primárias de controle em vôo que fazem parte da área total da asa. Eles se movem em um arco preestabelecido e são geralmente fixados por dobradiça à longarina do aileron ou à longarina traseira da asa. Os ailerons são operados

por um movimento lateral do manche, ou pelo movimento de rotação do volante.

Numa configuração convencional, um aileron é articulado ao bordo de fuga de cada uma das asas. A fig. 1-31 mostra o formato e a localização dos ailerons típicos aplicados em aeronaves de pequeno porte, nos diversos tipos de ponta de asa.

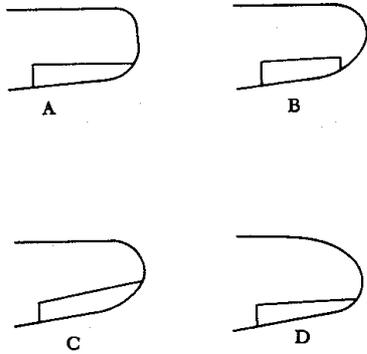


Figura 1-31 Localização do aileron nos diversos tipos de ponta de asa.

Os ailerons são interconectados no sistema de controle de forma que se movam simultaneamente em direções opostas. Quando um aileron move-se para aumentar a sustentação naquele lado da fuselagem, o aileron do lado oposto da fuselagem move-se para cima, para reduzir a sustentação em seu lado. Essas ações opostas resultam na maior produção de sustentação em um dos lados da fuselagem que no outro, resultando em um movimento controlado de rolamento devido a forças aerodinâmicas desiguais nas asas.

Uma vista lateral de uma nervura metálica típica de um aileron é mostrada na fig. 1-32. O ponto de articulação desse tipo de aileron é atrás do bordo de ataque para melhorar a resposta sensível ao movimento dos controles. Os braços de atuação presos à longarina do aileron são alavancas às quais são ligados os cabos de comando.

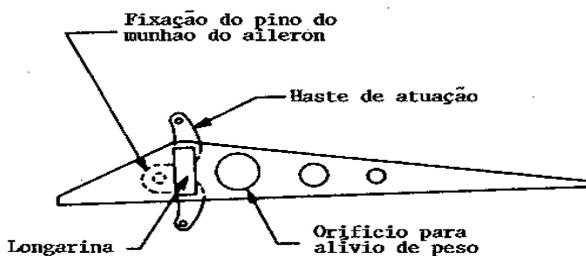


Figura 1-32 Vista da nervura final do aileron.

As aeronaves de grande porte usam geralmente ailerons completamente metálicos, exceto quanto ao bordo de fuga, que pode ser de fibra de vidro, articulados à longarina traseira da asa em pelo menos quatro pontos. A figura 1-33 mostra diversos exemplos de instalações de aileron.

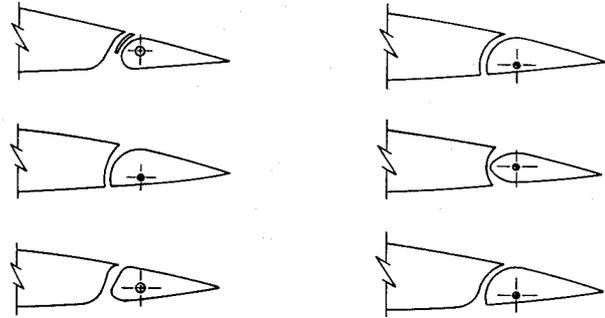


Figura 1-33 Diversas localizações da articulação dos ailerons.

Todas as superfícies de comando de grandes aeronaves a jato são mostradas na fig. 1-34.

Como ilustrado, cada asa possui dois ailerons, um montado na posição convencional na parte externa do bordo de fuga da asa, e outro conectado ao bordo de fuga da asa na seção central.

O complexo sistema de controle lateral das grandes aeronaves a jato é muito mais sofisticado que o tipo usado em aeronaves leves. Durante o vôo a baixa velocidade todas as superfícies de controle lateral operam para gerar estabilidade máxima. Isso inclui os quatro ailerons, flapes e "spoilers".

No vôo a alta velocidade, os flapes são recolhidos e os ailerons externos são travados na posição neutra.

A maior parte da área do revestimento dos ailerons internos é constituída de painéis de colmeia de alumínio.

As bordas expostas da colmeia são cobertas com selante e com o acabamento protetor. O bordo de ataque se afila e se estende à frente da linha de articulação do aileron.

Cada aileron interno é posicionado entre os flapes internos e externos, no bordo de fuga da asa. Os suportes da articulação do aileron, estendem-se para trás, e são fixados aos olhais de articulação do aileron para suportá-los.

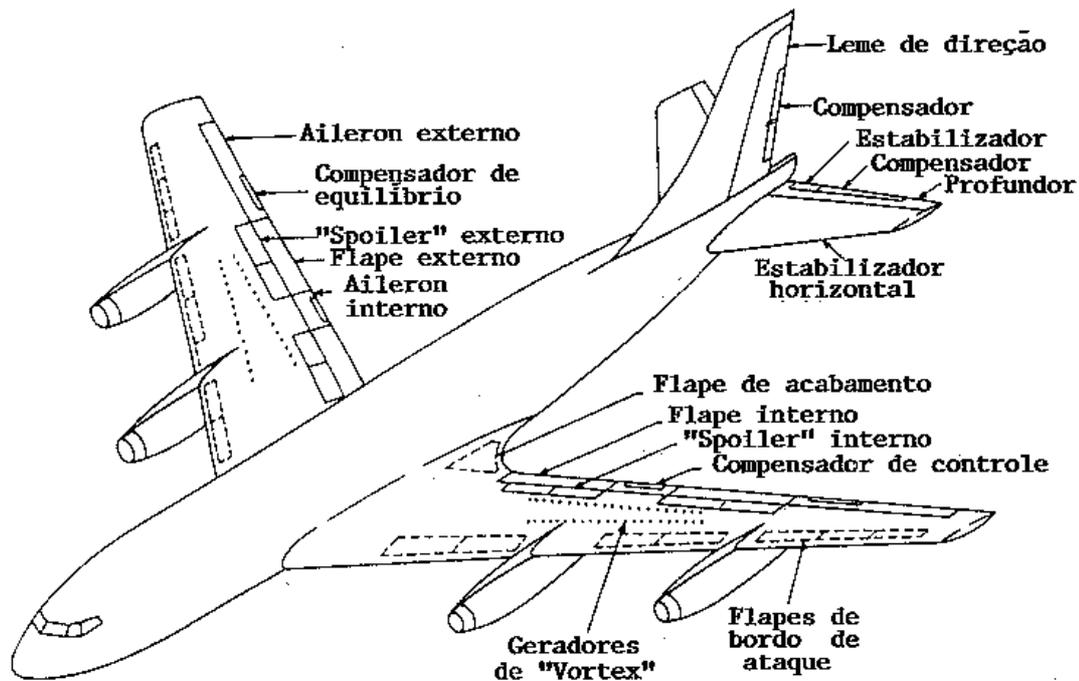


Figura 1-34 Superfícies de controle de uma grande aeronave a jato

Os ailerons externos consistem de uma longarina de nariz e de nervuras, recobertas com painéis de colmeia de alumínio. Uma dobradiça contínua presa à borda dianteira do nariz é encaixada de forma a coincidir com a bainha de um selo de tecido.

Os ailerons externos estão localizados no bordo de ataque da seção externa da asa. Os suportes da dobradiça estendem-se a partir da parte traseira da asa e são fixados à dobradiça do aileron, para suportá-lo. O nariz do aileron estende-se para uma câmara de balanceamento na asa e é fixado aos painéis de balanceamento.

Os painéis de balanceamento do aileron (fig. 1-35) reduzem a força necessária para posicionar e manter os ailerons em uma determinada posição. Os painéis de balanceamento podem ser feitos de revestimento em colmeia de alumínio com estrutura de alumínio, ou com revestimento de alumínio e reforçadores. A abertura entre o bordo de ataque do aileron e a estrutura da asa, gera um fluxo de ar controlado, necessário ao funcionamento dos painéis de balanceamento. Selos fixos aos painéis controlam a fuga do ar.

A força do ar que atua nos painéis de balanceamento (fig. 1-35) dependerá da posição do aileron. Quando os ailerons são movidos durante o vôo, cria-se uma pressão diferencial sobre os painéis de balanceamento. Essa pres-

são diferencial age nos painéis de balanceamento, numa direção que ajuda o movimento do aileron. Toda a força dos painéis de balanceamento não é requerida para pequenos ângulos de movimento dos ailerons, visto que o esforço necessário para girar os controles é pequeno. Uma sangria de ar controlada é progressivamente reduzida à medida que o ângulo de atuação dos ailerons é reduzido. Essa ação aumenta a pressão diferencial de ar sobre os painéis de balanceamento à medida que os ailerons se afastam da posição neutra. A carga crescente nos painéis de balanceamento contraria a carga crescente nos ailerons.

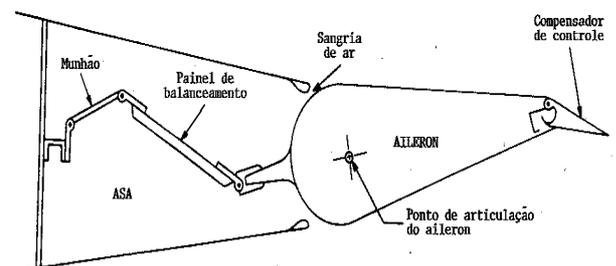


Figura 1-35 Balanceamento do aileron.

### Superfícies auxiliares das asas

Os ailerons são as superfícies primárias de vôo das asas. As superfícies auxiliares incluem os flapes de bordo de fuga, os flapes de

bordo de ataque, os freios de velocidade, os "spoilers" e os "slats" de bordo de ataque. O número e o tipo de superfícies auxiliares em uma aeronave variam muito, dependendo do tipo e tamanho da aeronave.

Os flapes de asa são usados para dar uma sustentação extra à aeronave.

Eles reduzem a velocidade de pouso, encurtando assim a distância de pouso, para facilitar o pouso em áreas pequenas ou obstruídas, pois permite que o ângulo de planeio seja aumentado sem aumentar muito a velocidade de aproximação.

Além disso, o uso dos flapes durante a decolagem reduz a corrida de decolagem.

A maioria dos flapes são conectados às partes mais baixas do bordo de fuga da asa, entre os ailerons e a fuselagem. Os flapes de bordo de ataque também são usados, principalmente em grandes aeronaves que voam a alta velocidade.

Quando eles estão recolhidos, eles se encaixam nas asas e servem como parte do bordo de fuga da asa.

Quando eles estão baixados ou estendidos, pivoteiam nos pontos de articulação e formam um ângulo de aproximadamente 45° ou 50° com a corda aerodinâmica da asa. Isso aumenta a cambra da asa e muda o fluxo de ar gerando maior sustentação.

Alguns tipos comuns de flapes são mostrados na figura 1-36.

O flape simples (figura 1-36A) forma o bordo de fuga da asa quando recolhido. Ele possui tanto a superfície superior como a inferior do bordo de fuga da asa.

O flape vertical simples (fig. 1-36B) fica normalmente alinhado com a cambra inferior da asa.

Ele assemelha-se ao flape simples, exceto pelo fato de que a cambra superior da asa estende-se até o bordo de fuga do flape e não se move. Geralmente esse tipo de flape não passa de uma chapa de metal presa por uma grande dobradiça.

As aeronaves que requerem uma área alar extra para ajudar na sustentação, geralmente utilizam flapes deslizantes ou "Fowler" (figura 1-36C).

Esse sistema, tal como no flape ventral, guarda o flape alinhado com a cambra inferior da asa. Mas ao invés do flape simplesmente cair preso por um ponto de articulação, seu

bordo de ataque é empurrado para trás por parafusos sem-fim.

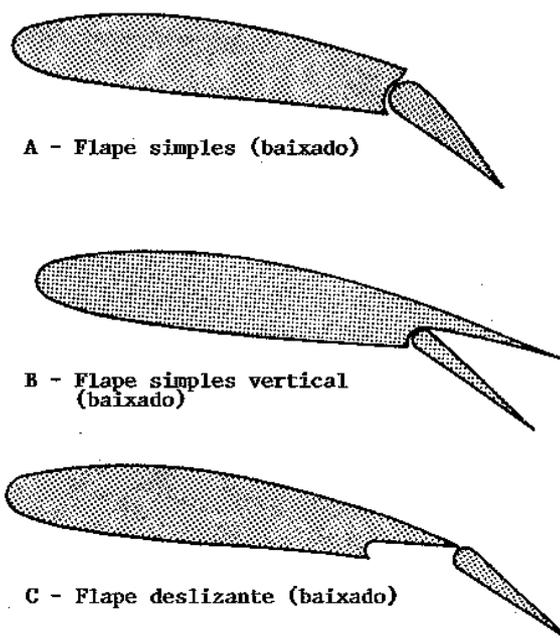


Figura 1-36 Flapes das asas.

Essa atuação provoca um efeito normal do flape e, ao mesmo tempo, aumenta a área alar.

A fig. 1-37 mostra um exemplo de flape deslizante, com três fendas, usado em algumas aeronaves de grande porte a jato. Esse tipo gera grande sustentação, tanto na decolagem como no pouso. Cada flape consiste de um flape dianteiro, um flape central e um traseiro. O comprimento da corda de cada flape se expande à medida que este é estendido, aumentando em muito a sua área. As fendas entre os flapes evitam o descolamento do fluxo de ar sobre a área.

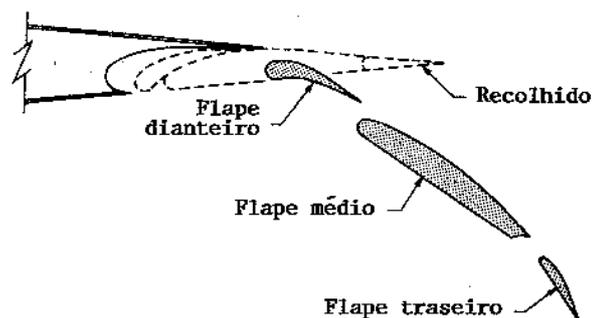


Figura 1-37 Flape deslizante com três fendas.

O flape de bordo de ataque (fig. 1-38) é semelhante em operação ao flape simples; ou seja, ele é articulado pelo lado inferior, e quando atuado, o bordo de ataque da asa estende-se para baixo para aumentar a cambra da asa. Os

flapes de bordo de ataque são utilizados em conjunto com outros tipos.



Figura 1-38 Seção em corte de um flape de bordo de ataque.

A fig. 1-34 mostra a localização dos flapes de bordo de ataque em uma aeronave multimotora de grande porte a jato. Os três flapes do tipo "KRUGER" estão instalados em cada uma das asas. Eles são peças de magnésio fundidas e torneadas com nervuras e reforçadores integrais. A armação de magnésio fundido de cada um é o principal componente estrutural, e consiste de uma seção reta oca, chamada de tubo de torque que estende-se a partir da seção reta na extremidade dianteira.

Cada flape de bordo de ataque possui três dobradiças tipo cotovelo (pescoço-de-ganso), presas a encaixes na parte fixa do bordo de ataque da asa, e há também uma carenagem para as articulações instalada no bordo de fuga de cada flape. A fig. 1-39 mostra um típico flape de bordo de ataque, recolhido com uma representação da posição estendida.

Os freios de velocidade, algumas vezes chamados flapes de mergulho, ou freios de mergulho servem para reduzir a velocidade de uma aeronave em vôo.

Esses freios são usados durante descidas íngremes ou durante a aproximação da pista para o pouso. Eles são fabricados em diferentes formas, e sua localização depende do desenho da aeronave e da finalidade dos freios.

Os painéis do freio podem localizar-se em certas partes da fuselagem ou sobre a superfície das asas.

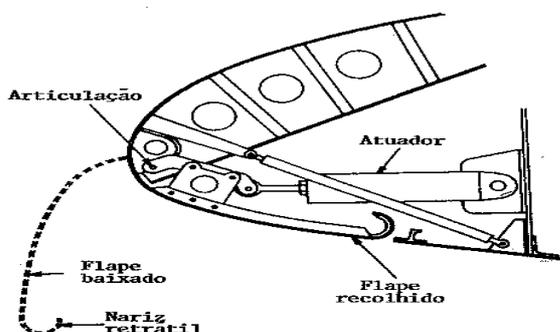


Figura 1-39 Flape de bordo de ataque.

Na fuselagem eles são pequenos painéis que podem ser estendidos no fluxo de ar suave para gerar turbulência e arrasto.

Nas asas, os freios podem ser canais de múltiplas seções que se estendem sobre e sob a superfície das asas para romper o fluxo suave do ar.

Geralmente os freios de velocidade são controlados por interruptores elétricos e atuados por pressão hidráulica.

Outro tipo de freio aerodinâmico é uma combinação de "spoiler" e freio de velocidade. Uma combinação típica consiste de "spoilers" localizados na superfície superior das asas à frente dos ailerons.

Quando o operador quer operar tanto os freios de velocidade como os "spoilers", ele pode diminuir a velocidade de vôo e também manter o controle lateral.

Os "spoilers" são superfícies auxiliares de controle de vôo, montados na superfície superior de cada asa, e operam em conjunto com os ailerons, no controle lateral.

A maioria dos sistemas de "spoilers" também pode ser estendido simetricamente para servir como freio de velocidade. Outros sistemas contêm "spoilers" de vôo e de solo separadamente.

A maioria dos "spoilers" consiste de estruturas de colmeia coladas em um revestimento de alumínio.

São fixados às asas através de encaixes articulados que são colados aos painéis de "spoiler".

## Compensadores

Um dos mais simples e importantes dispositivos auxiliares do piloto de uma aeronave é o compensador montado nas superfícies de comando.

Apesar do compensador não tomar o lugar da superfície de comando, ele é fixado a uma superfície de controle móvel e facilita seu movimento ou o seu balanceamento.

Todas as aeronaves, com exceção de algumas muito leves, são equipadas com compensadores que podem ser operados da cabine de comando.

Os compensadores de algumas aeronaves são ajustáveis apenas no solo.

A fig. 1-40 mostra a localização de um típico compensador de leme.

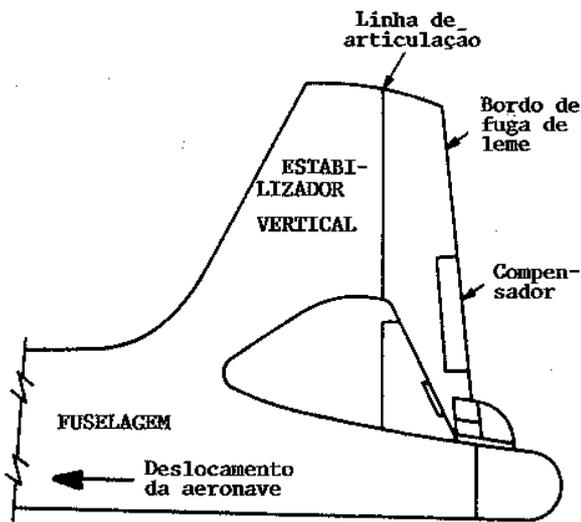


Figura 1-40 Localização típica do compensador de controle do leme de direção.

## TREM DE POUSO

O trem de pouso é o conjunto que suporta o peso da aeronave no solo e durante o pouso. Ele possui amortecedores para absorver os impactos do pouso e do táxi. Através de um mecanismo de retração, o trem de pouso fixa-se à estrutura da aeronave e permite ao trem estender e retrair. A arranjo do trem de pouso geralmente tem uma roda de bequilha ou de nariz.

Os arranjos com trem de nariz geralmente são equipados com controle direcional, e possuem algum tipo de proteção na cauda, como um patim ou um amortecedor de impacto (bumper).

Através de rodas e pneus (ou esquis), o trem de pouso forma um apoio estável com o solo durante o pouso e o táxi. Os freios instalados no trem de pouso permitem que a aeronave seja desacelerada ou parada durante a movimentação no solo.

## REVESTIMENTO E CARENAGENS

Quem dá o acabamento liso à aeronave é o revestimento. Ele cobre a fuselagem, as asas, a empenagem, as naceles e os compartimentos.

O material geralmente usado no revestimento de aeronaves é a chapa de liga de alumínio, com tratamento anti-corrosivo. Em quantidade limitada usa-se também o magnésio e o aço inoxidável. As espessuras dos revesti-

mentos de uma unidade estrutural podem variar, dependendo da carga e dos estresses impostos dentro e através de toda a estrutura.

Para suavizar o fluxo de ar sobre os ângulos formados pelas asas e outras unidades estruturais com a fuselagem, utilizam-se painéis estampados ou arredondados. Estes painéis ou revestimentos são chamados de carenagens. As carenagens são muitas vezes chamadas de acabamento. Algumas carenagens são removíveis para dar acesso aos componentes da aeronave, enquanto outras são rebitadas à estrutura da aeronave.

## PORTAS E JANELAS DE ACESSO E INSPEÇÃO

As portas de acesso permitem a entrada ou saída normal ou em emergência em uma aeronave. Elas também dão acesso aos pontos de lubrificação, abastecimento e dreno da aeronave. As janelas de inspeção dão acesso a partes particulares de uma aeronave durante sua inspeção ou manutenção. Podem ser presas por dobradiças ou totalmente removíveis. Elas são mantidas na posição fechada através de garras e travas, parafusos, dispositivos de soltura rápida ou presilhas. As janelas de acesso removíveis geralmente possuem um número que também é pintado no compartimento que ela fecha; outras têm impresso o nome do compartimento respectivo.

## ESTRUTURAS DE HELICÓPTERO

Tal como as fuselagens das aeronaves de asa fixa, as fuselagens de helicópteros podem ser formadas por uma treliça de tubos soldados ou alguma forma de construção monocoque.

Apesar de suas configurações de fuselagem variarem muito, a maioria das fuselagens de helicóptero utilizam membros estruturais semelhantes aos utilizados nas aeronaves de asas fixas.

Por exemplo, a maioria dos helicópteros possuem membros verticais como as paredes, falsas nervuras, anéis e cavernas. Eles também possuem membros longitudinais como vigas de reforço e longarinas.

Além disso, as placas de reforço, juntas e o revestimento, ajudam a manter os outros membros estruturais unidos.

As seções básicas de fuselagem e cone de cauda de um helicóptero típico são estruturas convencionais, metálicas e rebitadas incorporando paredes de liga de alumínio, vigas, canais e reforçadores.

Os painéis de revestimento que sofrem estresse podem ser lisos ou possuir rebordos. A parede de fogo e o compartimento do motor são geralmente de aço inoxidável. O cone de cauda é geralmente semi-monocoque com paredes modeladas em alumínio, com longarinas extrudadas e painéis de revestimento, ou de tubos de aço soldados.

Os componentes estruturais maiores de um tipo de helicóptero são mostrados na figura 1-41.

Os membros da cauda de um helicóptero variam muito, dependendo do tipo e do desenho. Neste caso, o estabilizador está montado em um pilone.

Em outros casos, o estabilizador pode estar montado no cone de cauda do helicóptero ou na fuselagem. Em ambos os casos, tanto o pilone como o estabilizador contém membros estruturais de liga de alumínio com revestimento de liga de magnésio.

Os tipos de membros estruturais usados, contudo, variam muito. Um pilone geralmente possui paredes, falsas nervuras, cavernas, vigas de reforço e vigas, fazendo-o uma mistura de membros estruturais de asa e de fuselagem. O estabilizador geralmente é construído como uma asa, com nervuras e longarinas.

Em um helicóptero típico, a cauda, a fuselagem, e o cone de cauda são construídos em revestimento metálico trabalhante e membros metálicos de reforço. A cabine do helicóptero é normalmente de “plexiglass”, suportado por tubos de alumínio em alguns modelos.

A figura 1-42 mostra um grande helicóptero monomotor. Ele é totalmente metálico e é basicamente composto de duas seções maiores, a cabine e o cone de cauda.

A seção da cabine é também dividida entre o compartimento de passageiros e o compartimento de carga, são nesses compartimentos que são transportados tripulação, passageiros, carga, tanque de combustível e óleo, controles e grupo motopropulsor.

Em helicópteros multi-motores, os motores são geralmente montados em naceles diferentes.

Como mostrado na fig. 1-42, a seção traseira de um helicóptero típico, monomotor, consiste de um cone de cauda, a barbatana (FIN), alojamento da caixa de 45°, o pilone do rotor de cauda, e a carenagem do fim da cauda.

O cone de cauda é parafusado à traseira da seção dianteira e suporta o rotor de cauda, os eixos de acionamento do rotor de cauda, os estabilizadores, a caixa de 45° e o pilone do rotor de cauda. O cone de cauda é de liga de magnésio e liga de alumínio.

A caixa de 45° é parafusada ao fim do cone de cauda.

Os estabilizadores de compensação estendem-se em ambos os lados do cone de cauda à frente da caixa de 45°.

Os membros estruturais do helicóptero são para resistir a um determinado estresse. Um único membro da estrutura de um helicóptero pode estar sujeito a uma combinação de estresses.

Na maioria dos casos é preferível que os membros estruturais suportem esforços em suas extremidades que em suas laterais; ou seja, que seja submetido a tensão ou compressão ao invés de flexão.

Os membros são geralmente combinados a uma treliça que suporta as cargas finais. Em uma estrutura típica “Pratt”, os membros longitudinais e verticais são tubos ou hastes capazes de suportar cargas de compressão.

Os membros não-estruturais que não são removíveis do helicóptero geralmente são fixados por rebitagem ou por soldagem a ponto.

A rebitagem é o método mais comum para a fixação de chapas de liga de alumínio. As partes que podem ser removidas da estrutura do helicóptero são geralmente parafusadas.

Usam-se materiais transparentes para os pára-brisas e janelas e, às vezes, para cobrir partes que requeiram uma inspeção visual frequente.

Peças de plástico transparente e vidro laminado são os materiais mais comumente usados.

Alguns fabricantes de helicópteros utilizam fibra-de-vidro como um substituto leve para certas partes metálicas, uma vez que a fibra-de-vidro é de fácil manuseio, possui um alto índice resistência-peso, e resiste ao mofo, à corrosão e ao apodrecimento por fungos.

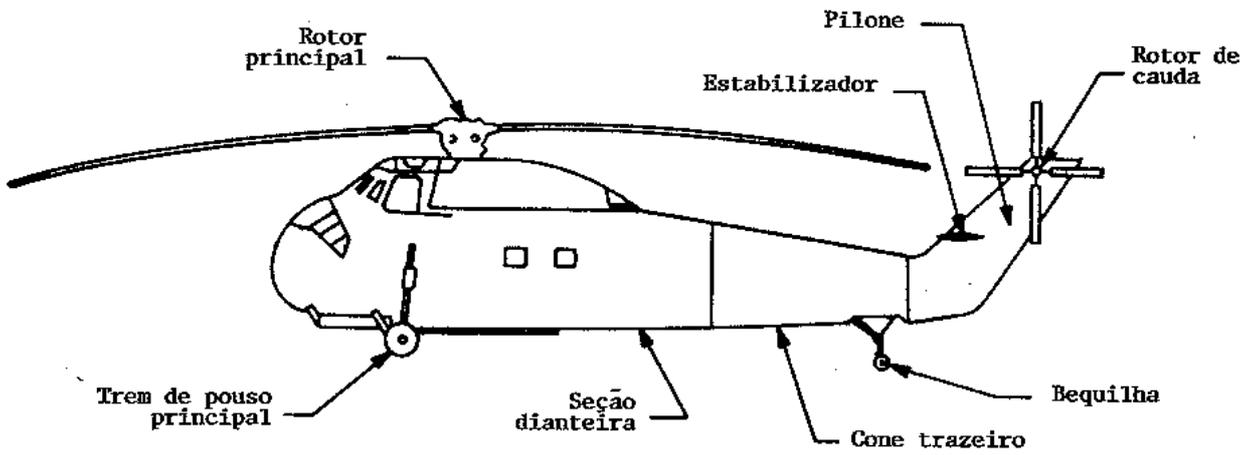


Figura 1-41 Componentes estruturais de um helicóptero típico.

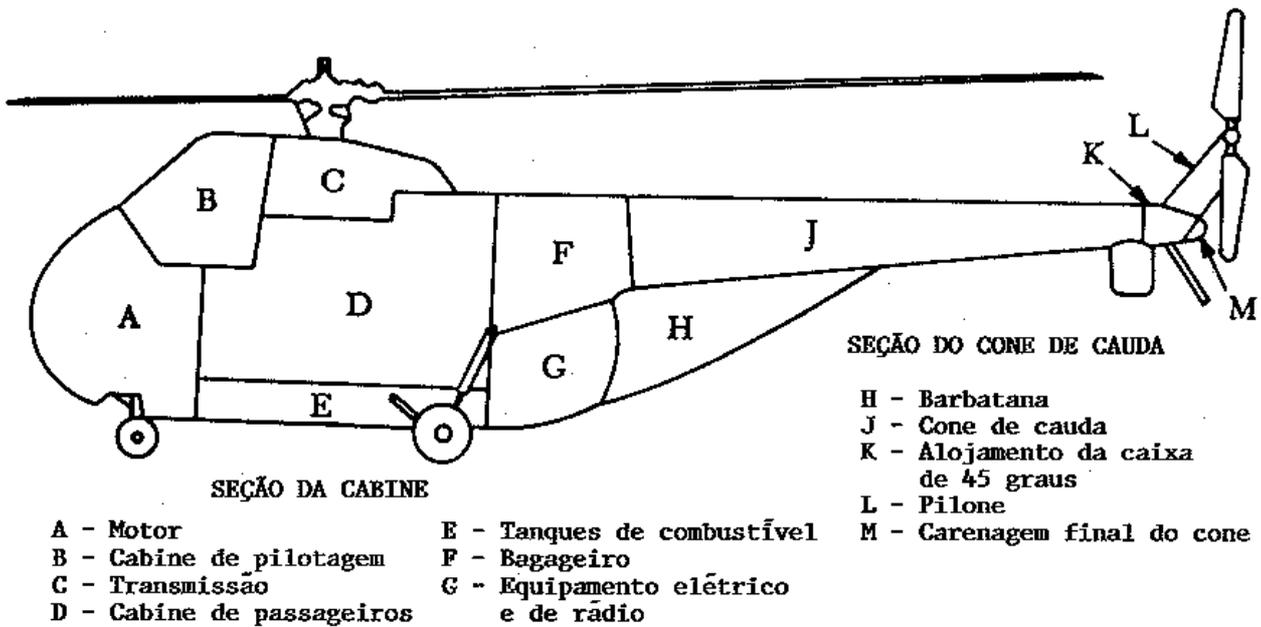


Figura 1-42 Localização dos componentes principais de um helicóptero.