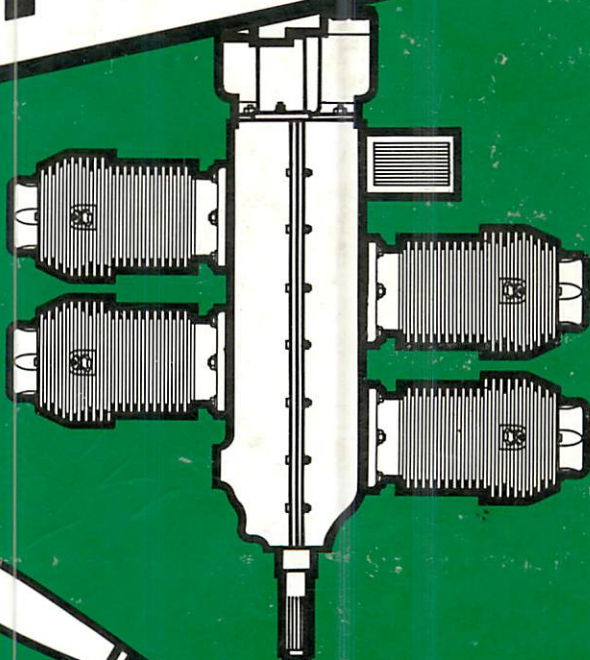
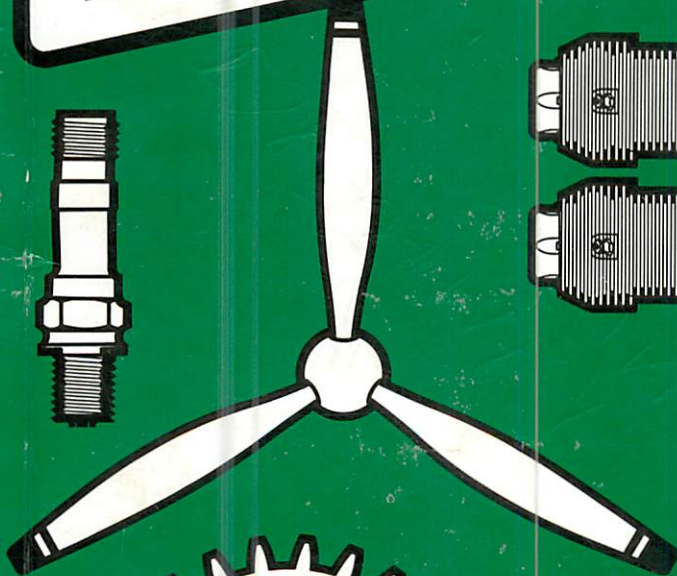


JORGE M. HOMA

AERONAVES E MOTORES



**CONHECIMENTOS
TÉCNICOS**

Jorge M. Homa
Engenheiro Aeronáutico pelo
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

AERONAVES E MOTORES

29ª Edição
2009

CONHECIMENTOS TÉCNICOS



EDITORA ASA

Apresentação

Este livro contém a totalidade do conteúdo programático da matéria *Conhecimentos Técnicos das Aeronaves*, para piloto privado. Destina-se, portanto, a preparar o candidato aos exames teóricos exigidos pelo Ministério da Aeronáutica.

Embora alguns assuntos estejam pouco relacionados ao piloto privado (ex: pressurização, piloto automático, sistema diretor de vôo, machímetro, CADC, etc), eles fazem parte do conteúdo programático da matéria, mesmo que não tenham sido ainda objeto de questões nos exames do DAC.

Foi adicionado um capítulo sobre motores a reação, para ajudar os alunos dos cursos para piloto comercial, uma vez que este livro tem sido usado para esses cursos, com as necessárias complementações por parte dos professores.

Sabendo que muitos alunos dispõem de pouco tempo para estudo, tudo foi feito para eliminar assuntos desnecessários, e as explicações tentam ser claras e, ao mesmo tempo, resumidas. Todavia, solicitamos aos senhores professores e alunos que porventura encontrarem erros ou pontos não muito claros, que entrem em contato com a editora, para tornar possível o aperfeiçoamento deste material didático, em benefício de todos aqueles que estudam para se tornarem pilotos em futuro próximo.

Jorge M. Homa

**Obra escrita, ilustrada, diagramada e
composta pelo autor.**

**Direitos autorais registrados
na Biblioteca Nacional, sob Nº 38 109.**

Índice

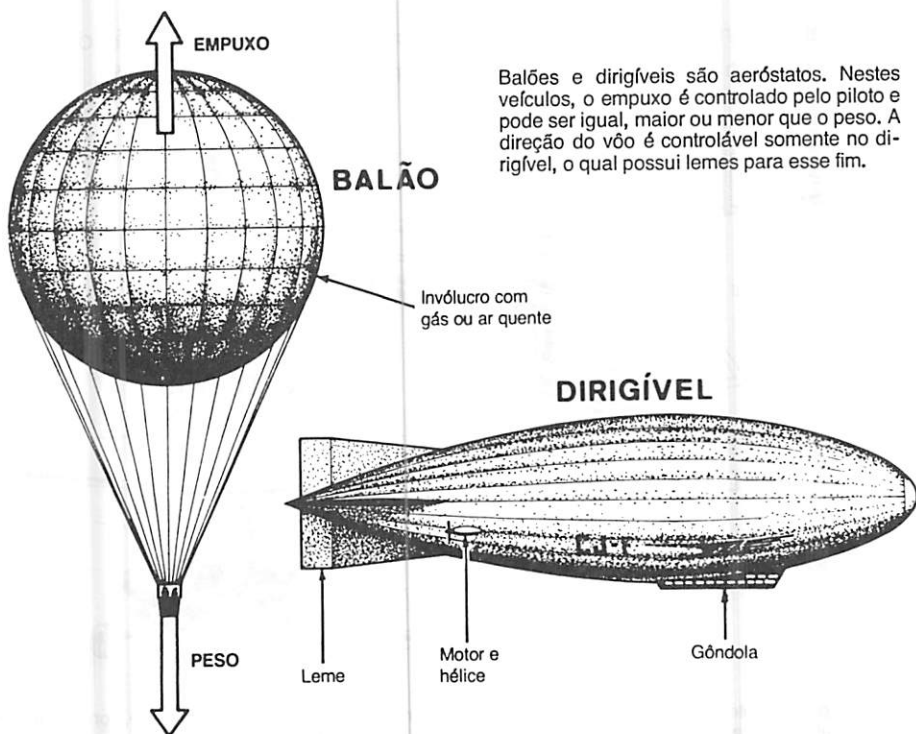
1. Aeronaves	1
2. A estrutura do avião	4
3. Controles de voo	13
4. Trem de pouso	14
5. Sistema hidráulico	22
6. Motores – generalidades	25
7. Motores a pistão	30
O motor a quatro tempos	31
O motor a dois tempos	38
8. Os componentes do motor	40
9. Performance do motor	48
10. Operação do motor	53
11. Sistema de alimentação	59
Sistema de indução	60
Sistema de superalimentação	61
Sistema de formação de mistura	63
12. Carburacção e injeção	64
13. Sistema de combustível	72
14. Combustíveis	75
15. Sistema de lubrificação	80
16. Sistema de resfriamento	89
17. Sistema eléctrico	92
18. Sistema de ignição	104
19. Hélices	110
20. Instrumentos	115
21. Sistema de protecção contra fogo	125
22. Outros sistemas	128
Sistema de degelo e antigelo	128
Sistema de calefação	129
Sistema de refrigeração	129
Sistema de pressurização	130
Sistema de ar condicionado	131
Sistema pneumático	131
Sistema de oxigénio	133
Sistema de iluminação externa	134
Piloto automático	134
23. Inspeção e manutenção	136
24. Motores a reacção	140
Questionário	155
Respostas	187

aeronaves

1

1. **Conceituação** – Aeronave é todo aparelho capaz de se sustentar e navegar no ar.
2. **Classificação** – As aeronaves classificam-se em aeróstatos e aeródinos.
3. **Aeróstatos** são aeronaves baseadas no *Princípio de Arquimedes* da Física e vulgarmente conhecidos como “*veículos mais leves que o ar*”.

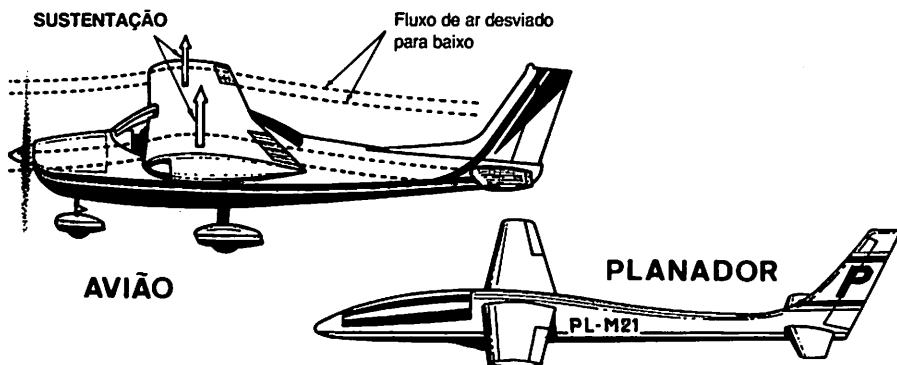
Princípio de Arquimedes – “Todo corpo mergulhado num fluido recebe um empuxo para cima igual ao peso do fluido deslocado”.



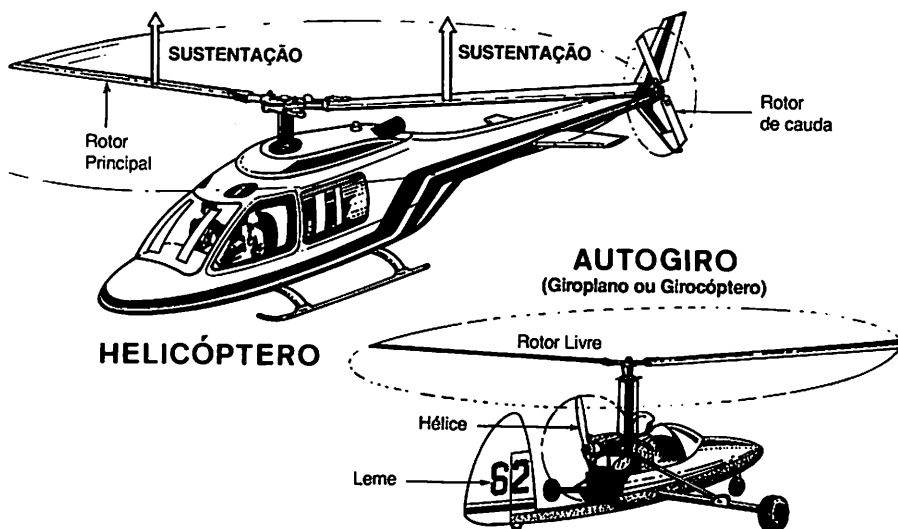
4. **Aeródinos** são aeronaves baseadas na Lei da Ação e Reação (3ª Lei de Newton).

Lei da Ação e Reação – “A toda ação corresponde uma reação de igual intensidade, em sentido contrário”.

5. O avião e o planador são aeródinos de asa fixa. Suas asas desviam o ar para baixo, criando uma reação aerodinâmica para cima, denominada *sustentação*.



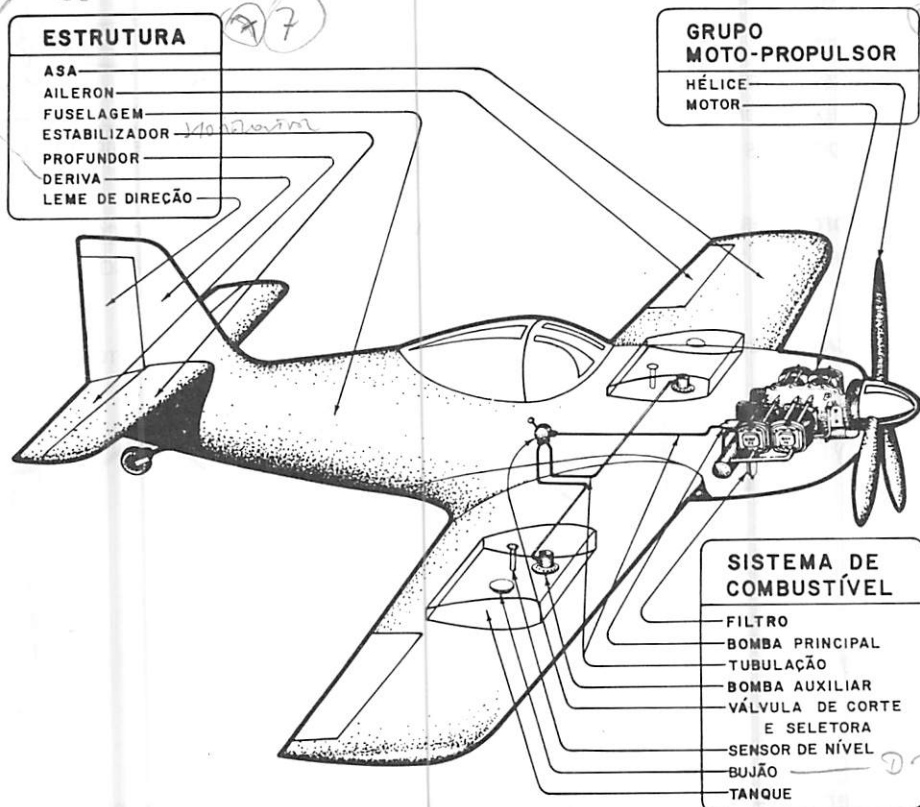
6. O helicóptero e o autogiro são aeródinos de asa rotativa. As pás do rotor giram, criando sustentação da mesma forma como as asas do avião.



NOTA: No helicóptero, o rotor principal pode ser ligeiramente inclinado para a frente, fornecendo propulsão. No autogiro, a propulsão é produzida por uma hélice.

7. **O avião e seus componentes** — Os componentes do avião podem ser classificados em três grandes grupos:

- a. **Estrutura** — é a carcaça ou corpo que dá forma ao avião, aloja os ocupantes e a carga, e fixa os demais componentes.
- b. **Grupo Moto-propulsor** — fornece a propulsão ou força responsável pelo deslocamento do avião no ar.
- c. **Sistemas** — são conjuntos de diferentes partes destinadas a cumprir uma determinada função. Exemplos: sistema elétrico, sistema de combustível, sistema de ar condicionado, piloto automático, etc.



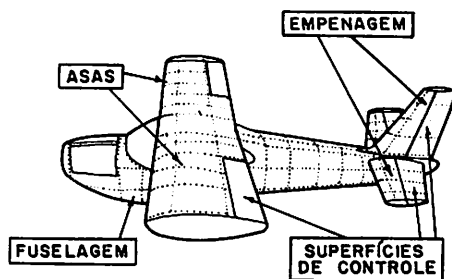
NOTA: Evidentemente, o avião ilustrado acima não está completo. Além do sistema de combustível mostrado, existem outros sistemas que foram omitidos para clareza.

a estrutura do avião

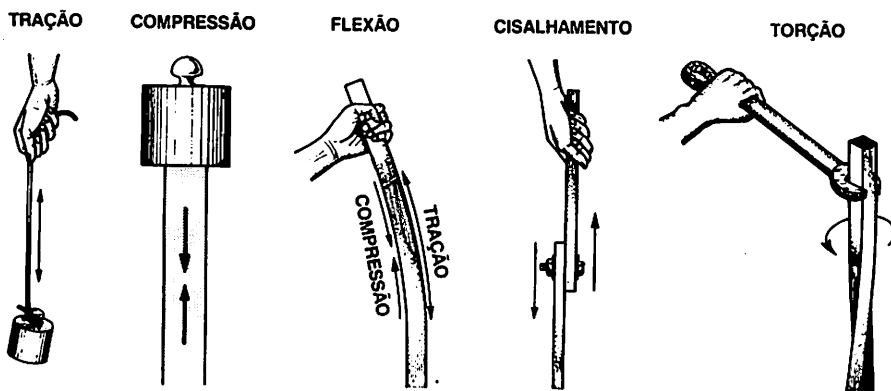
2

1. **Partes principais** – A ilustração ao lado mostra os componentes básicos da estrutura (ou **célula**) de um avião:

- . asas
- . fuselagem
- . empenagem
- . superfícies de controle

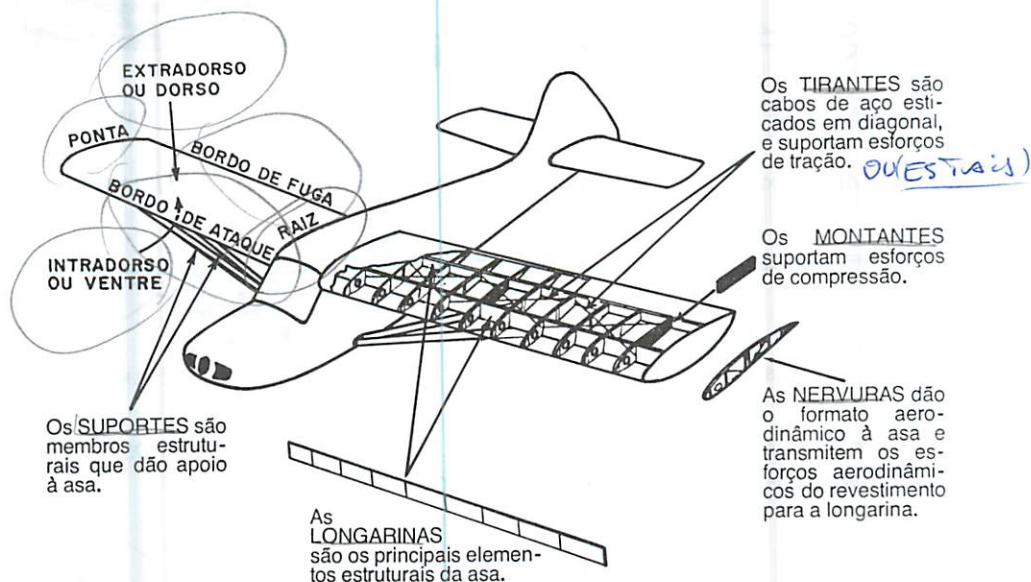


2. **Esforços estruturais** – A estrutura deve resistir a diversos esforços durante a operação do avião. Os principais tipos de esforços estão ilustrados abaixo:

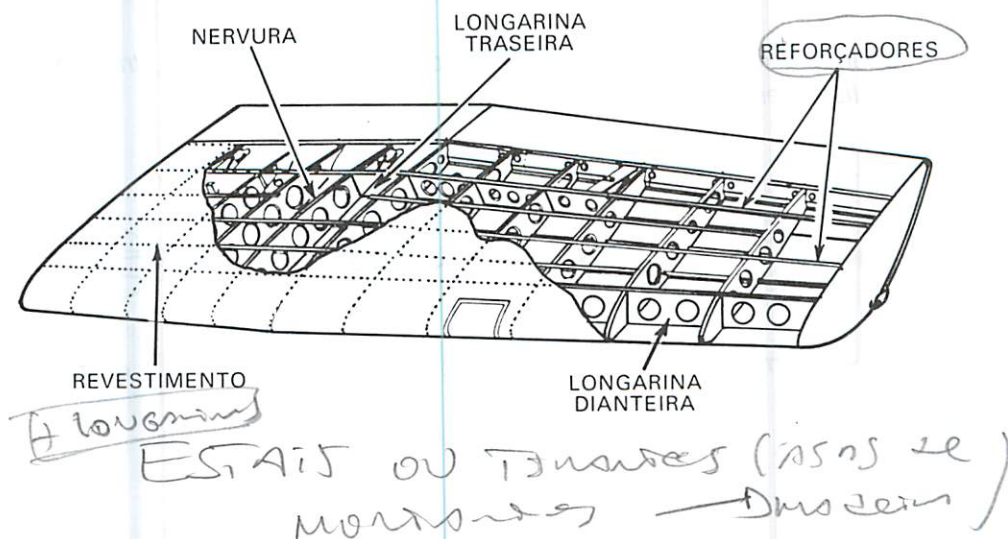


3. **Materiais** – Os materiais da estrutura devem ser leves e resistentes. Os mais utilizados são as ligas de alumínio, mas existem também aviões feitos com tubos de aço soldados e recobertos com tela. Os materiais mais modernos são os plásticos reforçados com fibras de vidro, carbono ou o kevlar®.

4. **Asas** — As asas têm a finalidade de produzir a sustentação necessária ao voo. A figura abaixo mostra a estrutura típica de um avião leve recoberto com tela. Esse revestimento não é resistente; ele se destina a suportar apenas a pressão aerodinâmica.



A figura abaixo mostra uma asa metálica. Nota-se a ausência de tirantes e montantes, os quais são desnecessários porque o revestimento metálico é resistente (o mesmo vale para revestimentos plásticos ou de madeira).

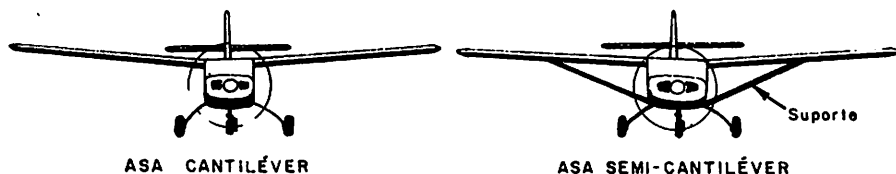


5. Classificação dos aviões quanto à asa

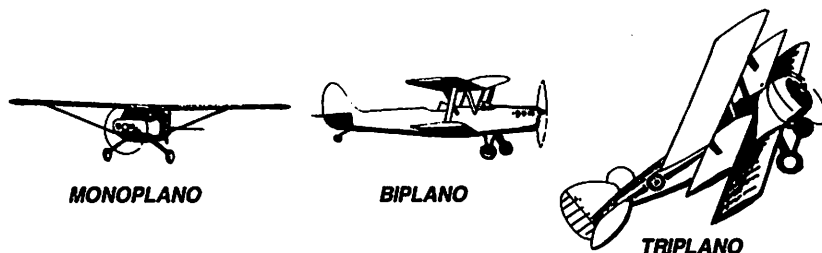
Quanto à localização da asa na fuselagem, os aviões podem ser de asa baixa, média, alta ou parassol.



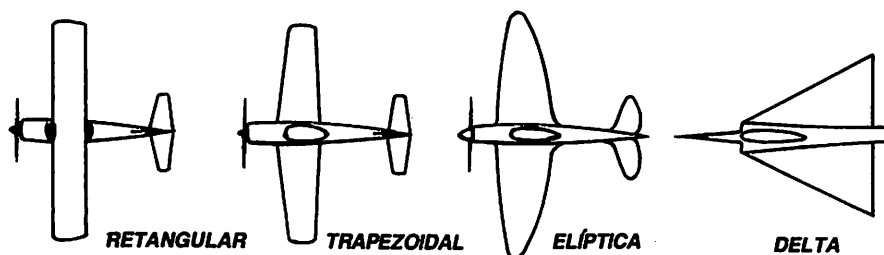
Quanto à fixação, as asas podem ser do tipo cantiléver ou semi-cantiléver.



Quanto ao número de asas, os aviões podem ser monoplanos ou biplanos; antigamente haviam também triplanos, quadriplanos, etc.

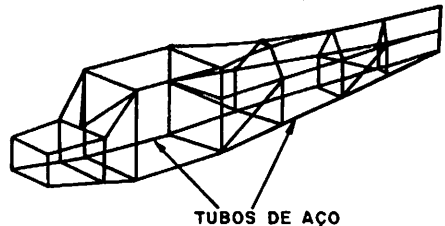


Quanto à forma em planta, as asas podem ser retangulares, trapezoidais, elípticas, "em delta", etc.

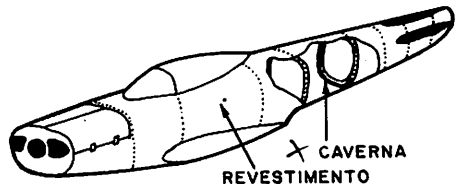


6. **Fuselagem** – A fuselagem é a parte do avião onde estão fixadas as asas e a empenagem. Ela aloja os tripulantes, passageiros e carga; contém ainda os sistemas do avião e, em muitos casos, o trem de pouso, o motor, etc. Os três principais tipos de estrutura da fuselagem são:

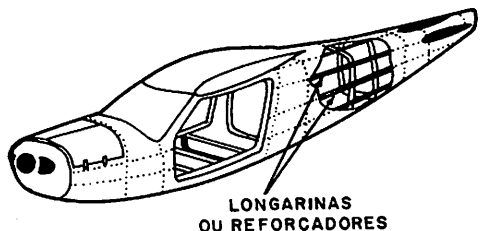
Estrutura tubular – é formada por tubos de aço soldados, podendo conter cabos de aço esticados em diversos pontos, para suportar esforços de tração. Externamente é recoberto com tela, que funciona apenas como revestimento, não resistindo a esforços.



Estrutura monocoque – neste tipo de estrutura, o formato aerodinâmico é dado pelas cavernas. Os esforços são suportados por essas cavernas e também pelo revestimento, que é geralmente feito de chapa metálica (ligas de alumínio), plástico reforçado ou contraplacado de madeira.



Estrutura semi-monocoque – este tipo de estrutura é o mais utilizado nos aviões atuais. É formado por cavernas, revestimento e longarinas, todos os quais resistem aos esforços aplicados ao avião. Os materiais utilizados são os mesmos da estrutura monocoque.

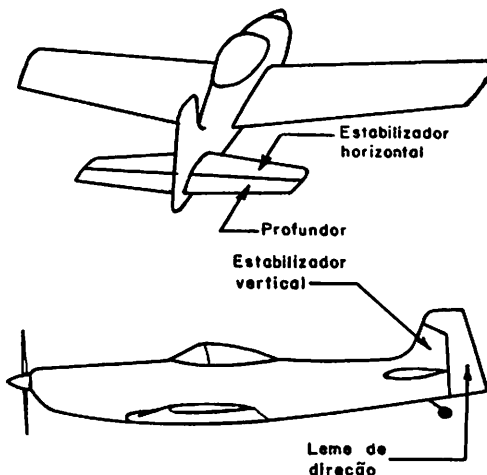


TEM LONGARINAS
LONGARINAS + LONGARINAS
NECITANDO

7. **Empenagem** – A empenagem é um conjunto de superfícies destinadas a estabilizar o voo do avião. Geralmente compreende duas partes:

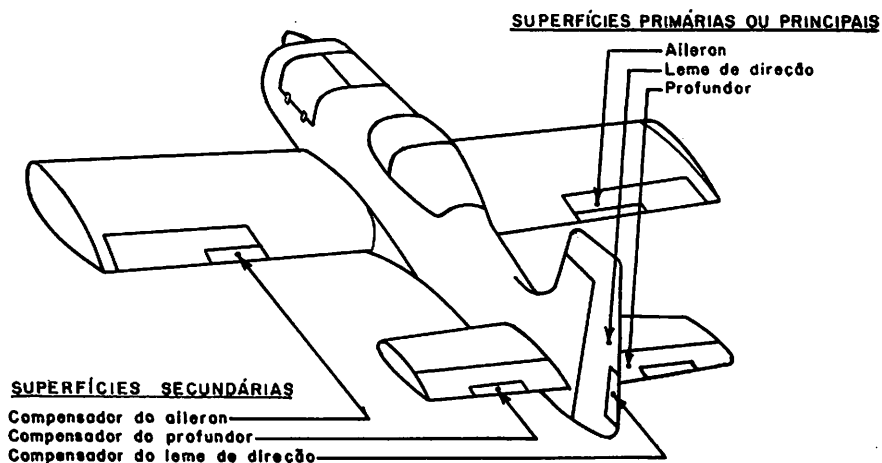
Superfície horizontal – Esta superfície se opõe à tendência de levantar ou abaixar a cauda. Geralmente é formada por um estabilizador horizontal fixo e um profundor móvel. Pode ser também inteiriço e todo móvel.

Superfície vertical – esta superfície se opõe à tendência de guinar (desviar para a direita ou esquerda). Geralmente é constituída por um estabilizador vertical (deriva) fixo e um leme de direção móvel.

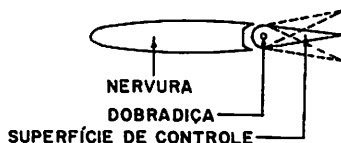


8. **Superfícies de controle ou de comando** – São as partes móveis da asa e da empenagem, geralmente localizadas nos bordos de fuga, e fixadas através de dobradiças, tendo como função controlar o voo do avião. As superfícies de controle dividem-se em:

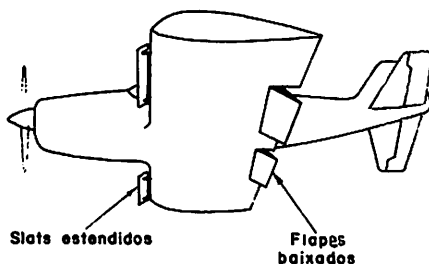
- a. *Superfícies Primárias ou Principais*
- b. *Superfícies Secundárias*



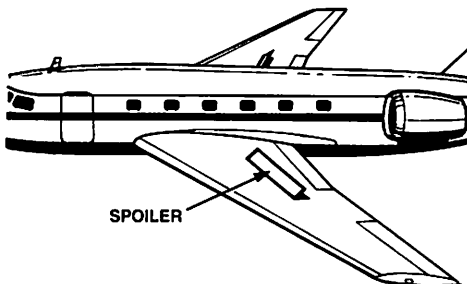
9. A estrutura das superfícies de controle é semelhante à das asas, embora seja mais simplificada. O movimento é efetuado através de um mecanismo denominado *Sistema de Controle de Voo*, que será estudado no próximo capítulo.



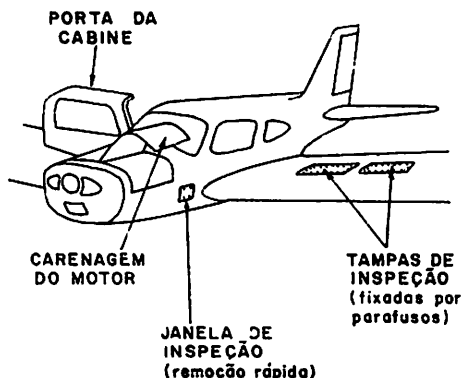
10. **Flapes e "Slats"** – Ambos são denominados *dispositivos hipersustentadores* porque permitem à asa produzir maior sustentação. São úteis no pouso ou mesmo na decolagem, pois tornam possível levantar voo ou aterrissar com menor velocidade.



11. **SPOILERS** – Os *spoilers* ou freios aerodinâmicos têm como principal função impedir que a velocidade do avião aumente excessivamente durante uma descida. São geralmente usados em aviões de alta velocidade e podem também auxiliar na função dos ailerons, como veremos no próximo capítulo.



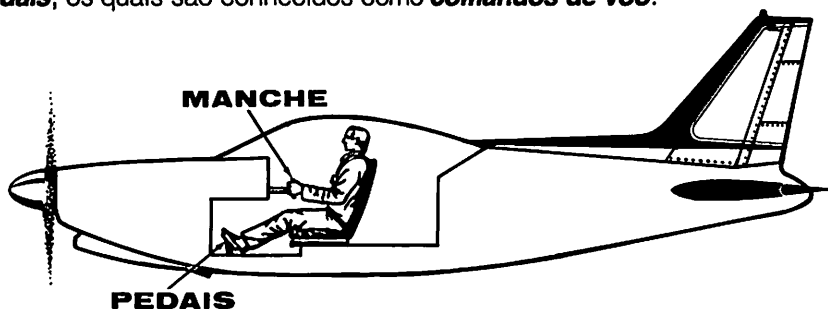
12. **Componentes secundários da estrutura** – Fazem ainda parte da estrutura da aeronave as carenagens, portas, janelas de inspeção e tampas diversas que facilitam a manutenção. Outras partes, como naceles, flutuadores, tanques de ponta de asa, não serão estudadas, pois pertencem a cursos mais especializados.



controles de vôo

3

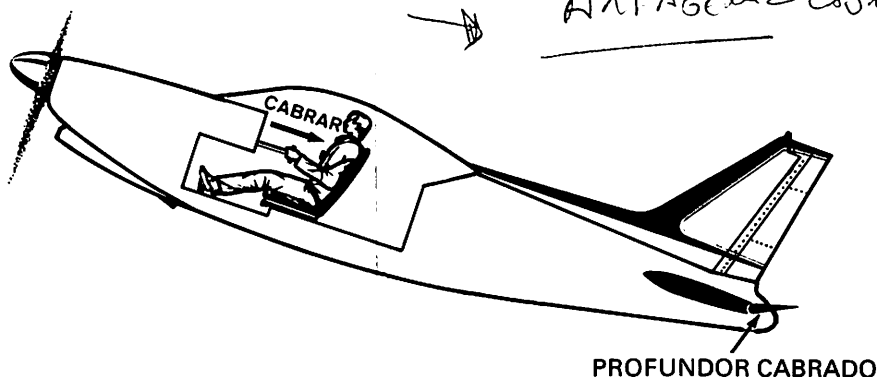
1. **Conceituação** – O Sistema de Controle de Vôo é o mecanismo que movimenta as superfícies de controle do avião — o profundor, os ailerons, o leme e os compensadores. Ele é acionado pelo piloto, através do **manche** e dos **pedais**, os quais são conhecidos como **comandos de vôo**.



2. O manche é acionado pelas mãos do piloto. Os dois tipos de manche mais comuns estão ilustrados abaixo.



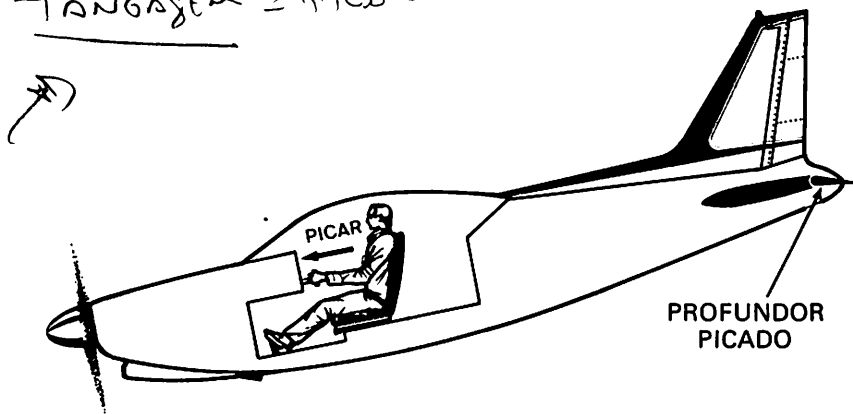
3. O manche é utilizado para *cabrar* e *picar* o avião. **Cabrar** significa erguer o nariz do avião, puxando o manche.



Quando cabrado, o profundor provoca uma reação aerodinâmica do ar que escoa no profundor, baixando a cauda do avião e, conseqüentemente, erguendo o nariz.

4. **Picar** significa baixar o nariz do avião, empurrando o manche para a frente.

TANGAGEM = Picar

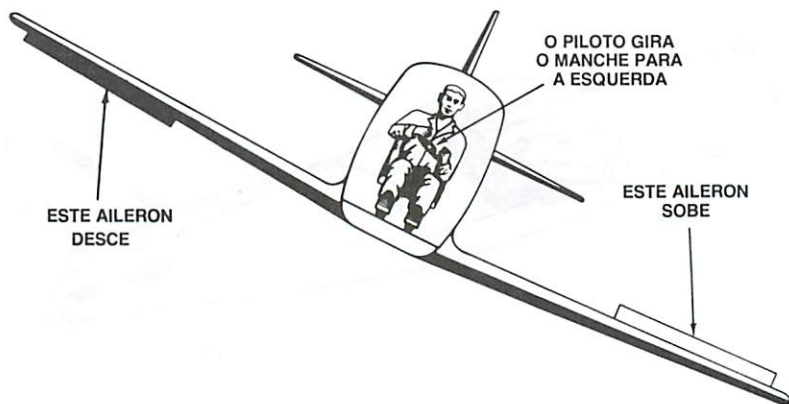


5. Os movimentos de cabrar e picar são denominados movimentos de **arfagem** ou **tangagem** (do francês, "tangage").

NOTA: temos como **tangagem**, que não constam nos dicionários, serão também apresentados neste livro, pois o leitor poderá necessitá-los eventualmente.

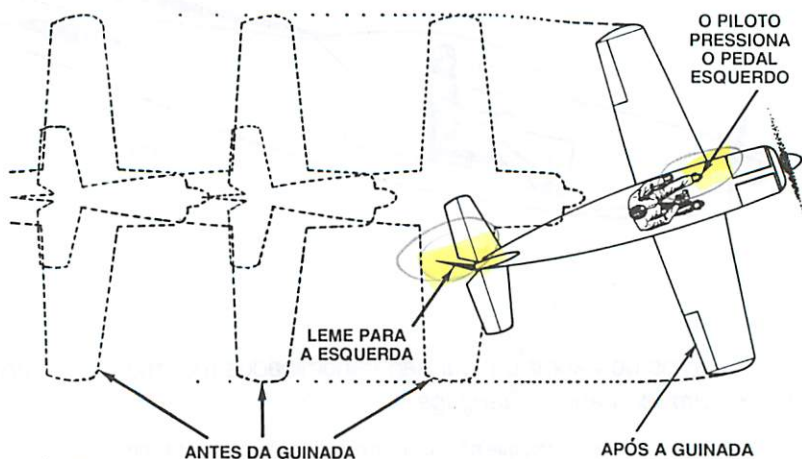
Prova

6. O manche pode ser também girado (ou deslocado, se for do tipo "bastão") para os lados, a fim de rolar ou inclinar o avião.



Em muitos aviões a jato, essa inclinação pode ser efetuada através dos *spoilers*, que complementam a ação dos ailerons. A forma de atuação depende do tipo do avião.

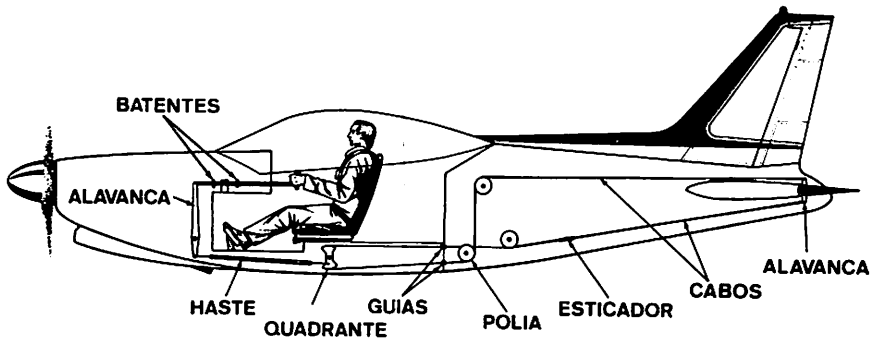
7. O movimento de rolagem é também conhecido como **rolamento**, **inclinação lateral** ou "**bancagem**" (do inglês, "**to bank**").
8. Os pedais servem para guinar o avião, isto é, desviar o nariz para a direita ou para a esquerda.



*o leme desvia
o nariz para a esquerda*

pedal esquerdo

9. O mecanismo do sistema de controle (ou comandos) de vôo é formado pelo manche, pedais, alavancas, cabos, quadrantes, polias, esticadores, etc. A figura abaixo mostra um sistema típico de comando do profundor de um avião leve.



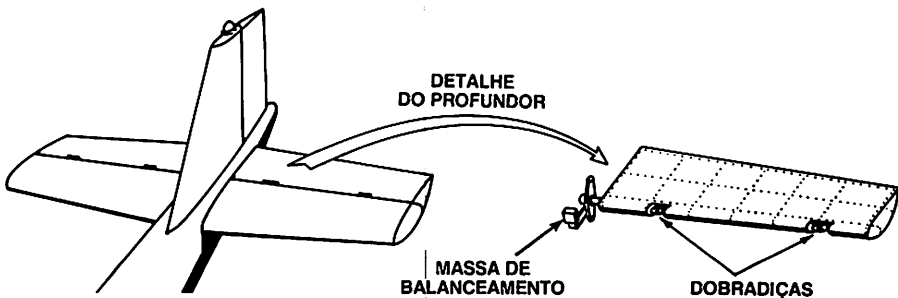
10. **Verificações e Ajustes** – Nos aviões leves, as principais verificações e ajustes (a serem feitos pelo mecânico), são os seguintes:

Alinhamento dos comandos – Quando o manche e os pedais estiverem nas posições neutras, as superfícies de comando também devem estar nas posições neutras.

Ajuste dos batentes – Os batentes devem ser ajustados (quando possível) para limitar o movimento das superfícies de comando, evitando que o piloto sobrecarregue a estrutura, através de movimentos exagerados.

Ajuste da tensão dos cabos – A tensão deve ser ajustada de acordo com as especificações do fabricante. Cabos frouxos podem reduzir ou mesmo anular a ação dos comandos, e cabos muito esticados podem tornar os comandos "duros" e provocar desgaste nos componentes do sistema.

Balanceamento das superfícies – Algumas superfícies de controle são balanceadas para compensar o efeito da massa ou peso dessas superfícies. Esse balanceamento deve ser verificado principalmente após execução de um reparo ou pintura na superfície de comando.



trem de pouso

4

1. **Conceituação** – O trem de pouso é o conjunto das partes destinadas a apoiar o avião no solo, e ainda:
 - . amortecer os impactos do pouso
 - . frear o avião
 - . controlar a direção no **taxiamento** ou manobras no solo
2. Existem aviões que operam no meio aquático, e outros no meio terrestre. Nesse sentido, os aviões classificam-se em hidroaviões (ou hidroplanos), aviões terrestres e aviões anfíbios.



**HIDROPLANO
ou HIDROAVIÃO**



AVIÃO TERRESTRE



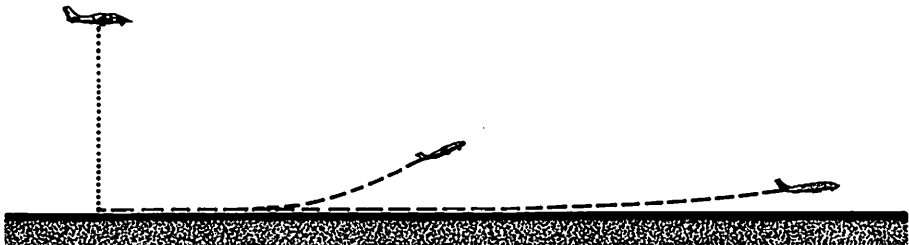
AVIÃO ANFÍBIO

3. Quanto à distância de pouso e decolagem, há três tipos de aviões:

**VTOL (Vertical Take-off
and Landing ou Decolagem
e Pouso Verticais)**

**STOL (Short Take-off
and Landing ou Decolagem
e Pouso Curtos)**

**CTOL (Conventional Take-off
and Landing ou Decolagem
e Pouso Convencionais)**



4. Quanto à sua mobilidade, o trem de pouso pode ser fixo, retrátil ou escamoteável.



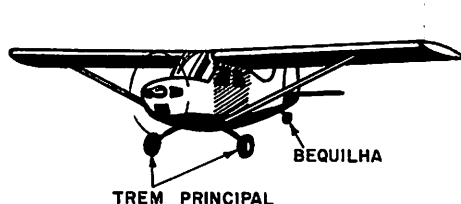
Trem de Pouso Fixo

Trem Retrátil

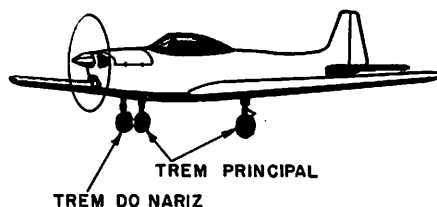
Trem de Pouso Escamoteável

O trem é recolhido através de um mecanismo hidráulico ou elétrico, ou então um sistema manual de emergência. Depois de o piloto acionar uma chave ou alavanca para baixar o trem, acende-se uma luz no painel para cada "perna" do trem de pouso, avisando que elas estão baixadas e **travadas**.

5. Quanto à disposição das rodas, o trem de pouso pode ser *convencional* ou *tríciclo*.

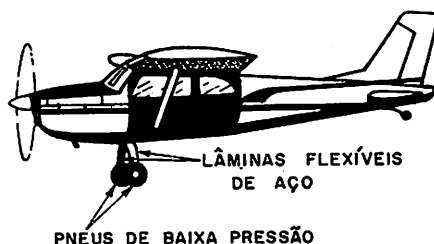


Trem de Pouso Convencional



Trem de Pouso Tríciclo

6. O trem de pouso de mola é o tipo mais simples. Consiste numa lâmina ou tubo de aço flexível que atua como mola, absorvendo o impacto do pouso. Porém a mola não amortece o impacto, isto é, não dissipa a energia absorvida. Em vez disso, ela a devolve ao avião, podendo fazê-lo saltar de volta ao ar. Isso pode ser evitado através de um pouso cuidadoso e suave.



Trem de Pouso de Mola

7. Em alguns aviões, a estrutura do trem de pouso é rígida e articulada. O amortecimento é realizado por grossos aros de borracha. Num pouso, o trem abre-se para os lados, esticando os aros de borracha e absorvendo o impacto do choque. Os amortecedores de borracha podem também ter a forma de discos ou cordas (denominadas *sandows*) e estão se tornando obsoletos.



Trem de Pouso Articulado com Amortecedores de Borracha

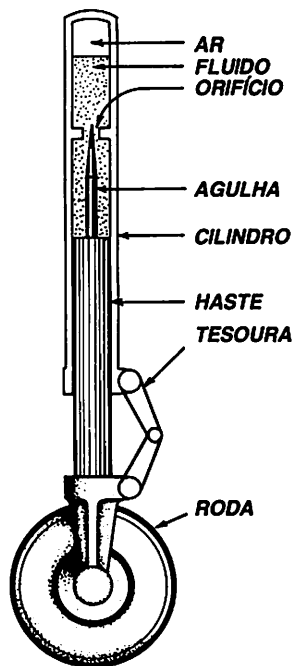
8. **Amortecedores Hidráulicos** – O amortecedor hidráulico é constituído por uma haste que desliza dentro de um cilindro contendo um fluido oleoso. Esse fluido realiza o amortecimento do impacto, e uma mola externa (não mostrada na figura) suporta o peso do avião.

Amortecedores hidropneumáticos –

Neste amortecedor, que é também chamado *óleo-pneumático*, o ar ou gás dentro do cilindro é comprimido a uma pressão suficientemente elevada para suportar o peso do avião. Isso elimina a mola e melhora o funcionamento do conjunto.

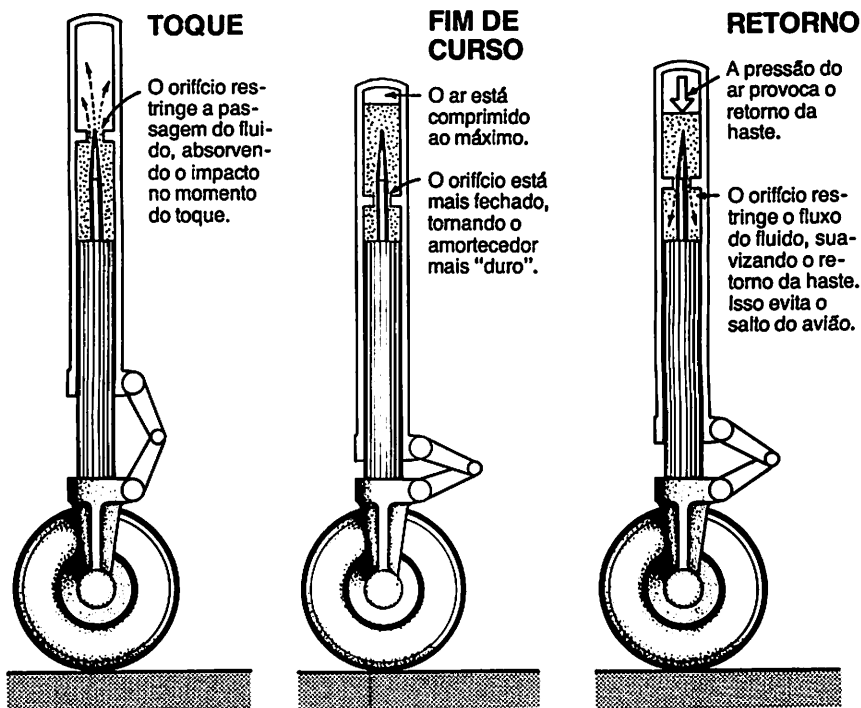
O amortecimento através do fluido é bastante eficaz e praticamente evita o salto do avião, mesmo em pousos relativamente mal executados.

Na figura ao lado, convém observar a tesoura, que serve para manter o alinhamento da roda enquanto a haste se recolhe, e o orifício e a agulha (ou um tubo especial chamado *tubo-orifício*), que restringem o movimento do fluido.



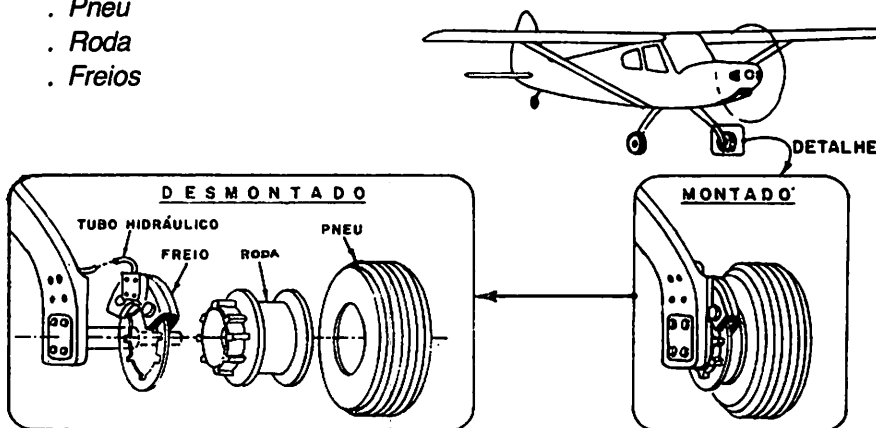
Partes Principais de um Amortecedor Hidropneumático

9. A figura abaixo mostra o funcionamento do amortecedor hidropneumático:



10. **Conjunto das Rodas** – Esse conjunto tem a finalidade de permitir a rolagem do avião no solo e a sua freagem. Suas partes constituintes são:

- . Pneu
- . Roda
- . Freios

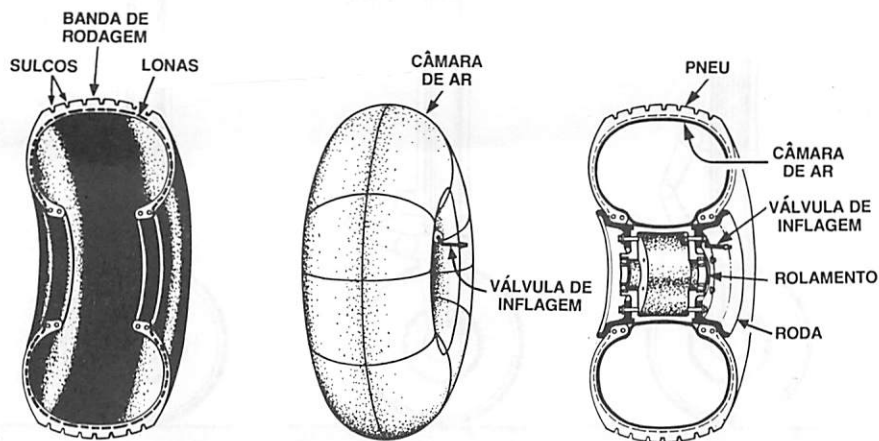


11. Os pneus e as rodas são basicamente semelhantes aos dos automóveis, conforme podemos observar na figura abaixo:

Vemos aqui um pneu cortado, mostrando as lonas que formam a sua carcaça resistente. A banda de rodagem é a superfície desgastável, e os sulcos permitem a fuga da água, evitando que o pneu deslize numa pista molhada.

A câmara de ar fica dentro do pneu, e serve para conter o ar de inflagem. A pressão do ar é suportada pelo pneu, e não pela câmara. Existem também os **pneus sem câmara**, que são suficientemente vedados para evitar a fuga do ar.

A figura abaixo mostra a roda montada. As rodas dos aviões são geralmente feitas de liga de metal leve. Além disso, são desmontáveis para permitir a colocação e a retirada do pneu (os pneus dos aviões não podem ser removidos "à força", como nos automóveis).

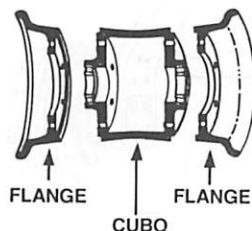


Além dos pneus "com câmara" e "sem câmara", temos ainda os pneus de:

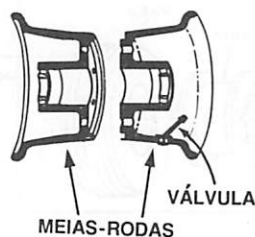
- . "alta pressão" — para pistas pavimentadas ou duras
- . "baixa pressão" — para pistas macias como a grama e a terra solta

12. Existem três tipos básicos de construção das rodas de aviões, conforme mostra a figura:

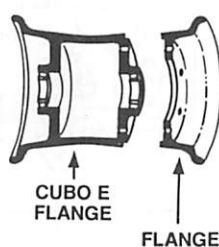
"Flanges Independentes"



"Meias-Rodas"



"Cubo-e-Flange"

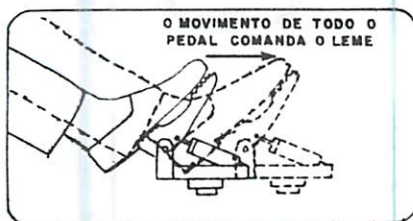


(NCS)

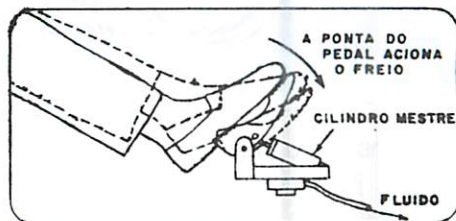
13. **Freios** – Além da função normal de freagem, os freios dos aviões são usados para efetuar curvas fechadas em manobras no solo. Para isso, o piloto efetua a *freagem diferencial*, que consiste em aplicar o freio somente no lado em que é executada a curva, juntamente com o pedal do leme.

Com raras exceções, somente o trem de pouso principal possui freios. De fato, como a roda do trem do nariz ou da bequilha sustenta apenas uma pequena parte do peso do avião, o freio nessa roda não seria eficiente.

Os freios são acionados através dos mesmos pedais do leme de direção, conforme mostram as figuras abaixo:



Se um pedal for pressionado, este se movimentará para o fundo e o outro para o lado contrário. Essa ação provoca o movimento do leme de direção e do trem do nariz (ou da bequilha), proporcionando o controle do avião, tanto em voo como no solo.

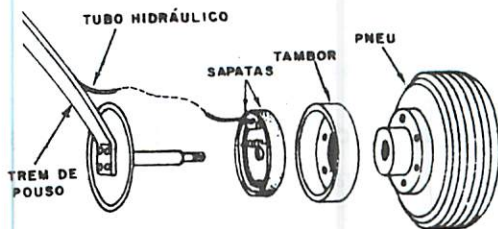


Pressionando apenas a ponta do pedal, o piloto acionará o cilindro-mestre do freio, o qual enviará **fluido hidráulico** aos freios das rodas, através de um tubo. Para frear apenas num lado, mantendo o leme neutro, é preciso calçar o pedal oposto.

NOTA: Existem aviões com quatro pedais: dois para os freios e dois para o leme.

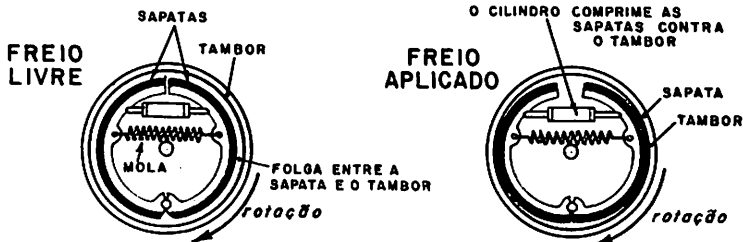
14. **Tipos de Freios** – Os dois tipos principais de freios são o *freio a tambor* e o *freio a disco*.

15. **O Freio a Tambor** – Este freio é constituído por um tambor que gira juntamente com a roda. Ao aplicar o freio, duas sapatas ou lonas atiram-se contra o lado interno do tambor, provocando a freagem da roda. Na figura ao lado, convém observar o tubo hidráulico que traz o fluido do cilindro-mestre.

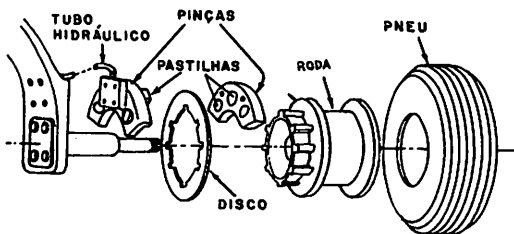


prova

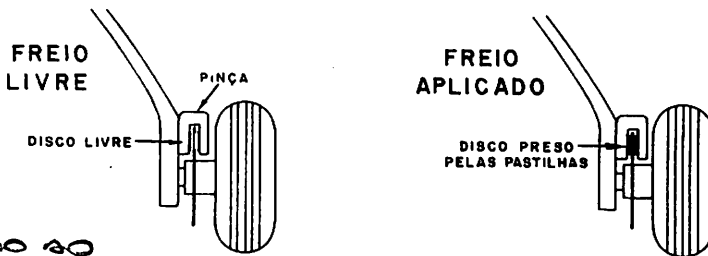
16. **Funcionamento do Freio a Tambor** – Na condição “freio livre”, as sapatas ficam afastadas do tambor pela ação de uma mola. Quando o freio é aplicado, o fluido hidráulico é injetado dentro do cilindro do freio, o qual comprime as sapatas de encontro à superfície interna do tambor.



17. **O Freio a Disco** – Este freio é constituído por um disco que gira juntamente com a roda. Quando o freio é aplicado, o fluido hidráulico faz com que as pastilhas, em ambos os lados do disco, façam pressão sobre este, freando a roda.



18. A figura abaixo mostra o conjunto do freio a disco, onde as pastilhas aparecem nas posições de repouso e de freagem.



19. **Sistemas de Acionamento dos Freios**

Hidráulico – O acionamento hidráulico é o que acabamos de estudar. É utilizado praticamente em todos aviões.

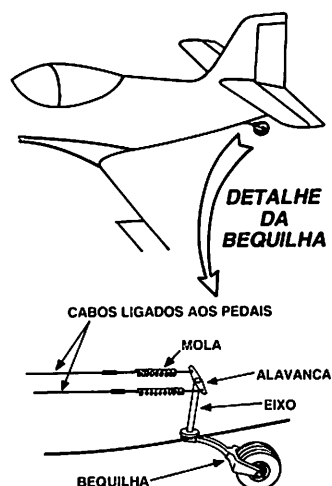
Pneumático – Utiliza ar comprimido no lugar do fluido hidráulico.

Mecânico – Aciona os freios mecanicamente através de hastes, cabos, alavancas, polias, etc.

Prova

20. **Freio de Estacionamento** – Em muitos aviões, o freio de estacionamento é o próprio freio normal, onde os pedais ficam travados no fundo através de um dispositivo como uma alavanca puxada pelo piloto. Existem também aviões com freios de estacionamento independentes (geralmente mecânicos), semelhantes ao freio de mão dos automóveis.
21. **Sistema de Freagem de Emergência** – É geralmente constituído por:
- Sistema Duplicado* – formado por dois sistemas normais que funcionam em conjunto, mas independentemente, de modo que a falha de um deles não afete o funcionamento do outro.
- Sistema de Emergência Independente* – é um sistema separado do sistema principal, que entra em ação somente quando aquele falhar. Algumas vezes serve também como freio de estacionamento.
22. **Sistema Anti-derrapante** – A condição de máxima freagem ocorre quando os pneus estão **prestes** a derrapar. Para evitar que a derrapagem realmente aconteça, muitos aviões possuem o **sistema anti-derrapante**, o qual liberta os freios quando a roda está prestes a parar, e os aplica novamente logo que a rotação se reinicia. É uma ação rápida e repetida que, na prática, equivale a frear continuamente no limite da derrapagem. Antes do pouso, porém, o piloto deve verificar se o sistema está ligado e funcionando.
23. **Controle direcional no solo** – É efetuado pelo trem do nariz ou a bequilha, que são controlados pelos pedais do leme, através de cabos ou hastes.

A figura abaixo mostra alguns detalhes de um trem do nariz típico e as hastes que controlam a direção.



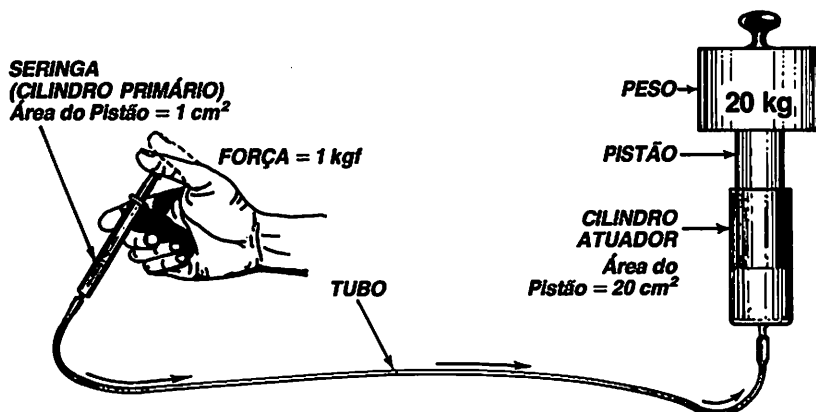
sistema hidráulico

5

1. **Conceituação** – No avião, denomina-se **sistema hidráulico** o conjunto das partes destinadas a acionar componentes através da pressão transmitida por um fluido, utilizando o princípio da Física conhecido como **Lei de Pascal**.

Lei de Pascal: "A pressão aplicada a um ponto de um fluido transmite-se igualmente para todas as partes desse fluido".

2. A figura abaixo mostra um sistema hidráulico elementar, demonstrando a possibilidade de erguer um peso de 20 kgf utilizando apenas a força do polegar, de 1 kgf.



O princípio acima ilustrado é utilizado no sistema de freios que estudamos no capítulo anterior. Relembrando, vimos que o sistema possui um cilindro-mestre (que corresponde ao cilindro primário da figura acima), o qual envia o fluido até as rodas do avião, onde existem os cilindros dos freios (cilindros atuadores na figura acima). Estes multiplicam a força do piloto para acionar as sapatas ou pastilhas dos freios.

3. **Rendimento Mecânico** – No sistema hidráulico elementar mostrado, multiplicamos a força aplicada por 20, utilizando uma área 20 vezes maior no cilindro atuador. Dizemos então que o **rendimento mecânico** desse sistema é igual a 20. De modo geral, calculamos o rendimento mecânico através da fórmula:

$$\text{Rendimento Mecânico} = r = \frac{F}{f} = \frac{A}{a}$$

Força produzida pelo cilindro atuador $\rightarrow F$ Área do pistão do cilindro atuador $\rightarrow A$
 Força aplicada no cilindro primário $\rightarrow f$ Área do pistão do cilindro primário $\rightarrow a$

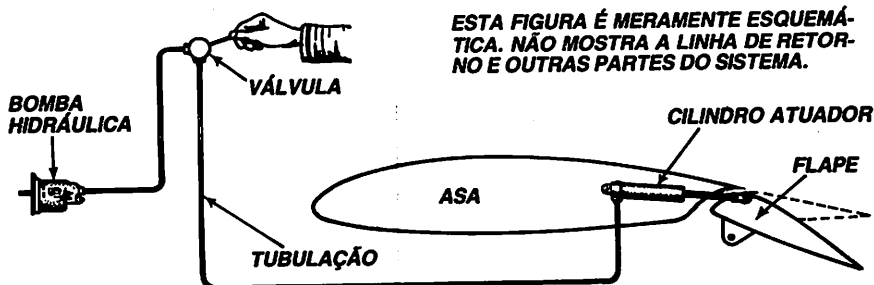
NOTAS:

1. A força é multiplicada pelo rendimento mecânico, mas o deslocamento é dividido pelo mesmo rendimento mecânico. Se for necessário ampliar esse deslocamento, será preciso transformar o cilindro primário numa bomba hidráulica, acrescentando válvulas e um reservatório para permitir o seu acionamento repetitivo.
2. Embora não seja usual, pode-se construir um sistema hidráulico com rendimento mecânico menor que 1. Nesse caso, estaríamos ampliando o movimento, mas reduzindo a força.

4. **Aplicações** – O sistema hidráulico é usado no avião quando houver necessidade de aplicar grandes forças sobre um componente. Nos grandes aviões, é usado para acionar o profundor, o leme, o controle da direção do trem do nariz, os flapes, os "slats", recolher o trem de pouso, etc.

Em pequenos aviões, usa-se apenas para acionar os freios, porque a força muscular do piloto é suficiente para acionar o resto.

A figura abaixo mostra um esquema simplificado do sistema de acionamento hidráulico dos flapes de um grande avião.



5. **Vantagens do Sistema Hidráulico** – Na verdade, o sistema de acionamento **mecânico** usado nos pequenos aviões é o ideal, pois é simples, barato, confiável, durável, de fácil manutenção, etc. Todavia, como depende da força muscular do piloto, não pode ser usado nos grandes aviões.

Na impossibilidade de usar o sistema mecânico, os seguintes sistemas passam a concorrer entre si:

Sistema elétrico – é formado por motores elétricos, contatos, cabos, etc. Geralmente é fácil de instalar e controlar, além de ser preciso. Entretanto, tende a ser pesado e requer medidas especiais para não falhar repentinamente devido a algum mau contato ou superaquecimento.

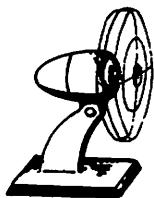
Sistema pneumático – é similar ao sistema hidráulico, usando o ar no lugar do fluido. Um exemplo familiar é o sistema de freios dos caminhões e ônibus. Apresenta a vantagem de não necessitar de linha de retorno (o ar comprimido, após o uso, é expelido para a atmosfera). Embora haja aviões que o utilizem como sistema principal, tende a ser impreciso e requer manutenção cuidadosa.

Sistema hidráulico – é o sistema mais utilizado nos aviões, devido às seguintes vantagens demonstradas na prática:

- a) *amplia forças com facilidade*, utilizando cilindros atuadores de diâmetro maior que o do cilindro primário (rendimento mecânico elevado);
- b) *é bastante confiável*, devido à sua relativa simplicidade e poucas peças móveis, que funcionam abundantemente lubrificadas pelo fluido hidráulico. As falhas são geralmente graduais e manifestam-se através de vazamentos, que podem ser detetados por uma inspeção visual. Um exemplo de confiabilidade é o freio dos automóveis que, mesmo com manutenção deficiente, falham menos do que os freios pneumáticos dos caminhões.
- c) *é um sistema leve*, porque seus componentes são pequenos. Por exemplo, com as atuais pressões de 200 kgf/cm^2 , podemos produzir uma tonelada-força com um cilindro atuador de apenas 2,5 cm de diâmetro.
- d) *é de fácil instalação*, pois as tubulações e os pequenos cilindros e válvulas podem ser instalados em locais restritos e de difícil acesso.
- e) *é controlado com facilidade*, abrindo ou interrompendo a passagem do fluido através de válvulas que são componentes leves e simples.

motores – generalidades 6

1. **Conceituação** – As máquinas que produzem energia mecânica a partir de outros tipos de energia são denominadas *motores*.



O motor elétrico transforma energia elétrica em energia mecânica.

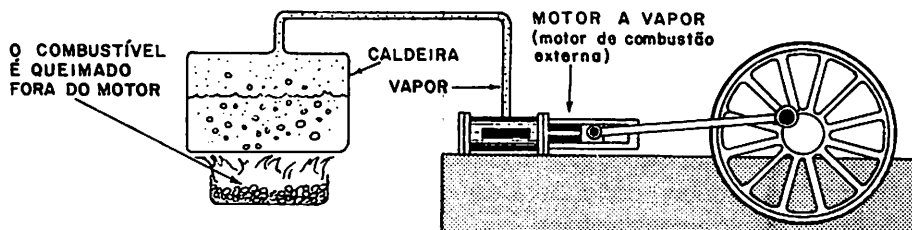


O motor deste avião transforma a energia calorífica do combustível em energia mecânica (movimento de rotação da hélice).

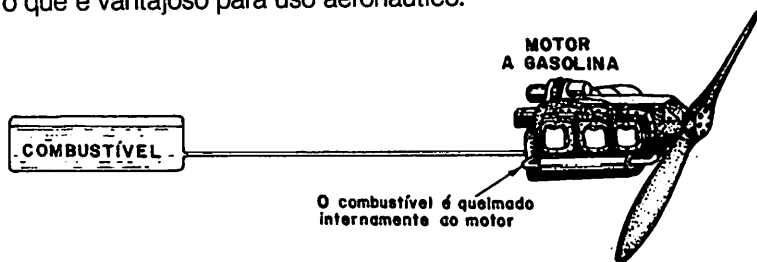


O motor a jato transforma a energia calorífica do combustível em energia mecânica (movimento do avião).

2. Todos os motores que transformam energia calorífica em energia mecânica são denominados *motores térmicos*. Portanto os motores dos aviões a hélice e a jato são *motores térmicos*.
3. Os motores térmicos podem ser classificados em:
- a) *Motores de combustão externa*
 - b) *Motores de combustão interna*
4. No motor de combustão externa, o combustível é queimado fora do motor. Ele tem como vantagem aceitar qualquer tipo de combustível, mas não pode ser usado em aviões, pois é excessivamente pesado.



5. No motor de combustão interna, o combustível é queimado no interior do motor. Esse motor pode desenvolver elevada potência e ser ao mesmo tempo leve, o que é vantajoso para uso aeronáutico.



6. Quanto ao sistema de propulsão, os aviões podem ser classificados em dois grupos principais:

- a) Aviões a hélice
- b) Aviões a reação

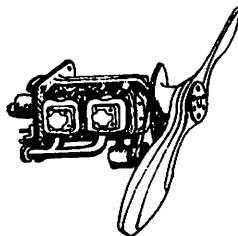
7. **Aviões a Hélice** — Nestes aviões, o motor não produz diretamente a tração, mas através de uma hélice. Esta se baseia na Lei da Ação e Reação, impulsionando grandes massas de ar a velocidades relativamente pequenas. Os motores usados para girar a hélice podem ser de dois tipos:

- a) Motores a Pistão
- b) Motores Turbohélice

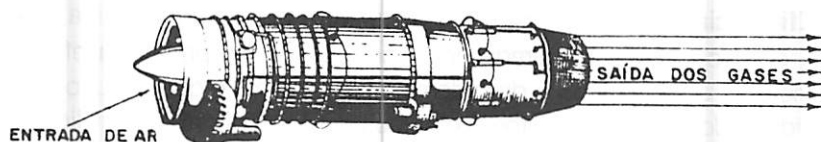
8. **Aviões a Reação** — Estes aviões usam motores que impulsionam o ar diretamente. Contrariamente à hélice, o motor a reação impulsiona massas relativamente pequenas de ar a grandes velocidades. Os principais tipos são:

- a) Motores Turbojato
- b) Motores "Turbofan"

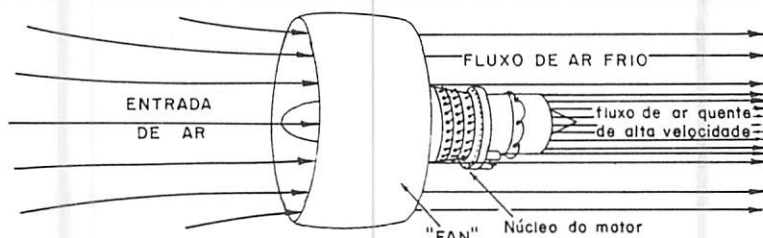
9. **Motor a Pistão** — Este motor assemelha-se aos dos automóveis, mas é construído dentro das exigências aeronáuticas de leveza, confiabilidade, alta eficiência, etc. É econômico e eficiente em baixas velocidades e altitudes, mas sua maior vantagem é o baixo custo, sendo por isso muito utilizado em aviões de pequeno porte. Será estudado detalhadamente nos próximos capítulos.



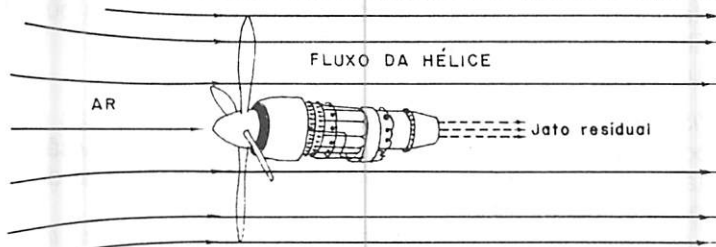
10. **Motor Turbojato** — Neste motor, o ar admitido é impulsionado num fluxo de alta velocidade, utilizando a energia expansiva dos gases aquecidos pela combustão. Em baixas velocidades ou baixas altitudes, torna-se antieconômico e ineficiente, sendo por isso um motor mais apropriado para aviões supersônicos.



11. **Motor Turbofan** — Este motor é constituído por um turbojato acrescido de um "fan" (ventilador, em inglês). O "fan" funciona como uma hélice de características especiais, criando um fluxo de ar frio que mistura-se com os gases quentes do jato principal. As vantagens deste motor são a elevada tração, baixo ruído e grande economia de combustível. É por isso o tipo de motor mais amplamente utilizado nos aviões de alta velocidade atuais.

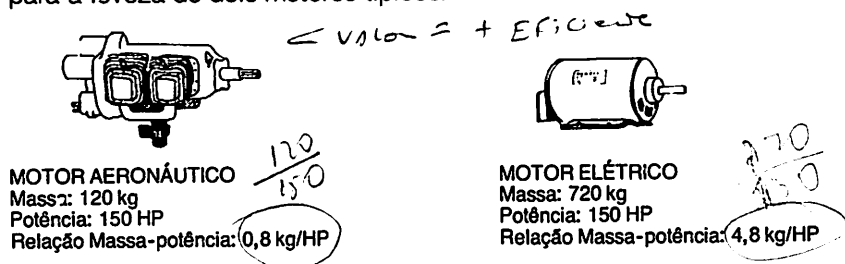


12. **Motor Turboélice** — É um motor turbojato modificado, onde quase toda a energia do jato é aproveitada para girar uma turbina (cujo princípio de funcionamento é o mesmo do catavento), a qual aciona uma hélice através de uma caixa de engrenagens de redução. É um motor ideal para velocidades intermediárias entre as dos motores a pistão e os motores "turbofan".



13. Do estudo acima, fica claro que cada tipo de motor é mais indicado para uma determinada faixa de velocidades e altitudes. Na ordem crescente destas, são indicados o motor a pistão, o turboélice, o "turbofan" e o turbojato.

14. **As qualidades do motor aeronáutico** – Dentre as qualidades exigidas do motor aeronáutico, as mais importantes são a segurança de funcionamento, durabilidade, ausência de vibrações, economia, facilidade de manutenção, compacidade, eficiência térmica e leveza.
15. **Eficiência térmica** – É a relação entre a potência mecânica produzida e a potência térmica liberada pelo combustível. Na prática, a eficiência dos motores aeronáuticos é da ordem de 25% a 30%, o que é muito pouco, considerando-se que os motores elétricos de alta potência têm eficiências que superam facilmente os 90%.
16. **Leveza** – Em termos técnicos, a leveza é indicada pela *relação massa-potência*, que é igual à razão entre a massa do motor e a sua potência. Evidentemente, essa relação deve ser a menor possível. A figura abaixo compara a leveza de dois motores típicos:



17. **Facilidade de manutenção e durabilidade** – A segurança de funcionamento dos motores depende de uma cuidadosa manutenção, que geralmente compreende duas partes:
- INSPEÇÕES PERIÓDICAS** – Os motores devem ser inspecionados em determinados intervalos (25 horas de voo, 50 horas de voo, etc), onde são também feitos serviços como troca de óleo, limpeza ou substituição de filtros, regulagens, etc. Para facilitar esse trabalho, a facilidade de manutenção é importante.
 - REVISÃO GERAL** – Após determinado número de horas de voo (esse tempo é conhecido como *durabilidade*), o motor sofre revisão geral, onde é totalmente desmontado para verificação e substituição de peças desgastadas ou danificadas.
A durabilidade é freqüentemente referida através das iniciais "TBO" ("Time Between Overhauls" — tempo entre revisões gerais).

Os períodos entre inspeções e o número de horas para revisão geral são determinados pelo fabricante do motor (não do avião).

18. **Economia** – Os motores aeronáuticos devem ter baixo consumo de combustível. Há duas definições de consumo:

- a) **CONSUMO HORÁRIO** – É a quantidade de combustível consumido por hora de funcionamento. Exemplos: 30 litros/hora, 7 galões/hora, etc.
- b) **CONSUMO ESPECÍFICO** – Este consumo leva em consideração a potência do motor. Assim, um consumo específico de 0,2 litro/HP/hora indica que o motor consome 0,2 litro de combustível por HP produzido, em cada hora de funcionamento do motor.

O consumo horário é utilizado nos cálculos de navegação aérea, e o consumo específico serve para comparar eficiências de motores.

Handwritten calculation:

$$\frac{33 \text{ litros}}{200 \text{ H}} = 0,165 \text{ litro/HP/hora}$$

19. **Equilíbrio e Regularidade do Conjugado Motor** – Indica a suavidade do funcionamento. O termo “**equilíbrio**” indica que as forças internas do motor devem se equilibrar, evitando o aparecimento de vibrações no sentido transversal (para cima e para baixo, ou para os lados). O termo “**regularidade do conjugado motor**” indica a ausência de vibrações no sentido da rotação, isto é, que o motor deve girar da forma mais regular e contínua possível. Nesse sentido, os motores a reação superam os motores a pistão, conforme ficará claro após o estudo dos mesmos.

NOTA: “Conjugado” é o mesmo que “momento” ou “torque”. “Conjugado motor” é o esforço que faz o eixo do motor girar, o qual provém da energia da queima do combustível.

20. **Excesso de Potência na Decolagem** – Os motores de aviação devem ser capazes de manter por curto tempo (cerca de 1 minuto) uma potência superior à de projeto, para ser usada durante a decolagem.

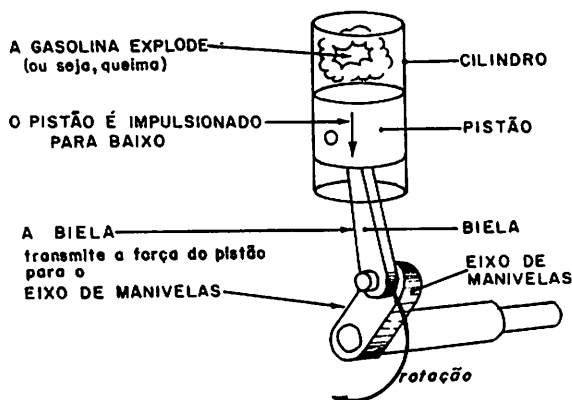
21. **Pequena Área Frontal** – Preferivelmente, os motores aeronáuticos devem apresentar pequena área frontal, para que possam ser instalados em aviões de fuselagem estreita e aerodinâmica.

Este não é um critério absoluto. De fato, existem motores aeronáuticos com enorme área frontal (chamados motores radiais), que são tolerados por serem leves e compactos.

motores a pistão

7

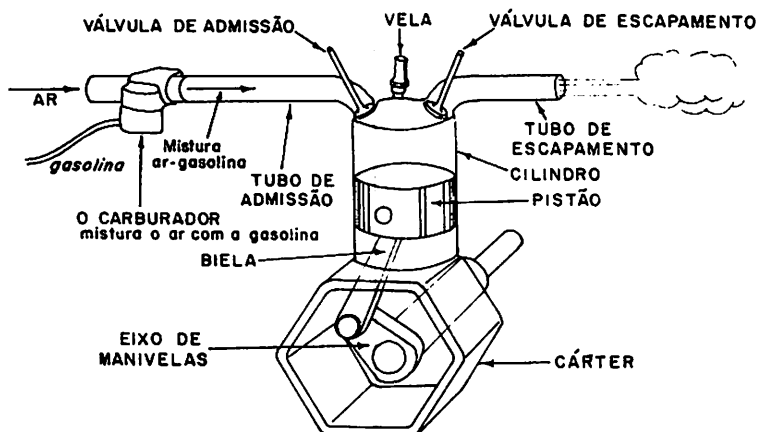
1. O motor a pistão é usado praticamente em todos os aviões de pequeno porte. Sua constituição é semelhante à dos motores dos automóveis, porém com refinamentos necessários às finalidades aeronáuticas.
2. **Princípio de Funcionamento** – O motor a pistão aproveita a energia da queima do combustível no interior de um cilindro, onde os gases da combustão impulsionam um pistão. O movimento do pistão é transformado em movimento de rotação através de uma biela acoplada a um eixo de manivelas. O motor funciona através da sucessão de impulsos sobre o pistão, conforme veremos posteriormente.



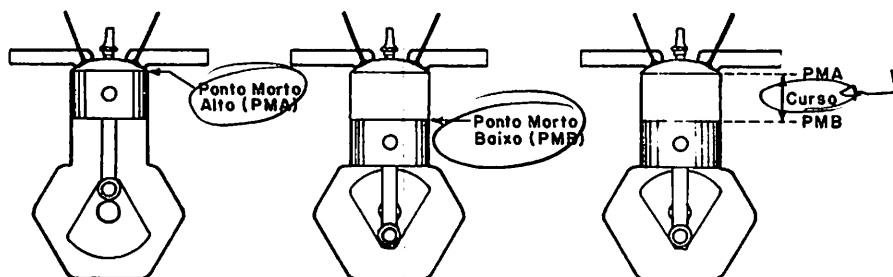
3. Os motores a pistão podem ser classificados em dois grandes grupos:
 - a) *Motores a Quatro Tempos*
 - b) *Motores a Dois Tempos*

o motor a quatro tempos

1. O significado da denominação "motor a quatro tempos" ficará claro no item 3. A figura abaixo mostra as principais partes que compõem esse motor:



2. **Pontos Mortos e Curso** – Durante seu movimento no interior do cilindro, o pistão atinge dois pontos extremos que são o *Ponto Morto Alto* e o *Ponto Morto Baixo*. A distância entre os dois pontos mortos chama-se *Curso*.

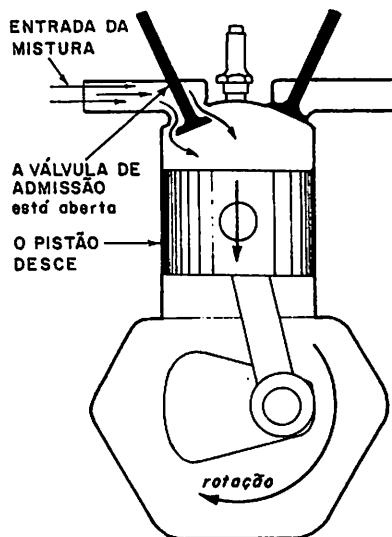


3. **O FUNCIONAMENTO DO MOTOR A QUATRO TEMPOS** – O motor a pistão não parte por si só. É preciso girá-lo algumas vezes até ocorrer a primeira combustão no cilindro. O funcionamento do motor ocorre através da repetição de **ciclos**. Um ciclo é formado pela seqüência de quatro etapas denominadas **tempos**, durante os quais ocorrem as chamadas seis **fases**.

4. PRIMEIRO TEMPO: ADMISSÃO

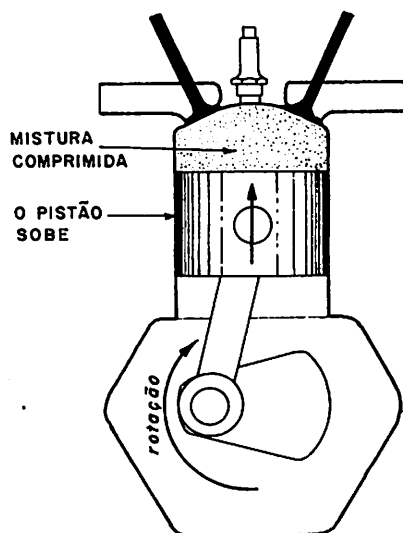
O primeiro tempo chama-se “admissão” e corresponde ao movimento do pistão do PMA (ponto morto alto) para o PMB (ponto morto baixo) com a válvula de admissão aberta. Nesse tempo, ocorre a primeira fase, que chama-se também “admissão”, porque o pistão aspira a mistura de ar e gasolina para dentro do cilindro. Quando o pistão chega ao PMB, a válvula de admissão fecha-se, e a mistura fica presa dentro do cilindro.

O mecanismo que abre e fecha as válvulas chama-se **sistema de comando de válvulas**, e será estudado posteriormente.



5. SEGUNDO TEMPO: COMPRESSÃO

O segundo tempo chama-se “compressão”, e corresponde ao movimento do pistão do PMB (ponto morto baixo) para o PMA (ponto morto alto) com as duas válvulas fechadas. Nesse tempo, ocorre a segunda fase, que chama-se também “compressão”, porque o pistão comprime a mistura de ar e gasolina que ficou presa dentro do cilindro. À primeira vista, a compressão parece ser um desperdício de trabalho mas, sem a mesma, a combustão produziria pouca potência mecânica e a energia do combustível perder-se-ia sob forma de calor.



- ① Admissão
② Compressão
③ 3ª FASE (Faísca vela)

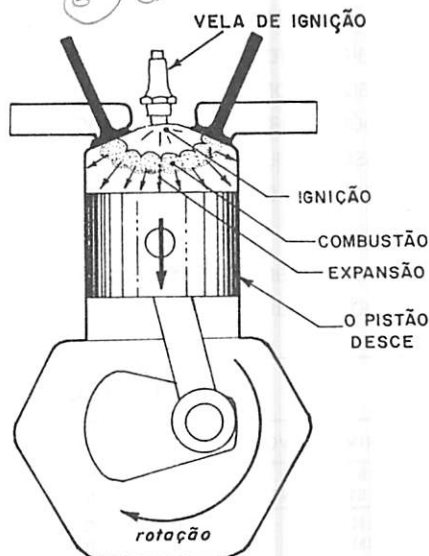
OBS:

(3ª Fase) 5ª Combustão (tempo do motor)

5ª Expansão6ª Escapamento

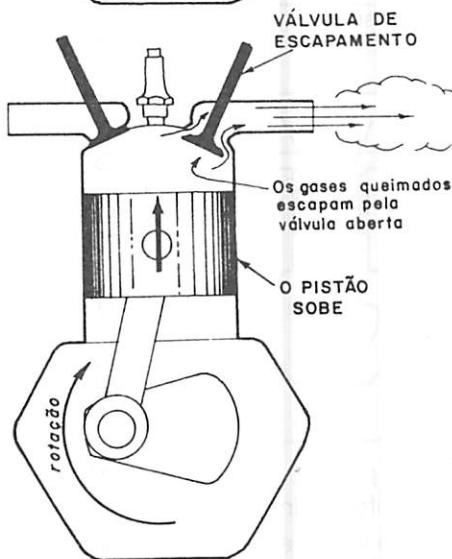
6. TERCEIRO TEMPO: TEMPO MOTOR

Antes do 3º tempo, ocorre a 3ª Fase, denominada "Ignição", quando a vela produz uma faísca, dando início à 4ª Fase, que é a "Combustão". O terceiro tempo (*tempo motor*), corresponde à descida do pistão do PMA para o PMB, provocada pela forte pressão dos gases queimados que se expandem. Essa é a 5ª Fase de funcionamento do motor, e chama-se "Expansão". O motor pode agora funcionar sozinho, pois o impulso dado à hélice é suficiente para mantê-lo girando até a próxima combustão.



7. QUARTO TEMPO: ESCAPAMENTO

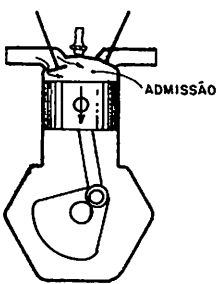
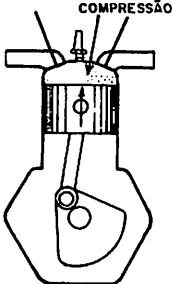
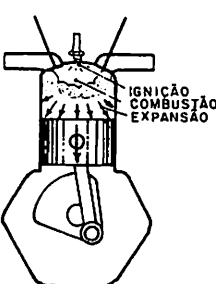
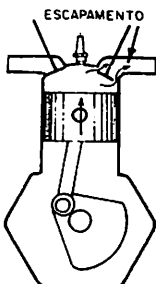
O quarto tempo chama-se "escapamento", "escape" ou "exaustão", e corresponde à subida do pistão do PMB para o PMA com a válvula de escapamento aberta. Nesse tempo ocorre a 6ª Fase, que chama-se também "escapamento", porque os gases queimados são expulsos do cilindro pelo pistão. Quando este chega ao PMA, a válvula de escapamento fecha-se, encerrando o primeiro ciclo, e então tudo se repete, na mesma sequência.



NOTAS:

- Podemos dizer que **tempo** é o conjunto das fases que ocorrem quando o pistão percorre um curso.
- Em homenagem ao(s) seu(s) idealizador(es), este ciclo de quatro tempos é denominado **ciclo de Otto** (ou ciclo **Otto-Beau de Rochas**).

8. O ciclo Otto é completado em quatro tempos ou duas voltas do eixo de manivelas (giro de 720 graus), durante as quais o pistão recebe apenas um impulso motor. O motor permanece girando durante os demais tempos devido à inércia das peças girantes, principalmente a hélice. Na prática, os motores possuem quatro ou mais cilindros, e as combustões ocorrem em instantes diferentes, de modo a se "auxiliarem" mutuamente.
9. O funcionamento **básico** do motor a quatro tempos pode ser resumido no quadro abaixo:

CICLO TEÓRICO A QUATRO TEMPOS			
PRIMEIRA VOLTA DO EIXO DE MANIVELAS		SEGUNDA VOLTA DO EIXO DE MANIVELAS	
CURSO DESCENDENTE	CURSO ASCENDENTE	CURSO DESCENDENTE	CURSO ASCENDENTE
TEMPO : ADMISSÃO	TEMPO : COMPRESSÃO	TEMPO : MOTOR	TEMPO : ESCAPAMENTO
FASE : 1-Admissão	FASE : 2-Compressão	FASE : 3- Ignição (no PMA) 4- Combustão 5- Expansão	FASE : 6-Escapamento
			

10. Na prática, as seis fases não correspondem exatamente aos quatro tempos conforme indica o quadro acima, porque o ciclo teórico sofre modificações que levam em consideração os seguintes fatores:
- A combustão real não é instantânea, e as válvulas não se abrem nem fecham instantaneamente.
 - As válvulas e as tubulações oferecem resistência à passagem da mistura e dos gases queimados.
 - a mistura e os gases queimados possuem inércia, havendo portanto um retardo no início e no término do fluxo dos mesmos.

11. **Modificações no ciclo a quatro tempos** – São ajustes determinados experimentalmente pelo fabricante do motor, para se obter a máxima eficiência durante o funcionamento. As modificações são as seguintes:

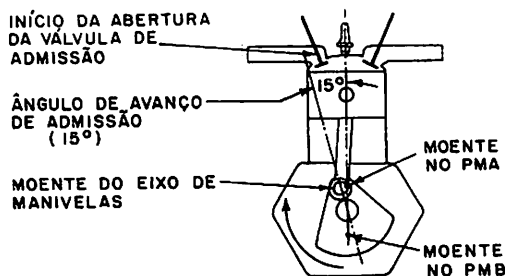
- a) *Avanço na abertura da válvula de admissão*
- b) *Atraso no fechamento da válvula de admissão*
- c) *Avanço de ignição*
- d) *Avanço na abertura da válvula de escapamento*
- e) *Atraso no fechamento da válvula de escapamento*

As modificações acima são feitas **para as condições de vôo de cruzeiro**. Como as demais condições (marcha lenta, decolagem, etc) são transitórias, admite-se uma eficiência não ideal nesses casos.

O avanço de ignição é alterado durante a partida do motor, através de um retardo introduzido automaticamente.

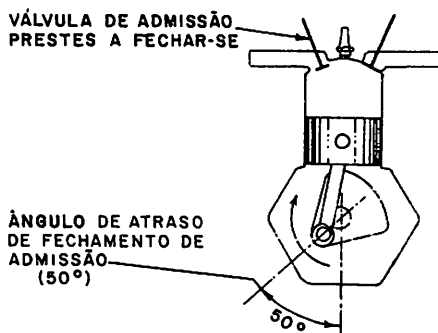
12. **MODIFICAÇÕES NOS TEMPOS DE ADMISSÃO** – Essas modificações têm a finalidade de aumentar a carga combustível (mistura) admitida no cilindro. São as seguintes:

a) Avanço na Abertura da Válvula de Admissão (AvAA) – Conforme mostra a figura abaixo, este avanço é a antecipação do início da abertura da válvula de admissão, para que ela esteja totalmente aberta quando o pistão atingir o PMA. Esse avanço é medido em graus em relação ao moente do eixo de manivelas. No exemplo abaixo, o avanço é de 15 graus.



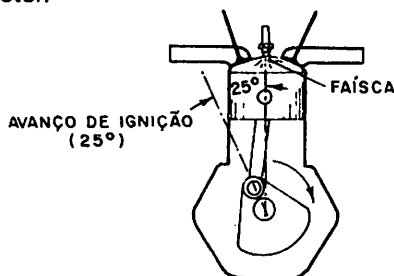
NOTA: Todas as modificações mostradas nas figuras são valores reais, mas constituem meros exemplos, e variam de motor para motor.

b) Atraso no Fechamento da Válvula de Admissão (AtFA) – A válvula de admissão é fechada um pouco depois do pistão ter atingido o PMB. Isso é vantajoso porque permite à mistura continuar entrando no cilindro devido à inércia da mistura que se encontra ainda no tubo de admissão.



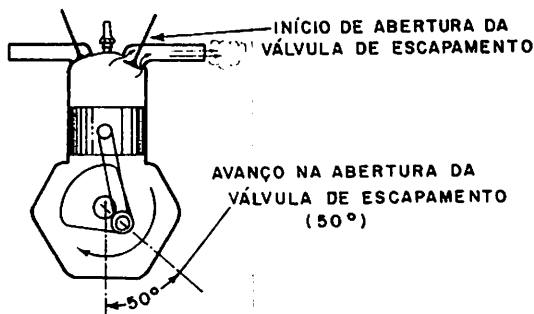
NOTA (Esta nota pode ser ignorada se você ficar confuso com a sua leitura) – As modificações na admissão fazem com que a "Fase de Admissão" tenha início no quarto tempo (escapamento) do ciclo anterior e termine no terceiro tempo (compressão) do ciclo atual. Diferentemente dessa "Fase de Admissão", o "Tempo de Admissão" não se altera com as modificações efetuadas, pois está vinculado ao curso do pistão, e não ao fenômeno físico da admissão da mistura no cilindro. Esse fato demonstra que "Fase" e "Tempo" são coisas diferentes, embora possam eventualmente ter o mesmo nome.

- 13. MODIFICAÇÕES NO PONTO DE IGNIÇÃO** – A ignição deve ocorrer antes do PMA, porque a mistura leva certo tempo para se queimar. Portanto a combustão no motor real inicia-se no segundo tempo (compressão) e termina no terceiro (tempo motor). Como a velocidade da combustão é constante, o avanço de ignição deve ser tanto maior quanto maior a velocidade de rotação do motor.

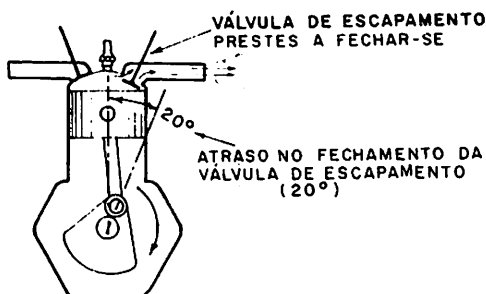


- 14. MODIFICAÇÕES NOS TEMPOS DE ESCAPAMENTO** – Estas modificações têm a finalidade de eliminar os gases queimados da maneira mais completa possível. São as seguintes:

a) Avanço na Abertura da Válvula de Escapamento (AvAE) – A válvula de escapamento é aberta antes do pistão atingir o PMB, para que os gases comecem logo a escapar e não exerçam muita oposição quando o pistão iniciar o curso ascendente logo a seguir.

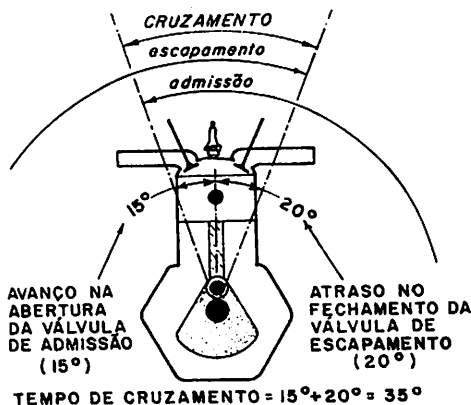


b) Atraso no Fechamento da Válvula de Escapamento (AtFE) – No final do escapamento, os gases queimados continuam a sair mesmo quando o pistão chega ao PMA, devido à inércia. O atraso no fechamento da válvula tem a finalidade de aproveitar esse fato, para melhorar a expulsão dos gases.



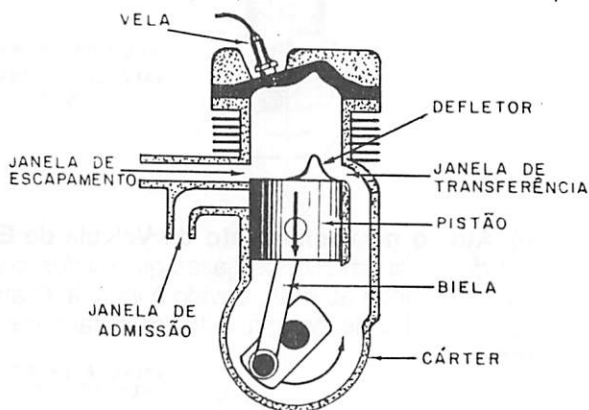
15. **Cruzamento de Válvulas** – É o nome dado à situação que ocorre no início da admissão, quando as duas válvulas ficam abertas simultaneamente, devido ao avanço na abertura da válvula de admissão e o atraso no fechamento da válvula de escapamento.

NÓTA: O cruzamento é consequência das modificações nos tempos das válvulas, e por isso favorece o funcionamento do motor em vôo de cruzeiro, embora possa prejudicá-lo em outras condições.

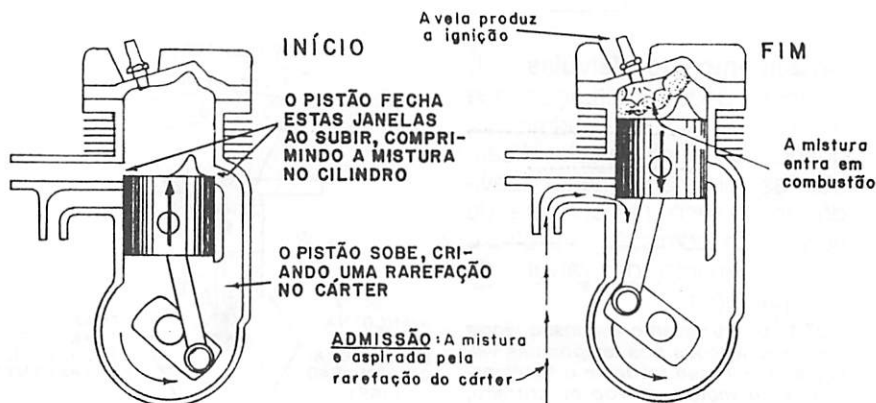


o motor a dois tempos

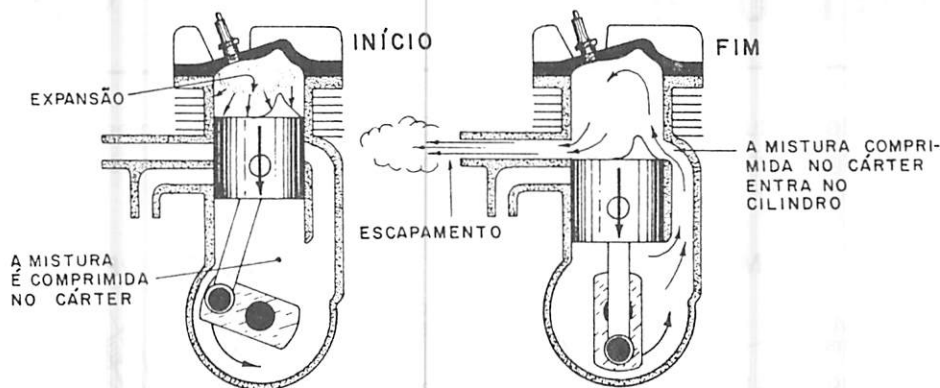
1. O motor a dois tempos recebe esse nome porque seu ciclo é constituído por apenas dois tempos, conforme veremos no item seguinte. Mecanicamente, ele é bastante simples e tem poucas peças móveis. O próprio pistão funciona como válvula deslizante, abrindo e fechando janelas ou *luzes*, por onde a mistura é admitida e os gases queimados são expulsos.



2. **Primeiro Tempo** – Admitindo que o motor já esteja em funcionamento, o pistão sobe, comprimindo a mistura no cilindro e produzindo uma rarefação no cárter. Aproximando-se o ponto morto alto, dá-se a ignição e a combustão da mistura. Ao mesmo tempo, dá-se a admissão da mistura nova no cárter, devido à rarefação que se formou durante a subida do pistão.



3. **Segundo Tempo** – Neste tempo, os gases da combustão se expandem, fazendo o pistão descer, comprimindo a mistura no cárter. Aproximando-se o ponto morto baixo, o pistão abre a janela de escapamento, permitindo a saída dos gases queimados. A seguir abre-se a janela de transferência, e a mistura comprimida no cárter invade o cilindro, expulsando os gases queimados.



NOTA: Durante o ciclo de dois tempos ocorrem também seis fases, das quais quatro (admissão, compressão, ignição e combustão) ocorrem no primeiro tempo e duas (expansão e escapamento) no segundo tempo.

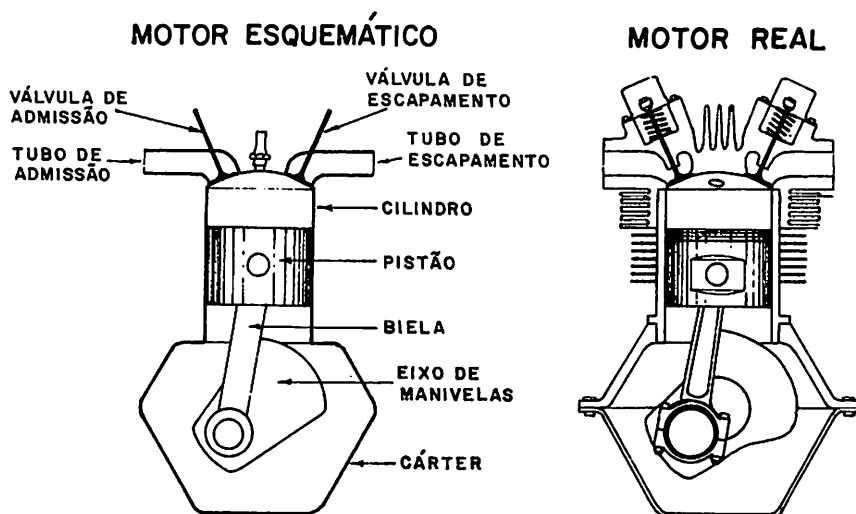
4. **Vantagens e desvantagens** – O motor a dois tempos é mais simples, mais leve e mais potente que o motor a quatro tempos, porque produz um tempo motor em cada volta do eixo de manivelas. Além disso, seu custo é menor, sendo por isso muito utilizado em aviões "ultraleves" e autogiros. Contudo, não é usado nos aviões em geral, devido às seguintes desvantagens:

- É pouco econômico, porque uma parte da mistura admitida no cilindro foge juntamente com os gases queimados.*
- Após o escapamento, uma parte dos gases queimados permanece no cilindro, contaminando a mistura nova admitida.*
- O motor a dois tempos se aquece mais, porque as combustões ocorrem com maior frequência.*
- A lubrificação é imperfeita, porque é preciso fazê-la através do óleo diluído no combustível.*
- O motor é menos flexível do que o de quatro tempos, isto é, a sua eficiência diminui mais acentuadamente quando variam as condições de rotação, altitude, temperatura, etc.*

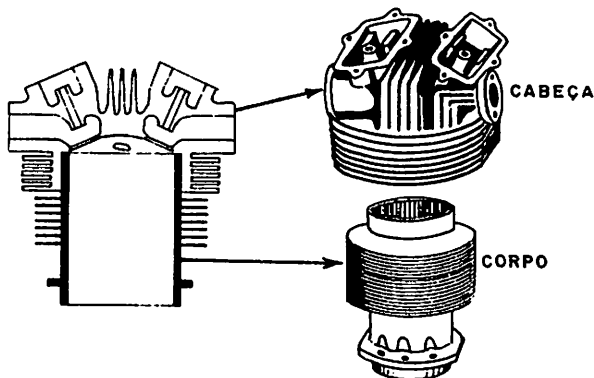
os componentes do motor

8

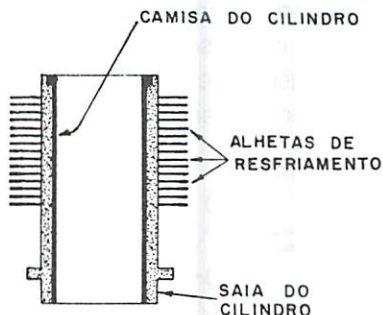
1. Neste capítulo, estudaremos mais detalhadamente os componentes do motor. Na figura abaixo, notamos imediatamente que o motor real é mais complexo que o motor esquemático.



2. **Cilindro** – É a parte do motor onde a carga combustível é admitida, comprimida e queimada. Ele é feito de material resistente, leve e bom condutor de calor. O cilindro é constituído de duas partes: o corpo e a cabeça.

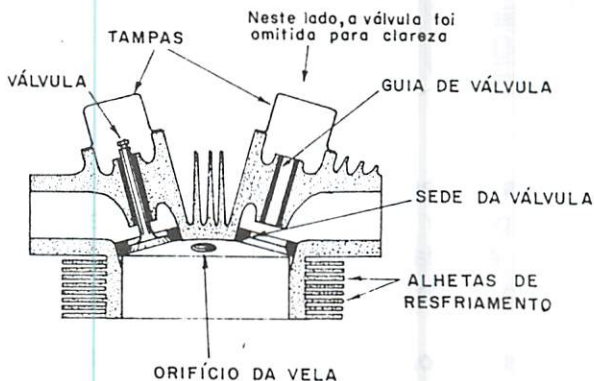


3. **Corpo do Cilindro** – É geralmente feito de aço e possui externamente alhetas de resfriamento que aumentam a área de contato com o ar, a fim de eliminar o calor. A parte interna é endurecida para reduzir o desgaste provocado pelo movimento do pistão. Nos cilindros de liga de metal leve, o lado interno é formado por uma **camisa** resistente ao desgaste.

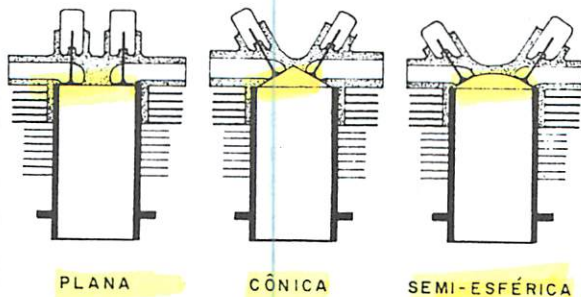


4. **Cabeça do Cilindro** – Geralmente é feita de liga de alumínio, e nela são instaladas as válvulas e as velas de ignição. As válvulas são instaladas dentro de **guias de válvulas**, e suas cabeças assentam sobre anéis de metal resistente denominados **sedes de válvulas**.

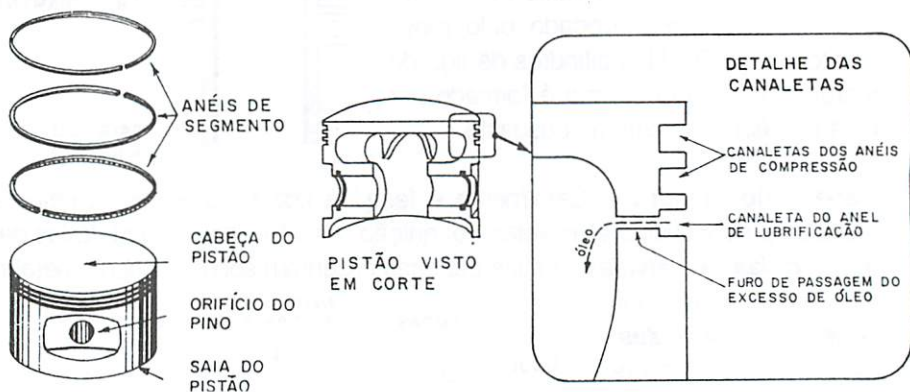
Externamente, a cabeça do cilindro possui alhetas de resfriamento. Em alguns motores não existem alhetas onde está a válvula de admissão, porque esta é resfriada pela própria carga combustível.



5. **Câmara de Combustão** – É o espaço no interior do cilindro onde a mistura é queimada. Nos motores aeronáuticos, a câmara de combustão hemisférica (ou semi-esférica) é a mais utilizada.

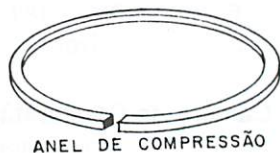


6. **Pistão ou Êmbolo** – é uma peça de forma cilíndrica que desliza no interior do cilindro, servindo para aspirar a carga combustível, comprimi-la, expulsar os gases queimados e transmitir a força expansiva da combustão à biela. Geralmente é feito de liga de alumínio, porque é leve e boa condutora de calor.



7. **Anéis de Segmento** – Existe uma pequena folga entre o pistão e o cilindro, para permitir o livre movimento e compensar a dilatação com o calor. Essa folga é vedada com anéis ou molas de segmento instalados na saia do pistão. Há dois tipos de anéis:

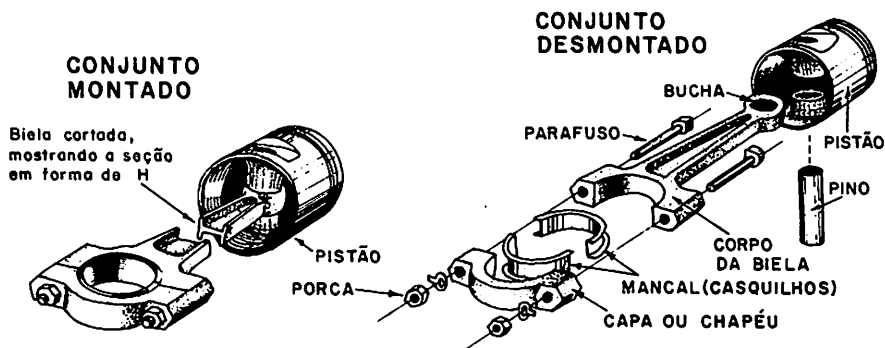
Anéis de Compressão, que vedam a folga entre o pistão e o cilindro. Eles são instalados nas canaletas superiores do pistão.



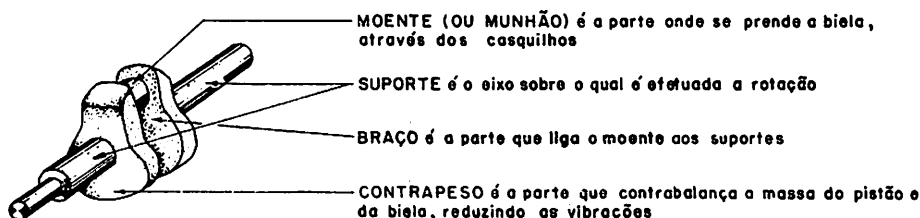
Anéis de Lubrificação ou **Anéis Raspadores de Óleo**, que eliminam o excesso de óleo das paredes do cilindro, deixando apenas uma fina película suficiente para a lubrificação. Esses anéis são instalados nas canaletas inferiores do pistão, as quais possuem pequenos furos para passagem do óleo raspado (ver detalhe na figura do item 6 acima). Sem esses anéis, o excesso de óleo permaneceria no cilindro e seria queimado durante a combustão, deixando um resíduo que prejudicaria a lubrificação. Para evitar o desgaste dos cilindros, os anéis de segmento são feitos de material menos duro, para se desgastarem antes e serem substituídos numa revisão geral.



8. **Biela** — A biela é uma peça de aço resistente que conecta o pistão ao eixo de manivelas, transmitindo a este a força expansiva dos gases. Ela é constituída de várias partes e seu corpo tem a seção em forma de **I** ou **H**, para máxima resistência e mínima massa.



9. **Eixo de Manivelas** — É a peça giratória para a qual se transmite a força do pistão, através da biela.



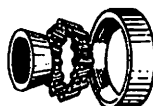
10. **Mancais** — São as peças que apóiam e permitem o movimento das partes móveis com o mínimo de atrito. O eixo de manivelas, por exemplo, apóia-se no cárter através de mancais denominados bronzinas ou casquilhos.



ROLAMENTO DE ESFERAS



ROLAMENTO CILÍNDRICO



ROLAMENTO CÔNICO



BUCHA



BRONZINAS OU CASQUILHOS

MANCAIS

PLANOS

11. **Válvulas** – As válvulas têm a função de abrir e fechar a entrada da mistura combustível e a saída dos gases queimados no cilindro.

VÁLVULA DE ADMISSÃO
(Forma de tulipa)

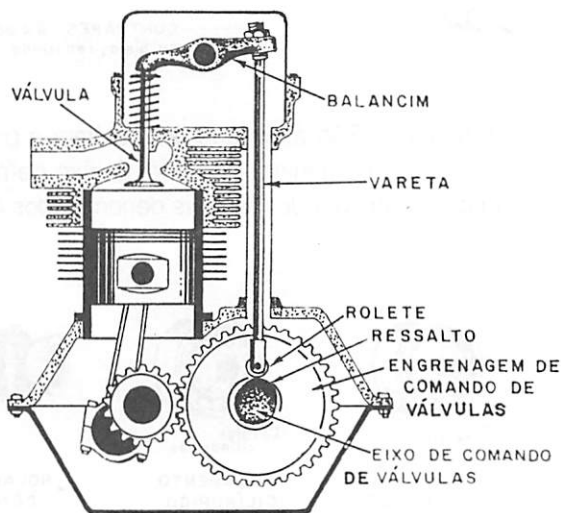


VÁLVULA DE ESCAPAMENTO
(Forma de cogumelo)

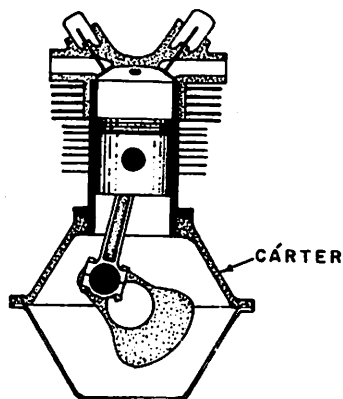


A válvula de admissão geralmente tem a cabeça em forma de tulipa, e a de escape a forma de cogumelo, por razões aerodinâmicas (facilitar o fluxo dos gases). As faces das válvulas que se assentam nas **sedes** são cônicas para se ajustarem melhor, e são endurecidas para reduzir o desgaste. A válvula de admissão é resfriada pela própria carga combustível, mas a de escape está sujeita a forte aquecimento. Por isso, ela é feita de materiais especiais, ou então possui o seu interior oco, contendo certa quantidade de sódio. Este funde-se a pouco mais de 90 °C e movimenta-se dentro da válvula, transferindo o calor da cabeça para a haste que é, por sua vez, resfriada através do contato com a cabeça do cilindro.

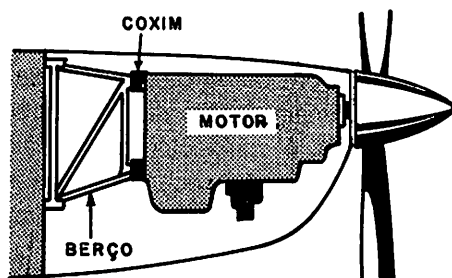
12. **Sistema de Comando de Válvulas** – É o mecanismo que efetua a abertura das válvulas. Sua parte mais importante é o eixo de ressaltos ou de comando de válvulas. É um eixo acionado por engrenagens, girando na metade da rotação do eixo de manivelas. Nos momentos apropriados, o ressaltos faz o rolete (figura ao lado) subir. Essa ação faz a válvula se abrir, através da vareta e do balancim. O fechamento é feito por molas, no momento em que o ressaltos permitir. Por segurança, os motores aeronáuticos possuem duas ou três molas em cada válvula, enroladas em sentidos contrários para não se embaraçarem.



13. **Cárter** – O cárter é a carcaça onde estão fixados o cilindro, o eixo de manivelas e os acessórios. O motor é fixado ao avião através do cárter; portanto, é através dele que o torque do motor e a tração da hélice se transmitem à estrutura do avião. Outras funções evidentes do cárter são as de proteger o motor contra a entrada de detritos e manter o eixo de manivelas alinhado.



14. **Berço do Motor** – É a estrutura que serve para fixar o motor ao avião. Geralmente é feito de tubos de aço em diagonal, para suportar o torque e a tração. Os pontos de fixação ao cárter possuem coxins de borracha para absorver as vibrações do motor.



15. **Materiais Resistentes ao Desgaste** – Para aumentar a resistência das partes feitas de aço, é feito um endurecimento superficial, através de processos como a **cementação** e a **nitretação**. Na cementação, efetua-se um tratamento a alta temperatura, onde a superfície do metal é enriquecida com carbono. Na nitretação, é feito o mesmo com nitrogênio. Esses tratamentos são aplicados às superfícies internas dos cilindros, aos moentes e suportes dos eixos de manivelas, aos ressalto e suportes do eixo de comando de válvulas, às superfícies cônicas nas cabeças das válvulas, etc.

Não é conveniente endurecer ambas as peças que funcionam em atrito, pois ambas se desgastariam. A melhor solução é o uso de um material macio com propriedades lubrificantes na peça de menor custo. Existem ligas antifricção ou antiatrito de excelentes propriedades, com denominações como bronze fosforoso, "metal branco", etc, que são usadas em bronzinas ou casquilhos, buchas e mancais planos em geral. Apesar de macias, essas ligas apresentam vida muito longa, desde que sejam bem lubrificadas e protegidas contra impurezas abrasivas, excesso de carga e superaquecimento.

16. **Motores Multicilíndricos** – Para se construir motores de grande potência, é melhor aumentar a quantidade de cilindros, e não o tamanho dos mesmos. O motivo é que, em cilindros menores, pode-se efetuar mais rapidamente a admissão, a combustão e a exaustão dos gases. Os motores multicilíndricos funcionam com maior suavidade, porque os impulsos criados pela combustão e o movimento dos pistões são menores e distribuem-se com maior uniformidade durante os ciclos de funcionamento, melhorando o equilíbrio e a regularidade do conjugado motor.

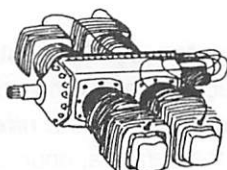
Os cilindros do motor foram dispostos das mais diferentes formas ao longo da história da aviação. Atualmente, as configurações predominantes são:

- . cilindros horizontais opostos
- . cilindros radiais
- . cilindros em linha

17. **Motor com Cilindros Horizontais Opostos** – Esta é a configuração de cilindros mais usada atualmente. O motor possui área frontal relativamente pequena, é compacto, leve e barato. Todos os cilindros ficam na posição horizontal, permanecendo limpos, sem acúmulo de óleo na câmara de combustão e velas. São geralmente fabricados com quatro ou seis cilindros (estes funcionam mais suavemente que os de quatro).



DISPOSIÇÃO DOS
CILINDROS

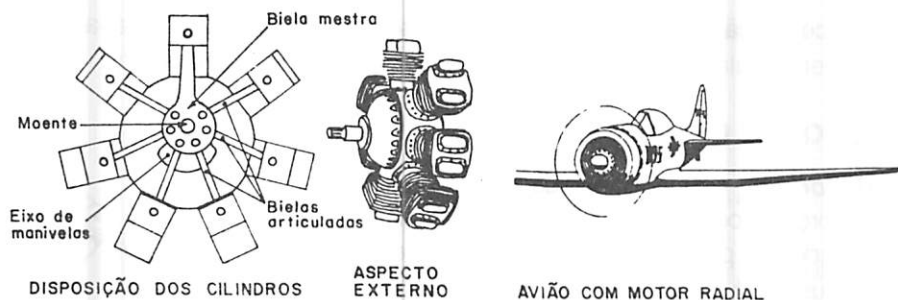


ASPECTO
EXTERNO

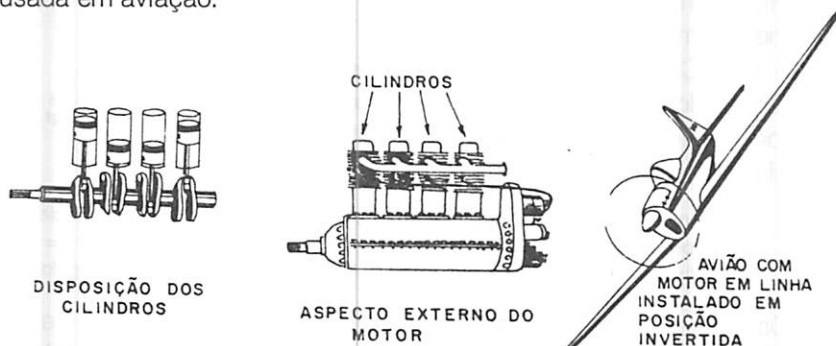


AVIÃO COM MOTOR DE CILINDROS
HORIZONTAIS OPOSTOS

18. **Motor Radial** – Os cilindros são dispostos radialmente em torno do eixo de manivelas, e formam um agrupamento em estrela. Neste motor, somente uma das bielas (chamada biela-mestra), prende-se ao moente do eixo de manivelas, e as demais (chamadas bielas articuladas) prendem-se à cabeça da biela-mestra. Apesar da área frontal excepcionalmente grande, esta é a configuração que acomoda melhor um grande número de cilindros, sem prejuízo da leveza e da compacidade. Todavia, os motores radiais estão sendo abandonados porque os motores turboélice os substituem com vantagem.



19. **Motores com Cilindros em Linha** – Os cilindros são dispostos em fila, tornando a área frontal muito pequena. Na prática, essa vantagem é apenas aparente, pois só pode ser aproveitada em aviões de fuselagem muito estreita, o que é raro. Além disso, o eixo de manivelas torna-se muito longo, perdendo rigidez e propiciando o aparecimento de vibrações. Para um mesmo número de cilindros, o motor em linha é mais pesado que os horizontais opostos. Por todos esses motivos, a disposição de cilindros em linha é pouco usada em aviação.



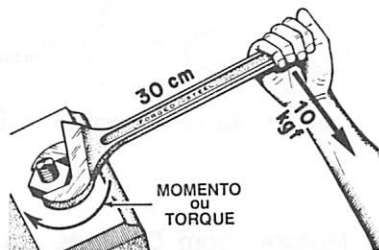
performance do motor

9

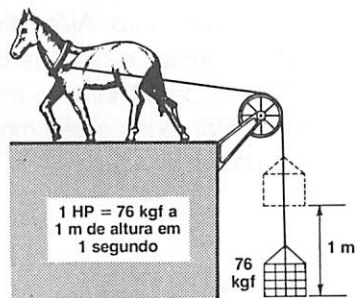
1. **Conceituação** – *Performance* é o desempenho do motor, avaliado principalmente pela potência que ele desenvolve em diversas situações.

2. TORQUE E POTÊNCIA

a) **Torque** – É a capacidade de uma força produzir rotação. Na figura ao lado, o parafuso recebe um torque, que será tanto maior quanto maior a força aplicada ou maior o comprimento da chave utilizada. No motor do avião, o torque indica o esforço rotacional do eixo sobre a hélice.



b) **Potência** – É o trabalho que o motor executa por unidade de tempo. A potência é geralmente medida em HP (*Horse Power*), que corresponde à capacidade de um cavalo robusto, de erguer um peso de 76 kgf à altura de 1 metro em 1 segundo. Outra unidade é o CV (Cavalo Vapor), que se obtém reduzindo o peso para 75 kgf. No motor, a potência é igual ao torque multiplicado pela velocidade de rotação.



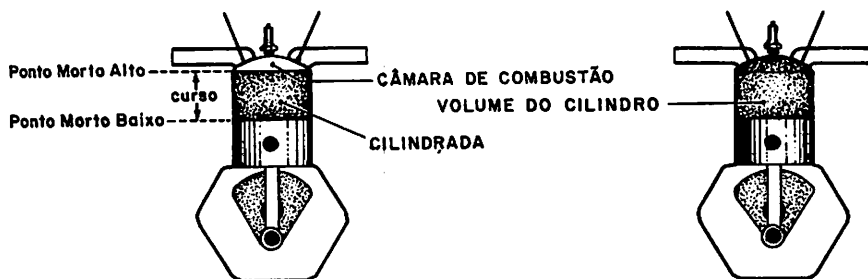
Exemplo: Se um motor produz um torque de 30 m.kgf a 2420 RPM, sua potência será:

$$\text{Pot} = 30 \text{ m.kgf} \times 2420 \text{ RPM} = 30 \text{ m.kgf} \times 253,3 \text{ rad.s}^{-1} = 7600 \text{ kgf.m.s}^{-1} = 100 \text{ HP}$$

Este exemplo é meramente demonstrativo. A execução do cálculo não é exigido do piloto.

Os fatores mais importantes na determinação da potência de um motor são a **cilindrada**, a **eficiência** ou **rendimento**, e a **velocidade de rotação**.

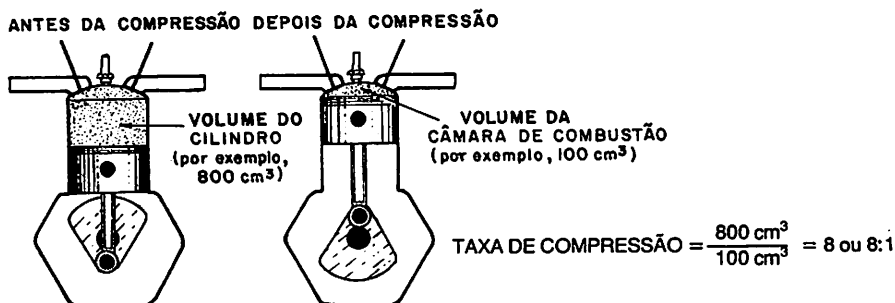
3. **Cilindrada** – A cilindrada é o volume deslocado pelo pistão durante o seu curso, ou seja, o volume compreendido entre os pontos mortos. Nos motores multicilíndricos, é o volume deslocado por todos os pistões desse motor. Por exemplo, se um motor de 4 cilindros tem uma cilindrada de 1600 cm^3 , o volume deslocado em cada cilindro é de 400 cm^3 . É importante não confundir *cilindrada* com *volume do cilindro*. A figura abaixo mostra a diferença:



4. **Eficiência ou rendimento** – Indica a parcela da energia calorífica do combustível aproveitada pelo motor para produzir energia mecânica. Nos motores reais, varia de 25% a 30%. A eficiência depende de:

- Melhor construção do motor*
- Elevada taxa de compressão*

Taxa ou razão de compressão é o quociente entre o volume do cilindro e o volume da câmara de combustão, conforme figura abaixo:



Para aumentar a eficiência do motor, seria ideal se pudessemos adotar taxas de compressão muito elevadas. Na prática, porém, não é possível adotar taxas muito superiores a 8:1, devido ao fenômeno da detonação ou batida de pinos, que será estudado posteriormente.

OBS.1
Helice de moderna só podem ser usadas
em motores de até 300HP

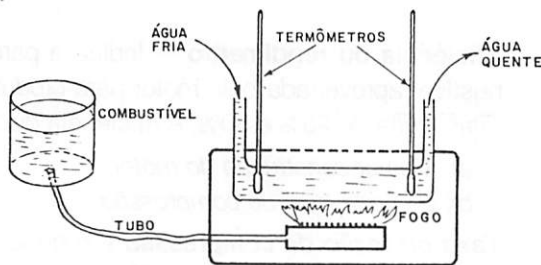
5. **Limitações de Rotação da Hélice** – Por razões aerodinâmicas, a eficiência da hélice cai acentuadamente quando suas pontas atingem velocidades próximas à do som. Para evitar esse inconveniente, os motores aeronáuticos são geralmente de baixa rotação e torque elevado (isso se consegue através de grandes cilindradas). Existem, porém, motores aeronáuticos de alta rotação, que acionam as hélices através de engrenagens de redução.



EIXO DA HÉLICE

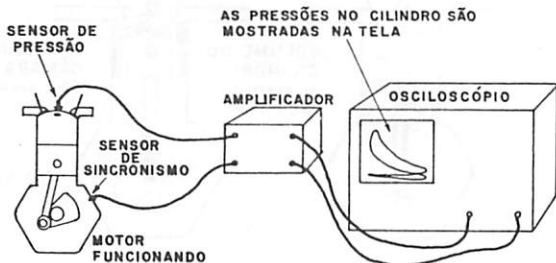
MOTOR COMUM DE
ACIONAMENTO DIRETOEIXO DA
HÉLICEMOTOR DE
ALTA ROTAÇÃOCAIXA DE
ENGRENAGENS
DE REDUÇÃO

- OBS.2
Prova
ANAC
6. **Potência Teórica** É a potência liberada pela queima do combustível, e representa a totalidade da energia contida no combustível. A potência teórica é determinada através de um instrumento de laboratório denominado calorímetro.



Calorímetro

7. **Potência Indicada** – É a potência desenvolvida pelos gases queimados sobre o pistão. Ela é calculada através de aparelhos chamados indicadores, medindo diretamente as pressões dentro do cilindro. A limitação da taxa de compressão reduz, por si só, a potência indicada para menos de 60% da potência teórica (a justificativa desse fato baseia-se na Termodinâmica, e foge às finalidades deste curso).



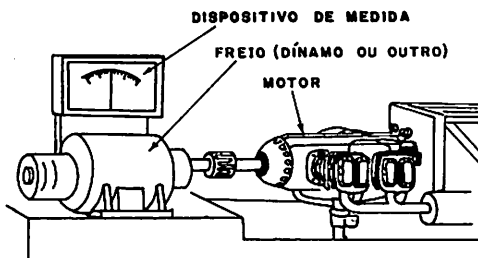
Indicador

potência medida no eixo do motor

8. Potência Efetiva – É a (BHP)

medida
potência que o motor fornece no eixo da hélice.

Ela é igual à potência indicada deduzida das perdas por atrito nas peças internas do motor. A potência efetiva é geralmente medida em aparelhos chamados dinamômetros mas, no caso dos



Dinamômetro

motores aeronáuticos, usam-se com freqüência os molinetes, que são hélices especiais calibradas. A potência efetiva é também chamada potência ao freio, porque os dinamômetros e molinetes funcionam como freios que simulam a carga imposta pela hélice sobre o motor.

NOTA: A potência efetiva não é fixa. Ela varia desde a de marcha lenta até a potência máxima.

9. Potência Máxima – É a potência efetiva máxima que o motor é capaz de fornecer. Geralmente supera a potência de projeto do motor, mas pode ser usada por curto tempo, como na decolagem ou em caso de emergência.

10. Potência Nominal – É a potência efetiva máxima para a qual o motor foi projetado e construído. Pode ser usada por tempo indeterminado.

(PICO VERDE)
Quando falamos, por exemplo, em "motor de 140 HP", estamos nos referindo à potência nominal. Ela é também denominada "potência máxima contínua" e faz parte da especificação do motor.

11. Potência de Atrito – É a potência perdida por atrito nas partes internas do motor. Ela varia conforme a rotação, e pode ser determinada pelo dinamômetro, girando o motor (sem alimentação e ignição) por meios externos.

12. Potência Útil – Também chamada de potência tratora ou potência de tração, é a potência desenvolvida pelo grupo motor propulsor sobre o avião. Nos aviões a hélice, a potência útil é igual à potência efetiva multiplicada pela eficiência da hélice.



EXEMPLO: Se o motor desenvolve 120HP no eixo e o rendimento da hélice é de 90%, a potência útil será igual a $120 \text{ HP} \times 0,90 = 108 \text{ HP}$.

13. **Abreviaturas inglesas** – É útil conhecer as seguintes abreviaturas em inglês, pois são muito usadas em publicações aeronáuticas:

IHP (Indicated Horse Power) Potência Indicada
BHP (Brake Horse Power) Potência Efetiva
FHP (Friction Horse Power) Potência de Atrito
THP (Thrust Horse Power) Potência Útil

14. **Ordem seqüencial de grandeza** – Na ordem decrescente, temos:

1º – Potência teórica
2º – Potência indicada
3º – Potência efetiva
4º – Potência útil
5º – Potência de atrito

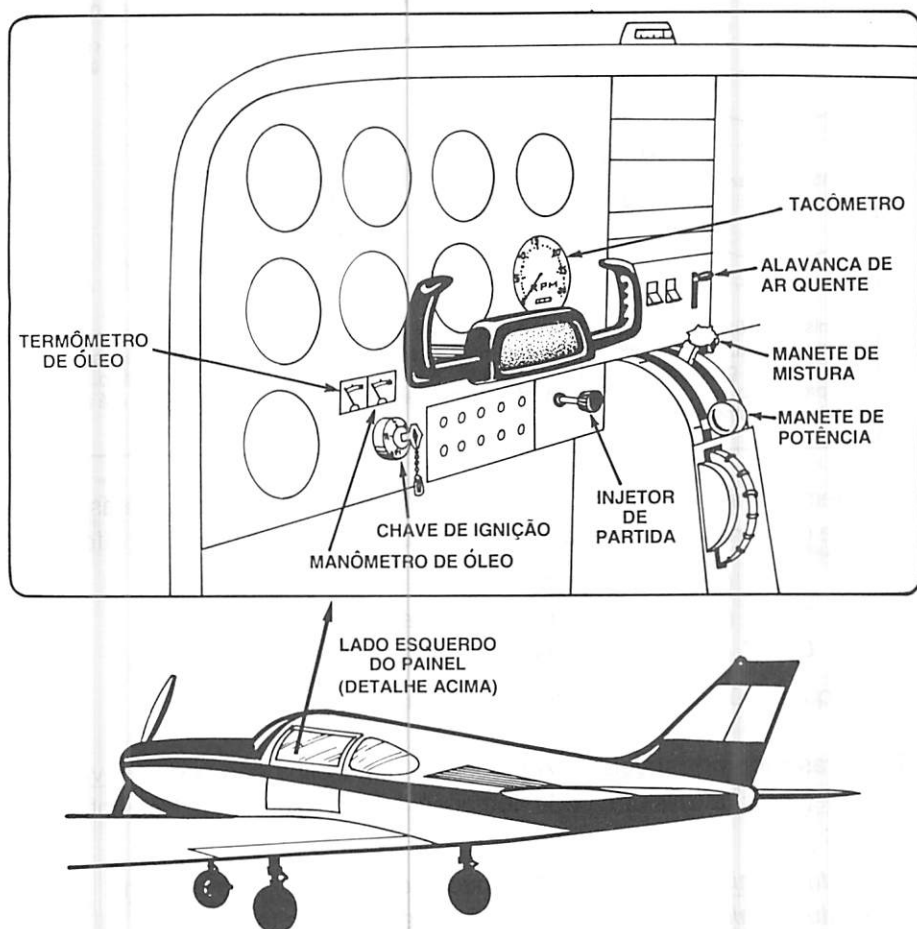
15. Além das potências acima, temos as seguintes, de interesse no estudo da performance do avião:

- a) **Potência Necessária** – É a potência que o avião necessita para manter o vôo nivelado numa dada velocidade.
- b) **Potência Disponível** – É a potência útil máxima que o grupo moto-propulsor pode fornecer ao avião. Num vôo de cruzeiro, usa-se apenas uma parte da potência disponível, para economizar combustível (*Exemplo: potência de cruzeiro igual a 75% da potência disponível*).

→ Potência nominal

operação do motor 10

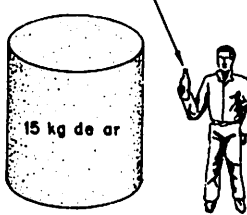
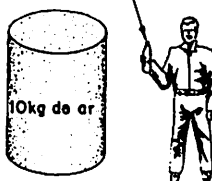
1. A figura abaixo mostra o painel de instrumentos localizado à frente do piloto, destacando os controles e instrumentos necessários à operação do motor.



2. **Mistura ar-combustível** – O estudo da mistura ar-combustível é importante para compreender o funcionamento do motor em diversas condições.

O ar é uma mistura formada por oxigênio, nitrogênio e outros gases, dos quais somente o oxigênio toma parte na combustão.

O combustível usado nos motores aeronáuticos a pistão é a *gasolina de aviação*, que será estudada em capítulo posterior. De acordo com a proporção de gasolina, a mistura pode ser rica, pobre ou quimicamente correta.

Mistura Quimicamente Correta	Mistura Rica <i>Decalagem -</i>	Mistura Pobre <i>Carbeto /</i>
EXEMPLO : 1 kg de gasolina  15 kg de ar A mistura 15:1 é quimicamente correta. As quantidades de ar e gasolina estão na proporção exata para a combustão completa.	EXEMPLO : 1 kg de gasolina  10kg de ar A mistura 10:1 é rica porque contém mais gasolina que o necessário. Após a combustão sobrá gasolina.	EXEMPLO : 1 kg de gasolina  20kg de ar A mistura 20:1 é pobre porque contém menos gasolina que o necessário. Após a combustão sobrá ar.

O termo "mistura" é também usado para indicar a relação entre as massas de ar e gasolina. Essa relação pode ser indicada de três maneiras diferentes:

10 : 1 (Dez partes de ar e uma de gasolina)

1 : 10 (Uma parte de gasolina e dez partes de ar)

0,1 : 1 (0,1 parte de gasolina e uma parte de ar).

Notar que o número maior indica sempre a massa de ar.

3. **Misturas incombustíveis** – A proporção ar-gasolina não pode ser variada à vontade, pois a mistura pode tornar-se incombustível nas seguintes condições:

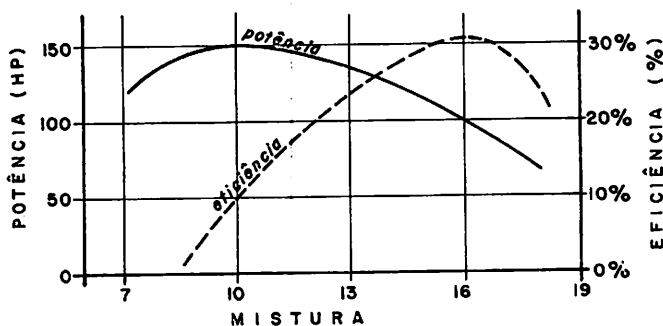
a) Mistura mais pobre que 25:1 – não queima por falta de gasolina.

b) Mistura mais rica que 5,55:1 – não queima por falta de ar.

ECONOMIAS

4. **Potência e Eficiência** – A mistura rica faz o motor funcionar com maior potência e menor eficiência, porque há um excesso de gasolina que não é queimado e perde-se pelo escapamento. Se a mistura for pobre, a potência será menor devido à falta de combustível, mas a eficiência será maior, porque não há desperdício de combustível.

Tudo isso pode ser visualizado no gráfico abaixo. Neste exemplo, a mistura



rica (10:1) produz a potência máxima de 150 HP, mas a eficiência é de apenas 10%. A mistura pobre (16:1) diminui a potência para 100 HP, mas a eficiência aumenta para 31%. Isso demonstra que a mistura 10:1 deve ser usada para decolar, e a mistura 16:1 para voar em regime de cruzeiro.

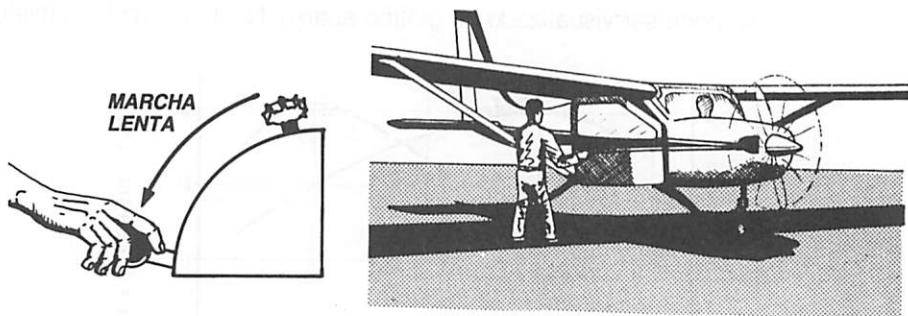
Resta explicar por que não usamos na prática a mistura quimicamente correta (15:1). Sem dúvida, essa mistura seria ideal se fosse possível efetuar a sua combustão total no motor. Na prática, porém, a combustão não é perfeita, e por isso a mistura quimicamente correta não é queimada totalmente — haverá um resíduo inaproveitado de combustível e também de ar, após a combustão — ou seja, não teremos nem potência máxima, nem eficiência máxima. Portanto não há vantagem em usar essa mistura.

5. **Fases Operacionais do Motor** – São as diversas condições em que o motor funciona durante o voo. Elas são:

- . *marcha lenta*
- . *decolagem*
- . *subida*
- . *cruzeiro*
- . *aceleração*
- . *parada*

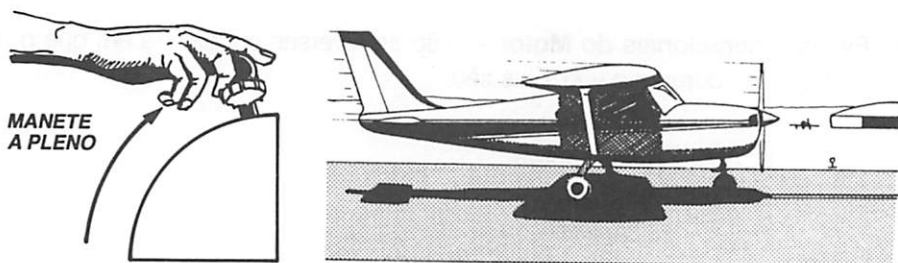
É preciso não confundir estas **fases operacionais** com as seis **fases de funcionamento**, que são: admissão, compressão, ignição, combustão, expansão e escapamento, já estudadas no capítulo 7.

6. **Fase Operacional de Marcha Lenta** – O motor funciona sem solicitação de esforço, com velocidade apenas suficiente para não parar. A manete de potência deve estar totalmente puxada para trás. A entrada de ar do motor é fortemente estrangulada, para admitir apenas uma pequena quantidade de ar.



A mistura deve ser rica, porque uma parte da gasolina perde-se misturando com os gases queimados que retornam do tubo de escapamento, devido ao cruzamento de válvulas (já estudado no capítulo 7). O ajuste da mistura de marcha lenta deve ser feito por um mecânico, com o avião no solo.

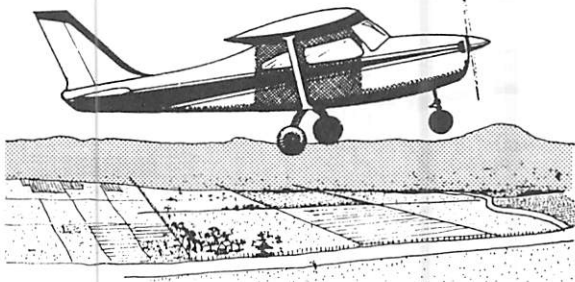
7. **Fase Operacional de Decolagem** – Esta é a fase em que se exige a máxima potência do motor. A manete de potência é levada toda para a frente (manete a pleno). Isso faz com que o motor seja alimentado com a máxima quantidade de ar, e gasolina em excesso (mistura rica, na proporção de 10:1).



A temperatura do motor poderá aumentar rapidamente, mas não causará danos, porque em menos de um minuto o avião terá decolado e atingido altura suficiente para o piloto reduzir a potência.

8. **Fase Operacional de Subida** – Nesta fase, o piloto reduz a rotação do motor, ajustando-a para potência máxima contínua (a potência máxima que o motor pode suportar sem limite de tempo). Em muitos aviões de baixa performance é desnecessário reduzir a rotação, porque o motor não possui torque suficiente para girar a hélice em rotação excessiva durante a subida.

REDUÇÃO
PARA
SUBIDA



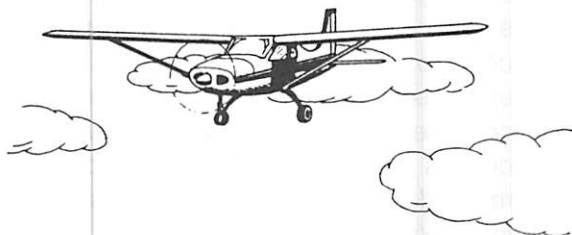
A mistura ideal para subida é moderadamente rica (12,5:1). Se a altitude alcançada for grande, o ar ficará rarefeito, tornando a mistura excessivamente rica. Nesse caso, o piloto deverá empobrecer a mistura, puxando aos poucos a manete de mistura; haverá um aumento de rotação e o motor funcionará mais suavemente. Quando a rotação começar outra vez a cair, o piloto deverá voltar a manete um pouco e aí deixar. Esse procedimento é a correção altimétrica da mistura.

MISTURA
POBRE

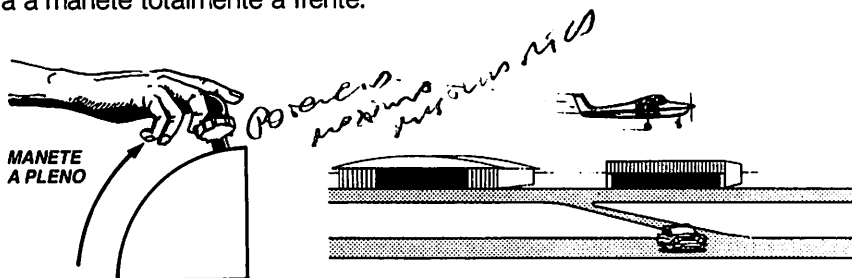


9. **Fase Operacional de Cruzeiro** – Esta é geralmente a fase mais longa do voo, que compreende a viagem até o destino. Usa-se uma potência reduzida e a mistura pobre (16:1), para economizar combustível. A manete deve ser ajustada para a rotação recomendada (por exemplo, 2200 RPM). Durante o cruzeiro, o piloto deve verificar constantemente a rotação no tacômetro.

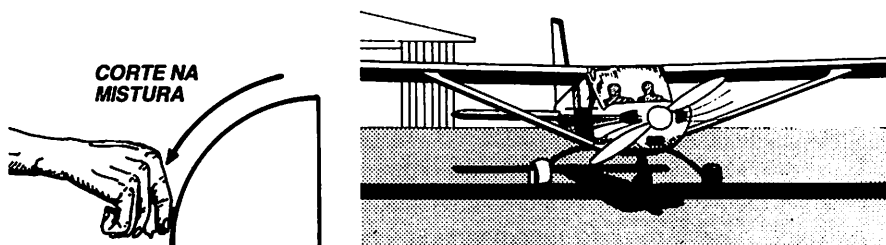
REDUÇÃO
PARA
CRUZEIRO



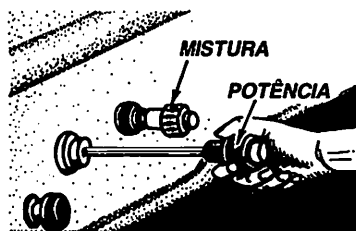
10. **Fase Operacional de Aceleração** – A aceleração rápida é efetuada em caso de emergência; por exemplo, quando surge um obstáculo inesperado na pista durante o pouso. O motor possui um sistema de aceleração rápida, que injeta uma quantidade adicional de gasolina no ar admitido, tornando a mistura rica. Esse sistema é acionado automaticamente quando o piloto leva a manete totalmente à frente.



11. **Fase Operacional de Parada do Motor** – Nos motores de automóveis, o motor é parado desligando-se a chave de ignição. Esse procedimento tem a desvantagem de deixar uma certa quantidade de gasolina nos cilindros, causando diluição do óleo lubrificante. Para evitar esse inconveniente, é recomendado parar os motores de aviação cortando a mistura, ou seja, interrompendo a entrada de gasolina.



12. Neste capítulo estudamos o uso das manetes de potência e de mistura, além do tacômetro. Os demais controles e instrumentos serão estudados mais tarde. Os procedimentos descritos são aplicáveis a todos os aviões, mas a localização e o formato dos instrumentos e controles pode variar, como na figura ao lado.



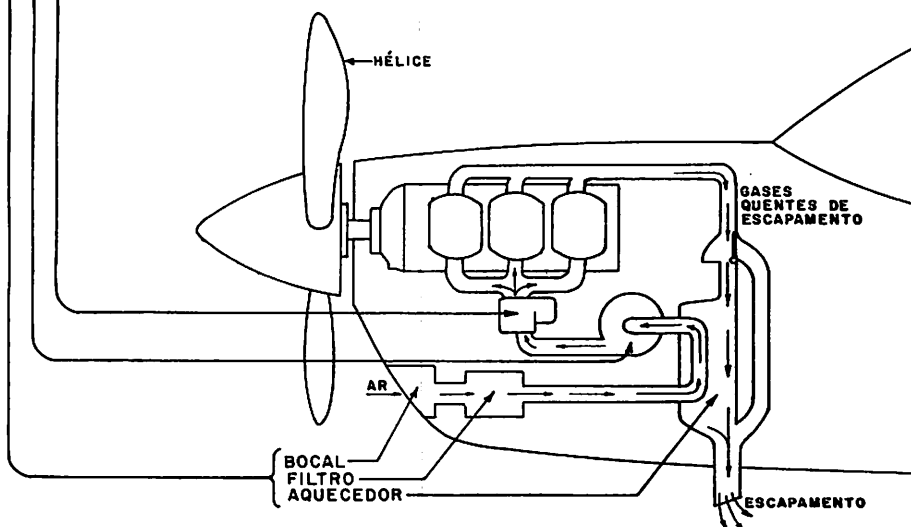
Manetes dos Aviões Cessna

sistema de alimentação

11

1. O sistema de alimentação tem a finalidade de fornecer a mistura ar-combustível ao motor, na pressão e temperatura adequadas e livre de impurezas. Um sistema de alimentação completo engloba três partes:

- a) **Sistema de Indução** – é o conjunto que admite, filtra e aquece o ar (se necessário).
- b) **Sistema de Superalimentação** – é o conjunto que aumenta a pressão do ar admitido. Os aviões mais simples não têm esse sistema.
- c) **Sistema de Formação de Mistura** – é o conjunto que mistura o combustível com o ar.

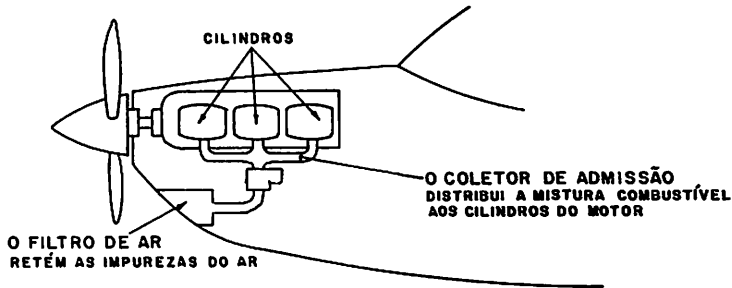


sistema de indução

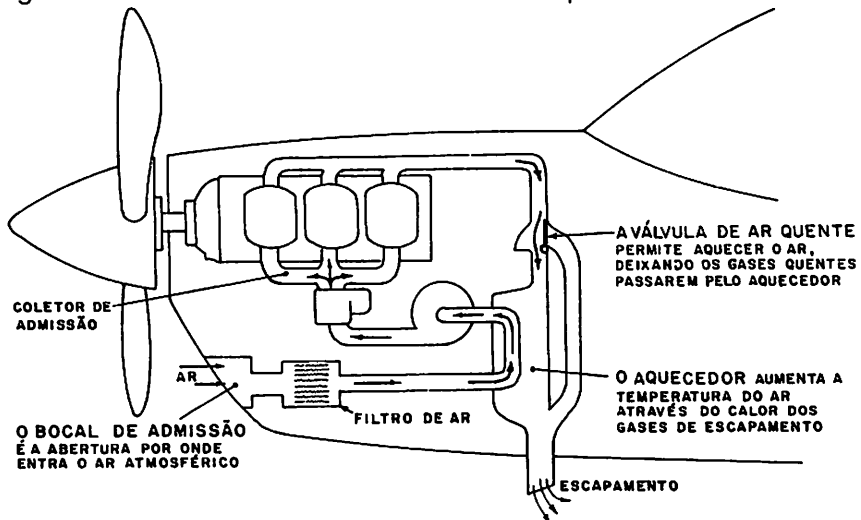
1. O sistema de indução é composto pelas seguintes partes:

- . Bocal de admissão
- . Filtro de ar
- . Aquecedor de ar
- . Válvula de ar quente
- . Coletor de admissão

2. A figura abaixo mostra o sistema de admissão mais simples possível, formado por apenas um filtro e o coletor de admissão:



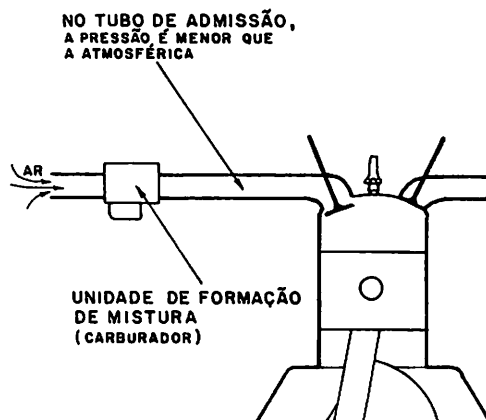
3. A figura abaixo mostra o sistema de admissão completo:



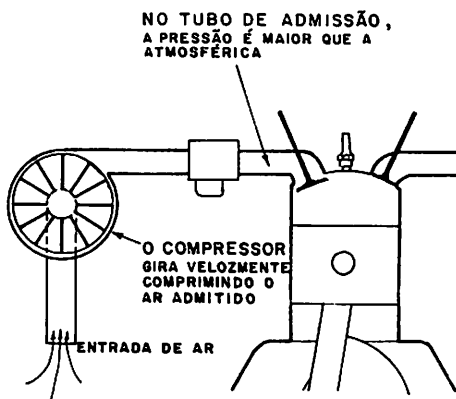
sistema de superalimentação

1. Motor não Superalimentado

Num motor comum, não superalimentado, o pistão aspira o ar através da rarefação que ele cria no cilindro durante a fase de admissão. Portanto a pressão no tubo de admissão é sempre menor do que a pressão atmosférica (ou seja, menor que 760 mm ou 29,92 polegadas de mercúrio ao nível do mar, na atmosfera ISA). Os motores não superalimentados perdem potência com a altitude, devido à diminuição da quantidade de ar.

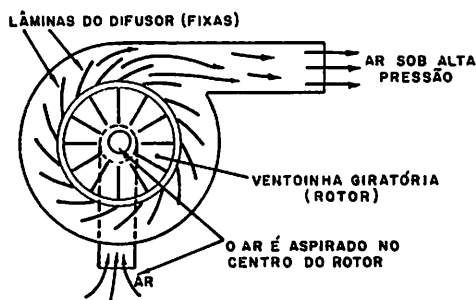


2. **Motor Superalimentado** – Num motor superalimentado, o ar é aspirado por um compressor que o comprime e envia sob pressão para os cilindros. A pressão de admissão pode ser portanto maior do que a pressão atmosférica (ou seja, maior que 760 mm ou 29,92 polegadas de mercúrio ao nível do mar, na atmosfera ISA). O motor superalimentado pode funcionar em altitude como se estivesse no nível do mar; porém, acima de uma determinada **altitude crítica**, ele começa também a perder potência.



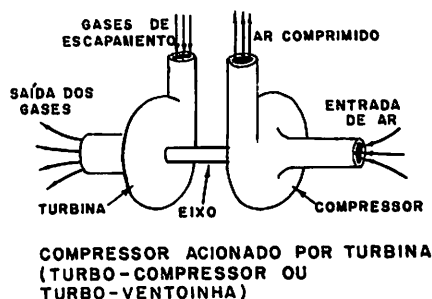
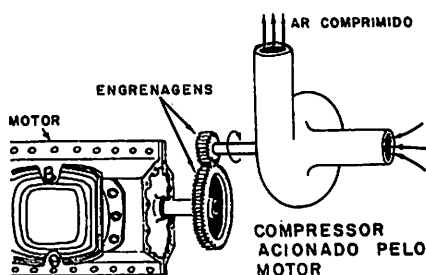
NOTA: A pressão de admissão é controlada pelo piloto através de um manômetro calibrado geralmente em milímetros ou polegadas de mercúrio. Quando o avião está no solo, com o motor parado, o manômetro não indicará "zero", mas a pressão atmosférica local.

3. **Compressores** – Os compressores usados na superalimentação são do tipo centrífugo. Eles possuem uma ventoinha que gira em velocidades elevadíssimas, arremessando o ar, por efeito centrífugo, contra difusores colocados ao seu redor. Nos difusores, a velocidade do ar diminui e a pressão aumenta.



4. **Acionamento dos compressores** – Os compressores podem ser acionados pelo eixo de manivelas, através de engrenagens que aumentam a rotação. Nos *motores turbo-alimentados* ou *turbo-ventoinha*, o compressor é acionado por uma turbina que aproveita a energia dos gases de escape, girando em velocidades que chegam a 70 000 RPM.

A turbina tem o funcionamento inverso do compressor. Possui também uma roda com palhetas, que é acionada pela pressão ou "sopro" dos gases de escape.



5. **Cuidados e Limitações** – A superalimentação obriga o piloto a vigiar constantemente os seguintes instrumentos:

- a) *tacômetro e termômetro do óleo*
- b) *termômetro da cabeça do cilindro*
- c) *manômetro de admissão*

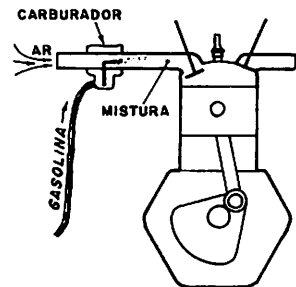
Os limites indicados nos instrumentos são críticos e, se ultrapassados, podem dar origem a superaquecimento, pré-ignição e detonação (que estudaremos mais tarde), redução do tempo entre revisões e danos mecânicos. Para evitar esses problemas, o uso da superalimentação pode ser inclusive proibido abaixo de uma altitude estipulada pelo fabricante do motor.

sistema de formação de mistura

1. O sistema de formação de mistura tem a finalidade de vaporizar a gasolina e misturá-la ao ar. Existem três tipos básicos de sistemas de formação de mistura: *carburação*, *injeção indireta* e *injeção direta*.

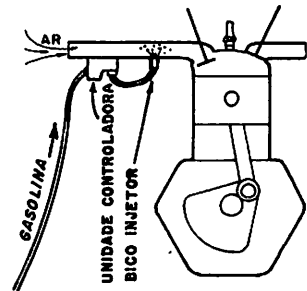
2. **Carburação** – Neste sistema, o ar passa através de um dispositivo denominado *carburetor*, onde se mistura com a gasolina. Há dois tipos de carburetores:

- a) **Carburetor de sucção** (ou de pressão diferencial), onde a gasolina é aspirada pelo fluxo de ar de admissão.
- b) **Carburetor de injeção**, onde a gasolina é injetada sob pressão dentro do fluxo de ar.

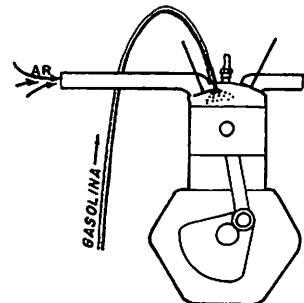


3. **Injeção indireta** – Neste sistema, a gasolina é injetada no fluxo de ar de admissão por uma bomba, *antes de chegar aos cilindros*. Como não há um carburetor para efetuar a dosagem do combustível e misturá-la ao ar admitido, a tarefa é dividida entre:

- a) **Unidade Controladora** (ou Reguladora) de Combustível, que efetua a dosagem, e
- b) **Bico Injetor**, que pulveriza a gasolina dentro do fluxo de ar admitido.



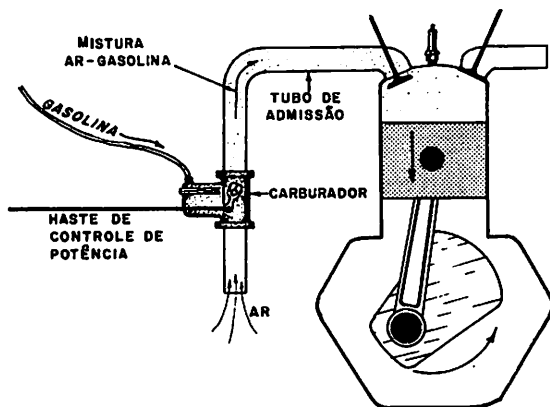
4. **Injeção Direta** – Neste sistema, os cilindros do motor aspiram ar puro, e o combustível é injetado diretamente dentro dos cilindros.



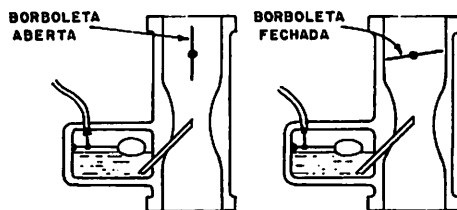
carburação e injeção

12

1. **O carburador** – A unidade de formação de mistura mais simples é o carburador. Basicamente serve para controlar a quantidade de ar e dosar a gasolina na proporção correta e portanto selecionar a fase operacional (marcha lenta, decolagem, cruzeiro, etc) desejada pelo piloto. Se a mistura formada não for adequada, o motor pode parar por falta de gasolina ou então por afogamento, isto é, excesso de gasolina.



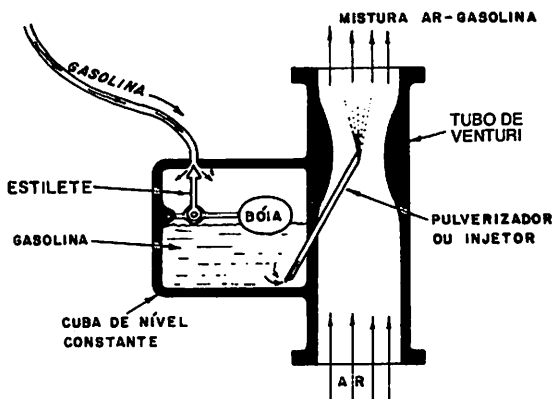
2. **Controle de potência** – A manete de potência está ligada diretamente à borboleta do carburador. Quando a manete é empurrada toda para a frente, a borboleta estará totalmente aberta, permitindo ao motor aspirar a máxima quantidade de ar. Quando a manete está na posição de marcha lenta, a borboleta ficará quase toda fechada.



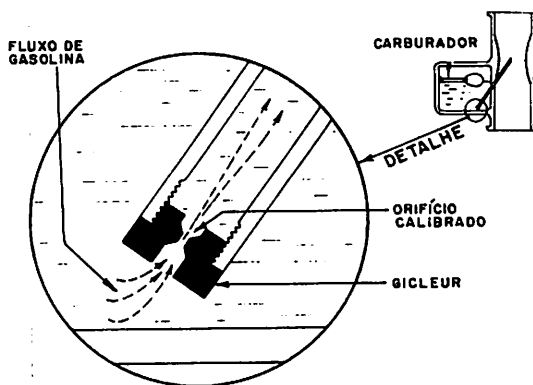
Este mecanismo de borboleta é utilizado para controlar o fluxo de ar de admissão em todos os sistemas de formação de mistura, seja ela a carburação, a injeção indireta ou a injeção direta. O controle do fluxo de gasolina, porém, varia conforme o sistema.

3. Neste capítulo estudaremos primeiramente o *carburador de nível constante ou de sucção ou de pressão diferencial*, e depois o *carburador de injeção*.

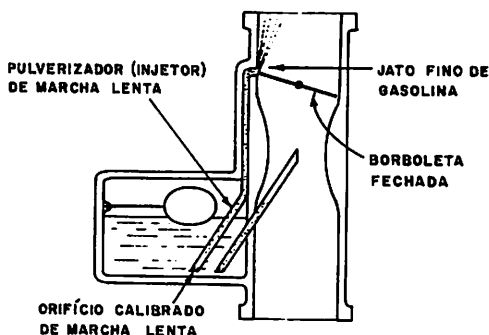
4. **Princípio de funcionamento do carburador** — O elemento básico do carburador é o **tubo de Venturi**, o qual possui um estrangulamento onde o fluxo de ar torna-se mais veloz, diminuindo a pressão estática. A sucção resultante faz a gasolina subir pelo pulverizador ou injetor, misturando-se com o ar sob forma pulverizada. Essa gasolina deve chegar aos cilindros sob forma gasosa. O nível de gasolina dentro da cuba é mantido constante através de um sistema de bóia semelhante ao das caixas de água residenciais. O funcionamento deste carburador baseia-se, portanto, na diferença de pressão existente entre a cuba de nível constante e o tubo de Venturi.



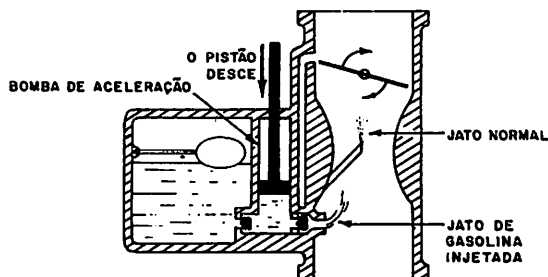
5. **Gicleur** ou giglê — é um orifício calibrado que serve para dosar a quantidade de gasolina que sai do pulverizador principal (chama-se "*principal*") para distingui-lo do pulverizador de marcha lenta, que veremos no próximo item). Quanto menor o diâmetro do orifício, mais pobre será a mistura. Esse diâmetro é fixo e determinado pelo fabricante do motor.



6. **Marcha lenta** – Quando a borboleta está na posição de marcha lenta, o fluxo de ar no tubo de Venturi diminui e a gasolina deixa de ser aspirada pelo pulverizador principal. No lugar deste, entra em ação o *pulverizador de marcha lenta*, o qual aproveita a sucção formada entre a borboleta e a parede do tubo. A abertura da borboleta e o orifício de dosagem da gasolina podem ser ajustados no solo pelo mecânico. Essa ajustagem faz parte do serviço de *regulagem do motor*, que veremos também no capítulo referente ao sistema de ignição.

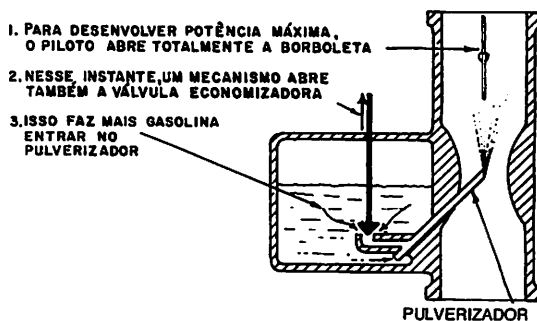


7. **Aceleração** – Quando o motor é acelerado, o fluxo de ar aumenta imediatamente, mas a gasolina sofre um retardo ao subir pelo pulverizador e chegar ao tubo de Venturi. Para compensar esse retardo, o carburador possui uma bomba de aceleração, cujo pistão injeta uma pequena quantidade adicional de gasolina no instante em que a borboleta é aberta.



8. **Válvula economizadora** –

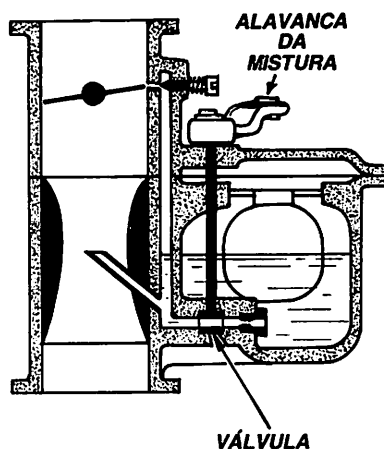
Quando a borboleta está na posição de potência máxima, abre-se uma *válvula economizadora*, fazendo passar mais gasolina para o pulverizador. A mistura torna-se rica (10:1, conforme vimos). Reduzindo a potência para *máxima contínua*, a válvula fecha-se um pouco, e a mistura empobrece para 12,5:1. Se a potência for reduzida para *cruzeiro*, a válvula economizadora fecha-se totalmente, tornando a mistura pobre (16:1).



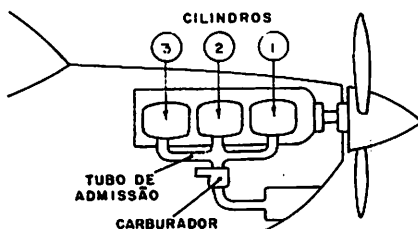
9. **Influência da atmosfera** – A mistura torna-se rica quando a densidade do ar diminui. A diminuição da densidade pode ser consequência de:

- . redução da pressão atmosférica devido à altitude ou por razões meteorológicas
- . aumento da temperatura do ar
- . aumento da umidade do ar

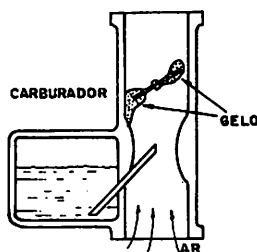
10. **Corretor altimétrico** – Já vimos anteriormente que a mistura precisa ser empobrecida à medida que a altitude aumenta. Isso é feito pelo *corretor altimétrico* (geralmente uma válvula), que é acionado pela manete de mistura e serve para corrigir a mistura e parar o motor. A figura ao lado mostra um exemplo típico, mas existem corretores altimétricos dos mais variados tipos, inclusive automáticos, que dispensam a atenção do piloto.



11. **Deficiências do carburador** – Apesar de ser muito utilizado, o carburador possui várias deficiências, tais como a distribuição desigual da mistura aos cilindros e a possibilidade de formação de gelo no tubo de Venturi.



O CILINDRO 2 É O MAIS FAVORECIDO PORQUE SE ENCONTRA MAIS PRÓXIMO AO CARBURADOR



A GASOLINA EVAPORA-SE E RESFRIA O AR, PROVOCANDO A CONDENSACÃO E O CONGELAMENTO DA UMIDADE DO AR. O GELO ACUMULA-SE COMO ILUSTRADO ACIMA.

A gasolina proveniente do carburador pode ainda voltar ao estado líquido no tubo de admissão, empobrecendo a mistura, e os movimentos do avião balançam a gasolina na cuba, causando variações na mistura.

12. Sintomas de formação de gelo – Os principais sintomas são:

- a) *Queda de rotação do motor, porque o gelo bloqueia a passagem da mistura no carburador, agindo como se a borboleta estivesse sendo fechada.*
- b) *Queda na pressão de admissão, pela mesma razão. Se o avião possuir manômetro de admissão, isso pode ser constatado facilmente.*
- c) *Funcionamento irregular do motor ou retorno de chama, se o gelo bloquear a saída de gasolina do pulverizador, empobrecendo a mistura.*

Os sintomas acima podem surgir mesmo em dias não muito frios, pois a vaporização da gasolina pode fazer a temperatura cair abaixo de zero graus Celsius no tubo de Venturi, congelando a água presente no ar admitido (não é a gasolina que se transforma em gelo, mas a água). Geralmente a formação de gelo ocorre quando o avião está descendo, com o motor funcionando em marcha lenta durante muito tempo. Para evitá-la, o piloto deve acionar o sistema de aquecimento do ar e acelerar periodicamente o motor, para "limpar" o carburador do eventual acúmulo de gasolina e água condensada.

13. Eliminação do gelo – Para eliminar o gelo, é necessário aquecer o ar de admissão. O aquecimento provocado por um retorno de chama, por exemplo, favorece a eliminação do gelo. Todavia, o degelo deve ser feito por um dispositivo de aquecimento do ar de admissão, geralmente acionado por uma alavanca no painel. Esse sistema, que utiliza o calor dos gases de escape, já foi estudado anteriormente (*Sistema de Indução*).

14. O Carburador de Injeção – Este carburador funciona em conjunto com uma bomba que fornece a ele o combustível sob pressão. Ao carburador cabe apenas a função de dosar o combustível na proporção correta com o ar admitido ao motor. O carburador de injeção possui as seguintes vantagens em relação ao carburador convencional:

- a) *Evita acúmulo de gelo no tubo de Venturi e na borboleta, porque o combustível é injetado após a borboleta. As finíssimas partículas de gelo eventualmente formadas são aspiradas pelos cilindros e se vaporizam.*
- b) *Funciona em todas as posições do avião, inclusive em vôo de dorso, pois não há espaços vazios onde o combustível possa balançar.*
- c) *Vaporização mais perfeita do combustível porque, no ato da pulverização, a pressão aplicada "quebra" as gotas de combustível em partículas menores.*
- d) *Dosagem mais precisa e constante do combustível.*

Estas vantagens aplicam-se também, com maior ênfase, aos sistemas de injeção indireta e direta de combustível, que estudaremos nos próximos itens.

15. Funcionamento do carburador de injeção

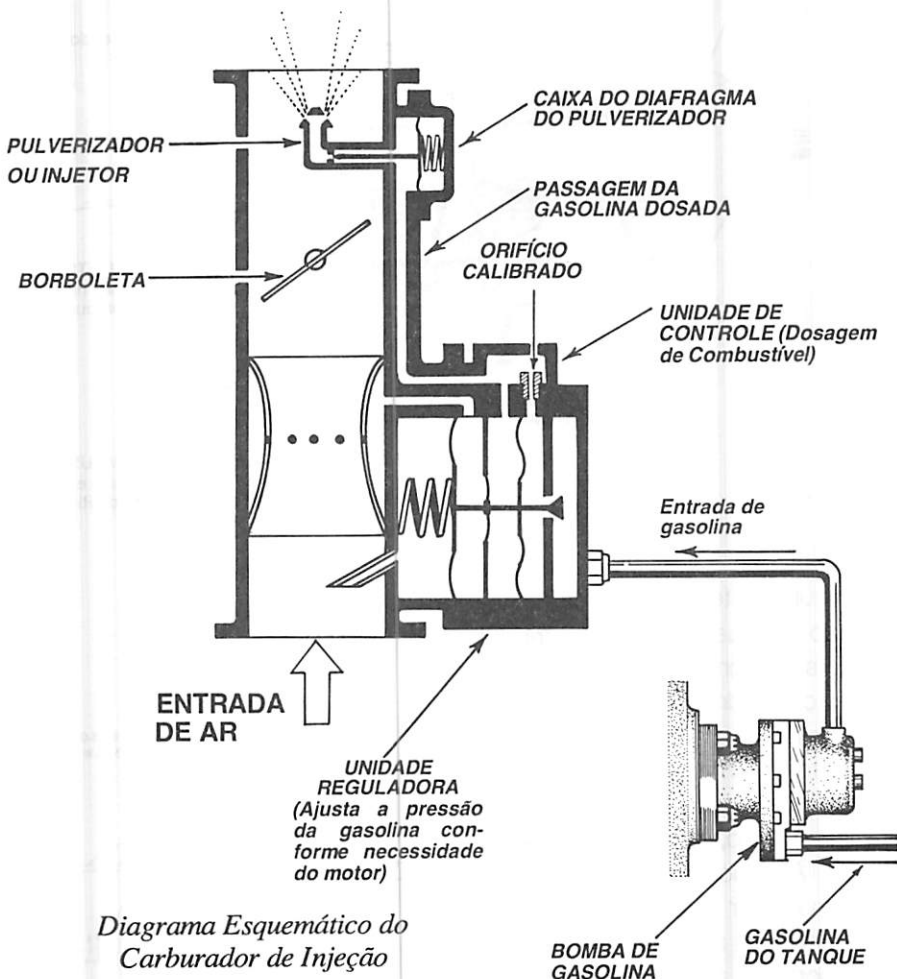
NOTA: A descrição a seguir não faz parte do programa. Todavia, é interessante estudá-la para compreender melhor o funcionamento e as vantagens deste carburador.

O carburador de injeção recebe combustível sob pressão de uma bomba acionada pelo motor. Essa pressão é ajustada por uma unidade reguladora de acordo com o fluxo de ar admitido. A gasolina passa a seguir por uma unidade de controle, onde é dosada através de um orifício calibrado. A gasolina dosada vai então ao pulverizador e se mistura com o ar.

O funcionamento da borboleta é exatamente igual ao do carburador convencional.

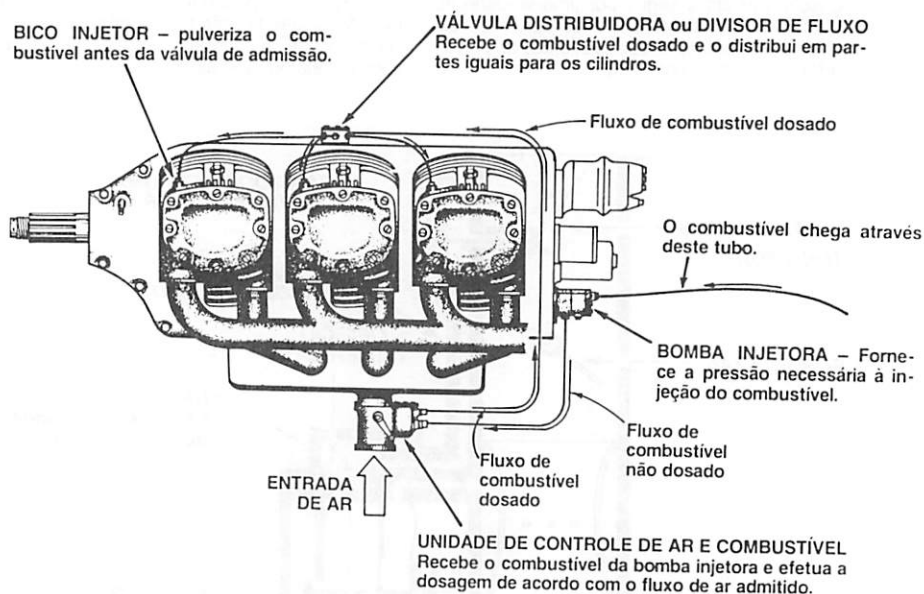
O tubo de Venturi não tem a finalidade de aspirar a gasolina, mas apenas de "sinalizar" a um dos diafragmas da unidade reguladora para controlar a pressão de gasolina.

É interessante observar que o carburador convencional não deixa de ser também um carburador de pressão, pois o termo "sucção", que viemos empregando, não tem significado científico. Na realidade, a "sucção" é uma "injeção" provocada pela pressão atmosférica.

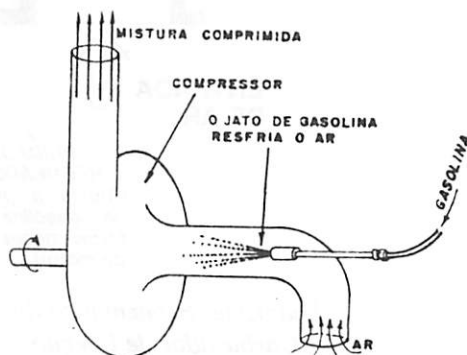


16. Sistema de Injeção Indireta

Neste sistema, os cilindros recebem a mistura já formada. A figura abaixo mostra um sistema típico, onde o combustível é injetado na cabeça do cilindro, num fluxo contínuo, imediatamente antes das válvulas de admissão (os detalhes mecânicos não fazem parte do programa do curso).

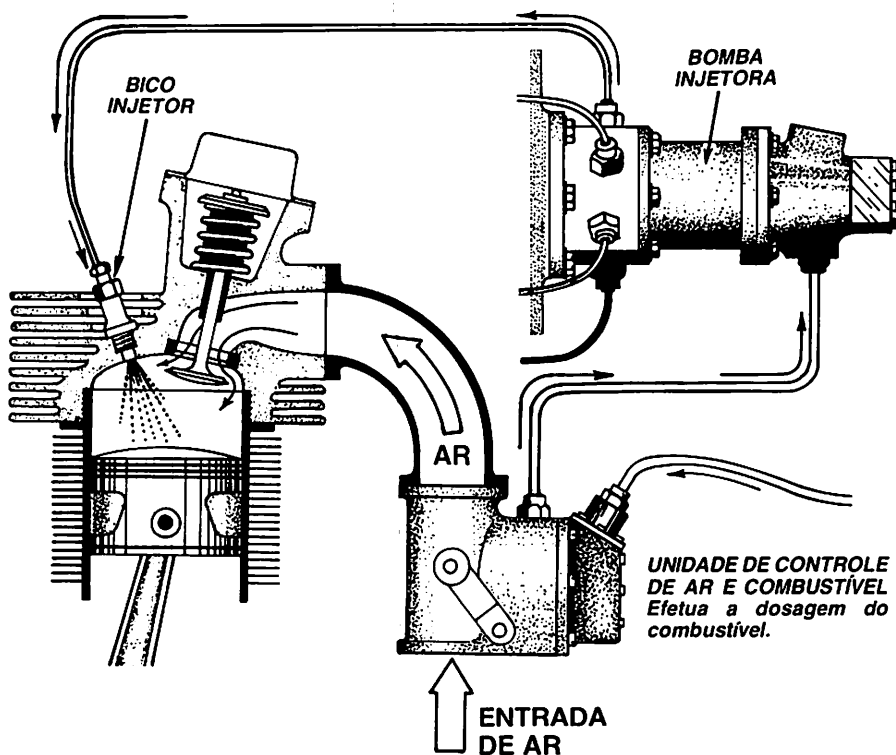


17. Alguns sistemas de injeção indireta não possuem válvula distribuidora, pois o combustível é injetado no duto de admissão, antes de este se ramificar para os vários cilindros do motor. A injeção pode ser feita na entrada do compressor de superalimentação, como na figura ao lado. A vaporização do combustível torna o ar mais frio e denso, aumentando a massa de ar admitida e portanto a potência do motor.



18. Sistema de Injeção Direta

No sistema de injeção direta, o combustível é pulverizado dentro dos cilindros, durante a fase de admissão. O fluxo é, portanto, descontínuo. O motor aspira ar puro e a mistura forma-se dentro dos cilindros. A figura abaixo mostra o esquema de um sistema típico de injeção direta. A bomba injetora desempenha um papel vital, pois ela serve não somente para bombear combustível, como também para distribuir e injetar o combustível nos cilindros, em sincronia com os tempos de admissão.



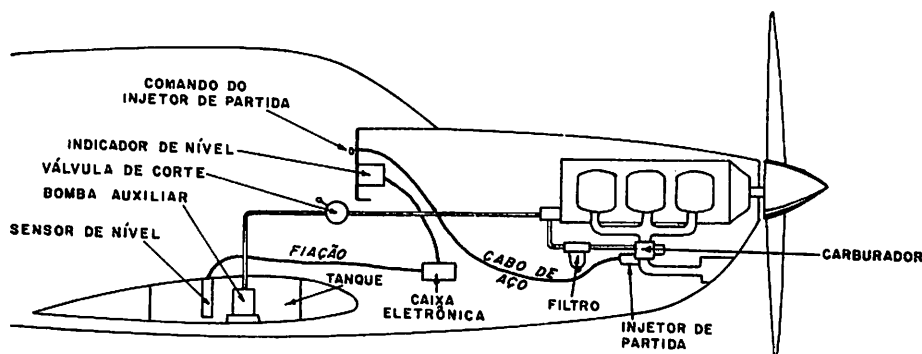
NOTAS

- 1) O sistema esquematizado acima é um mero exemplo. Existem inúmeras variantes, tornando impossível fornecer mais detalhes sem cair em particularizações.
- 2) As vantagens do sistema de injeção já foram mencionadas no item 14. Aquelas vantagens são ainda mais notáveis no sistema de injeção direta, principalmente no que se refere à precisão de dosagem da mistura e rapidez de resposta do motor.

sistema de combustível

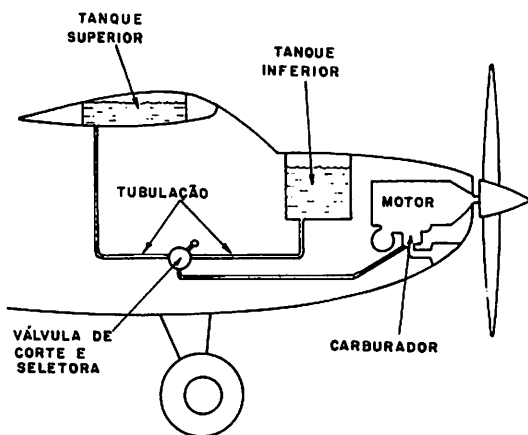
13

1. O sistema de combustível tem a finalidade de armazenar o combustível e fornecê-lo ao motor. Os dois sistemas mais utilizados são a *alimentação por gravidade* e a *alimentação por pressão*.



2. Alimentação por gravidade –

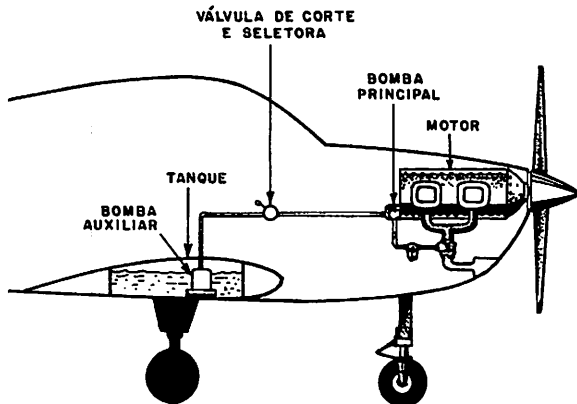
Neste sistema, os tanques estão localizados em posições elevadas e o combustível escoia por gravidade até o motor. Os tanques têm um furo de ventilação para que o ar possa entrar. O piloto pode escolher os tanques a serem usados (superior, inferior ou ambos), através da válvula de corte e seletora, a qual serve ainda para cortar o fluxo de combustível ao motor.



3. Alimentação por pressão – Neste sistema, o combustível é enviado ao motor através da pressão de uma bomba. Normalmente são usadas duas bombas:

a) *Bomba principal*, que é acionada pelo motor do avião

b) *Bomba auxiliar*, que é acionada por um motor elétrico. Geralmente é usada durante a partida do motor, decolagem, pouso ou voo em altitude elevada, conforme recomendado pelo manual do avião. Essa bomba é capaz de alimentar o motor quando a bomba principal falhar. Em muitos aviões, ela encontra-se instalada no fundo do tanque de combustível.



4. **Indicador de quantidade de combustível (Liquidômetro)** – Serve para indicar a quantidade de combustível nos tanques. Geralmente é um instrumento elétrico que recebe o sinal de um transmissor localizado no tanque. Em determinados aviões, é constituído por uma simples bóia com uma haste de arame visível externamente, logo à frente do pára-brisas.

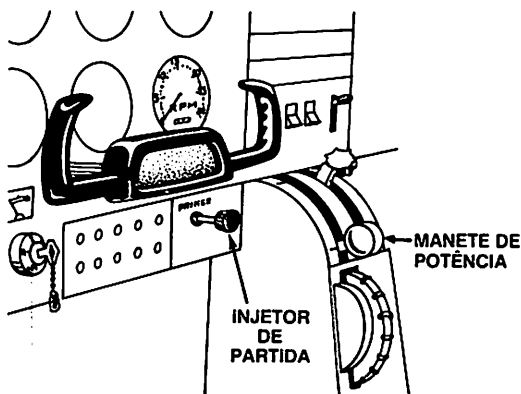
5. **Injetor de partida ("Primer")** – É uma pequena bomba manual (ou elétrica), que serve para injetar um pouco de gasolina no tubo de admissão, para facilitar a partida do motor.

DETALHES ADICIONAIS (Estudo Opicional):

O termo inglês "Primer" é às vezes traduzido como "escorva" ou "bomba de escorva".

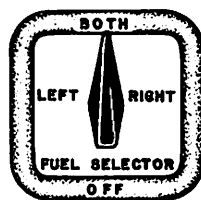
O injetor manual, mostrado na figura ao lado, deve ser acionado de acordo com as recomendações do fabricante e a experiência do piloto.

Em alguns aviões não existe injetor de partida. Nesses casos, a manete de potência deve ser empurrada e puxada algumas vezes. Esse movimento faz com que a bomba de aceleração do carburador injete um pouco de combustível no tubo de admissão, conforme vimos na pág. 66, item 7.

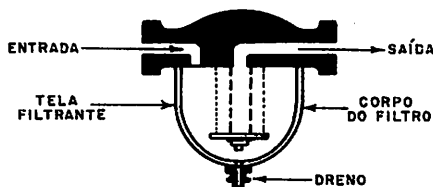
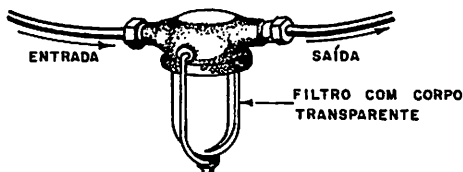


6. **Válvula de corte e seletora** – É uma válvula usada pelo piloto para selecionar o tanque e cortar o suprimento de combustível.

A figura ao lado mostra um exemplo de válvula utilizada num avião com tanques nas asas. As posições selecionáveis são: "Tanque direito" (RIGHT), "Tanque esquerdo" (LEFT), "Ambos" (BOTH) e "Corte" (OFF ou CUTOFF). As posições RIGHT e LEFT são selecionadas quando um dos tanques está mais pesado, interferindo no equilíbrio do avião. Nos aviões bimotores há uma válvula para cada motor, e pode-se fazer a alimentação cruzada ("cross feed"), que consiste em alimentar o motor esquerdo com o tanque direito e vice-versa.



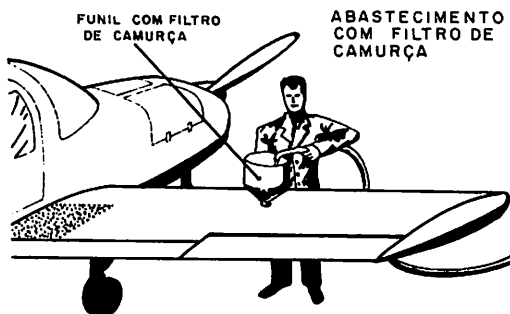
7. **Filtro** – O filtro serve para reter impurezas sólidas, através de uma tela fina de metal ou papel filtrante. Alguns filtros têm o corpo transparente, permitindo verificar a presença de impurezas e água. Geralmente o filtro encontra-se na parte mais baixa da fuselagem, próxima ao motor, e possui uma pequena válvula para que o piloto possa retirar um pouco de combustível e verificar se está contaminado com água.



A água do ar atmosférico contamina a gasolina, depositando-se no fundo dos tanques e nas partes baixas das tubulações. A água depositada pode levar certo tempo para chegar até o carburador e provocar a parada do motor. Como isso normalmente ocorre no ar, logo após a decolagem, a verificação do combustível (em todos os pontos de drenagem) é essencial para a segurança do voo.

8. **Prevenção contra água** – Durante o abastecimento, a água pode ser eliminada por meio de um funil de camurça, que permite apenas a passagem da gasolina. Em muitos aeródromos isso é desnecessário, pois as bombas já fornecem o combustível livre de água.

Durante paradas prolongadas do avião, é conveniente manter os tanques completamente cheios, para diminuir a quantidade de ar em contato com a gasolina.

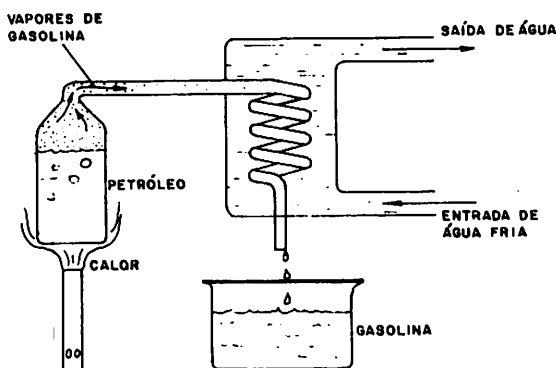


combustíveis

14

1. **Obtenção** — Atualmente, os combustíveis de aviação são obtidos através da destilação do petróleo. À medida que aumenta a temperatura, o petróleo começa a liberar vapores que podem ser recolhidos através de resfriamento. Inicialmente são recolhidos os produtos mais voláteis como o éter, a gasolina de aviação, a gasolina automotiva, e depois os menos voláteis, como o querosene, o óleo diesel, os óleos lubrificantes, etc.

De modo geral, a gasolina é usada nos motores a pistão, e o querosene nos motores a reação. Existem, porém, exceções. Os combustíveis obtidos do petróleo são denominados *combustíveis minerais*, em contraste com o álcool, por exemplo, que é um combustível vegetal.

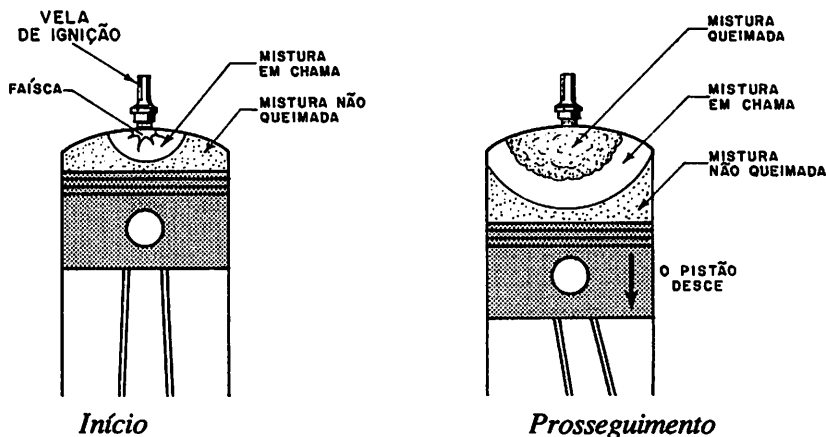


Princípio de destilação do petróleo

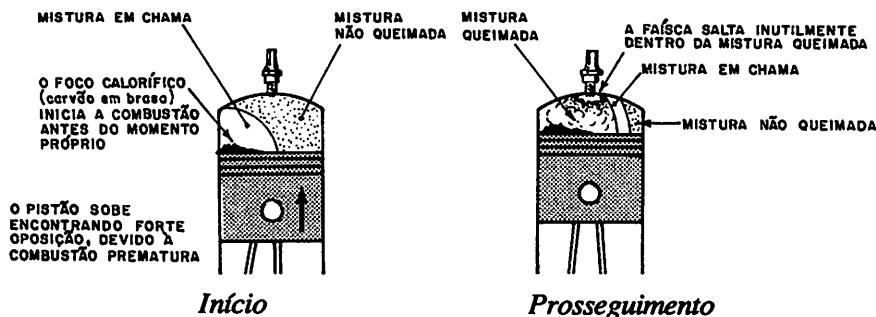
2. **Propriedades da Gasolina** — As propriedades mais importantes da gasolina são o *poder calorífico*, a *volatilidade* e o *poder antidetonante*.
- a) **Poder calorífico** — É a quantidade de calor liberada pela queima de uma determinada quantidade (1 kg ou 1 libra) de combustível. A gasolina é um dos combustíveis líquidos de mais alto poder calorífico.
 - b) **Volatilidade** — A gasolina é uma mistura de vários líquidos combustíveis denominados *hidrocarbonetos*. Alguns deles têm alta volatilidade e tornam possível dar partida ao motor em baixas temperaturas.
 - c) **Poder antidetonante** — É a capacidade da gasolina resistir à *detonação* — fenômeno que será descrito no próximo item.

3. A queima da gasolina pode ocorrer de três diferentes maneiras num motor a pistão: *combustão normal*, *pré-ignição* e *detonação*.

a) Combustão normal – A queima começa quando se dá a faísca na vela, e a chama propaga-se dentro do cilindro com rapidez, mas progressivamente. A ignição deve ser produzida no instante adequado para aproveitar ao máximo a energia impulsiva dos gases.



b) Pré-ignição – A combustão neste caso é ainda rápida e suave, mas ocorre prematuramente, devido à existência de um ponto quente, que pode ser a própria vela superaquecida ou uma pequena quantidade de carvão incandescente acumulado na câmara de combustão ou na cabeça do pistão. Como a combustão é antecipada, a energia impulsiva não fica sincronizada com o movimento do pistão, e o resultado é o superaquecimento e mau rendimento mecânico.

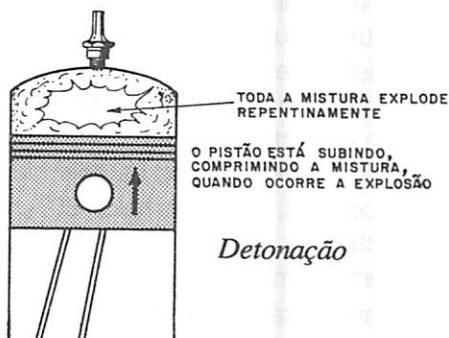


c) Detonação – A combustão neste caso é praticamente instantânea, ou seja, explosiva. A energia da combustão é liberada instantaneamente, causando superaquecimento em vez de potência mecânica. A detonação é também conhecida como “batida de pinos” (devido ao ruído característico que produz: *tec-tec-tec-tec-tec . . .*, como se alguém estivesse golpeando a carcaça do motor com um martelinho). As causas da detonação podem ser:

- a) *combustível com baixo poder antidetonante*
- b) *mistura muito pobre*
- c) *cilindro muito quente*
- d) *compressão muito alta*

As principais consequências da detonação no motor são:

- a) *fraturas e outros danos nos anéis de segmento, pistões e válvulas*
- b) *perda de potência e superaquecimento do motor*
- c) *queima do óleo lubrificante e inutilização do motor (na linguagem popular, diz-se que o motor “funde”)*

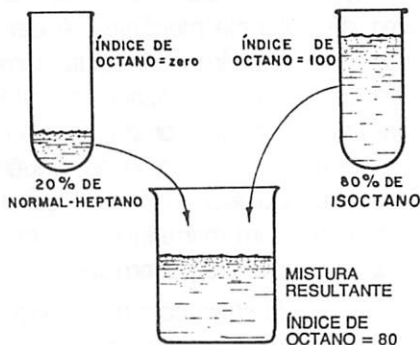


Detonação

4. **Índice de octano (IO)** – É um número atribuído a cada tipo de gasolina, servindo para indicar o seu poder antidetonante. O índice de octano (ou índice octânico ou octanagem) da gasolina é determinado através do **motor CFR** (“Cooperative Fuel Research”), que possui compressão variável. O teste é feito em duas etapas, pelo processo da comparação:

- a) O motor CFR é posto a funcionar com a gasolina a ser testada. Durante o funcionamento, a taxa de compressão é aumentada, até que o motor começa a “bater pinos”.
- b) Fixando essa taxa de compressão, o motor CFR é alimentado com misturas de isoctano e heptano (dois tipos de hidrocarbonetos), em diversas proporções, até que comece também a “bater pinos”. A porcentagem de octano presente nessa mistura é o índice de octano da gasolina testada.

5. **Justificativa do método** – O isoctano é um hidrocarboneto (líquido inflamável formado por carbono e hidrogênio) muito resistente à detonação. O heptano (ou normal-heptano) é um outro hidrocarboneto, porém tão facilmente detonável que torna o funcionamento do motor impossível. Por convenção, atribui-se o índice de octano “100” para o isoctano e “zero” para o heptano. Se misturarmos os dois hidrocarbonetos, por exemplo, 80% de isoctano e o restante de heptano, teremos uma mistura cujo índice de octano será intermediário, no caso igual a 80. Portanto qualquer gasolina que se comporte no motor de forma semelhante a essa mistura terá índice de octano igual a 80.



6. Para aumentar o índice de octano, a gasolina recebe um aditivo chamado *chumbo tetraetila* (ou *tetraetil chumbo*). Com isso, obtêm-se índices octânicos melhores que o do próprio isoctano, ou seja, superiores a 100.

NOTA: É aconselhável conhecer a definição de *Índice de Desempenho (ID)*, embora não conste mais no atual programa de Conhecimentos Técnicos. Trata-se de um índice aplicável a octanagens maiores que 100, e que é calculado pela fórmula: $ID = 3(IO - 100)$. Por exemplo, se a octanagem é igual a 115, o Índice de Desempenho será igual a $3(115 - 100) = 45$.

7. **Efeito da mistura no poder antidetonante** – A mistura pobre é menos antidetonante que a mistura rica. Por isso, o índice de octano é designado através de um duplo índice; por exemplo, a gasolina 100/130 possui índice de octano igual a 101 (aproximadamente 100) para mistura pobre, e 131 (aproximadamente 130) para mistura rica.
8. **Classificação da gasolina de aviação** – A gasolina de aviação é classificada em dois tipos, de acordo com a sua octanagem.

DESIGNAÇÃO	
100	(100/130)
115	(115/145)

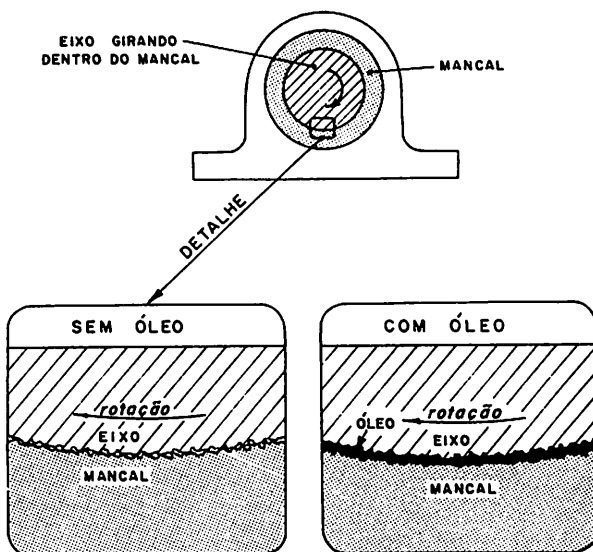
Ambos os tipos de gasolina possuem a mesma coloração: AZUL.

9. O uso da gasolina de octanagem incorreta pode ser permissível em alguns casos, dentro dos seguintes critérios:
- a) Octanagem baixa: Nunca deve ser usada, devido à detonação, superaquecimento e demais conseqüências já estudadas.*
 - b) Octanagem alta: Pode ser usada por tempo limitado, em emergência. O uso prolongado pode causar acúmulo de depósitos de chumbo nas velas e conseqüente falha de ignição, além de corrosão em partes metálicas.*

sistema de lubrificação

15

1. **Princípio da Lubrificação** – Duas superfícies metálicas em contato apresentam atrito, mesmo quando polidas, porque é impossível eliminar as asperezas microscópicas das mesmas. Quando utilizamos um óleo lubrificante entre essas superfícies, como no mancal ilustrado ao lado, forma-se uma fina película de óleo que mantém as peças separadas. Isso elimina o desgaste e o funcionamento torna-se mais fácil porque o atrito interno do óleo é pequeno.



2. **Funções do Óleo Lubrificante** – Além da função normal de lubrificação das peças móveis, o óleo tem com função secundária auxiliar o resfriamento do motor. A falta de lubrificação coloca as peças metálicas móveis em contato, provocando desgaste e calor por atrito. O calor pode queimar o óleo, transformando-o numa borra pegajosa que acabará impedindo o funcionamento das peças. As principais propriedades do óleo lubrificante são:

- a) *Viscosidade*
- b) *Ponto de congelamento*
- c) *Ponto de fulgor*

3. **Viscosidade** – Viscosidade é a resistência que o óleo oferece ao escoamento. O frio excessivo aumenta a viscosidade, tornando difícil o movimento das peças. O calor excessivo diminui a viscosidade, tornando o óleo muito fluido e incapaz de manter a película lubrificante entre as peças. Por isso a temperatura do óleo deve ser mantida dentro de determinados limites.

4. **Determinação da Viscosidade** – A viscosidade do óleo é determinada por meio de instrumentos chamados viscosímetros. Um deles é o *Viscosímetro de Saybolt*, que mede o tempo que 60 cm³ do óleo levam para escoar através de um orifício padrão, numa dada temperatura. Por exemplo, se o óleo levar 120 segundos para escoar de um viscosímetro Saybolt à temperatura de 210 graus Fahrenheit, ele receberá a designação 120SSU210.



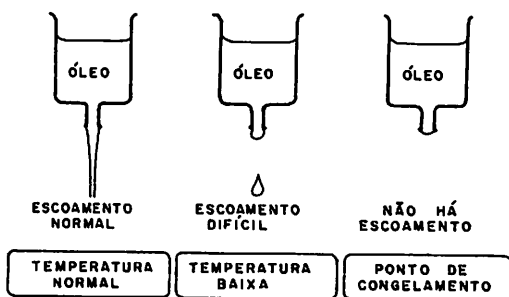
Classificação SAE ("Society of Automotive Engineers") – É um método muito utilizado, que classifica os óleos em sete grupos: SAE10, SAE20, SAE30, SAE40, SAE50, SAE60 e SAE70, na ordem crescente de viscosidade.

Classificação para Aviação – O óleo fornecido pelas empresas de petróleo, destinado à aviação, tem uma classificação comercial própria, indicada através de números: 65, 80, 100, 120 e 140. Esses números correspondem ao dobro dos valores da classificação SAE (exceto o 65), conforme mostra a tabela abaixo:

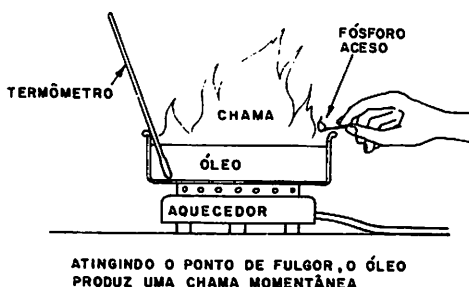
ÓLEOS PARA AVIAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO SAE
65	30
80	40
100	50
120	60
140	70

NOTA (Estudo opcional): Na prática, dificilmente encontraremos a designação Saybolt em aviação. A classificação SAE é muito usada nos Estados Unidos, com designações do tipo "SAE 10W-30", indicando que se trata de um óleo multiviscoso, que se comporta como um óleo SAE10 a baixas temperaturas e como SAE30 a altas temperaturas. No Brasil, os óleos para aviação seguem a classificação comercial que estudamos acima (os valores são próximos da viscosidade Saybolt a 210 graus Celsius). Por exemplo, se o mecânico de um aeroclube brasileiro referir-se ao "óleo 80", tratar-se-á do "óleo 80 de aviação", que corresponde ao SAE40.

5. **Ponto de Congelamento** – É a temperatura em que o óleo deixa de escoar. Um bom óleo tem baixo ponto de congelamento, permitindo que o motor possa partir e funcionar em baixas temperaturas.



6. **Ponto de Fulgor** – É a temperatura em que o óleo inflama-se momentaneamente quando em contato com uma chama. Um bom óleo tem alto ponto de fulgor, para tornar possível a lubrificação em temperatura elevada.



7. **Fluidez** – Esta propriedade indica a facilidade em fluir. O óleo lubrificante deve ter elevada fluidez, para circular facilmente pelo motor.

No caso dos óleos, a fluidez está ligada à viscosidade. Infelizmente a fluidez não pode ser aumentada além de um certo limite sem prejudicar a viscosidade.

8. **Estabilidade** – O óleo deve ser estável, isto é, não deve sofrer alterações químicas e físicas durante o uso. Na realidade, como as alterações são inevitáveis, são estabelecidas tolerâncias através de normas (padrões ASTM, MIL, etc).
9. **Neutralidade** – Indica a ausência de acidez no óleo. Os ácidos, se presentes, atacam quimicamente as peças do motor, causando corrosão.
10. **Oleosidade** – Este termo, traduzido de "oiliness", depende do óleo e do tipo da superfície a ser lubrificada. Indica a capacidade do óleo aderir à superfície. É uma propriedade importante, pois um óleo com boa viscosidade e boa formação de filme lubrificante seria inútil se não for capaz de aderir bem às superfícies das peças.

11. **Aditivos** – São substâncias químicas adicionadas ao óleo para melhorar as suas qualidades. Os principais são:
- a) **Anti-oxidantes** – melhoram a estabilidade química do óleo, reduzindo a oxidação, que é a combinação do óleo com o oxigênio do ar, formando substâncias corrosivas, borras e outras substâncias nocivas.
 - b) **Detergentes** – Servem para dissolver as impurezas que se depositam nas partes internas do motor.
 - c) **Anti-espumantes** – Servem para evitar a formação de espuma, que provoca falta de óleo nas peças a serem lubrificadas.

Os aditivos e o próprio óleo perdem suas propriedades com o uso, e por isso precisam ser trocados periodicamente.

NOTA (Estudo opcional): Não incluímos no estudo acima os óleos para turbinas dos motores a reação. Os óleos minerais derivados do petróleo sofrem decomposição química em temperaturas acima de 250 graus Celsius, que são encontradas em turbinas. Estas devem ser lubrificadas por óleos sintéticos, à base de ésteres orgânicos, que possuem boa estabilidade térmica.

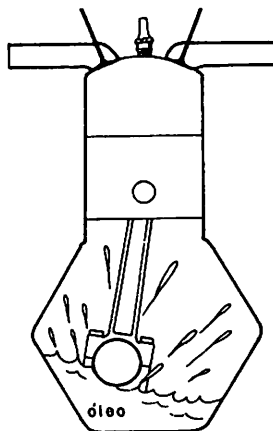
Entretanto, o óleo sintético não é totalmente aceito nos motores a pistão, porque estes são mais "sujos" devido a subprodutos do chumbo tetraetila, que formam crostas e prendem os anéis. Para efetuar a limpeza, é necessária a ação detergente mais energética que os óleos minerais possuem.

12. **Sistemas de Lubrificação** – Existem três sistemas de lubrificação:

- a) *Lubrificação por salpique*
- b) *Lubrificação por pressão*
- c) *Lubrificação mista*

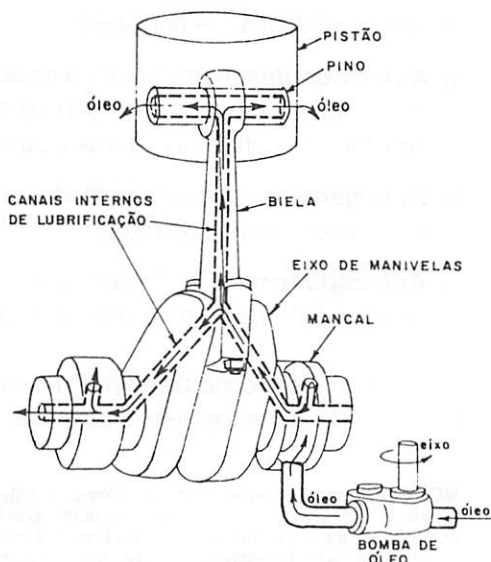
13. **Lubrificação por Salpique** – Neste sistema de lubrificação, o óleo é espalhado dentro do motor pelo movimento das peças. Na figura ao lado, por exemplo, a cabeça da biela choca-se com o óleo no fundo do cárter, arremessando-o para todos os lados e lubrificando as peças internas do motor.

A vantagem da lubrificação por salpique é a simplicidade. Em muitos motores, porém, há peças de difícil acesso, que só podem ser lubrificadas por um sistema mais complexo.



14. Lubrificação por Pressão –

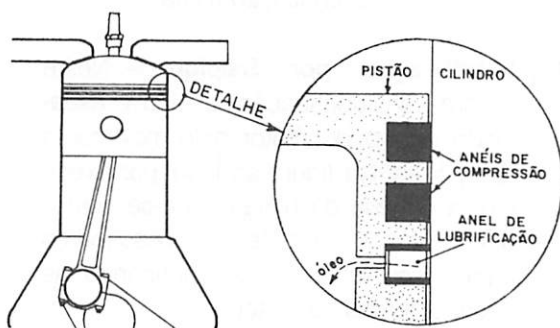
Neste sistema, o lubrificante é impulsionado sob pressão para as diversas partes do motor, através de uma bomba de óleo. No exemplo ao lado, o óleo entra por um orifício no mancal e atravessa canais dentro do eixo de manivelas e da biela, chegando ao pino do pistão e, finalmente, extravasa pelos lados do pino e lubrifica as paredes do cilindro. Todas as partes do motor no trajeto do óleo são lubrificadas. Este é um sistema eficiente, porém demasiadamente complexo.



15. **Lubrificação mista** – Este é o sistema empregado na prática, e consiste em lubrificar algumas partes por salpique (cilindros, pinos de pistões, etc) e outras por pressão (eixo de manivelas, eixo de comando de válvulas, etc).

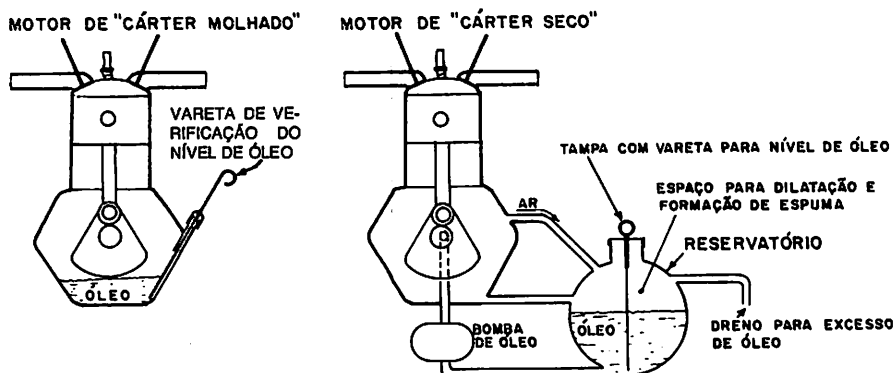
16. Lubrificação dos cilindros –

O óleo atinge as paredes internas do cilindro, abaixo do pistão, por salpique. Conforme estudamos antes, o excesso de óleo no cilindro durante a combustão é prejudicial, sendo por isso eliminado pelo anel de lubrificação.



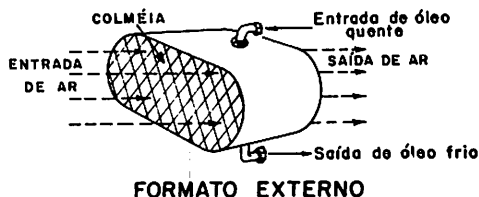
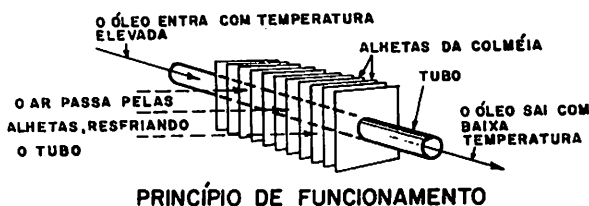
17. **Componentes do Sistema de Lubrificação** – Os principais componentes são o reservatório (tanque de óleo), radiador, bombas, filtros, decantador e válvulas de diferentes tipos.

18. **Reservatório** – Em muitos motores, o próprio cárter serve como reservatório. São os motores de “cárter molhado”. Existem, por outro lado, os motores de “cárter seco”, onde existe um reservatório à parte.



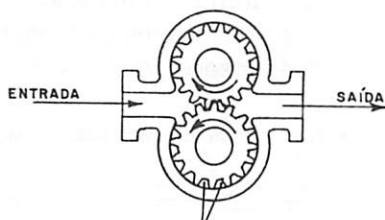
O nível de óleo no reservatório deve ser examinado periodicamente, devido à perda que ocorre por vaporização, queima nos cilindros, vazamentos, etc.

19. **Radiador de Óleo** – Quando a temperatura do óleo sobe acima de um determinado limite, abre-se um termostato (válvula que funciona com o calor), fazendo o óleo passar por um radiador. O radiador recebe o vento da hélice. O óleo entra no radiador com baixa viscosidade e alta temperatura e, ao sair, estará mais frio e mais viscoso.



20. **Bomba de Óleo** – As bombas de óleo usadas no sistema de lubrificação são geralmente do tipo de engrenagens. Elas recebem diferentes nomes, conforme suas finalidades. Os tipos principais são:

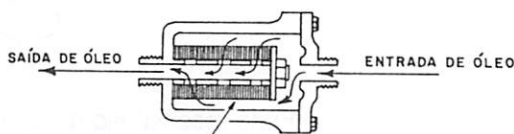
- a) **Bomba de Pressão ou (de Recalque)** – retira o óleo do reservatório e o envia sob pressão para o motor
- b) **Bomba de Recuperação (ou de Retorno)** – retira o óleo que circulou no motor e leva-o para o reservatório.



O ÓLEO FICA PRESO NESTES ESPAÇOS, SENDO TRANSPORTADO ATÉ A SAÍDA

NOTA: Uma das engrenagens da bomba é acionada pelo motor e a outra gira engrenada na primeira.

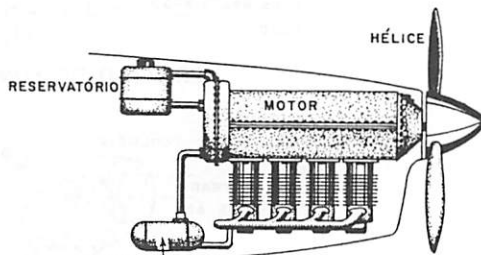
21. **Filtro** – Serve para reter as impurezas do óleo, através de uma fina tela metálica, discos ranhurados ou papelão especial corrugado. O filtro deve ser periodicamente limpo ou substituído antes que o seu elemento filtrante fique obstruído.



ELEMENTO FILTRANTE DE DISCOS RANHURADOS

O tipo de filtro mais utilizado nos aviões leves é o descartável, de formato semelhante ao dos automóveis. O mecânico deve examinar os elementos filtrantes quando desmontar os filtros (no caso dos descartáveis, pode-se cortar e remover o elemento filtrante), a fim de verificar se existem partículas metálicas retidas, indicando um desgaste anormal ou iminente falha de algum componente do motor.

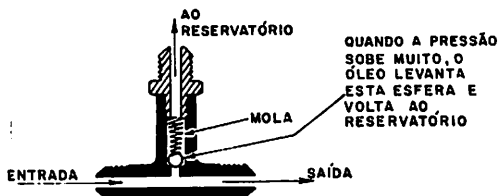
22. **Decantador** – Em alguns aviões, o óleo que circulou pelo motor escoar por gravidade até um pequeno tanque chamado decantador ou colhedor. A seguir, o óleo passa por um filtro e uma bomba o envia ao reservatório. Em muitos aviões não existe decantador, pois o próprio reservatório desempenha sua função.



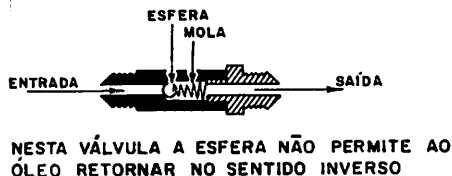
O DECANTADOR (COLHEADOR) RECOLHE O ÓLEO QUE CIRCULOU NO MOTOR

23. **Válvulas** – No sistema de lubrificação existem muitos tipos de válvulas que controlam o fluxo do óleo. Os mais importantes são:

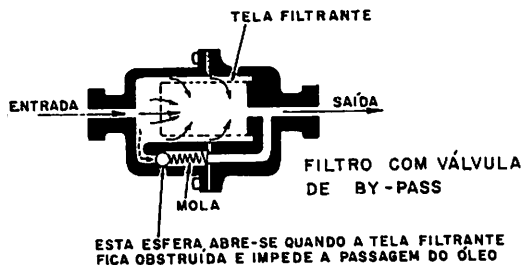
a) **Válvula reguladora de pressão** – é colocada na linha para evitar que a pressão do óleo ultrapasse um determinado valor.



b) **Válvula unidirecional** – esta válvula dá livre passagem ao óleo num sentido e impede o fluxo no sentido contrário.



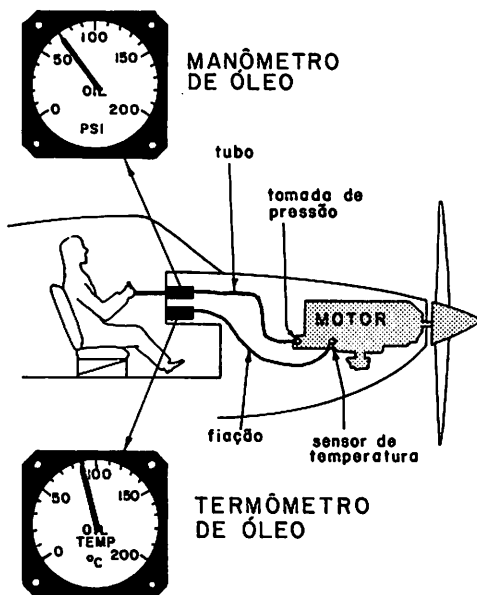
c) **Válvula de contorno ou "by-pass"** – é uma válvula que abre-se acima de uma determinada pressão, com a finalidade de oferecer um caminho alternativo para o óleo. É muito usada nos filtros de óleo, a fim de permitir o fluxo do lubrificante quando o filtro ficar obstruído (é melhor permitir que o motor funcione com óleo não filtrado do que sem nenhum óleo).



24. **Instrumentos do sistema de lubrificação** – Servem para verificar o bom funcionamento do sistema de lubrificação e detetar anormalidades. Os principais instrumentos são o *manômetro de óleo* e o *termômetro de óleo*.



25. **Manômetro de óleo** – Este é o primeiro instrumento a ser observado durante a partida do motor. Em funcionamento normal, o ponteiro deverá estar dentro de uma faixa verde pintada no mostrador. Na partida com o motor frio, porém, a pressão deverá ultrapassar esse limite porque o óleo está muito mais viscoso do que na temperatura normal de funcionamento. Se isso não acontecer dentro de 30 segundos de funcionamento (ou 60 segundos em tempo **muito** frio), deve-se parar imediatamente o motor, pois isso indica uma possível falha no sistema de lubrificação. À medida que o motor se aquecer, o ponteiro deverá descer para dentro da faixa verde.

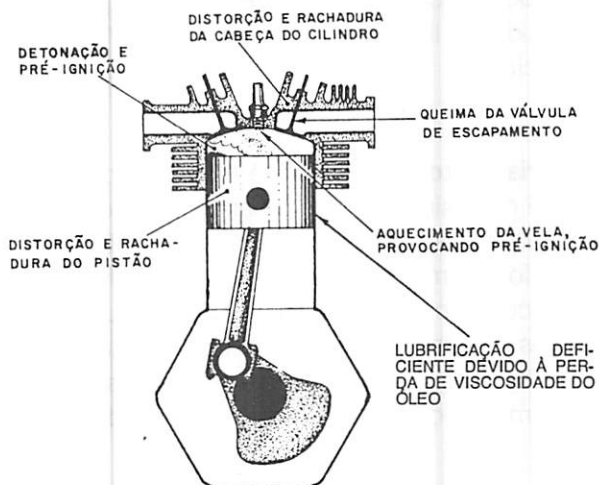


26. **Termômetro do óleo** – O aquecimento gradual ao óleo pode ser observado no termômetro de óleo. O piloto só deve acelerar o motor para decolar se o termômetro estiver indicando um valor mínimo recomendado pelo fabricante do motor.

sistema de resfriamento

16

1. **Necessidade do resfriamento** – A eficiência do motor térmico é tanto maior quanto maior a temperatura da combustão. Mas o calor produzido aquece os cilindros do motor, podendo prejudicar o funcionamento e causar danos. Daí surge a necessidade do resfriamento ou **arrefecimento** do motor.
2. A temperatura das partes metálicas do motor, especialmente das de liga de alumínio, deve ser mantida em valores abaixo de 300 °C. Conforme mostra a figura ao lado, o excesso de temperatura causa efeitos nocivos em diversas partes do motor.



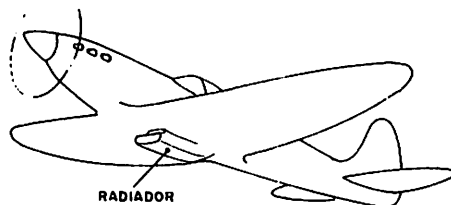
Efeitos do excesso de calor

Por outro lado, a temperatura não deve descer abaixo de um determinado valor mínimo, pois o vapor de gasolina poderá voltar ao estado líquido, empobrecendo a mistura e causando a parada do motor. Isso é mais comum em descidas prolongadas com motor lento, em dias muito frios.

3. **Sistemas de resfriamento** – Existem dois sistemas de resfriamento do motor: *resfriamento a líquido (ou arrefecimento indireto)*, e *resfriamento a ar (ou arrefecimento direto)*.

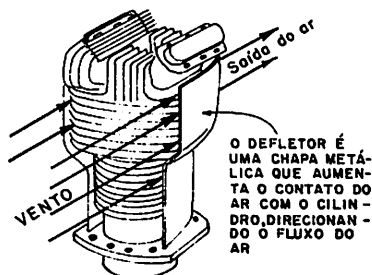
Em ambos os casos, o óleo lubrificante ajuda a resfriar o motor, transferindo calor ao ar através do radiador de óleo, conforme estudamos no capítulo "Sistema de Lubrificação".

4. **Resfriamento a líquido** – Neste sistema, os cilindros são resfriados por um líquido, que pode ser água ou etileno-glicol. Este, apesar de ser mais caro e absorver menos calor que a água, tem a vantagem de não ferver ou congelar facilmente e seu volume diminui quando congela, não danificando portanto as tubulações e outras partes do sistema. O resfriamento a líquido proporciona melhor transferência de calor e melhor controle e estabilização da temperatura. Os motores podem ter tolerâncias ("folgas") menores, ganhando em eficiência, potência, durabilidade e confiabilidade. Suas desvantagens são o maior custo, complexidade e peso. São fabricados ainda hoje em quantidade limitada, para usos especiais.

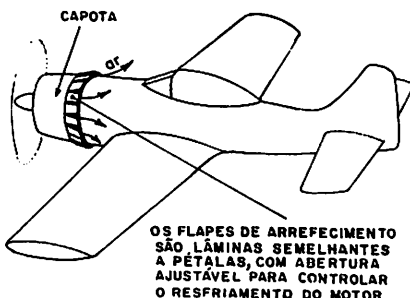


O líquido usado no resfriamento do motor é enviado por uma bomba a um radiador, onde é resfriado pelo ar externo. O resfriamento excessivo é evitado através de um termostato.

5. **Resfriamento a ar** – Este é o sistema de arrefecimento mais utilizado, porque é mais simples, leve e barato. Suas desvantagens são a maior dificuldade de controle de temperatura e a tendência ao superaquecimento. Isso requer folgas maiores entre as peças, a fim de comportar a maior dilatação provocada pelo calor. Essas folgas diminuem a potência e a eficiência. Os cilindros e suas cabeças possuem alhetas de resfriamento para facilitar a transferência de calor. Podem ser usados ainda os defletores e flapes de arrefecimento, cujas funções estão mostradas nas figuras abaixo:

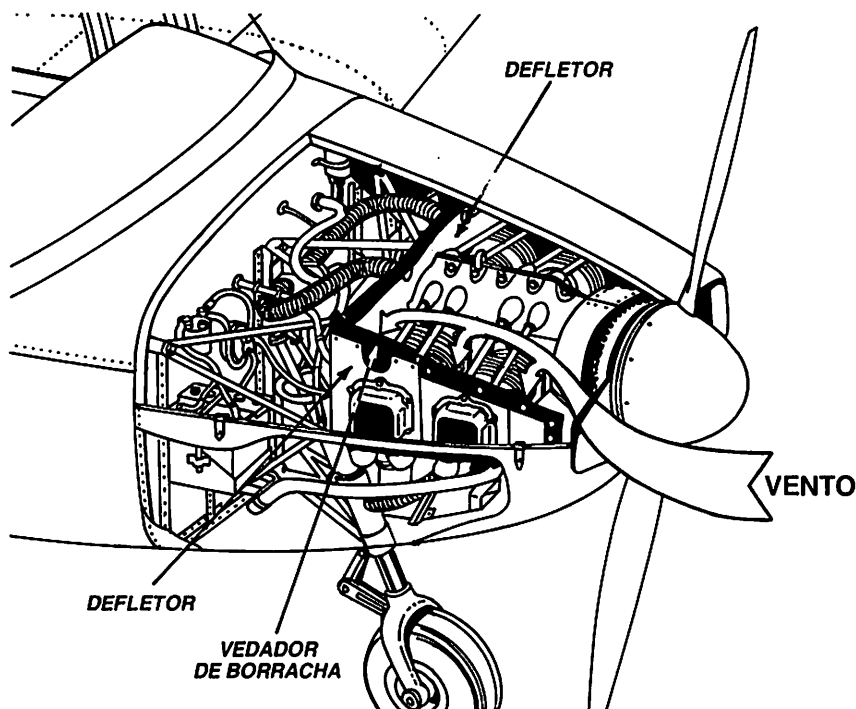


**CILINDRO DE MOTOR RADIAL
COM DEFLTOR**



FLAPES DE ARREFECIMENTO

6. Nos motores com cilindros horizontais opostos, os defletores formam uma caixa de ar acima dos cilindros, onde a pressão foi aumentada devido ao impacto do ar que entra na carenagem. Essa pressão faz com que o ar desça verticalmente, atravessando as alhetas dos cilindros:



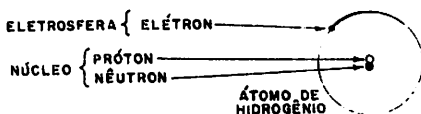
7. **Controle de temperatura** – As condições climáticas no Brasil fazem com que a maior parte dos problemas de temperatura do motor sejam relacionadas ao superaquecimento. Para reduzir a temperatura, o piloto pode lançar mão dos seguintes recursos:
- a) *Abrir flapes de arrefecimento, se houver, para aumentar o fluxo do ar de arrefecimento*
 - b) *Reduzir potência, para diminuir o calor produzido nos cilindros*
 - c) *Aumentar a velocidade de voo, a fim de aumentar o fluxo de ar sobre o motor (todavia sem aumentar a potência, isto é, o avião deve iniciar uma descida ou deixar de subir)*
 - d) *Usar mistura rica, se for possível. O excesso de combustível resfriará o motor, apesar de aumentar o consumo.*

sistema elétrico

17

1. **Generalidades** — A eletricidade no avião é utilizada para muitos fins, tais como a ignição e partida dos motores, o acionamento de acessórios como bombas elétricas, trem de pouso, etc, além da iluminação, rádio-comunicação e navegação. Na parte inicial deste capítulo, serão dadas as noções elementares sobre eletricidade e magnetismo.

2. **Átomos** — Toda matéria é constituída de átomos. O átomo possui um núcleo formado por partículas chamadas prótons e nêutrons. Ao redor do núcleo há uma camada denominada eletrosfera, onde giram outras partículas — os elétrons. O número de prótons é sempre igual ao de elétrons, mas ele é variável. Como exemplo, o átomo de ferro possui 26 prótons e 26 elétrons.



3. **Cargas elétricas** — Os prótons possuem uma propriedade elétrica denominada *carga positiva*, e os elétrons, *carga negativa*. Duas cargas positivas ou negativas se repelem, mas uma carga negativa e outra positiva se atraem. Esse fato simples é o fundamento básico da eletricidade. Os nêutrons não possuem carga elétrica, e por isso são eletricamente neutros.

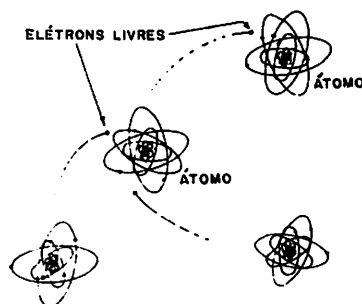


CARGAS IGUAIS SE REPELEM



CARGAS OPOSTAS SE ATRAEM

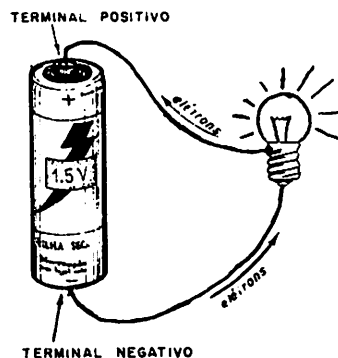
4. **Elétrons livres** — Os elétrons giram em diversas órbitas ao redor do núcleo. Em materiais metálicos como o cobre, alumínio, etc, os elétrons da órbita mais externa podem passar de um átomo ao outro, e por isso são denominados *elétrons livres*. Quando os elétrons livres movimentam-se ao longo de um fio, dizemos que há uma *corrente elétrica* nesse fio. E os materiais que permitem a passagem da corrente elétrica são denominados *materiais condutores*.



5. **Força eletromotriz (FEM)** — No terminal positivo de uma pilha há excesso de prótons, e por isso dizemos que esse terminal possui potencial elevado. No terminal negativo há excesso de elétrons, e temos um potencial baixo. Entre os dois terminais, há uma *força eletromotriz (FEM)*, que é mais conhecida em linguagem técnica como *diferença de potencial, voltagem* ou *tensão*. A FEM é a tendência dos elétrons livres serem repelidos do terminal negativo e atraídos para o terminal positivo (*os prótons possuem tendência contrária, mas não formam corrente elétrica porque não são livres*). A tensão é medida em volts (V), através de aparelhos denominados *voltímetros*. Assim, uma pilha fornece 1,5 V; uma bateria de automóvel, 12 V e uma nuvem eletrizada, milhões de volts.

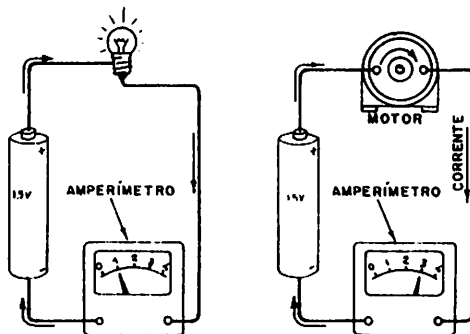


6. **Corrente Elétrica** — Uma pilha sozinha não produz corrente elétrica, porque o ar não permite a passagem dos elétrons livres. Porém, se ligarmos os terminais através de fios condutores e uma lâmpada, formar-se-á uma corrente de elétrons livres que são repelidos do terminal negativo e atraídos para o positivo (dentro da pilha, esses elétrons são forçados a se deslocar ao terminal negativo pela energia química). O caminho seguido pela corrente elétrica denomina-se *circuito elétrico*.



NOTA: Por tradição (um antigo equívoco), ao desenharmos um circuito elétrico indicamos a corrente no sentido do terminal positivo para o negativo.

7. A corrente elétrica é medida em **ampères**, através de **amperímetros**. Na figura ao lado, o amperímetro mostra que uma determinada lâmpada permite passar uma corrente de 1 A (um ampère) e o motor 3 A. Isso significa que a lâmpada oferece mais resistência à passagem da corrente elétrica.



8. **Lei de Ohm** – *Resistência elétrica* é a resistência que um corpo oferece à passagem da corrente. Ela é medida em *ohms*, através do *ohmímetro*. Um *ohm* (1Ω) é a resistência que permite passar uma corrente de 1 A quando a tensão é igual a 1 V.

A **Lei de Ohm** é uma relação matemática que relaciona tensão, corrente e resistência:

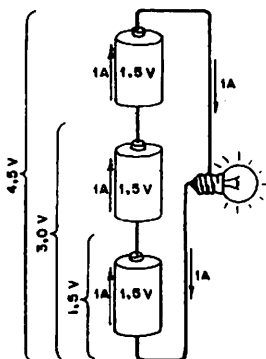
$$\text{Corrente} = \frac{\text{Tensão}}{\text{Resistência}}$$

Em resumo, *a corrente é igual à tensão dividida pela resistência.*

9. **Ligação de fontes** – “Fonte” é tudo aquilo que fornece eletricidade, como as pilhas, baterias, etc. As principais formas de ligar duas ou mais fontes entre si são:

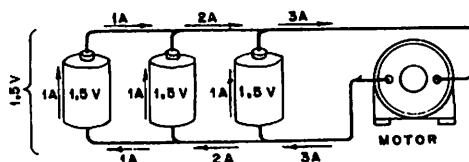
LIGAÇÃO EM SÉRIE

É utilizada para somar as tensões de várias fontes, que podem ser diferentes entre si.



LIGAÇÃO EM PARALELO

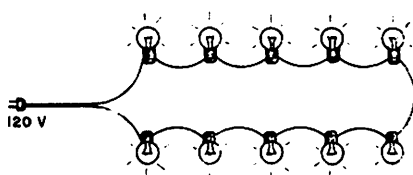
É utilizada para aumentar a capacidade de fornecer corrente. Todas as fontes devem ter a mesma tensão; caso contrário, as de mais baixa tensão consumirão corrente em vez de fornecê-la. Teoricamente, fontes de mesma tensão contribuem equitativamente no fornecimento da corrente. Na prática, isso raramente acontece, mas a corrente total é de fato a soma das correntes de cada fonte.



10. **Ligação de cargas** – “Carga” é tudo aquilo que consome eletricidade, como as lâmpadas, motores, etc. As principais formas de ligar duas ou mais cargas entre si são:

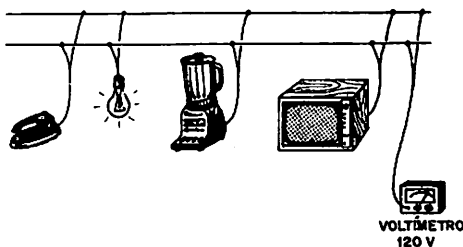
LIGAÇÃO EM SÉRIE

A corrente é a mesma em todas as cargas, mas a tensão total (120 V no exemplo abaixo) é a soma das tensões em cada uma delas. Se uma das luzes na figura se queimar, todas as outras se apagarão.

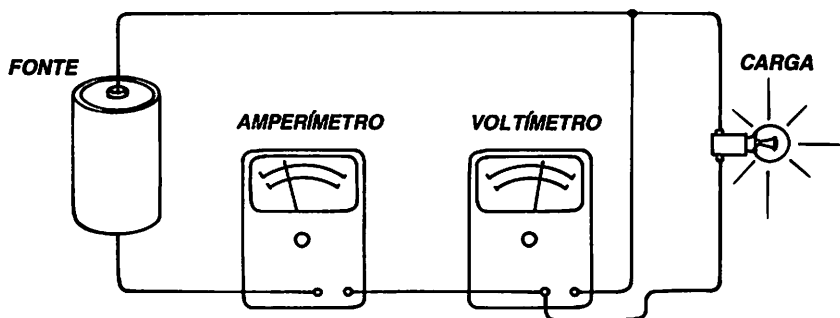


LIGAÇÃO EM PARALELO

Esta é a ligação mais comum, porque as cargas são geralmente fabricadas para funcionarem com uma determinada tensão (e não com uma determinada corrente). A queima de uma não afeta o funcionamento das demais.

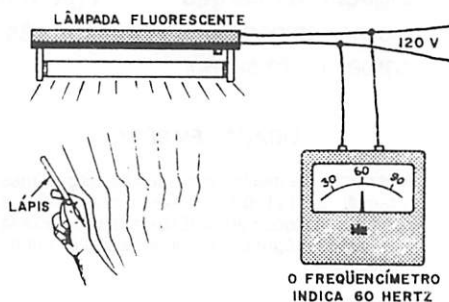


11. **Ligação série-paralelo** – Tanto as fontes como as cargas podem ser ligadas parte em série e parte em paralelo. Todavia, as implicações devem ser examinadas com cuidado, para evitar efeitos inesperados.
12. **Medidas de tensão e corrente num circuito** – A tensão deve ser medida com um voltímetro, ligado em paralelo com a fonte ou a carga em questão. A corrente deve ser medida com um amperímetro intercalado em série no circuito (ou seja, é preciso interromper o circuito e inserir o amperímetro, para que a corrente a ser medida passe através do mesmo).



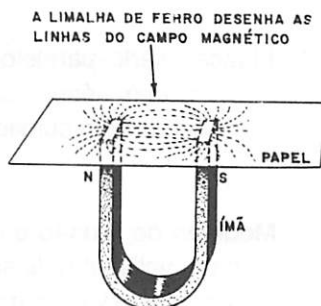
13. **Corrente alternada** – A energia elétrica urbana é fornecida sob forma de *corrente alternada*. Ela recebe esse nome porque sua tensão torna-se alternadamente positiva ou negativa, à razão de 60 variações por segundo (60 hertz).

Isso pode ser comprovado movendo um objeto debaixo de uma lâmpada fluorescente. O movimento parece interrompido, porque a luz desse tipo de lâmpada acompanha a alternância da rede elétrica.

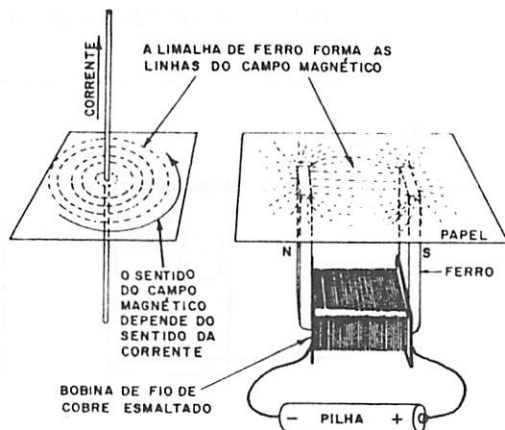


14. **Magnetismo** – É uma propriedade muito conhecida dos ímãs, de atrair o ferro. Um ímã possui dois pólos magnéticos denominados *norte* e *sul*, entre os quais há um campo magnético, cuja existência pode ser comprovada colocando uma folha de papel sobre o ímã e espalhando limalha fina de ferro sobre a mesma. Apesar de não existir nada fluindo entre os pólos, convencionou-se que há um fluxo magnético dirigido do pólo norte para o pólo sul (*dentro do ímã o fluxo continua, porém do sul para o norte*). Dois ímãs próximos um ao outro interagem de acordo com a **lei dos pólos**: “*pólos iguais se repelem e pólos opostos se atraem*”.

NOTA: Diferentemente das cargas elétricas, os pólos do ímã não existem separadamente. Se quebrarmos um ímã, cada pedaço será um ímã independente, com dois pólos cada.

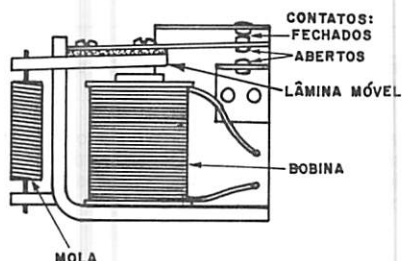


15. **Eletromagnetismo** – O campo magnético forma-se também ao redor de um fio onde há uma corrente elétrica, no plano perpendicular ao mesmo, conforme mostra a figura. Isso é aproveitado para construir os eletroímãs, que têm a vantagem de poderem ser desligados, o que não é possível com os ímãs permanentes.

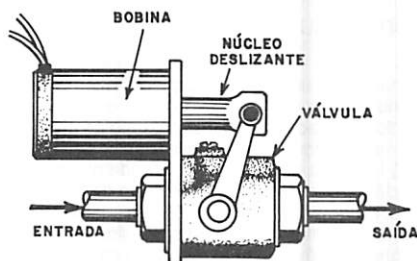


16. Aplicações do eletroímã: o relé e o solenóide.

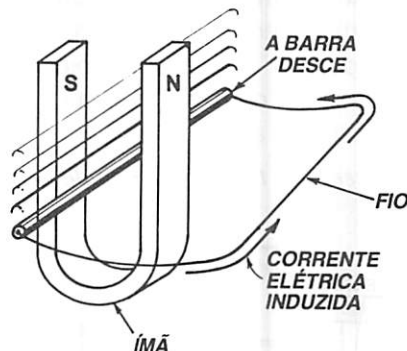
Relé — É um interruptor acionado por eletroímã. É utilizado para ligar e desligar dispositivos elétricos. Basicamente é constituído por um eletroímã que atrai uma lâmina móvel de ferro, que aciona os contatos elétricos:



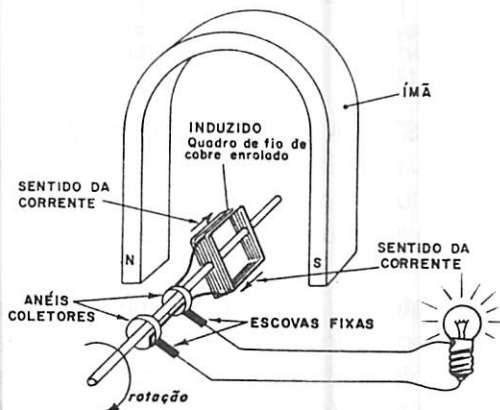
Solenóide — O solenóide é um eletroímã destinado a acionar mecanicamente um dispositivo qualquer, provocando um deslocamento. A figura abaixo mostra um solenóide capaz de abrir uma válvula hidráulica.



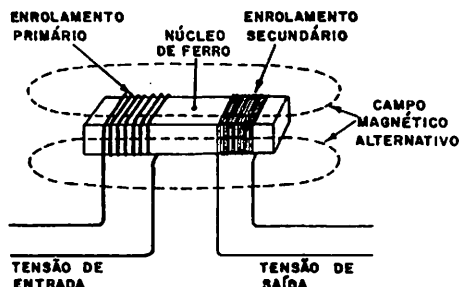
17. **Indução eletromagnética** — Quando um fio é movimentado dentro de um campo magnético, surge uma força eletromotriz nesse fio. Esse fenômeno chama-se *indução eletromagnética* e a experiência é conhecida como **experiência de Faraday**. Uma de suas aplicações é o gerador elétrico, que produz eletricidade através da energia mecânica.



18. **Alternador** — É um gerador que produz corrente alternada. A figura mostra esquematicamente um alternador elementar, formado por uma bobina em forma de quadro que gira entre os polos de um ímã. O campo magnético do ímã é imutável, mas cada lado do quadro giratório troca de posição com o lado oposto a cada meia-volta, invertendo o sentido da corrente. Por isso a corrente gerada é alternada.



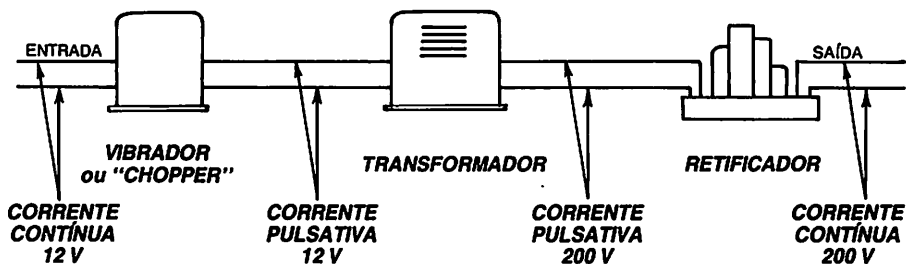
19. **Transformador** – É um dispositivo baseado na indução eletromagnética, permitindo alterar uma tensão alternada. A figura ao lado mostra esquematicamente a sua construção.



A tensão alternada no enrolamento primário cria um campo magnético alternado no núcleo de ferro, simulando o movimento alternado de um ímã próximo ao enrolamento secundário. Consequentemente, será induzida uma tensão alternada no secundário, que depende do número de espiras (volts) desse enrolamento. Se o número de espiras for igual ao do primário, a tensão gerada será igual; se houver mais espiras, a tensão será maior e vice-versa. Podemos notar que no transformador a tensão é gerada numa bobina fixa através de um campo magnético móvel, e num gerador o campo magnético é fixo e a bobina é móvel.

20. **Transformação de corrente contínua** – O transformador não funciona com corrente contínua porque esta produz um campo magnético fixo, que não induz tensão no enrolamento secundário. Quando se torna necessário aumentar ou diminuir uma tensão contínua, é preciso utilizar os dispositivos ilustrados abaixo:

Exemplo: transformação de corrente contínua, de 12V para 200V.

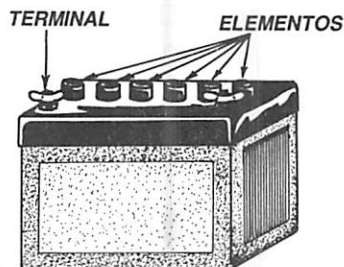


21. **SISTEMA ELÉTRICO DO AVIÃO** – Os sistemas elétricos dos aviões são muito variados, e por isso não é possível determinar um "tipo padrão" para estudo. Por essa razão, estudaremos separadamente os seus componentes de maior uso em aviões leves.
22. **Baterias** – A bateria fornece energia para a partida do motor e alimenta os dispositivos elétricos do avião em caso de emergência, como na parada do motor ou falha do gerador. Os tipos de bateria usados em aviões são a *bateria ácida (de chumbo)* e a *bateria alcalina (de níquel cádmio)*.

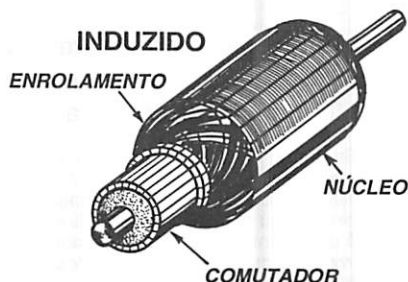
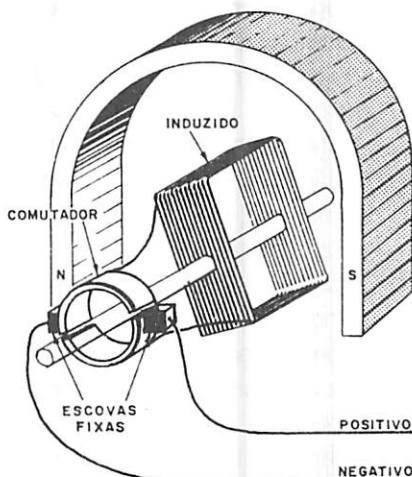
23. Uma bateria recebe esse nome porque é formada pela justaposição de diversos *acumuladores* ou *elementos* ligados em série, de modo a perfazerem a tensão requerida pelo sistema elétrico (geralmente 12 ou 24 volts).

BATERIA DE CHUMBO — Esta bateria é semelhante à dos automóveis. Os materiais químicos que armazenam eletricidade são óxidos de chumbo aplicados sobre placas (grades) de chumbo que funcionam mergulhadas numa solução de ácido sulfúrico. Por isso são também denominadas **baterias chumbo-ácidas**. Na bateria de chumbo, cada elemento fornece uma tensão de 2 volts. Os tipos mais comuns são os de 12 elementos (24 V) e de 6 elementos (12 V).

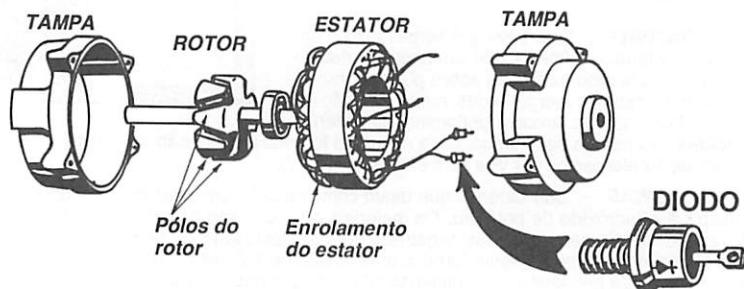
BATERIAS ALCALINAS — São baterias que usam como solução um álcali no lugar do ácido. O álcali mais usado é o hidróxido de potássio. Os materiais químicos são sais de níquel para as placas positivas e sais de cádmio para as placas negativas. Por isso estas baterias recebem o nome de **baterias de níquel-cádmio**. Cada elemento fornece uma tensão de 1,2 volts, e por isso o número de elementos necessários para perfazer uma dada tensão é maior que nas baterias de chumbo.



24. **Dínamo** — É um gerador que fornece corrente contínua. É a principal fonte de energia elétrica do avião e carrega a bateria. A figura mostra um dínamo elementar. Podemos observar que é semelhante ao alternador elementar estudado no item 18, mas os anéis coletores são substituídos pelo comutador, que retifica a corrente alternada produzida no induzido, transformando-a em corrente contínua. Neste dínamo elementar, a corrente coletada pelas escovas não é exatamente contínua porque existe apenas uma bobina no induzido. Num dínamo real, porém, existem muitas bobinas (ver o induzido ilustrado ao lado), de modo que as ondulações da corrente diminuem consideravelmente, tornando a corrente praticamente contínua. As bobinas desse induzido são enroladas num núcleo de ferro cilíndrico, porque o ferro oferece melhor passagem ao campo magnético que o ar.

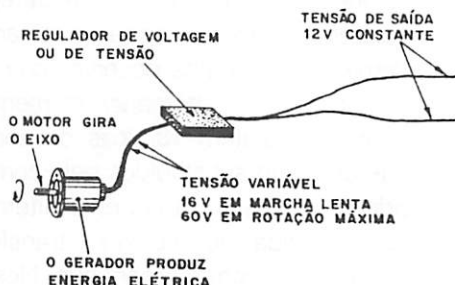


25. **Diodo** – O diodo é um dispositivo que permite a passagem da corrente num só sentido. Uma de suas funções é a retificação da corrente alternada. Dessa forma, um alternador (que é construído para fornecer corrente alternada) pode fornecer corrente contínua, substituindo o dínamo.



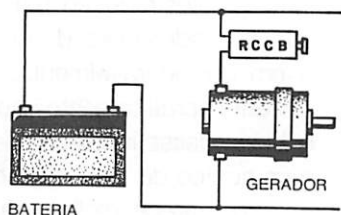
26. **Regulador de voltagem e de intensidade** – A tensão fornecida pelo dínamo varia de acordo com a rotação do motor e a carga solicitada pelo sistema elétrico do avião.

Para manter a voltagem constante, usa-se um dispositivo chamado *regulador de voltagem* (ou *de tensão*). Além dessa função, os reguladores reais funcionam também como reguladores ou limitadores de intensidade, reduzindo a tensão do dínamo quando a intensidade da corrente ultrapassa um valor crítico.



27. **Disjuntor de corrente reversa** – É um disjuntor que impede a corrente da bateria de fluir em direção ao gerador.

Se houver uma falha no gerador, este deixará de fornecer corrente de carga à bateria. A bateria, por sua vez, começará a enviar corrente ao gerador em pane, podendo queimá-lo ou esgotar sua carga. Isso é evitado através do relé ou disjuntor de corrente reversa (RCCB – “Reverse Current Circuit Breaker”) que desconecta o gerador do sistema elétrico do avião.



28. **Inversor** – É um dispositivo que transforma corrente contínua em corrente alternada.

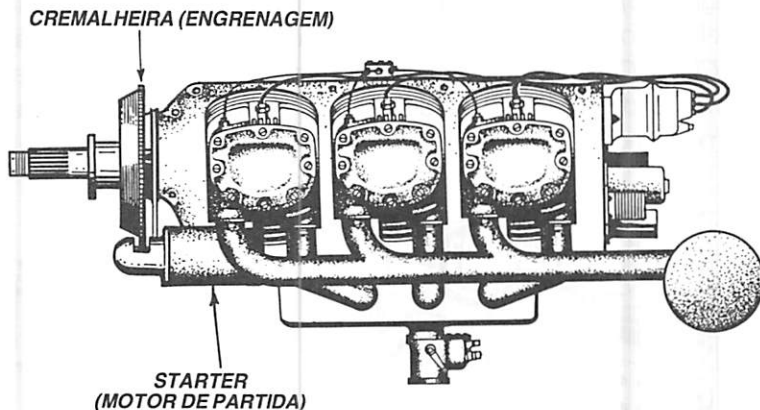
Inversor rotativo – É constituído por um motor de corrente contínua acoplado a um alternador, que fornece a corrente alternada.

Inversor estático – A corrente contínua é transformada em corrente alternada por meios eletrônicos. Não há peças móveis.

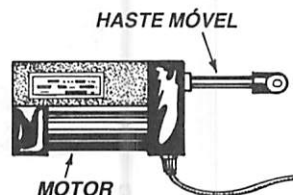
29. **Motor elétrico** – É um dispositivo que transforma energia elétrica em energia mecânica. Exemplos: o motor do liquidificador, do ventilador, etc. O motor de corrente contínua tem especial interesse, porque encontra aplicação em aviões leves. Construtivamente, é muito semelhante ao dínamo.

O próprio dínamo é um motor elétrico, pois ele pode girar se aplicamos uma determinada tensão elétrica. O alternador, porém, não funciona como motor CA nem como motor CC (CA e CC: "corrente alternada" e "corrente contínua", respectivamente).

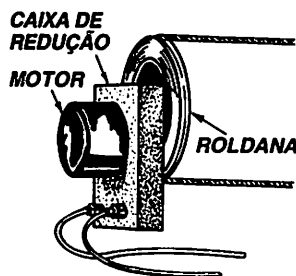
30. **"Starter"** – É o motor de partida, acionado pela bateria do avião ou uma bateria externa ligada ao avião através de uma tomada na fuselagem. Funciona como o motor de partida dos automóveis, através da chave de ignição. Alguns aviões de treinamento não possuem motor de partida. Nesse caso, uma pessoa treinada dará a partida manualmente através da hélice.



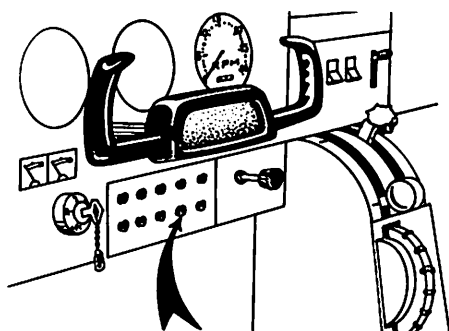
31. **Atuador** – Já estudamos o atuador hidráulico no capítulo 5. O atuador também pode ser elétrico, bastando substituir o cilindro hidráulico por um motor elétrico e um mecanismo de redução. Pode ser usado para acionar flapes, recolher o trem de pouso, etc.



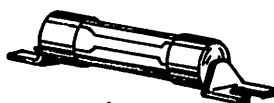
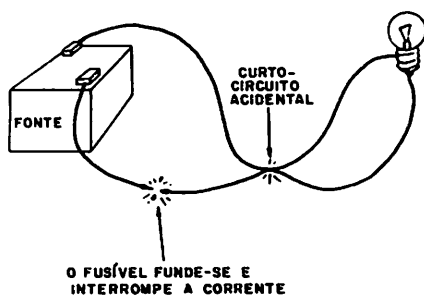
32. **Servo** — O servo ou servomecanismo é um atuador aperfeiçoado, capaz de parar em qualquer posição, obedecendo a sinais elétricos enviados por um computador ou outro dispositivo de controle. Ele recebe o sinal e provoca o deslocamento, retornando ao computador um outro sinal indicando o deslocamento efetuado, até receber uma ordem de parada. Portanto o computador e o servo funcionam respectivamente como o cérebro e o músculo, e são muito usados no piloto automático, que será brevemente estudado em outro capítulo.



33. **Dispositivos de proteção** — Quando ocorre curto-circuito num sistema elétrico, a corrente aumenta, provocando forte aquecimento nos fios condutores e componentes, podendo dar início a um incêndio. Para afastar esse risco, o sistema é protegido por fusíveis e disjuntores. Os fusíveis são dispositivos feitos com um fio que se funde a baixa temperatura, interrompendo a corrente quando esta ultrapassa um determinado valor. O disjuntor faz o mesmo, porém a interrupção é feita através de um eletroímã (disjuntor magnético) ou um dispositivo sensível ao calor (disjuntor térmico), e permite a religação depois da falha ser sanada. No avião, o disjuntor (abreviadamente *CB* — "*Circuit Breaker*") é usado para dar proteção individual a vários sistemas e dispositivos. Os disjuntores são agrupados num painel especial, como na figura abaixo.

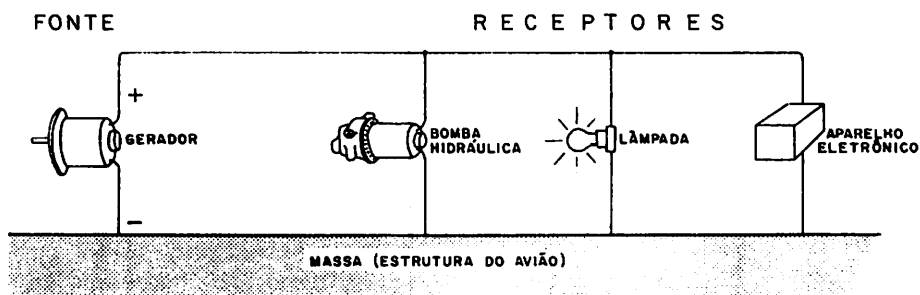


DISJUNTOR



FUSÍVEL

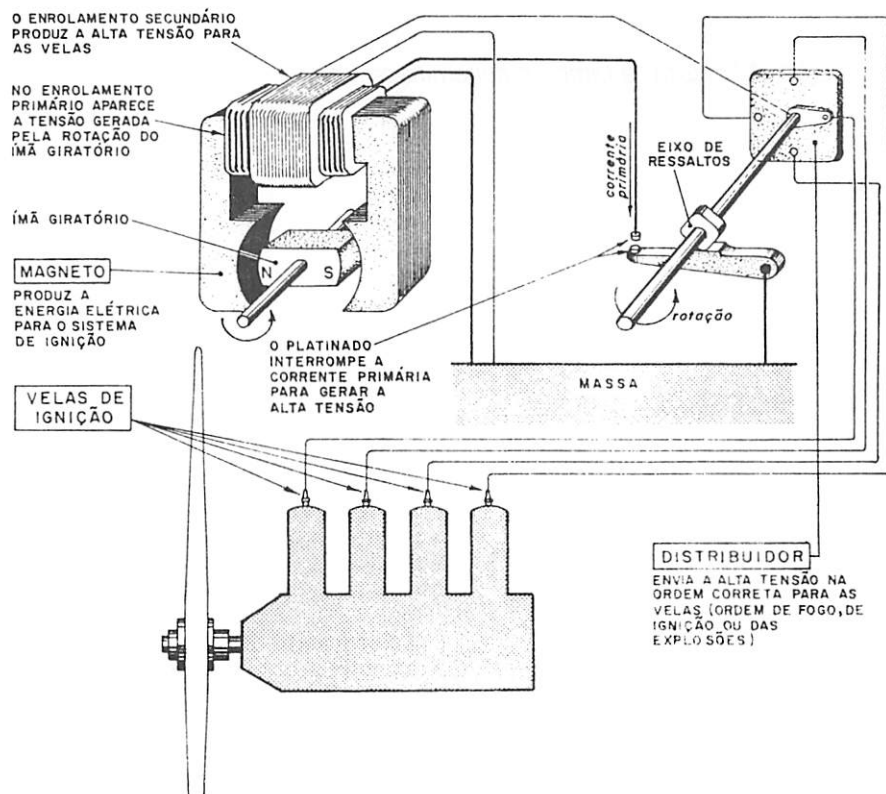
34. **Circuitos com retorno pela massa** – Nos aviões de estrutura metálica são utilizados circuitos com retorno pela massa, ou seja, todos os componentes são alimentados com um só fio (geralmente o positivo), e o retorno da corrente é feito pela própria estrutura do avião ou carcaça do motor. Isso simplifica o sistema elétrico e reduz o peso, a complexidade e a possibilidade de falhas.



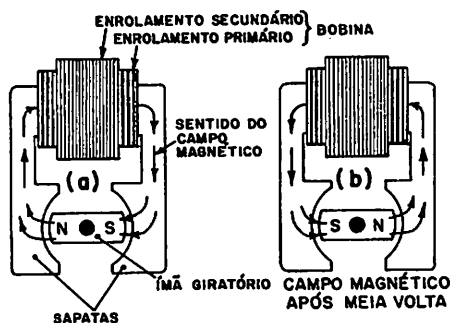
NOTA: A "massa" é também denominada "terra".

sistema de ignição 18

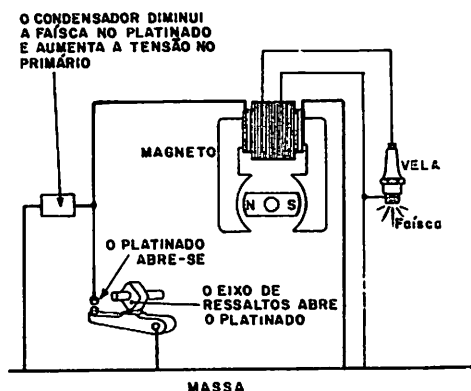
1. **Finalidade** – O sistema de ignição tem a finalidade de produzir as centelhas nas velas, para provocar a combustão da mistura nos cilindros. Na figura abaixo estão mostrados esquematicamente os componentes desse sistema:



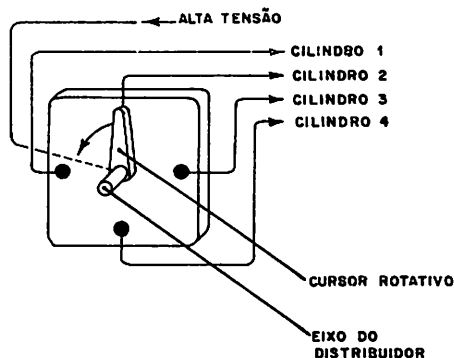
2. **Magneto** – O magneto é a fonte de eletricidade do sistema de ignição. Ele é um alternador formado por um ímã que gira entre as sapatas ou pólos de um núcleo de ferro. O campo magnético no núcleo muda de sentido a cada rotação do ímã. Essa variação induz uma tensão alternada no enrolamento primário da bobina.



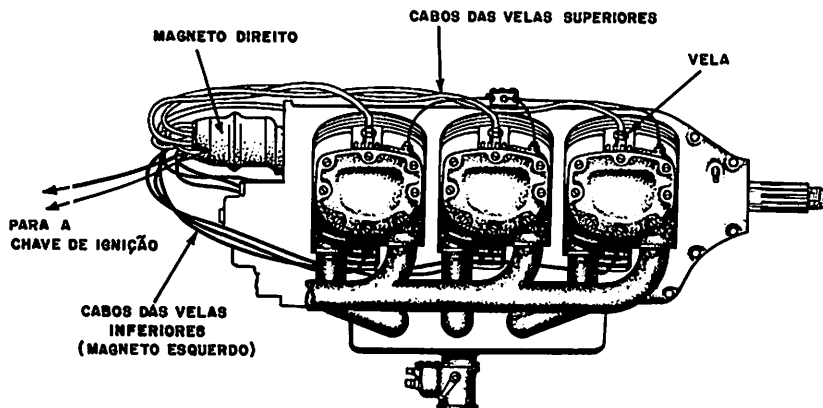
3. **Geração da faísca** – A corrente gerada no primário da bobina vai à terra através do platinado. Quando este se abre, a corrente é cortada, criando uma brusca variação no campo magnético. Essa variação faz a tensão no primário saltar para várias centenas de volts. O enrolamento secundário funciona como num transformador, elevando a tensão para mais de 10 000 volts e fazendo saltar uma faísca na vela.



4. **Distribuidor** – Quando o motor possui vários cilindros, é necessário haver um dispositivo para distribuir a alta tensão na ordem correta (ordem de ignição ou de fogo) pelos cilindros. Isso é feito pelo distribuidor, que é basicamente uma chave rotativa. O cursor rotativo do distribuidor gira na metade da velocidade de rotação do motor (isso vale para motores a quatro tempos, que constituem a maioria).

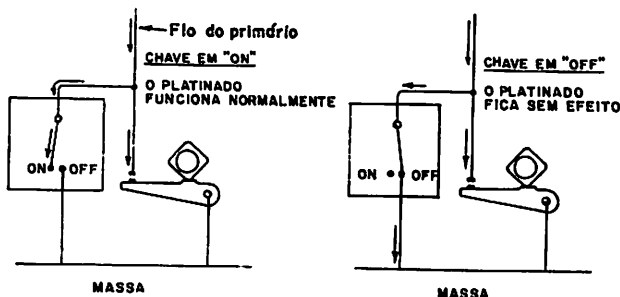


5. **Constituição física do sistema** – Todos os componentes estudados (magneto, platinado, bobina e distribuidor) estão encerrados dentro de uma só unidade que é conhecida pelo nome de *magneto*. O sistema de ignição é duplicado, havendo portanto dois magnetos. No caso do motor com cilindros horizontais opostos, cada cilindro possui uma vela superior e uma inferior. O magneto direito alimenta as velas superiores, e o magneto esquerdo (oculta pelo magneto direito na figura), as velas inferiores.

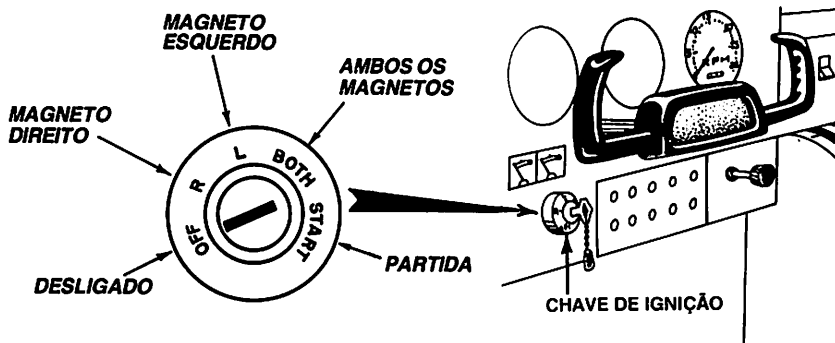


6. **Chave de ignição** – Na ilustração acima do motor, podemos notar que cada magneto possui um fio (do enrolamento primário) que é ligado à chave de ignição. Esse fio serve para desativar o magneto. Conforme mostram as figuras abaixo, quando a corrente do primário é levada à terra através da chave de ignição, a ação do platinado fica sem efeito, impedindo a produção da faísca.

É importante perceber que “desligar um magneto” significa “ligar o fio do primário à terra”, e “ligar um magneto” é desligar aquele fio.



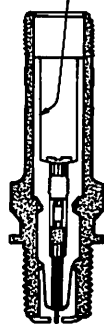
7. Nos aviões sem motor de partida geralmente existe uma chave tipo ON-OFF (ou LIG-DESL) para cada magneto. Nos demais aviões é usada uma chave de ignição única que permite selecionar o magneto (direito, esquerdo ou ambos), além de dar a partida.



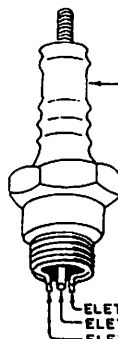
8. **Tipos de magneto** – Há dois tipos de magneto: o de *alta tensão* e o de *baixa tensão*. O magneto de alta tensão é aquele que acabamos de estudar: ele fornece a alta tensão diretamente para as velas. O magneto de baixa tensão possui apenas o enrolamento primário em seu núcleo, precisando portanto de uma bobina adicional para gerar a alta tensão. Apesar disso, o magneto de baixa tensão está se difundindo cada vez mais porque é menos sujeito a falhas devido à fuga da alta tensão causada por umidade, sujeira, etc.

9. **Vela** – A vela é responsável pela produção da faísca dentro do cilindro. Ela tem um eletrodo central, que recebe a alta tensão da bobina. Ao redor do mesmo existem um ou mais eletrodos-massa, ligados ao corpo da vela. Entre os eletrodos central e massa existe uma pequena folga para a centelha saltar; portanto, se os eletrodos estiverem se tocando, a centelha não saltará. A maior parte dos aviões usa velas blindadas, cuja parte externa é inteiramente metálica.

ISOLADOR CERÂMICO



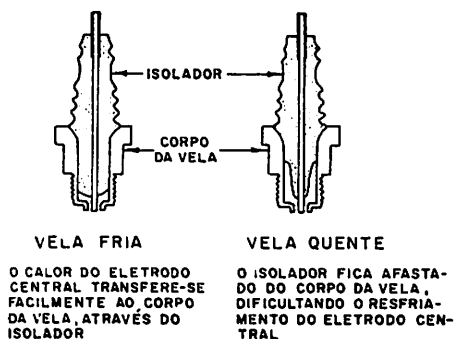
VELA BLINDADA



VELA NÃO BLINDADA

ELETRODO MASSA
ELETRODO CENTRAL
ELETRODO MASSA

10. **Tipos de velas** — As velas devem funcionar dentro de uma determinada faixa de temperatura. Se ficarem muito quentes, haverá pré-ignição, e se funcionarem muito frias, ficarão sujas de óleo e carvão. As velas são classificadas em quentes, normais e frias. A escolha deve ser feita entre os tipos indicados pelo fabricante do motor.



11. **Ignição durante a partida** — Como o magneto não produz tensão adequada em baixa velocidade, é necessário utilizar recursos especiais para gerar a faísca durante a partida do motor. Os processos usados são:
- a) *Unidade de partida* — é um dispositivo (vibrador) alimentado a bateria, que fornece uma tensão pulsativa para a bobina.
 - b) *Acoplamento de impulso* — o magneto é acoplado ao motor através de um sistema de mola ("catraca") que prende o rotor do magneto, soltando-o num determinado momento. A mola dá um impulso repentino ao rotor do magneto, que pode assim gerar a tensão suficiente para a faísca. O acoplamento de impulso produz um ruído característico (*clic*) que pode ser ouvido quando se dá partida manual através da hélice.
12. **Cheque dos magnetos** — Este é um teste destinado a verificar o funcionamento dos sistemas de ignição. Geralmente é feito antes da decolagem e consiste em ligar um magneto de cada vez e verificar a rotação do motor. Podem ocorrer os seguintes casos:
- a) *Há uma pequena queda de rotação quando se desliga um dos magnetos* — esse fato indica funcionamento normal, pois a ignição com duas velas por cilindro sempre é melhor do que com uma.
 - b) *Há uma acentuada queda de rotação com um magneto* - indica uma deficiência no sistema testado (magneto que está ligado).
 - c) *Não há queda de rotação* — Essa situação é aparentemente boa, mas é a mais incerta. Por exemplo, se não há queda de rotação ao testar o magneto direito, a chave de ignição pode não estar desativando o magneto esquerdo. Como este magneto estará sempre em ação, ele poderá encobrir uma eventual falha total do magneto direito, o que é perigoso.

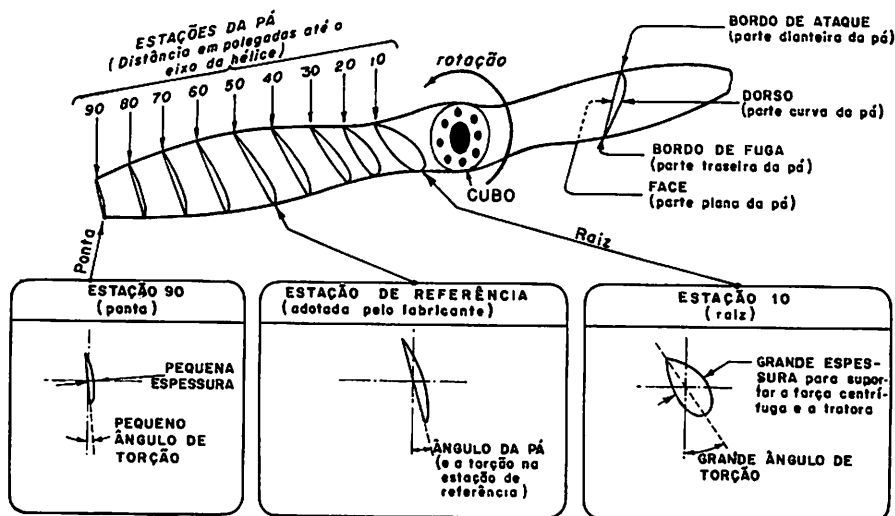
13. **Regulagem** – No estudo dos carburadores, vimos que o ajuste de marcha lenta faz parte da regulagem do motor. A segunda parte dessa regulagem envolve o sistema de ignição, consistindo em verificar e ajustar a folga entre os eletrodos das velas e regular o magneto, ou seja, ajustar o tempo e a abertura do platinado, os tempos de avanço da ignição, as tensões nos enrolamentos da bobina, etc.
14. **Cabos e blindagem** – Os cabos de alta tensão conduzem corrente muito pequena, e por isso possuem um núcleo condutor fino e uma camada isolante espessa para proporcionar isolamento adequado. Nos aviões equipados com rádio (a grande maioria), a alta tensão gera ruído eletromagnético que interfere com os sistemas de comunicação e navegação. Para evitar esse inconveniente, todos os componentes da ignição devem ser blindados, isto é, envoltos em capa metálica. Assim, devem ser usadas velas blindadas e os cabos devem também ter uma malha metálica externa de blindagem, ligada à carcaça do motor.



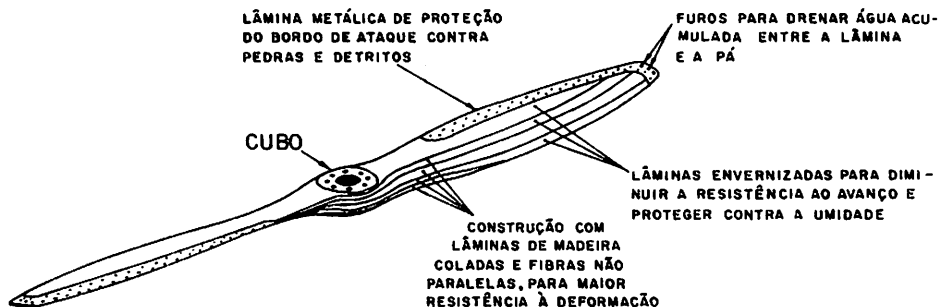
hélices

19

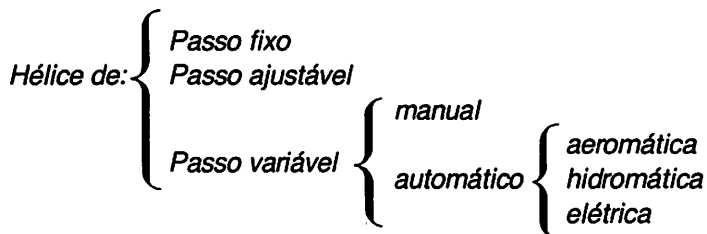
1. **Hélice** – É a parte do grupo motopropulsor que produz a tração, transformando a potência efetiva do motor em potência útil. O funcionamento aerodinâmico da hélice é estudado em Teoria de Vôo, e por isso cuidaremos apenas dos seus aspectos mecânicos e construtivos neste capítulo.
2. **Constituição da hélice** – A hélice possui duas ou mais pás, que têm um perfil aerodinâmico semelhante ao da asa do avião. Cada pá é dividida em *estações* para facilitar a identificação dos perfis e ângulos das pás. Uma delas é adotada como “*estação de referência*” pelo fabricante. O ângulo de torção da pá diminui da raiz para a ponta; na estação de referência, ele recebe o nome de “*ângulo da pá*”.



3. **Materiais** – Geralmente usam-se ligas de alumínio para fabricar as hélices, mas podem ser usados outros materiais, como a madeira e plásticos reforçados com fibras. As hélices de madeira podem ser encontradas nos motores de menor potência. A figura abaixo mostra vários detalhes dessa hélice.

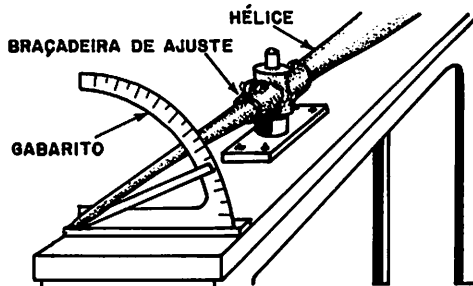


4. **Tipos de hélices** – As hélices são classificadas em:

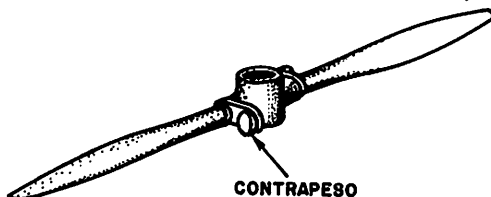


5. **Hélice de passo fixo** – Este tipo de hélice é geralmente inteiriço e suas pás são fixas.

6. **Hélice de passo ajustável** – O ângulo da pá desta hélice pode ser ajustado no solo. Normalmente a hélice deve ser removida e ajustada numa bancada, utilizando ferramentas e gabaritos apropriados.



7. **Hélice de passo variável (manual)** - O passo pode ser variado pelo piloto durante o voo. Nas hélices mais simples (de duas posições) existem apenas duas opções: passo mínimo e passo máximo. As hélices mais complexas permitem ajuste contínuo entre o mínimo e o máximo. O mecanismo geralmente usa pressão de óleo para reduzir o passo e um contrapeso centrífugo para aumentá-lo.



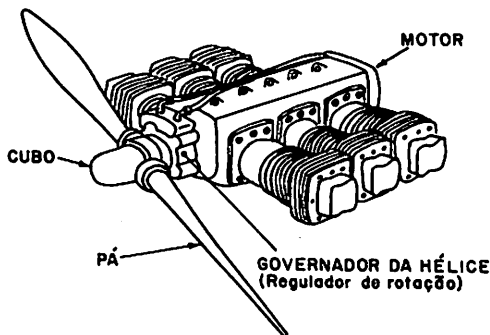
As hélices manuais exigem certo cuidado na operação. Se o piloto acelerar o motor ao máximo com a hélice em passo mínimo durante o voo, o limite de rotação do motor pode ser excedido. Por outro lado, se o piloto decolar com o passo máximo, a tração será reduzida e a pista poderá ser insuficiente para levantar voo.

8. **Hélice de passo variável (automático)** – Este tipo de hélice é mais conhecido como **"Hélice de Passo Controlável"** ou **"Hélice de Velocidade Constante"**. Distingue-se dos outros tipos porque:

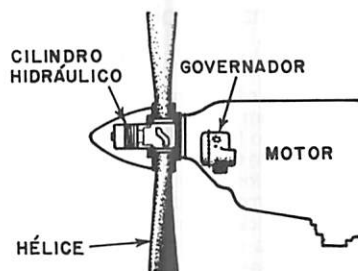
- a) *funciona com velocidade constante*
- b) *possui governador*
- c) *é automática*

O funcionamento a velocidade constante permite ao motor manter sempre a rotação ideal para a qual foi projetado. O controle automático, efetuado pelo **governador**, evita sobrecarga ao piloto e os riscos de um ajuste incorreto do passo.

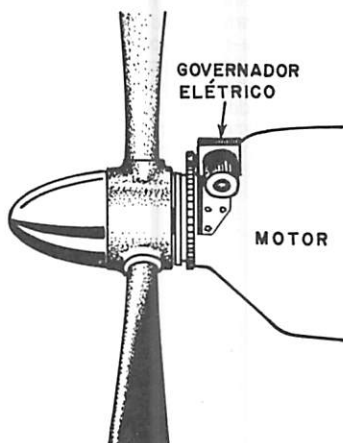
9. **Governador** – É o dispositivo que controla o passo da hélice. Se a rotação do motor aumentar, o governador aumentará o passo, e portanto a carga aerodinâmica da hélice sobre o motor. Se a rotação diminuir, a ação será oposta. As hélices de passo controlável classificam-se em hélices **aeromáticas**, **hidromáticas** e **elétricas**. O governador das hélices aeromáticas usa a pressão do ar comprimido para variar o passo; estas hélices não chegaram a ser desenvolvidas. As outras duas são praticamente as únicas atualmente em uso, e serão descritas a seguir.



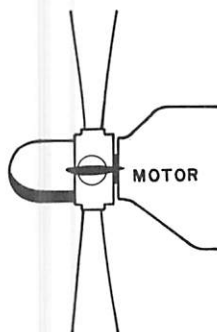
10. **Hélices hidromáticas** — São hélices de passo controlável que utilizam a pressão do óleo lubrificante do motor para controlar o passo da hélice. Este sistema é utilizado na maioria dos aviões, desde monomotores leves até os quadrimotores turboélice. O pistão e o cilindro hidráulico atuador encontram-se no cubo da hélice.



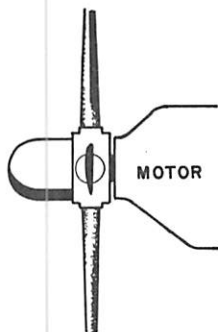
11. **Hélices elétricas** — São hélices controladas por governador elétrico. O passo é variado através de um mecanismo acionado por motor elétrico. No passado, os governadores elétricos foram responsáveis por muitos acidentes de *disparo da hélice* — uma falha onde o passo diminui enquanto o motor desenvolve alta potência, resultando em aumento excessivo da rotação e desintegração da hélice. Esse fato reduziu a aceitação deste tipo de governador, mas eles foram aperfeiçoados e hoje existem muitos aviões que o utilizam.



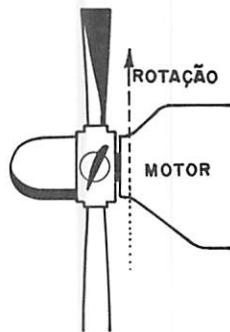
12. **Passo chato, bandeira e reverso** — São nomes dados a determinados ângulos da pá, conforme mostrado abaixo:



PASSO BANDEIRA — A pá fica alinhada com o vento. É usado para diminuir o arrasto da hélice quando o motor pára em voo.



PASSO CHATO — O ângulo da pá é nulo e o arrasto da hélice é máximo. Pode provocar o disparo se o motor estiver desenvolvendo potência.



PASSO REVERSO — O ângulo da pá é negativo e a tração é invertida, freando o avião. Usa-se para reduzir a distância de pouso.

13. **Sumário sobre aerodinâmica** – (Este sumário pode ser dispensado se você estiver estudando Teoria de Vão paralelamente).

As pás da hélice são torcidas para que elas possam criar sustentação (no caso, tração). Durante o funcionamento, a hélice gira e avança ao mesmo tempo, como se fosse um parafuso.

Se fosse possível girar a hélice num meio sólido como a madeira, ela avançaria uma determinada distância a cada rotação. Essa distância chama-se **passo teórico** ou **passo geométrico**. Mas o ar não é sólido, e por isso a hélice sofre um escorregamento, avançando uma distância menor, que recebe o nome de **passo efetivo** ou **avanço**. A distância que deixou de avançar chama-se **recuo**.

Uma hélice pouco torcida (de passo pequeno) funciona bem em baixa velocidade porque o ângulo ideal com que uma hélice deve “cortar” o ar é realmente pequeno. Todavia, se você imaginar uma pá girando e avançando ao mesmo tempo, perceberá que o avanço faz com que a pá “cor-

te” o ar com ângulo menor do que com a hélice girando sem avanço. Para compensar essa redução do ângulo, devemos aumentar correspondentemente a torção da pá.

Uma hélice de passo controlável faz exatamente isso: ao iniciar a decolagem, o passo é pequeno e, à medida que o avião ganha velocidade, as pás vão ficando mais torcidas. Dessa forma, o governador da hélice mantém inalterado o ângulo ideal com que a hélice “corta” o ar, qualquer que seja a velocidade do avião.

Podemos então concluir que uma hélice de passo fixo com pequena torção funciona bem em avião lento, sendo portanto ideal para decolar em pista curta, mas funcionará mal em voo de cruzeiro. Se a torção for grande, a hélice funcionará mal na decolagem, mas será eficiente durante o voo de cruzeiro — essa hélice é a que normalmente equipa os aviões leves.

instrumentos

20

1. **Classificação** – O vôo do avião e o funcionamento do motor e dos sistemas são controlados através de instrumentos. Existem quatro grupos básicos de instrumentos, conforme mostrado abaixo:

Instrumentos de navegação

Orientam o vôo do avião numa determinada trajetória.

Exemplo: bússola.

Instrumentos de vôo

Indicam as variáveis que afetam o vôo do avião, como a velocidade, altitude, etc. Exemplo: altímetro.

Instrumentos do motor

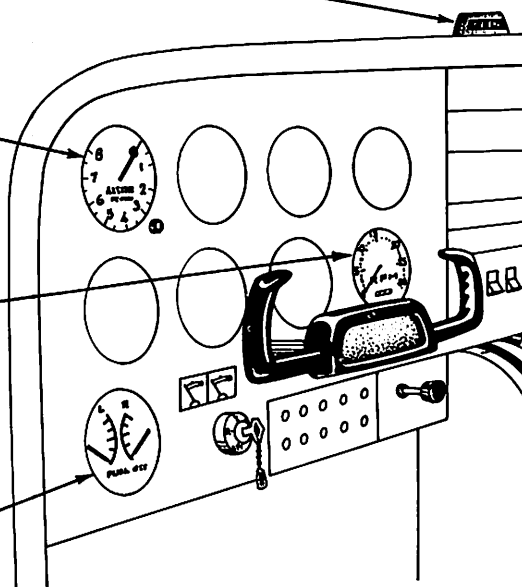
Indicam as condições de funcionamento do motor.

Exemplo: tacômetro.

Instrumentos do avião

Indicam o funcionamento dos sistemas do avião.

Exemplo: liquidômetro (quantidade de gasolina).



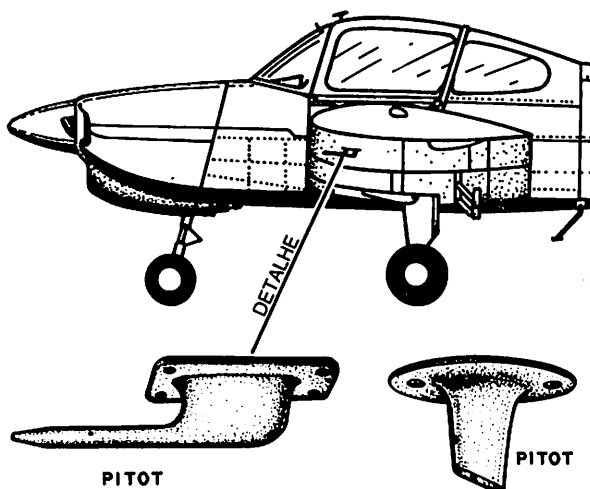
2. Os instrumentos do avião são muito variados e seu estudo detalhado foge às finalidades do curso. Portanto muitos instrumentos serão descritos apenas superficialmente, em nível suficiente para atender ao programa.

3. Sistema Pitot-estático

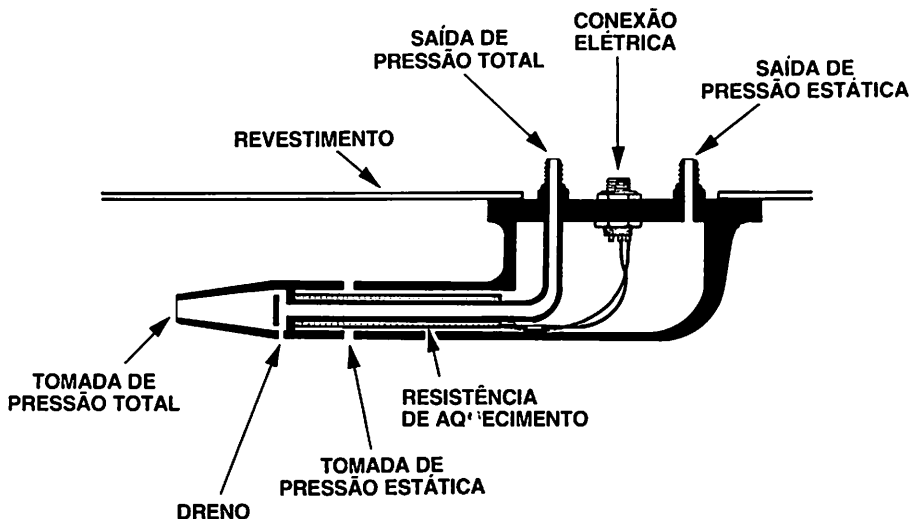
Este sistema tem a finalidade de captar as pressões estática e dinâmica para os seguintes instrumentos:

- . altímetro
- . velocímetro
- . variômetro
- . machímetro

O dispositivo captador das pressões é o *Tubo de Pitot*, que é geralmente instalado sob a asa do avião, conforme mostra a figura ao lado.



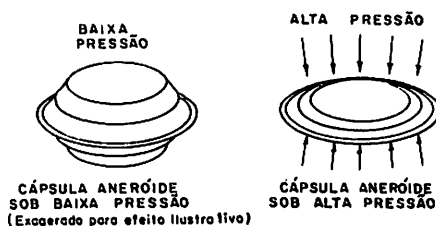
No seu aspecto construtivo, o tubo de Pitot possui uma tomada de pressão estática (que é a pressão atmosférica fora do avião) e uma tomada de pressão total (que é a soma da pressão dinâmica com a pressão estática, pois é impossível separá-las). Para evitar a formação de gelo e o acúmulo de água, o tubo de Pitot possui uma resistência elétrica de aquecimento e furos para drenagem de água.



4. **Linhas de pressão estática e dinâmica** – As pressões captadas no tubo de Pitot são enviadas até os instrumentos através de duas linhas de tubos:
- a) *linha de pressão estática*
 - b) *linha de pressão dinâmica ou de impacto (apesar dos nomes, a pressão transmitida é a total, e não apenas a dinâmica)*
5. **Manômetros** – São instrumentos destinados a medir pressão. Os manômetros classificam-se em:
- a) *manômetros de pressão absoluta*
 - b) *manômetros de pressão relativa*

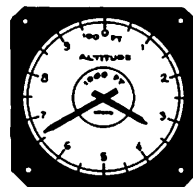
6. **Manômetro de pressão absoluta** – Este tipo de manômetro é geralmente graduado em polegadas de mercúrio (*in Hg*) e mede a pressão em relação ao vácuo. Isso significa que dará indicação “zero” somente no vácuo ou no espaço, acima da camada atmosférica da terra.

O funcionamento do manômetro de pressão absoluta baseia-se na **cápsula aneróide**, que contém vácuo no seu interior. Essa cápsula é uma pequena “sanfona” que se expande ou achata de acordo com a pressão externa.



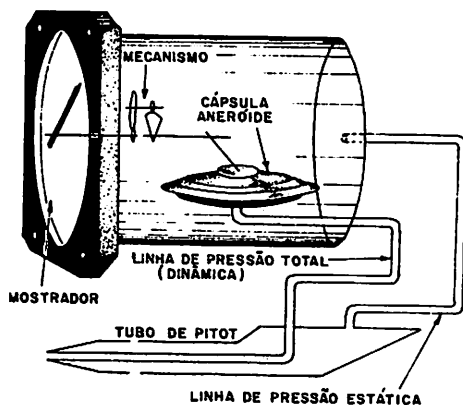
A cápsula (aneróide ou não) é utilizada em todos os instrumentos ligados ao sistema Pitot-estático, a serem descritos nos itens seguintes.

7. **Altímetro** – O altímetro é um instrumento que indica a altitude onde o avião se encontra. Basicamente é um barômetro (manômetro que mede a pressão atmosférica) formado por uma cápsula aneróide ligada à linha de pressão estática do avião. Essa cápsula aciona um ponteiro, através de um mecanismo. O mostrador possui uma escala graduada em altitude (pés ou metros).

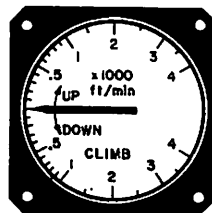


ALTÍMETRO TÍPICO
O PONTEIRO MENOR INDICA MILHARES DE PÉS E O MAIOR, CENTENAS DE PÉS

8. **Velocímetro** — O velocímetro é um instrumento que mede a velocidade do avião em relação ao ar. É baseado numa cápsula de pressão diferencial que recebe a pressão total no seu interior e a pressão estática no exterior. As pressões estáticas do interior e do exterior se anulam, e a pressão dinâmica sozinha faz a cápsula expandir-se, movimentando a agulha no mostrador através de um mecanismo. O instrumento é graduado em km/h, mph ou kt.

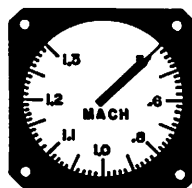


9. **Variômetro ou Indicador de Subida** — Serve para indicar a velocidade de subida ou descida, geralmente em pés por minuto ou metros por segundo. Seu funcionamento baseia-se não na pressão atmosférica, mas na sua variação. Se o avião descer, a pressão aumentará, e se subir acontecerá o contrário. Essa variação atua sobre uma cápsula de pressão diferencial, que movimenta uma agulha no mostrador.



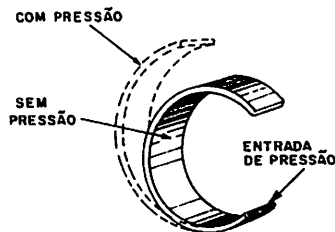
As razões de subida são indicadas em pés por minuto (ft/min) ou metros por segundo (m/s). O variômetro é vulgarmente conhecido como "Climb", porque os instrumentos americanos e ingleses têm essa palavra escrita no mostrador, significando "subida".

10. **Machímetro** — Este instrumento (costuma-se ler "maquímetro") é derivado do velocímetro e baseia-se também na cápsula aneróide (com vácuo interno) e na cápsula de pressão diferencial (pressões diferentes dentro e fora). Serve para indicar o **Número de Mach**.



O número de Mach (costuma-se ler "mac") é o número que resulta dividindo a velocidade do avião pela velocidade do som. Por exemplo, "Mach 0,8" indica uma velocidade igual a 0,8 vezes a velocidade do som. Nos aviões a reação o voo é muitas vezes controlado pelo número de Mach.

11. **Manômetro de pressão relativa** – Este manômetro fornece indicações a partir da pressão ambiente, que é considerada como “zero”. O elemento sensível é um tubo metálico achatado e enrolado, chamado *tubo de Bourdon*. Ele é fechado numa extremidade, e distende-se quando uma pressão é aplicada em seu interior. Um mecanismo é usado para transmitir esse movimento ao ponteiro. O tubo de Bourdon é feito de bronze fosforoso para as baixas pressões, e de aço inoxidável para as altas pressões.



No avião, os manômetros de pressão relativa são calibrados em:

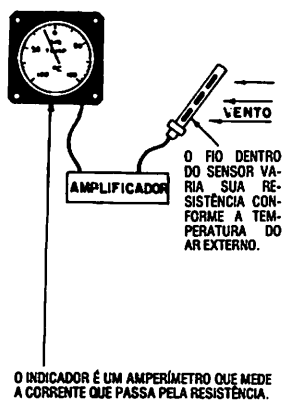
- . **libras-força por polegada quadrada** (lb/in^2 , lb/pol^2 ou PSI — “pounds per square inch”)
- . **quilogramas-força por centímetro quadrado** (kg/cm^2)

Além das funções primárias como manômetros de pressão do óleo, de combustível, de oxigênio, etc, podem também ter função indireta como indicadores de temperatura, torque do motor e outros.

12. **Termômetro** – Os tipos de termômetros mais utilizados, quanto ao princípio de funcionamento, são três:

TERMÔMETRO ELÉTRICO (ou DE RESISTÊNCIA)

Este é o tipo mais adequado para medir a temperatura do ar externo.



TERMÔMETRO DE PRESSÃO DE VAPOR

Este é o tipo mais adequado para medir a temperatura do óleo



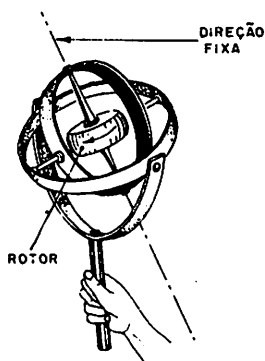
TERMÔMETRO DE PAR TERMOELÉTRICO “THERMOCOUPLE”

Este é o tipo mais adequado para altas temperaturas, como a da cabeça do cilindro.

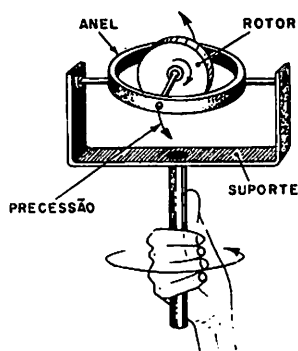


13. **Giroscópio** – O giroscópio é uma roda girante apoiada de modo que possa ser colocada em qualquer posição. Quando o rotor é posto a girar rapidamente, ele mantém a posição inicialmente fixa, quaisquer que sejam os movimentos do suporte. Essa propriedade chama-se **rigidez giroscópica**.

O giroscópio tem ainda uma outra propriedade. Na figura abaixo, se girarmos a mão no sentido indicado, o rotor irá reagir, fazendo o eixo girar num plano perpendicular ao do movimento da mão. Essa propriedade chama-se **precessão**. Essas duas propriedades, a rigidez giroscópica e a precessão, servem de base para diversos instrumentos que orientam o piloto num voo sem visibilidade.



Rigidez Giroscópica

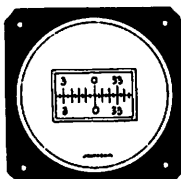


Precessão

14. **Instrumentos giroscópicos** – Os instrumentos puramente giroscópicos (não dependentes de sinais externos de rádio) são os seguintes:

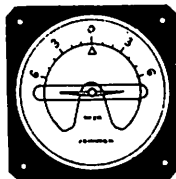
GIRO DIRECIONAL

Acusa variação de rumo (desvio de direção para a direita ou esquerda).



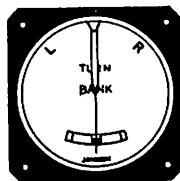
HORIZONTE ARTIFICIAL
(Indicador de Atitude)

Indica a atitude do avião (nariz alto ou baixo, asas niveladas ou inclinadas).



INDICADOR DE CURVA
(“Turn and Bank”)

Indica a inclinação e a razão de curva (velocidade de giro; exemplo: 3 graus por minuto).



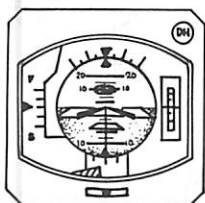
Estes instrumentos substituem a visão externa do piloto, permitindo portanto o voo por instrumentos.

15. **Sistema diretor de vôo** – É um conjunto de instrumentos que fornecem orientação completa para o piloto manobrar o avião e fazer a navegação. O sistema diretor de vôo é uma evolução dos instrumentos giroscópicos mencionados no item anterior, acrescidos de indicações de sinais de rádio. É formado basicamente por dois instrumentos:

- . Indicador diretor de atitude (ADI – “Attitude Director Indicator”)
- . Indicador de situação horizontal (HSI – “Horizontal Situation Indicator”)

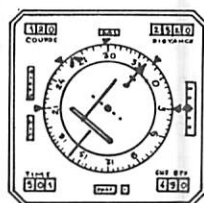
INDICADOR DIRETOR DE ATITUDE (ADI)

Este instrumento é uma evolução do horizonte artificial e do indicador de curva. Indica ao piloto a atitude do avião e **como corrigi-la** se estiver incorreta. Esta última é a função diretora.



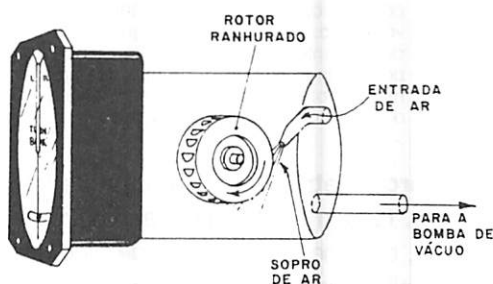
INDICADOR DE SITUAÇÃO HORIZONTAL (HSI)

É uma evolução do giro direcional e orienta a navegação. Acusa desvio de rumo e indica se o avião está fora da trajetória determinada pelo rádio-auxílio escolhido.



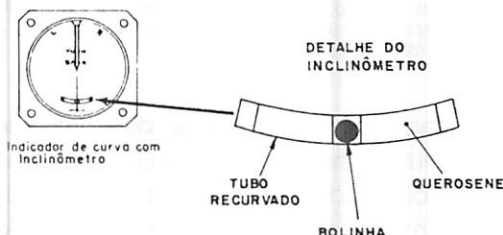
NOTA: A explanação deste assunto fica em parte prejudicada porque depende do conhecimento dos rádio-auxílios e procedimentos de vôo IFR, que fogem às finalidades do curso.

16. **Acionamento do rotor do giroscópio** – O giroscópio é geralmente acionado pelo sopro do ar que entra dentro da caixa do instrumento, pela ação de uma bomba de vácuo acionada pelo motor. Há também giroscópios acionados por motor elétrico.



17. **Inclinômetro (“bolinha”)** –

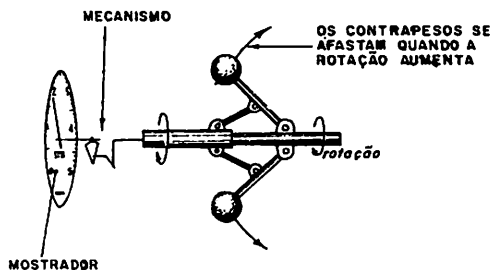
Este instrumento indica quando uma curva é feita com inclinação incorreta das asas. É constituído por um tubo transparente recurvado, contendo no seu interior querosene e uma bolinha pesada.



18. **Cronômetro** – O cronômetro instalado no avião é utilizado como instrumento de navegação, porque diversos procedimentos ou manobras são controlados através do tempo.
19. **Tacômetro (ou Contagiros)** – Serve para indicar a velocidade de rotação do eixo de manivelas do motor. Os tipos de tacômetro normalmente adotados nos motores de aviões são:

a) **Tacômetro mecânico**

É também conhecido como *tacômetro centrífugo*, e baseia-se na ação de contrapesos rotativos que atuam sobre o mecanismo do ponteiro do instrumento.



b) **Tacômetro elétrico**

É constituído por um pequeno gerador acionado pelo motor do avião, ligado a um indicador calibrado em RPM.

Nos tacômetros antigos, o gerador é de corrente contínua e o indicador é um voltímetro. Nos modernos, o gerador é de corrente alternada e o indicador possui um motor síncrono que gira na mesma rotação do gerador, acionando o ponteiro por ação eletromagnética.



20. **Torquímetro** – Indica o torque fornecido pelo motor. Geralmente é um manômetro de pressão relativa, que mede a pressão de óleo gerada por um dispositivo na caixa de engrenagens da hélice.

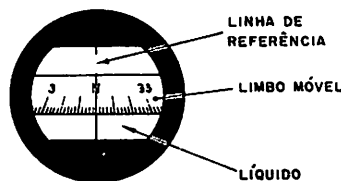
NOTA (Estudo Opcional): O torque é indicado no instrumento sob forma de pressão (kgf/cm^2 , ou lbf/in^2 ou PSI). Nos motores a pistão, essa pressão é usualmente conhecida como BMEP ("Brake Mean Effective Pressure"). Normalmente o torquímetro é usado somente em motores de alta potência.



21. **Manômetro de Pressão de Admissão** – É um manômetro de pressão absoluta, funcionando com uma cápsula aneróide, que mede a pressão no coletor de admissão dos motores superalimentados. Já foi mencionado que este manômetro indica a pressão atmosférica quando o motor está parado.

22. **Bússola** – É o instrumento que indica a proa magnética (ângulo entre a direção do norte magnético da terra e o eixo longitudinal do avião). Há dois tipos de bússola: a *bússola magnética* e a *bússola de leitura remota*.

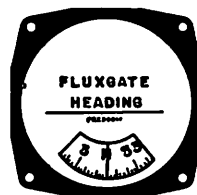
a) *Bússola magnética* – Seu funcionamento baseia-se no ímã, que tem a propriedade de apontar o norte magnético. Um ou mais ímãs permanentes são embutidos dentro de uma escala circular móvel chamada *limbo*. O limbo está contido numa caixa transparente cheia de querosene, que amortece as oscilações. A bússola magnética é sujeita a erros causados por campos magnéticos espúrios, fricção do pivô e movimentos do avião.



Os campos magnéticos espúrios presentes na cabine do avião podem ser em parte anulados pelos ímãs compensadores existentes na caixa da bússola, ajustados por parafusos. O erro remanescente é indicado num cartão de desvios, junto ao instrumento. A fricção do pivô não pode ser anulada, mas parcialmente atenuada pela própria vibração do avião. Os movimentos do avião influenciam da seguinte forma: as acelerações e desacelerações fazem o limbo inclinar-se como um pêndulo, e as curvas inclinam o limbo em relação ao horizonte, fazendo-o receber a influência do componente vertical do campo magnético da terra. As leituras da bússola devem, portanto, ser feitas com o avião estabilizado em voo horizontal.

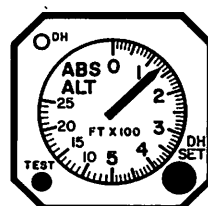
As indicações gravadas no limbo são: N, 3, 6, E, 12, 15, S, 21, 24, W, 30 e 33, que correspondem aos 360 graus do círculo completo. O Norte corresponde a 0 grau; o Leste a 90 graus, o Sul a 180 graus, e o Oeste a 270 graus.

b) *Bússola de leitura remota* – O sensor magnético (válvula de fluxo ou “flux-gate”) dessa bússola fica na ponta da asa, livre de campos magnéticos espúrios. Seus sinais são processados e corrigidos por um *transmissor* e enviados a um indicador no painel de instrumentos, livre dos erros acima citados.



23. **Fluxômetro ou Indicador de Consumo** – É o instrumento que indica o consumo horário do motor. Ele recebe o sinal elétrico de um transmissor de fluxo instalado na tubulação de combustível.

24. **Radioaltímetro** – É um instrumento que indica a altura verdadeira ou absoluta do avião em relação ao solo. Seu funcionamento baseia-se no radar. Uma antena no avião envia um pulso (sinal muito curto) de radar para o solo, e o sinal refletido é recebido por outra antena. O tempo decorrido é calculado eletronicamente e convertido em altura.

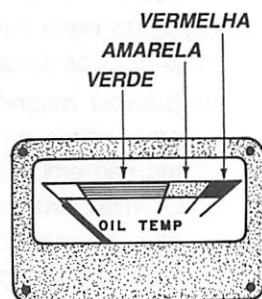


25. **Faixas de utilização** – Muitos instrumentos possuem faixas de utilização, de cores diferentes, que servem para indicar ao piloto as condições de funcionamento normal ou anormal do sistema. Há casos em que o instrumento não possui indicação numérica alguma, mas apenas as faixas de utilização. As cores convencionais são:

Verde – indicação normal

Amarelo – alerta ou tolerável por certo tempo

Vermelho – perigo ou limite excedido



26. **CADC “Central Air Data Computer”** – É um computador que aciona eletricamente todos os instrumentos e dispositivos baseados no sistema Pitot-estático, como o velocímetro, altímetro, variômetro, machímetro, piloto automático etc. O seu uso é vantajoso em aviões muito complexos ou de grande porte.

Estudo opcional: As principais vantagens do uso do CADC são:

- Elimina as tubulações de pressão estática e dinâmica dos instrumentos, substituindo-os por cabos elétricos. Isso simplifica consideravelmente o sistema, uma vez que tais tubulações são muito intrincadas e sujeitas a vazamentos e entupimentos em determinados aviões.
 - O computador processa os sinais de entrada (pressão dinâmica, pressão estática e temperatura), simplificando os instrumentos indicadores no painel, que recebem os sinais já prontos do computador, com todas as correções necessárias. Além disso, o computador vigia permanentemente o sistema e aciona alarmes quando alguma discrepância é constatada.
27. **Sumário para estudo** – A lista abaixo contém todos os instrumentos estudados neste livro. De cada instrumento, você deverá saber principalmente *para que servem* e o *princípio de funcionamento*.

INSTRUMENTOS DE VÔO

ALTÍMETRO
VELOCÍMETRO
VARIÔMETRO
MACHÍMETRO

INSTRUMENTOS DE NAVEGAÇÃO

BÚSSOLA
TERMÔMETRO DE AR EXTERNO
CRONÔMETRO
HORIZONTE ARTIFICIAL
GIRO DIRECIONAL
INDICADOR DE CURVA
INCLINÔMETRO
ADI
HSI

INSTRUMENTOS DOS MOTORES

TERMÔMETRO DE CABEÇA DE CILINDRO
TERMÔMETRO DO ÓLEO
MANÔMETRO DE ÓLEO
MANÔMETRO DE PRESSÃO DE ADMISSÃO
TACÔMETRO
FLUXÔMETRO
TORQUÍMETRO

INSTRUMENTOS DO AVIÃO (SISTEMAS)

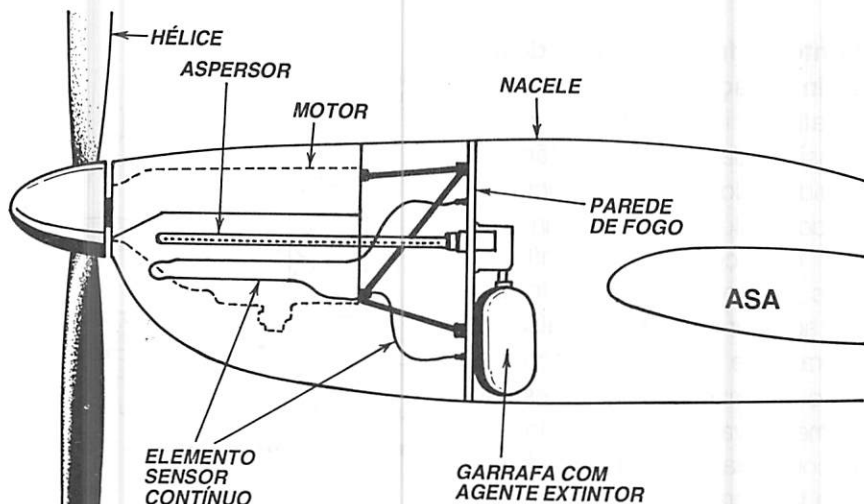
LIQUIDÔMETRO

sistema de proteção contra fogo **21**

1. **Descrição geral** – O sistema de proteção contra fogo subdivide-se em:

- a) *Sistema de detecção de superaquecimento e fogo* – Este sistema é formado por detetores de calor instalados em pontos de ocorrência mais provável de fogo. Os detetores podem ser locais (sensores que protegem pontos isolados) ou contínuos (sensores em forma de fio, que protegem ao longo de sua extensão), e provocam o acionamento de um alarme sonoro e visual na cabine de comando.
- b) *Sistema de extinção de fogo* – Este sistema é acionado pelo piloto para combater o fogo. Normalmente é formado por uma ou mais garrafas com o agente extintor, tubulação, válvulas de controle e aspersores.

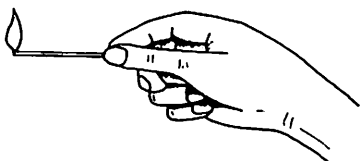
A figura abaixo mostra o esquema de instalação típico dentro da nacele de um avião bimotor a pistão.



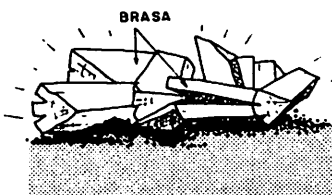
2. **Utilização dos sistemas** – Ao ocorrer aviso de fogo, é necessário seguir os procedimentos recomendados pelo fabricante, incluindo verificações quanto a falso alarme ou mero superaquecimento.

Nota: Nem todos os aviões têm um sistema de detecção e extinção de fogo. Por exemplo, muitos aviões de treinamento possuem apenas um pequeno extintor portátil.

3. **Combate a fogo no solo** – O fogo no solo ocorre com maior probabilidade durante a partida dos motores. Devem ser usados extintores mais pesados e apropriados a esse fim. A carga extintora deve ser aplicada nos pontos apropriados, por pessoas treinadas. Nos incêndios de maiores proporções, o combate só é possível através de veículos especialmente equipados.
4. **Princípios de combustão** – A combustão é uma reação química das substâncias combustíveis com o oxigênio do ar, produzindo calor. Ele pode ocorrer de duas maneiras: com ou sem chama.

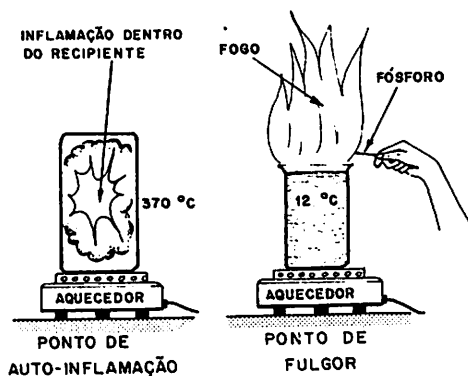


A chama é formada por material volátil combustível liberado pelo material que se queima, produzindo luz e calor.



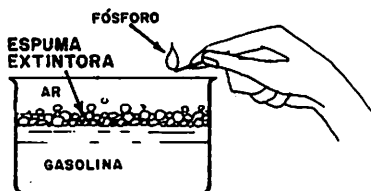
O carvão queima sem chama porque não libera material volátil combustível.

5. **Ponto de fulgor e ponto de auto-inflamação** – São duas temperaturas importantes a serem consideradas na combustão dos líquidos. No ponto de fulgor, o líquido produz vapores inflamáveis em condições de se inflamar, mas o fogo só ocorre se for provocado por uma chama, faísca ou outra fonte de calor. No ponto de auto-inflamação, o líquido está totalmente vaporizado e se inflama espontaneamente devido à própria temperatura.

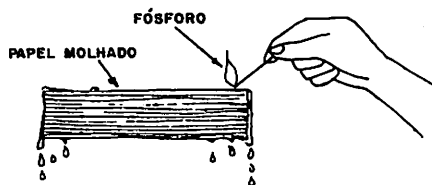


NOTA: TEMPERATURAS VÁLIDAS PARA O ÁLCOOL.

6. **Princípio do combate ao fogo** – Para que um material possa entrar em combustão, é preciso que existam três fatores: o combustível, o oxigênio e o calor. Para extinguir o fogo, basta eliminar ou isolar um desses fatores. Os dois principais métodos de extinção de fogo são o *abafamento* e o *resfriamento*, que estão ilustrados abaixo.



Abafamento: não há fogo porque a espuma separa a gasolina e o ar (oxigênio).



Resfriamento: Não há fogo porque o papel está muito frio para se inflamar.

7. **Tipos de incêndio** – Os incêndios são divididos em classes:

Classe A – Materiais que deixam brasa ou cinza, como a madeira, papel, tecidos, etc.

Classe B – Líquidos inflamáveis como a gasolina e o álcool.

Classe C – Materiais elétricos como fios, isolantes, etc.

Classe D – Metais como o magnésio das rodas.

8. **Agentes extintores** – Os agentes extintores mais usados são:

Água – apaga por resfriamento incêndios de classe A. É ocasionalmente usado em alguns extintores portáteis nos aviões e também por veículos de combate a incêndio, na forma de neblina.

Espuma – apaga por abafamento incêndios em líquidos (classe B). É corrosiva e ataca metais, mas é utilizada nos veículos de combate ao fogo, devido à grande eficiência nos incêndios em combustível, como ocorre em caso de acidentes aeronáuticos.

Pó químico – apaga por abafamento incêndios de classes B e C.

Pó seco – Apaga por abafamento incêndios de classe D.

Dióxido de carbono (CO_2) – é recomendado em incêndios elétricos, porque não conduz eletricidade, afastando portanto o perigo de choques. Pode “queimar” a pele devido ao frio excessivo e causar asfixia em recintos fechados, apesar de não ser venenoso. É o agente mais usado nos extintores fixos e portáteis a bordo, embora esteja sendo atualmente substituído por agentes mais modernos, como o *Halon*.

outros sistemas

22

1. SISTEMA DE DEGELO E ANTIGELO

2. Quando a temperatura encontra-se abaixo de 0°C e há gotículas de água no ar, poderá ocorrer formação e acúmulo de gelo sobre o avião. As áreas de acúmulo são:
- a) *Bordos de ataque das asas e empenagem* – Nestas áreas, o gelo altera o perfil aerodinâmico, afetando o voo. Pode ser combatido pelo degelo térmico (circulando ar quente dentro dos bordos de ataque), ou por degelo pneumático ("botas" infláveis de borracha, que literalmente quebram a camada de gelo formada) ou mesmo por degelo elétrico.

"BOTAS" DEGELADORAS



- b) *Hélice* – O gelo causa alteração do perfil da pá e desbalanceamento. O sistema de degelo pode ser elétrico (camada resistiva colada ao bordo de ataque das pás) ou aplicação de líquido anti-congelante (álcool isopropílico e outros).

NOTA: Diversos sistemas descritos neste capítulo são inaplicáveis aos aviões leves. Todavia, o estudo dos mesmos faz parte do programa de Conhecimentos Técnicos para piloto privado, e por isso serão fornecidas as noções exigidas, de forma sucinta.

c) *Pára-brisas* – O degelo é necessário antes do pouso, e pode ser elétrico (por exemplo, uma resistência embutida entre as camadas de vidro) ou por aspersão de líquido anticongelante.

d) *Tubo de Pitot* – O acúmulo de gelo no tubo de Pitot é muito grave porque causa erros nos instrumentos. O degelo é feito por resistências elétricas dentro do tubo de Pitot, conforme estudado anteriormente.

e) *Carburador* – O problema do gelo no carburador já foi estudado no capítulo 12 e soluciona-se com ar quente.

3. **Prevenção do gelo** – A prevenção **não deve** ser feita quando representar desperdício de energia (exemplo: bordos de ataque e hélices) ou de líquido anticongelante. Nesses casos, é preferível esperar o gelo se formar, e então acionar os sistemas de degelo.

Por outro lado, a prevenção **deve** ser feita no caso do ar quente do carburador e aquecimento elétrico do tubo de Pitot e pára-brisas, sempre que o piloto julgar conveniente. Outra forma de prevenção é operacional: dentro do possível, evitar o voo em áreas favoráveis ao acúmulo de gelo.

4. **Deteção do gelo** – Antes do voo, a deteção deve ser feita através da inspeção visual, se a temperatura for inferior a 0° C. Durante o voo, a inspeção é também visual, olhando através do pára-brisas e janelas. Alguns aviões sofisticados possuem detetores eletromecânicos baseados em ressonância.

5. **SISTEMA DE CALEFAÇÃO** – É utilizado para aquecer o ar da cabine. Nos aviões leves, o ar é geralmente aquecido através do calor dos gases de escape, de modo idêntico ao aquecimento do ar do carburador. Em aviões maiores podem ser usados aquecedores a combustível ou então o ar proveniente dos compressores dos motores a reação.

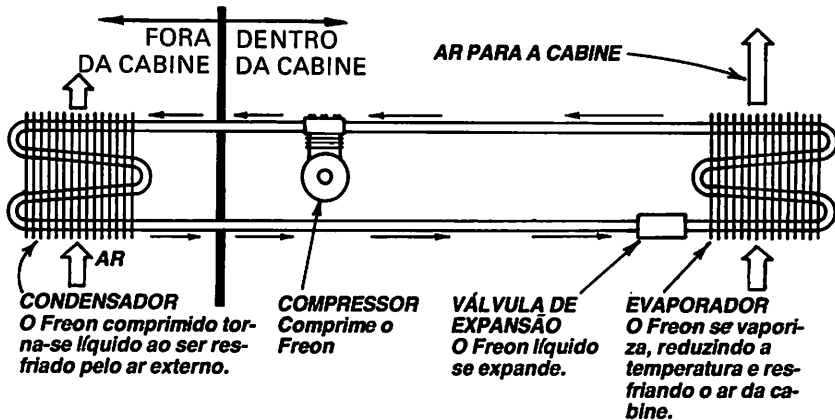
Nos aviões leves existem geralmente dois controles de ar na cabine: um para entrada do ar de ventilação ("Cabin Air") e outro para o aquecimento do mesmo ("Cabin Heat").

6. **SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO** – É um sistema utilizado para diminuir a temperatura do ar na cabine. Normalmente faz parte do sistema de ar condicionado. Existem dois sistemas de refrigeração:

a) *Refrigeração por ciclo a vapor*

b) *Refrigeração por ciclo a ar*

7. **Refrigeração por ciclo a vapor** – Este sistema é o mesmo dos refrigeradores domésticos. Seu funcionamento baseia-se no resfriamento provocado pela evaporação de um líquido como o Freon comprimido.



Esquema da Refrigeração por Ciclo a Vapor

8. **Refrigeração por ciclo a ar** – Este sistema é usado nos aviões a reação, aproveitando o ar comprimido extraído do compressor do motor. Baseia-se no resfriamento que ocorre quando o ar comprimido sofre uma expansão.

A extração ou sangria do ar provoca uma certa redução de potência do motor, e por isso o sistema de ar condicionado é desativado durante a decolagem.

9. **SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO** – Este sistema tem a finalidade de manter uma pressão dentro da cabine adequada ao corpo humano durante vôos em altitude elevada.

O fator prejudicial principal não é a baixa pressão, mas a falta de oxigênio que ela causa.

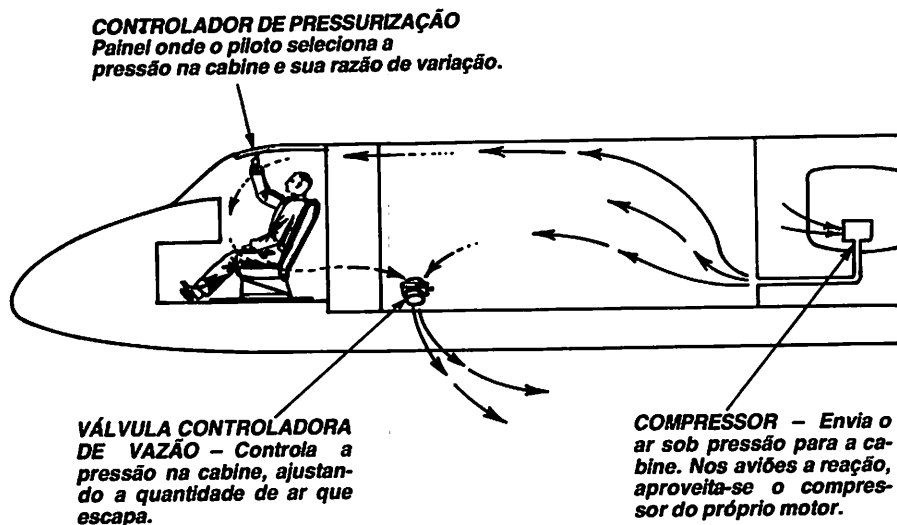
10. **Altitude de cabine** – É a altitude na qual a pressão atmosférica equivale à que existe na cabine do avião.

O sistema de pressurização permite a queda da pressão na cabine durante a subida do avião, porém nunca abaixo da pressão correspondente à altitude de 8000 pés (valor geralmente adotado). Isso significa que a altitude de cabine aumenta durante a subida e estabiliza-se ao atingir 8000 pés.

11. **Pressão diferencial** – É a diferença entre a pressão interna da cabine e a pressão atmosférica externa.

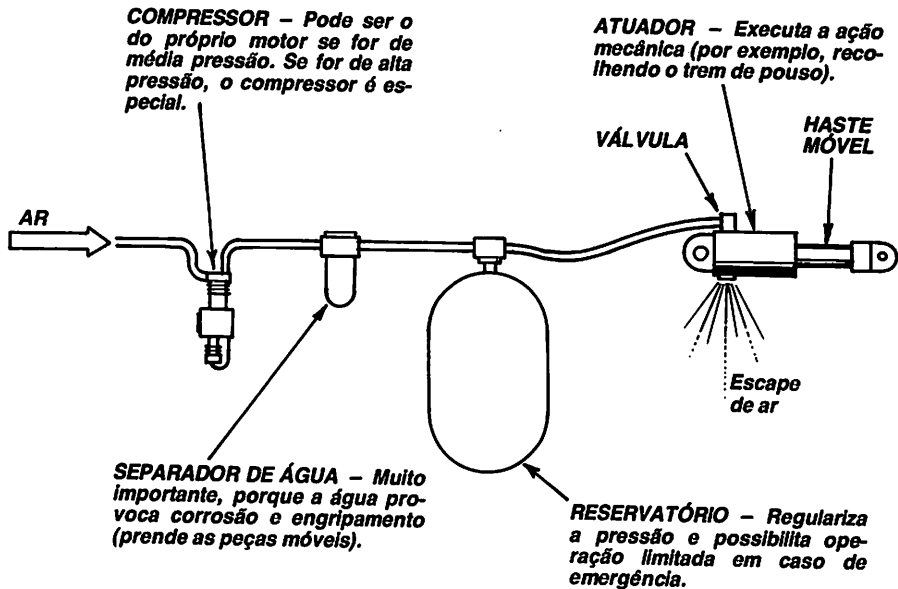
A pressão diferencial é nula no solo e aumenta durante a subida. Esse aumento ocorre mesmo com a altitude de cabine estabilizada, devido à redução da pressão externa. O diferencial máximo permitido varia desde 3 lbf/in² nos aviões leves até 9 lbf/in² nos aviões a reação.

12. **Funcionamento básico do sistema de pressurização** — A pressurização é efetuada através da insuflação de ar dentro da cabine. Os três componentes básicos do sistema estão mostrados abaixo:



13. **SISTEMA DE AR CONDICIONADO** — É um sistema completo de controle ambiental na cabine, compreendendo a pressurização, a calefação e a refrigeração, que foram estudadas separadamente nos itens anteriores.
14. **SISTEMA PNEUMÁTICO** — É um sistema destinado a acionar componentes mecanicamente através da energia do ar sob pressão. Ele é adotado mais raramente que o sistema hidráulico, mas pode substituí-lo. As principais diferenças do sistema pneumático em relação ao hidráulico são:
- a) O ar é compressível, portanto acumula energia em todo o sistema, incluindo as tubulações.
 - b) O ar utilizado é expelido para a atmosfera, portanto o sistema pneumático não exige tubulações de retorno, conforme foi citado no capítulo 5.
15. **Pressões utilizadas** — As pressões são menores que no sistema hidráulico, mas podem atingir mais de 3000 PSI ("pounds per square inch" ou libras-força por polegada quadrada). Existem sistemas que operam com pressões menores, da ordem de 1000 PSI ou até mesmo 100 ou 150 PSI.

16. **Componentes do sistema pneumático** – Os componentes básicos de um sistema pneumático estão mostrados na figura abaixo:



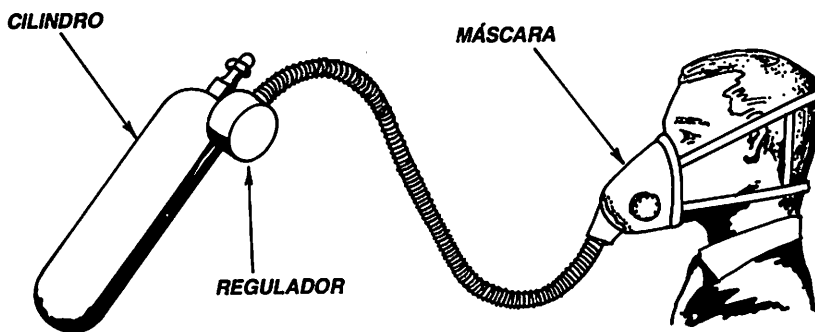
Além dos componentes acima, podem haver muitos outros, como filtros, válvulas, secadores químicos, manômetros, etc.

17. **Sistemas de pressões diferentes** – Dentro de um mesmo sistema pneumático, uma parte pode funcionar com alta pressão e outra com baixa pressão, para atender às necessidades de diferentes grupos de atuadores e outros dispositivos.
18. **Sistema pneumático de emergência** – Serve para suprir a falha de um sistema pneumático principal ou de um sistema hidráulico. Neste último caso, o cilindro pneumático é abastecido no solo com nitrogênio ou gás carbônico sob pressão elevada.
19. **Partida pneumática dos motores a reação** – Muitos motores a reação possuem um motor de partida pneumático que funciona com uma pressão de 100 a 150 PSI, considerada "média" ou mesmo "baixa".
- O ar de partida pode ser fornecido por um motor que já esteja em funcionamento, ou um motor auxiliar (APU – "Auxiliary Power Unit"), ou por veículos e instalações pneumáticas externas.

20. SISTEMA DE OXIGÊNIO

21. **Finalidade** – O sistema de oxigênio serve para suprir a falta de oxigênio aos ocupantes do avião nos vôos em altitude elevada. Nos aviões não pressurizados, seu uso é obrigatório e, nos aviões pressurizados, é usado em situações de emergência.

22. **Partes do sistema de oxigênio** – As principais partes do sistema de oxigênio são o cilindro, o regulador e a máscara.



- a) **Cilindro** – Os cilindros podem ser de alta pressão (pintados de verde, com pressões em torno de 1800 PSI) ou de baixa pressão (pintados de amarelo, com pressões em torno de 450 PSI). No lugar do cilindro, pode ser também usado um gerador químico de oxigênio.
- b) **Regulador** – Os reguladores podem ser de fluxo contínuo (saída ininterrupta) ou de fluxo por demanda (saída somente durante a inspiração). Há reguladores que fornecem oxigênio puro e outros que o misturam com o ar na proporção correta.
- c) **Máscara** – É usada para a respiração individual. Se o regulador fornece oxigênio puro, a máscara deixa espaços abertos para permitir a diluição com o ar. Se o regulador fornece oxigênio diluído, a máscara adapta-se perfeitamente à face.

Abaixo de 34 000 pés de altitude, não se deve respirar oxigênio puro.

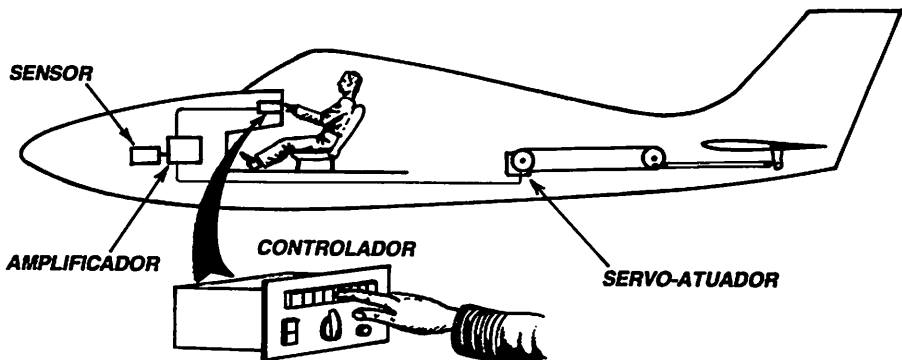
23. **Instalação do sistema** – O sistema de oxigênio pode ser fixo no avião ou portátil. Neste caso, a máscara, regulador e o cilindro formam um conjunto facilmente transportável.

24. **SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EXTERNA** – A sinalização luminosa externa do avião é importante para a segurança do voo. As luzes necessárias estão mostradas abaixo:



Estudo opcional: As luzes de navegação devem ter obrigatoriamente as cores indicadas. A luz branca da cauda deve ser visível por trás. As luzes anticollisão podem ser rotativas vermelhas ou estroboscópicas brancas e podem estar localizadas em outros pontos, como nas extremidades das asas ou no alto da deriva. Os faróis de pouso iluminam a pista durante o pouso, e o farol de táxi facilita as manobras no solo.

25. **PILOTO AUTOMÁTICO** – O piloto automático é um sistema destinado a manter o avião numa condição pré-estabelecida de voo e efetuar determinadas manobras automaticamente.
26. **Esquema básico** – Em essência, um piloto automático é composto pelos elementos indicados na figura abaixo:



27. **Princípio de operação** – As quatro partes básicas do piloto automático descritas no item anterior funcionam da seguinte forma:
- a) **Sensor** – Envia sinais ao amplificador, informando uma dada condição de voo (por exemplo, a altitude).
 - b) **Controlador** – Pode ser um pequeno painel onde o piloto introduz as condições desejadas (por exemplo, a altitude que deve ser mantida).
 - c) **Amplificador** – É um dispositivo que verifica se a condição de voo corresponde à condição desejada. Se houver desvio, envia uma ordem de correção ao servo-atuador (por exemplo, mover o profundor para cima).
 - d) **Servo-atuador** – Executa a ordem de correção e envia ao amplificador um sinal indicando o deslocamento efetuado.

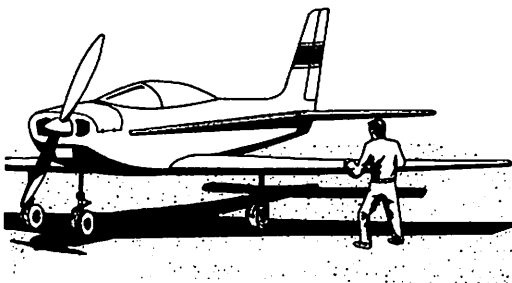
Quando o avião começa a corrigir o desvio, o sensor reduz o sinal enviado ao amplificador que, por sua vez, ordena ao servo-atuador que reduza o comando de correção.

28. **Comandos e Indicações** – Os comandos são introduzidos através do controlador do piloto automático. Alguns comandos possíveis são: manter altitude, manter rumo magnético, executar curva padrão, além de outros relacionados ao voo IFR (por instrumentos). As indicações e avisos do piloto automático são fornecidos pelo mesmo painel, através de luzes.
29. **Sensores** – Geralmente são os próprios instrumentos de voo e de navegação, tais como o altímetro, giro direcional, ADI, HSI, e os instrumentos eletrônicos de navegação por instrumentos. O sensor básico de atitude do avião é o **giroscópio**, que faz parte de vários instrumentos.
30. **Dispositivos de segurança do piloto automático** – Para evitar consequências graves de falhas no sistema, os comandos aplicados manualmente pelo piloto humano sempre sobrepujam os comandos do piloto automático e provocam o desacoplamento deste. Adicionalmente, o mau funcionamento pode ser detetado através das luzes indicadoras no controlador do piloto automático e também pela observação dos instrumentos normais de voo e navegação (exemplo: variômetro indicando continuamente uma descida, enquanto o piloto automático está programado para manter altitude constante).

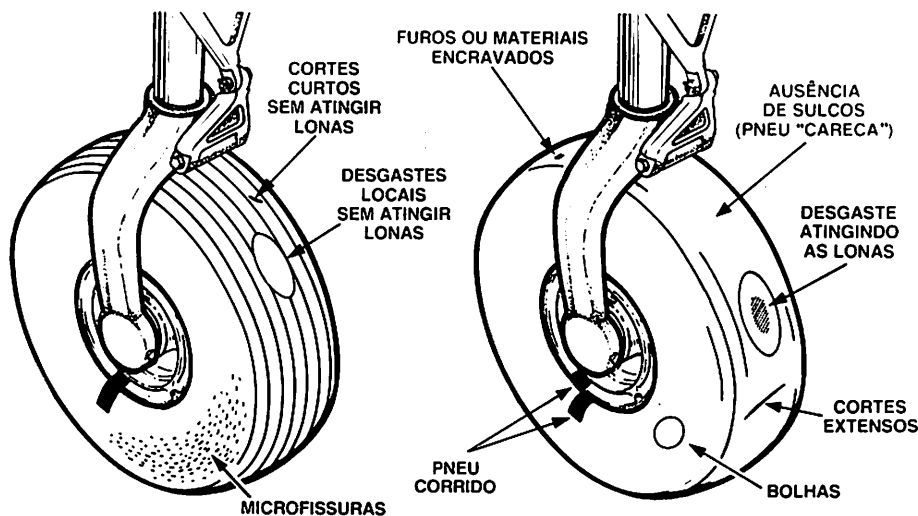
inspeção e manutenção

23

1. **Objetivos** – A manutenção tem como objetivo manter o avião em boas condições de funcionamento, de modo a garantir a segurança das operações e o desempenho adequado.
2. **Tipos de manutenção** – A manutenção é classificada em:
 - a) *Manutenção corretiva* – serve para corrigir as deficiências depois que estas aparecem; por exemplo, o reparo num amortecedor com vazamento.
 - b) *Manutenção preventiva* – serve para prevenir contra o aparecimento de falhas; por exemplo, a remoção do motor para revisão, depois de um determinado número de horas de funcionamento.
3. **Inspeções** – A inspeção é o serviço de manutenção mais simples e consiste em verificações visuais ou por outros meios imediatos, destinadas a detectar anormalidades. Uma vez constatada, toda anormalidade requer um serviço de manutenção corretiva. As inspeções classificam-se em *inspeções de pré-vôo* e *inspeções periódicas*.
4. **Inspeção de pré-vôo** – Esta inspeção é a única que é de responsabilidade do piloto, e deve ser feita antes do vôo. Consiste em examinar as diversas partes do avião de acordo com uma lista de verificações (*"check list"*) fornecida pelo fabricante do avião. Qualquer anormalidade constatada deve ser examinada por um mecânico habilitado.



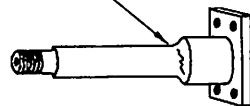
5. O piloto deve receber instruções e treinamento para executar a inspeção de pré-vôo, como a drenagem da amostra de combustível, a verificação do nível do óleo, etc, além de conhecer as situações de risco potencial, como o de ficar próximo à hélice ou movimentá-lo com as mãos, etc.
6. **Inspecões e revisões periódicas** – A manutenção preventiva compreende inspecões e revisões feitas em determinados períodos (geralmente baseados em números de horas de vôo). As revisões englobam a estrutura, motor, acessórios e demais componentes, os quais são desmontados para exame detalhado e substituição das partes em condições insatisfatórias.
7. **Procedimentos e programas** – Todo serviço de manutenção, desde a inspeção pré-vôo à mais completa revisão geral da estrutura, deve ser feito de acordo com os procedimentos e programas (períodos) determinados pelos fabricantes do avião, motor e componentes. Eles estão descritos nos manuais respectivos e são obrigatórios, devendo o proprietário ou operador do avião comprovar o cumprimento dos períodos às autoridades aeronáuticas por ocasião das vistorias.
8. **Inspeção dos pneus** – A verificação dos pneus faz parte da inspeção pré-vôo. A figura abaixo indica os critérios a serem utilizados:

*Pneu aceitável**Pneu Inaceitável*

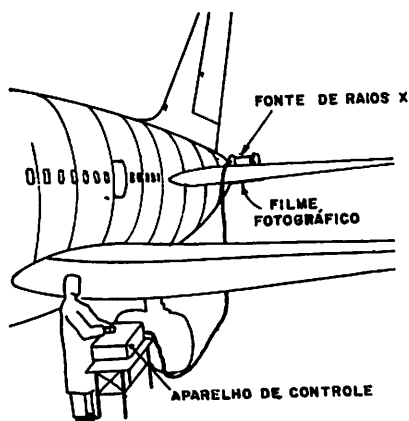
9. **Falhas estruturais** – Os componentes estruturais e outras partes metálicas sujeitas a esforço normalmente falham aos poucos por *fadiga*, exceto em casos anormais como colisão, uso de peças não aprovadas, etc. O fabricante pode determinar o número de horas de voo necessário para que uma rachadura microscópica atinja proporções críticas, estabelecendo então um período entre revisões inferior, para possibilitar a sua detecção a tempo (isso demonstra o risco envolvido no descumprimento do programa de manutenção). A detecção é feita por um dos métodos a seguir:

- a) **"Magnaflux" ou processo de partículas magnéticas** – Este é o processo mais utilizado em peças ferrosas magnetizáveis. A peça é magnetizada e banhada com um líquido contendo partículas ferrosas em suspensão. Estas se acumulam junto às rachaduras, tornando-as visíveis.
- b) **Líquido penetrante** – A rachadura é detectada através de um líquido penetrante de alta visibilidade.
- c) **"Zyglo" ou penetração fluorescente** – A rachadura é revelada através de um líquido penetrante e fluorescente que brilha sob a luz de uma lâmpada ultravioleta.

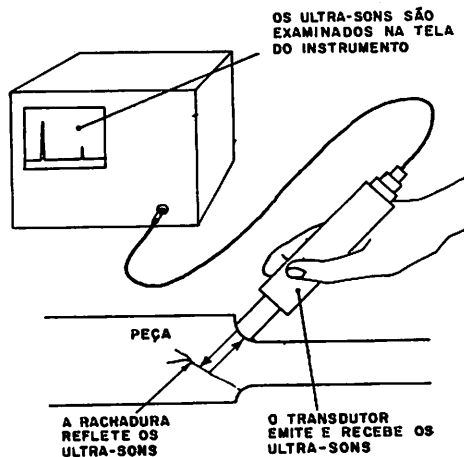
A RACHADURA FICA VISÍVEL COM O MAGNAFLUX, O LÍQUIDO PENETRANTE OU O ZYGLO



10. **Métodos de raios-X e ultra-som** – São usados para detectar rachaduras internas numa peça ou estrutura. A figura abaixo mostra os princípios de utilização dos mesmos.



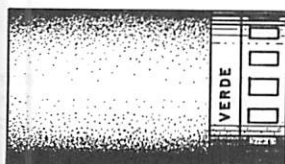
Inspeção por Raios-X



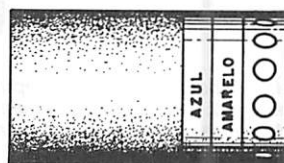
Inspeção por Ultra-som

11. **Codificação de tubulações** – Os tubos utilizados nos diversos sistemas do avião podem ser codificados através de faixas coloridas, a fim de facilitar a identificação desses sistemas durante a manutenção. As cores são complementadas com um desenho codificado em preto e branco para evitar erros sob condições adversas de iluminação. A tabela abaixo mostra alguns dos códigos mais usados em aviões leves.

CÓDIGOS PARA TUBULAÇÃO	
SISTEMA	COR
Gasolina	Vermelha
Óleo lubrificante	Amarela
Óleo hidráulico	Azul-amarela
Oxigênio	Verde
Extintor de fogo	Marrom



Código para Oxigênio



Código para Óleo Hidráulico

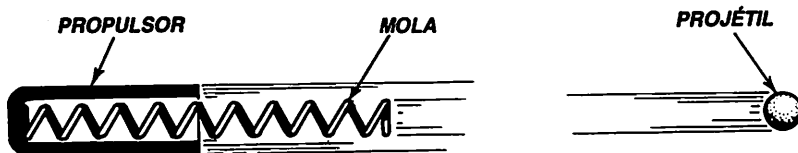
motores a reação

24

1. **Princípios básicos** – O funcionamento do motor a reação baseia-se na 3ª Lei de Newton ou *Lei da Ação e Reação*. As figuras abaixo demonstram a aplicação dessa lei através de uma experiência simples.



Na figura acima temos um propulsor formado por um cilindro e uma mola, e um projétil esférico, que estão inicialmente fixos. Existe uma força de ação para a direita, aplicada sobre o projétil. Há também uma força de reação para a esquerda, aplicada sobre o propulsor.

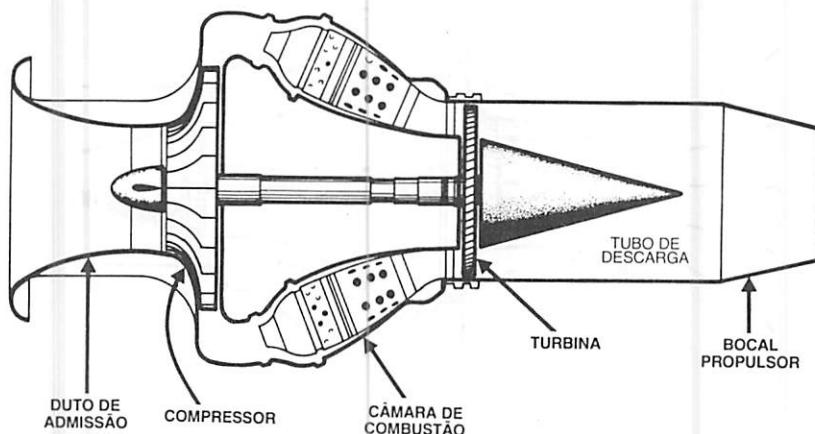


Na figura acima, ambos os corpos foram soltos, e eles são lançados para os lados opostos, demonstrando a Lei da Ação e Reação.



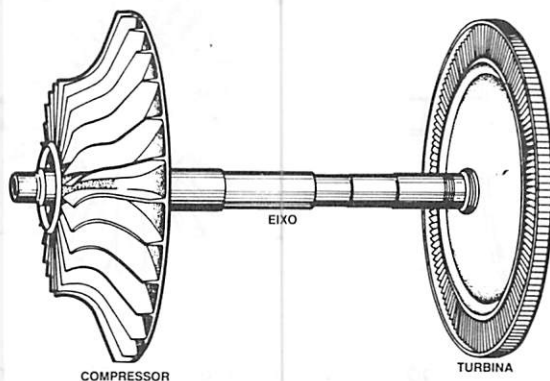
Nesta figura, a mola e o projétil esférico foram substituídos pelo ar. O princípio de funcionamento continua o mesmo, com a vantagem de o "projétil" ser continuamente renovado enquanto houver ar comprimido dentro do cilindro.

2. **Constituição básica do motor a jato** – Para realizar na prática o princípio de funcionamento descrito, o motor a jato é construído de acordo com o esquema abaixo (é necessário memorizar os nomes e a disposição das partes):



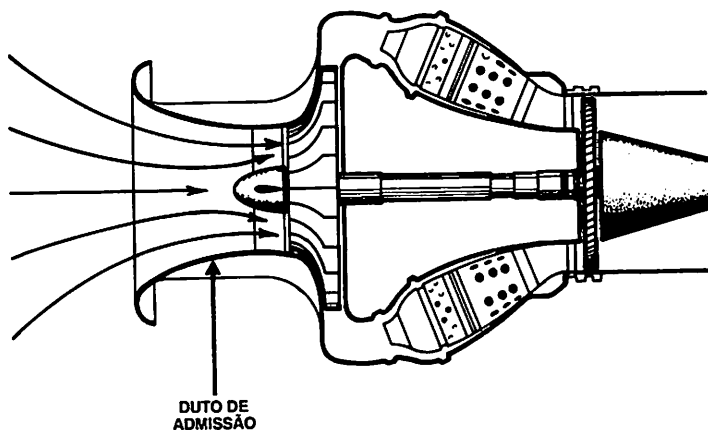
Partes de um Motor a Jato

3. A câmara de combustão pode ser comparada a um reservatório de ar comprimido ou uma "mola propulsora" que empurra para trás o ar do tubo de descarga. A reação a essa força faz o motor avançar para a frente.
4. O compressor e a turbina formam um conjunto girante que, dentre as partes básicas do motor, constitui a única peça móvel.



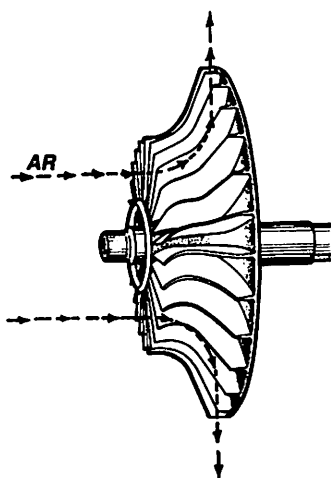
Compressor e Turbina

5. **Duto de admissão** – O duto de admissão tem como finalidade ordenar o fluxo de ar na entrada do motor, a fim de garantir o bom funcionamento do compressor.

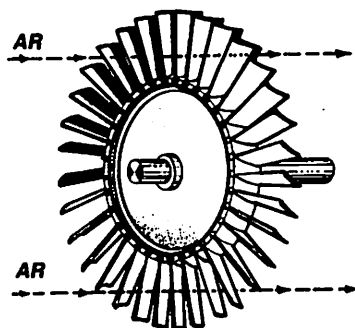


Fluxo de Ar no Duto de Admissão

6. **Compressor** – O compressor tem a finalidade de comprimir o ar admitido. São usados dois tipos de compressores nos motores a reação: o *compressor centrífugo* e o *compressor axial*.

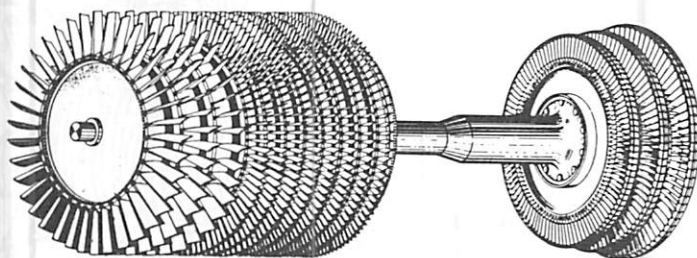


COMPRESSOR CENTRÍFUGO – O ar entra no sentido paralelo ao eixo e sai no sentido perpendicular ao mesmo.



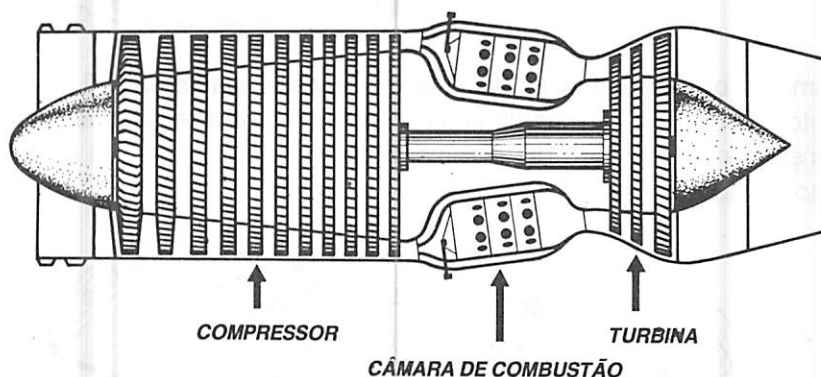
COMPRESSOR AXIAL – O ar entra e sai no sentido paralelo ao eixo.

7. O compressor axial é melhor para comprimir volumes maiores de ar, e o centrífugo é melhor para pressões mais elevadas. Todavia, a pressão pode ser aumentada através de estágios múltiplos, como no exemplo abaixo:

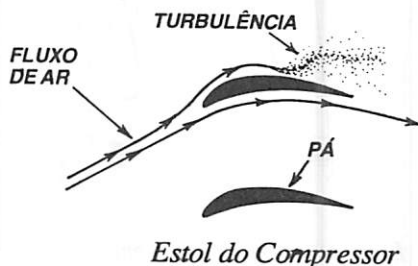


Compressor Axial com 11 Estágios e Turbina com 3 Estágios

8. O conjunto rotativo acima pertence ao motor ilustrado abaixo:

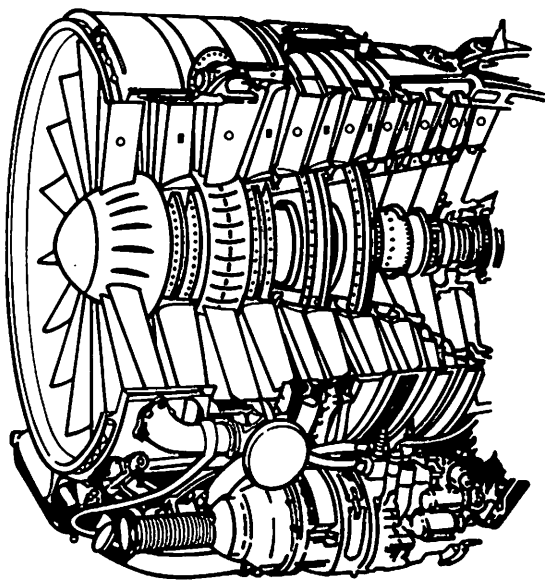


9. **Estol do compressor** – As pás do compressor axial devem receber um fluxo de ar uniforme e no ângulo apropriado. Caso contrário, o fluxo se tornará turbulento, reduzindo drasticamente a taxa de compressão. Esse fenômeno é o *estol do compressor*.

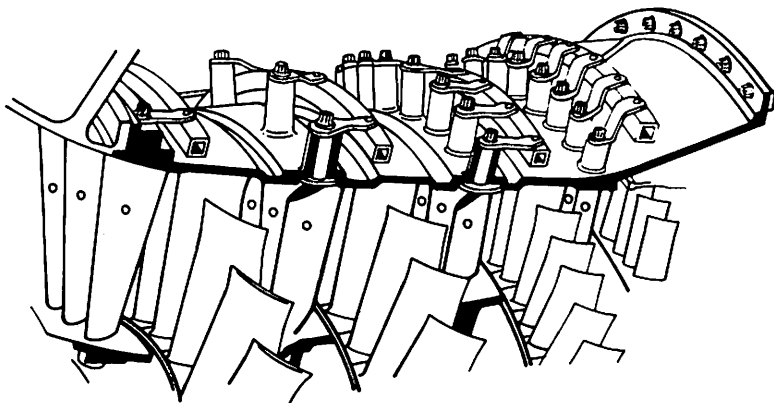


10. **Estator** – Além do rotor giratório, o compressor possui um estator formado por pás ou lâminas estacionárias, conforme mostra a figura abaixo:

*Compressor do motor
Rolls Royce "Conway".
As pás do estator estão in-
dicadas pelo sinal (◦) e as
do rotor pelo sinal (■).*

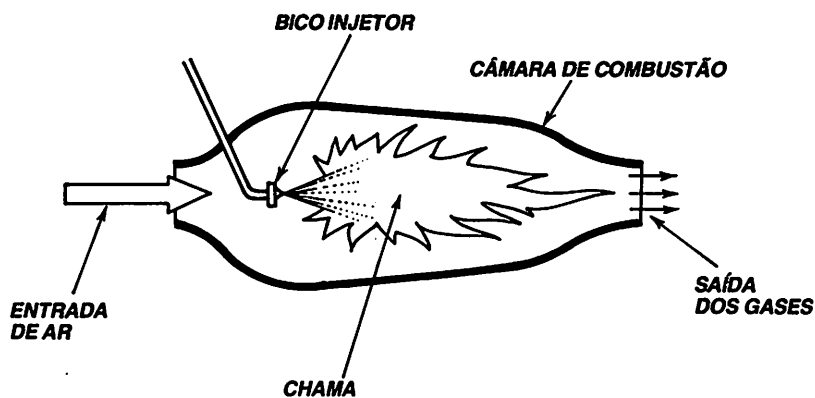


11. **Lâminas ou pás variáveis do estator** ("Variable stator vanes") – Alguns motores possuem lâminas de ângulo variável no estator, as quais corrigem constantemente o fluxo de ar sobre as lâminas rotativas, a fim de evitar o estol do compressor.



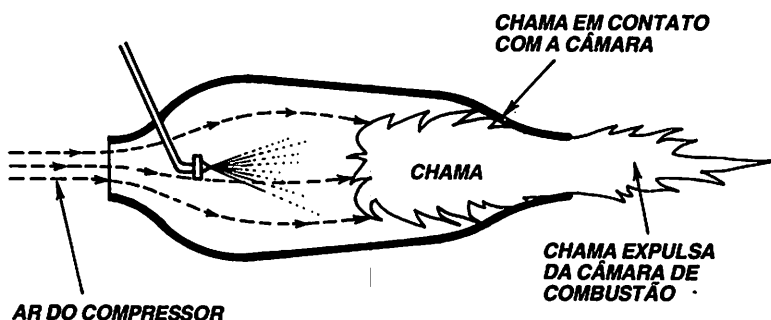
Lâminas variáveis no estator (indicadas por pequenos círculos " ◦ ").

12. **Câmara de Combustão** – O volume de ar comprimido produzido pelo compressor é relativamente modesto e não se compara com o fluxo do jato do motor. Essa transformação ocorre na câmara de combustão. Em princípio, a câmara de combustão é apenas um tubo suficientemente alargado para acomodar a expansão dos gases da combustão. Sem esse alargamento, o ar não teria como se expandir e a pressão aumentaria (*em vez de se manter ou diminuir um pouco*), fazendo o ar retornar ao compressor.



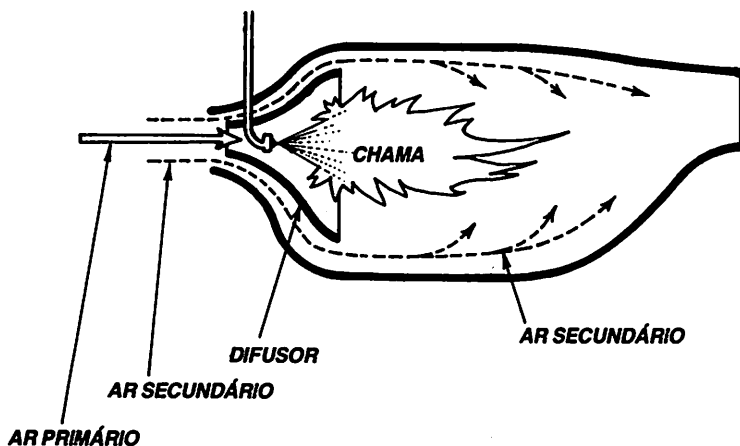
Princípio de Funcionamento da Câmara de Combustão

13. **Os problemas da chama** – Há dois problemas a serem resolvidos no projeto da câmara de combustão:
- evitar que a chama seja soprada para fora da câmara.
 - evitar que a chama cause a fusão do material da câmara.



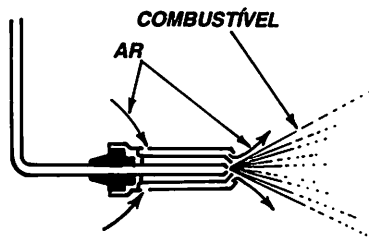
Deficiências da Câmara de Combustão Elementar

14. **Ar primário e ar secundário** – Para solucionar os problemas da chama, o fluxo de ar é dividido em duas partes: o ar primário e o ar secundário. O ar primário corresponde a cerca de $1/4$ do total, e entra num setor alargado que funciona como difusor, onde a velocidade diminui e o fluxo torna-se turbulento (através de artifícios como alhetas de turbilhonamento), facilitando a mistura do ar com o combustível. O ar secundário, que corresponde a cerca de $3/4$ do total, não participa da queima do combustível. Ele contorna o difusor e mistura-se com os gases quentes, expandindo-se para gerar tração. O ar secundário forma também uma camada fria que protege a câmara do excesso de calor.



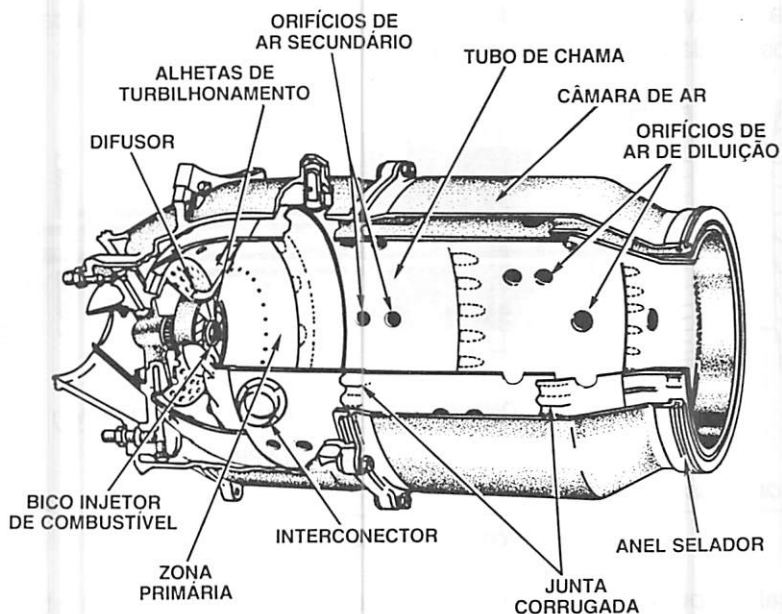
Ar Primário e Ar Secundário

15. **Bico injetor** – O bico injetor recebe combustível sob pressão e o pulveriza finamente para misturá-lo com o ar primário. Além do combustível, o bico injetor recebe também um pequeno fluxo de ar do compressor, a fim de evitar a formação e o depósito de carvão no orifício de pulverização. O ar fornece oxigênio para permitir a combustão das partículas de carvão, transformando-as em gás carbônico.



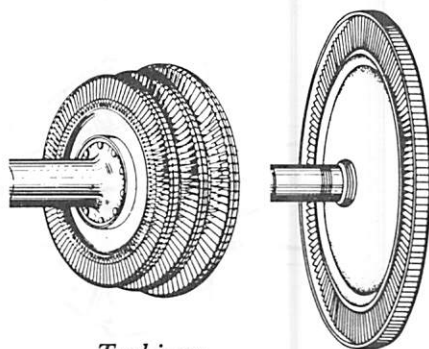
Bico Injetor

16. A figura abaixo representa uma câmara de combustão com todos os recursos necessários ao funcionamento real.



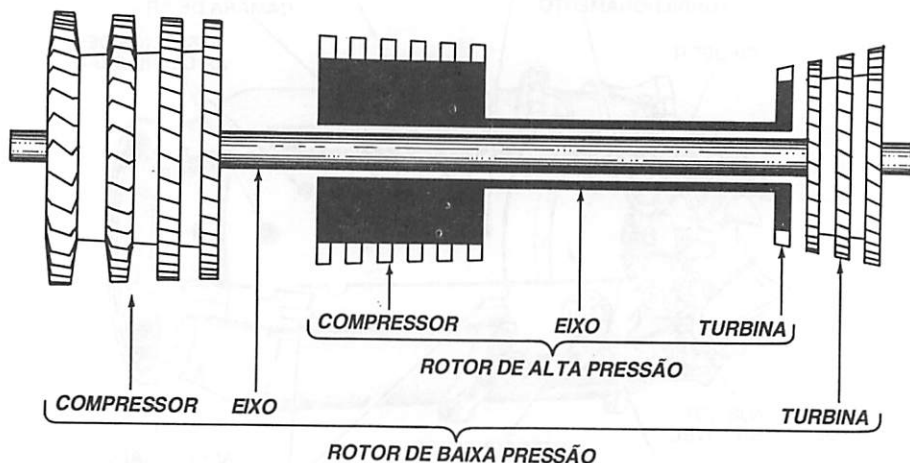
Câmara de Combustão

17. **Turbina** — A turbina serve para extrair potência dos gases queimados, a fim de acionar o compressor e outros acessórios. Nos motores aeronáuticos são usadas somente turbinas do tipo axial. As pás da turbina estão sujeitas a altas temperaturas, e por isso são fabricadas com materiais resistentes ao calor, podendo ter canais e orifícios de resfriamento através de ar comprimido. Além das lâminas rotativas, a turbina possui também lâminas fixas que constituem o estator.

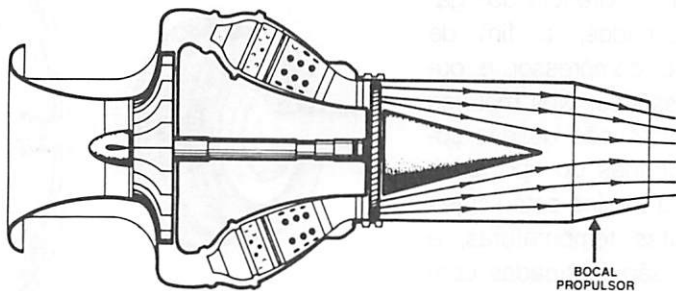


Turbinas

18. **Motores com dois rotores** – Nestes motores, há dois compressores e duas turbinas, conforme mostra o diagrama abaixo. O rotor de alta pressão gira mais rapidamente, funcionando numa faixa de pressões mais elevada. Essa subdivisão da carga de trabalho aumenta a eficiência e ajuda a reduzir a possibilidade de estol do compressor.



19. **Bocal Propulsor** – Um motor a reação poderia funcionar sem o bocal propulsor, mas os gases deixariam a turbina ainda pressurizados, desperdiçando essa energia na atmosfera. O bocal propulsor serve para aproveitar a energia de pressão, aumentando a velocidade dos gases, e ainda corrigir o fluxo que se encontra desalinhado ao deixar a turbina.



Fluxo no Bocal Propulsor

Existem bocais propulsores variáveis, formados por pétalas que podem ser abertas ou fechadas. Quando o bocal é aberto, a velocidade e a pressão dos gases diminuem; quando é fechado, ocorre o contrário. Os bocais variáveis são usados em determinados aviões militares.

20. **Cálculo da tração** – Para finalidades técnicas, não se utilizam processos “cientificamente exatos” para calcular a tração. Utilizam-se fórmulas simplificadas, das quais a mais conhecida é a seguinte:

$$T = (P - P_o) A + \frac{W (V_2 - V_1)}{g}$$

Onde: T = Tração

P = Pressão na saída (do bocal propulsor)

P_o = Pressão na entrada

A = Área do bocal propulsor

W = Fluxo de peso (peso do ar fluindo por unidade de tempo)

V₂ = Velocidade na saída do bocal propulsor

V₁ = Velocidade na entrada (velocidade do avião)

g = Aceleração da gravidade (9,8 m/s² ou 32,2 ft/s²)

Uma fórmula ainda mais simplificada seria:

$$T = m (V_2 - V_1)$$

Onde: T = Tração

m = Fluxo de massa (massa do ar fluindo por unidade de tempo)

V₂ = Velocidade na saída do bocal propulsor

V₁ = Velocidade na entrada (velocidade do avião)

Exemplo – Calcular a tração desenvolvida por um motor a jato, dados:

Fluxo de ar = 98 kgf/s (peso por unidade de tempo)

Velocidade na entrada = 80 m/s

Velocidade na saída = 600 m/s

Área de saída = 2000 cm²

Pressão na entrada = 0,04 kgf/cm²

Pressão na saída = 0,44 kgf/cm²

Solução:

$$T = (P - P_o) A + \frac{W (V_2 - V_1)}{g}$$

$$T = \left(0,44 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} - 0,04 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) 2000 \text{ cm}^2 + \frac{98 \frac{\text{kgf}}{\text{s}} \left(600 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 80 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

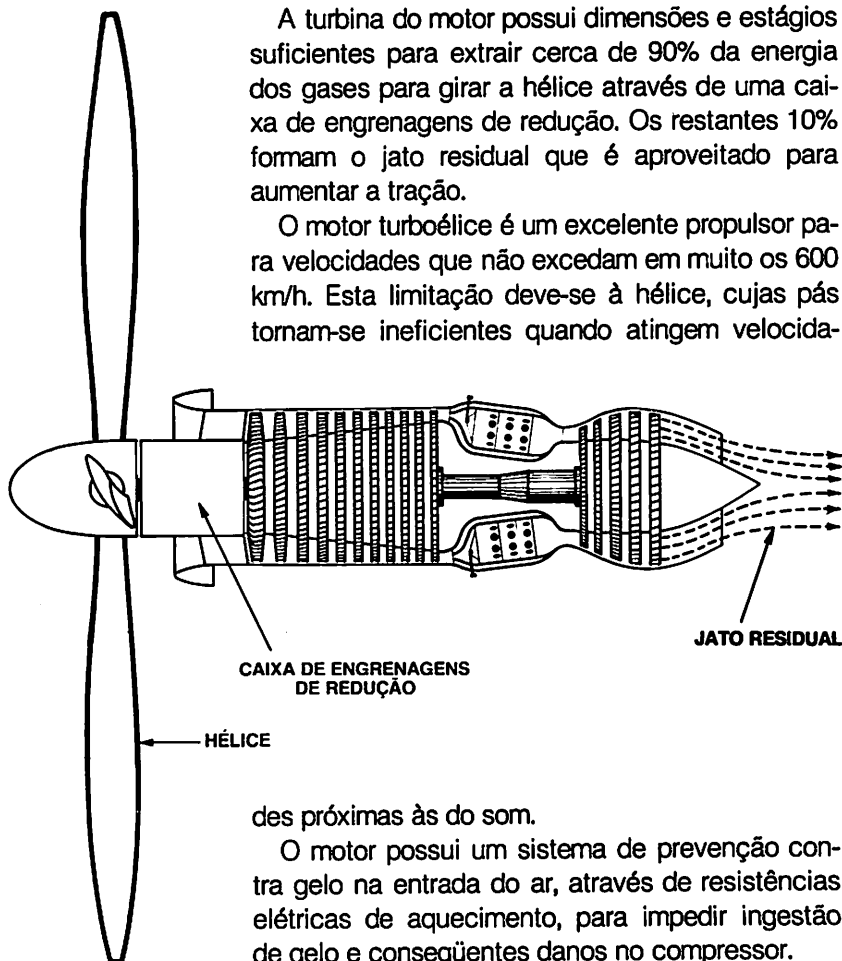
$$T = 800 \text{ kgf} + 5200 \text{ kgf} = 6000 \text{ kgf}$$

21. Deficiências do motor turbojato – O motor que acabamos de estudar é o turbojato, também conhecido como jato puro. É um motor adequado a velocidades supersônicas (maiores que a velocidade do som). Para as velocidades subsônicas (menores que a do som), apresenta consumo excessivo e pouca tração. Além disso, é extremamente ruidoso, tomando sua operação proibida em muitos aeroportos no mundo. Por essa razão, o turbojato tem sido abandonado a favor dos seus derivados como o *turbofan* e o *propfan*.

22. O motor turboélice – Este motor é derivado do jato puro, e a energia dos gases é aproveitada para acionar uma hélice.

A turbina do motor possui dimensões e estágios suficientes para extrair cerca de 90% da energia dos gases para girar a hélice através de uma caixa de engrenagens de redução. Os restantes 10% formam o jato residual que é aproveitado para aumentar a tração.

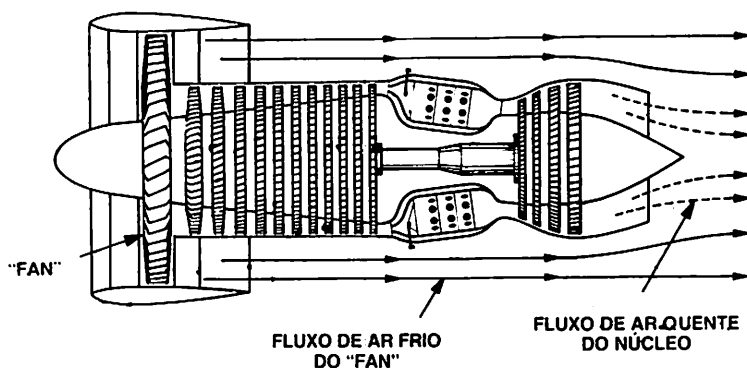
O motor turboélice é um excelente propulsor para velocidades que não excedam em muito os 600 km/h. Esta limitação deve-se à hélice, cujas pás tornam-se ineficientes quando atingem velocidades



des próximas às do som.

O motor possui um sistema de prevenção contra gelo na entrada do ar, através de resistências elétricas de aquecimento, para impedir ingestão de gelo e conseqüentes danos no compressor.

23. **Motor turbofan** – Este motor é formado por um turbojato (denominado “núcleo”), cuja turbina aciona conjuntamente o compressor e um *fan* (ventilador). A massa de ar movimentada é maior que no turbojato, resultando em maior tração e menor consumo. O fluxo de ar quente do núcleo é envolvido pelo ar frio do *fan* e sua intensidade é menor que no turbojato, devido à potência que lhe foi extraída pela turbina. Isso torna o motor mais silencioso. Com todas essas vantagens, o *turbofan* acabou substituindo os turbojatos, exceto em poucos aviões militares.



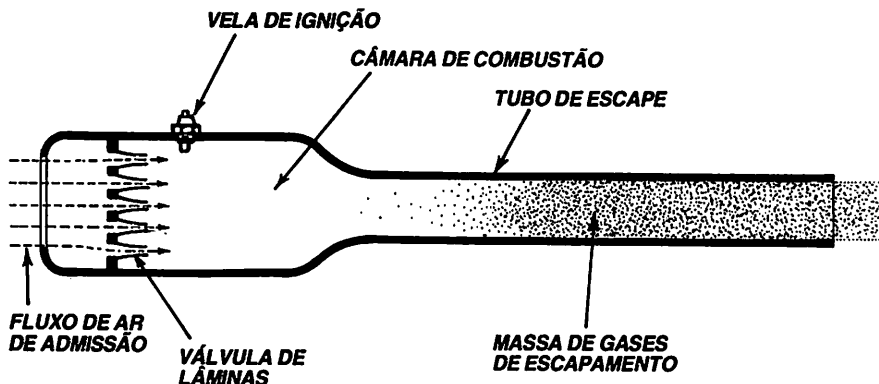
Motor Turbofan (Turboventilador)

Uma característica importante do *turbofan* é a *razão de derivação* (“*bypass ratio*”), que indica a proporção entre as massas de ar impulsionadas pelo *fan* e pelo núcleo. Assim, os antigos *turbofan* tinham razões de derivação menores que 1 (isto é, o *fan* movimentava uma massa de ar menor que a do núcleo), e hoje há motores *turbofan* com razões de derivação iguais a 6 (massa de ar movimentada pelo *fan* seis vezes maior que a do núcleo). No sentido puramente teórico, o turbojato é um caso particular de *turbofan* com razão de derivação igual a zero.

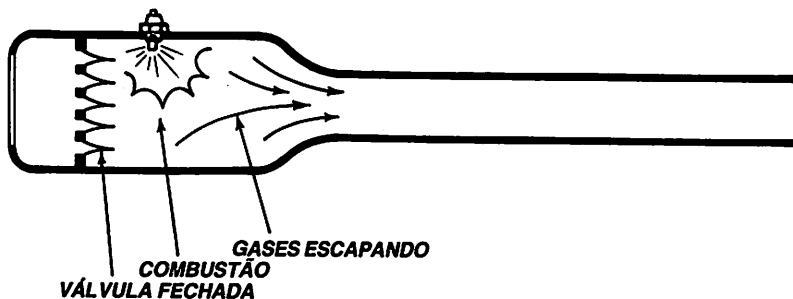
Mais recentemente, foram desenvolvidos os motores *propfan*, situados numa faixa intermediária entre o *turbofan* e o turboélice, destinados a velocidades também intermediárias.

24. **Motor a foguete** – É o único motor capaz de funcionar sem o ar externo, pois utiliza o combustível e o comburente (ou oxidante) transportados pelo próprio veículo. Este motor é usado em veículos espaciais e alguns aviões experimentais destinados a pesquisas.

25. **Motor pulsojato ou pulsorreator** – O pulsojato não pode ser usado em aviões, pois é extremamente ruidoso, antieconômico e vibra fortemente. Já foi usado em mísseis (a bomba V-1 alemã durante a 2ª guerra) e em helicópteros experimentais (instalados nas pontas do rotor). O seu funcionamento ocorre em dois tempos, conforme descrito nas figuras:

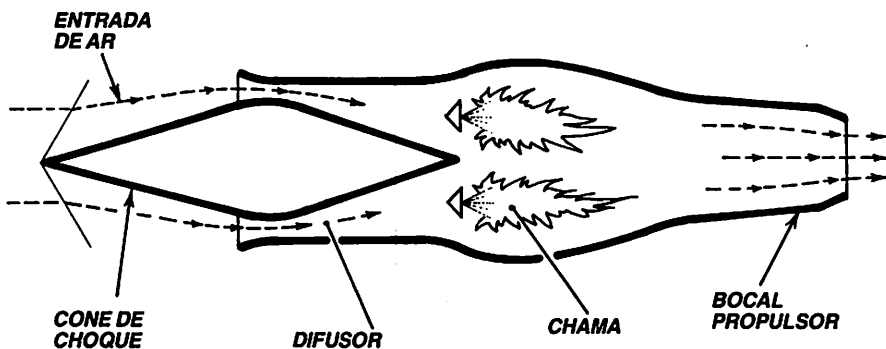


Primeiro Tempo – A admissão da mistura ar-combustível ocorre através da redução de pressão causada pela inércia da massa de gases de escapamento da combustão anterior. Esses gases funcionam como um pistão deslocando-se para fora do tubo de escape. O motor pode funcionar parado, pois não depende do impacto do ar. A válvula de lâminas mantém-se aberta por efeito de mola.



Segundo Tempo – A vela efetua a ignição da mistura. A pressão resultante da combustão fecha a válvula de lâminas e provoca a saída dos gases através do tubo de escape e o motor recebe um impulso propulsivo.

26. **Motor estatorreator** – Este motor só pode funcionar em velocidades tão elevadas que a própria pressão dinâmica devido ao impacto do ar seja suficiente para comprimir o ar. O compressor fica então eliminado, e também a turbina. O motor é o mais simples possível e será provavelmente usado em aviões hipersônicos do futuro, voando a velocidades várias vezes superiores à do som. Atualmente seu uso está restrito a mísseis, que decolam através de foguetes e acendem os estatorreatores em voo.



Motor estatorreator

27. **Tração e potência** – Os motores a reação sem hélice não possuem especificação de potência, mas de tração. Como a tração é uma força, ela deve ser especificada em unidades de força: quilograma-força (kgf), libra-força (lbf), decanewton (daN), etc.

No caso do motor turboélice, a potência é normalmente especificada de duas formas:

- a) em SHP ("Shaft Horse Power") ou potência no eixo, que é igual ao HP dos motores a pistão, diferindo apenas no nome.
- b) em ESHP ("Equivalent Shaft Horse Power"), que é igual ao SHP somado à potência fornecida pelo jato residual.

Pode-se também especificar a potência dos motores aeronáuticos no sistema internacional de unidades, em quilowatts (kW). Este procedimento está começando a ser adotado em diversas publicações aeronáuticas.

NOTA: Para determinar a potência de um motor a jato a partir da tração, é necessário multiplicar a tração pela velocidade do avião. Por exemplo, se a tração for igual a 6000 lbf à velocidade de 700 km/h, teremos:

$$\begin{aligned} \text{Potência útil} &= 6000 \text{ lbf} \cdot 700 \text{ km/h} = (6000 \cdot 0,4536) \text{ kgf} \cdot (700/3,6) \text{ m/s} = \\ &= 441\,000 \text{ kgf} \cdot \text{m/s} = 441\,000/76 \text{ HP} = 5802 \text{ HP} \end{aligned}$$

28. **Ciclos de funcionamento** – No capítulo 7 foi estudado o motor a pistão, o qual funciona segundo um ciclo de quatro tempos denominado *ciclo de Otto* (ou *Otto-Beau de Rochas*), que compreende:

- a) *Admissão*
- b) *Compressão*
- c) *Tempo motor*
- d) *Escapamento*

No tempo motor ocorre a combustão, onde a pressão sofre um considerável aumento, e a expansão dos gases. Todos os quatro tempos ocorrem dentro de um mesmo local, que é o cilindro.

Os motores a turbina e os estatorreatores funcionam segundo o *ciclo Brayton*, que compreende os mesmos quatro tempos do motor a pistão, porém com uma diferença: *durante a combustão não ocorre aumento de pressão*. Cada tempo ocorre em um ou mais locais diferentes: duto de admissão, compressor, câmara de combustão, turbina e bocal propulsor.

O motor pulsojato funciona segundo um ciclo próprio, sem compressão. A ausência da compressão explica em parte a ineficiência ou elevado consumo desse tipo de motor.

QUESTIONÁRIO

- 1) São classificados como aeródinos:
- a) aviões, helicópteros e dirigíveis
 - b) planadores e balões
 - c) balões e dirigíveis
 - d) aviões, helicópteros e planadores
- 2) O empuxo arquimadiano é uma força que age sobre:
- a) aviões
 - b) aeróstatos
 - c) aeródinos
 - d) todos os citados
- 3) O esforço que atua numa corda esticada chama-se:
- a) tração
 - b) cisalhamento
 - c) compressão
 - d) tensão
- 4) O esforço que provoca simultaneamente tensões de compressão e tração numa peça é chamado de:
- a) flexão
 - b) cisalhamento
 - c) compressão
 - d) tração
- 5) O peso colocado sobre um corpo produz um esforço de:
- a) tração
 - b) torção
 - c) compressão
 - d) cisalhamento
- 6) Ao apertar um parafuso com uma chave de boca, o esforço sobre o parafuso será de:
- a) flexão
 - b) torção
 - c) compressão
 - d) cisalhamento
- 7) Durante um vôo, os esforços que atuam sobre a estrutura do avião são causados por forças de natureza:
- a) estática
 - b) aerodinâmica
 - c) dinâmica
 - d) compressiva
- 8) A força de sustentação que permite ao avião voar surge devido à reação do ar sobre:
- a) as asas
 - b) o estabilizador
 - c) a fuselagem
 - d) todos os anteriores
- 9) O elemento estrutural principal de uma asa, que se estende ao longo de sua envergadura, chama-se:
- a) longarina
 - b) nervura
 - c) estais
 - d) suporte
- 10) O elemento de uma asa que lhe dá o formato aerodinâmico é:
- a) a longarina
 - b) a nervura
 - c) o montante
 - d) o revestimento
- 11) Os cabos de aço esticados entre as nervuras de uma asa, para resistir aos esforços de tração, chamam-se:
- a) nervuras
 - b) tirantes
 - c) estais
 - d) tensores
- 12) O tipo de avião cuja asa está colocada acima da fuselagem e separada da mesma, sobre montantes, chama-se avião de asa:
- a) cantiléver
 - b) alta
 - c) semicantiléver
 - d) parassol

- 13) A asa que é fixada na parte superior na fuselagem por meio de suportes e estais é do tipo:
a) cantiléver b) monocoque ~~c)~~ semicantiléver d) parassol
- 14) O tipo de fuselagem que é construído somente com cavemas e revestimento chama-se:
a) cantiléver b) semicantiléver
~~c)~~ monocoque d) semimonocoque
- 15) O tipo de fuselagem semimonocoque é constituído por:
a) cavemas b) longarinas
c) revestimento ~~d)~~ todas as anteriores
- 16) O elemento estrutural que dá formato aerodinâmico à fuselagem chama-se:
~~a)~~ caverna b) longarina
c) nervura d) nenhuma das anteriores
- 17) As pequenas superfícies de comando localizadas nas superfícies principais são:
a) superfícies primárias ~~b)~~ compensadores
c) ailerons d) todos os anteriores
- 18) Os flapes e slats são considerados superfícies:
~~a)~~ hipersustentadoras b) primárias
c) secundárias d) principais
- 19) O leme de direção encontra-se instalado:
a) no estabilizador b) na asa
~~c)~~ no estabilizador vertical d) no profundor
- 20) Indicar a afirmativa correta:
a) Os flapes são superfícies de controle primárias
b) O profundor é um dispositivo hipersustentador
c) quando os pedais ficam na posição neutra, o leme fica levemente defletido para a direita, a fim de compensar o torque da hélice
~~d)~~ O leme de profundidade é instalado no estabilizador horizontal
- 21) Para guinar o avião, o piloto deve usar:
~~a)~~ o leme de direção b) os ailerons
c) os flapes d) o leme de profundidade
- 22) Os batentes limitadores das superfícies de comando devem ser ajustados de acordo com:
a) as normas da autoridade aeronáutica competente
~~b)~~ as instruções do fabricante do avião
c) as condições de uso do avião
d) todas as acima

- 23) Os aviões que podem pousar tanto em água como em terra firme são denominados:
☒ a) anfíbios b) hidroplanos c) hidroaviões d) aquáticos
- 24) O trem de pouso que fica parcialmente visível quando recolhido chama-se:
a) trem escamoteável ☒ b) trem retrátil
c) trem fixo d) nenhum dos anteriores
- 25) Na maior parte dos aviões, o trem de pouso possui dispositivos que servem para amortecer os choques e diminuir os esforços na estrutura. Esses dispositivos são:
a) as molas b) as sapatas
☒ c) os amortecedores d) os absorventes de choque
- 26) A parte do pneu que fica em contato com o solo chama-se:
a) lona ☒ b) banda de rodagem c) flange d) sulco
- 27) O sistema de freagem antiderrapante serve para:
a) aumentar o atrito do pneu com o solo
b) controlar o avião quando houver derrapagem
☒ c) evitar travamento ou parada das rodas na freagem
d) todas as acima
- 28) O controle da direção durante o taxiamento é feito através do(a):
a) trem do nariz b) bequilha ☒ c) um dos anteriores d) leme de direção
- 29) O funcionamento do sistema hidráulico é baseado:
a) na lei de Newton ☒ b) na lei de Pascal
c) no princípio de Arquimedes d) na equação de Bernoulli
- 30) O rendimento mecânico de um sistema hidráulico é o quociente entre:
a) o diâmetro do cilindro primário e do cilindro atuador
b) o contrário da afirmação acima
c) a força aplicada e a força resultante
☒ d) as áreas dos pistões do cilindro atuador e do cilindro primário
- 31) O rendimento mecânico não pode ser:
a) maior que 1 ☒ b) nulo c) menor que 1 d) igual a 1
- 32) Nos aviões leves não se usa o sistema hidráulico para acionar as superfícies de controle porque:
a) é desnecessário
b) é muito lento para a necessidade desses aviões
c) tende a falhar repentinamente
d) todas as acima

- 33) Pressões elevadas no sistema hidráulico são vantajosas porque:
- a) reduz as dimensões dos seus componentes
 - b) aumenta a força dos atuadores
 - c) torna o sistema mais leve
 - d) todas as acima
- 34) Durante a inspeção do avião, as falhas iminentes do sistema hidráulico podem ser percebidas:
- a) quando o acessório hidráulico não está funcionando
 - b) através de sinais de vazamento de fluido hidráulico
 - c) pelo superaquecimento ou odor de fluido queimado
 - d) todas as acima
- 35) Os motores aeronáuticos apresentam:
- a) elevada potência
 - b) grande massa
 - c) pequena durabilidade
 - d) baixa eficiência térmica
- 36) A leveza do motor térmico é definida como a relação entre:
- a) eficiência e massa
 - b) massa e potência
 - c) potência e consumo
 - d) massa e eficiência
- 37) A eficiência térmica que aproveita a quinta parte da energia térmica do combustível é igual a:
- a) 5%
 - b) 1,5%
 - c) 20%
 - d) nenhuma das anteriores
- 38) Após determinado número de horas de voo, o motor do avião deve ser removido, mesmo que esteja funcionando perfeitamente, a fim de sofrer revisão geral. Esse tempo-limite é denominado:
- a) capacidade horária
 - b) eficiência
 - c) durabilidade
 - d) limite de revisão
- 39) O tempo-limite de revisão geral do motor é fixado pelo:
- a) fabricante do avião
 - b) aeroclube
 - c) fabricante do motor
 - d) serviço de manutenção
- 40) Os motores elétricos, apesar de serem extremamente eficientes, não podem ser usados em aviões porque:
- a) são caros
 - b) são pesados
 - c) têm pouca potência
 - d) têm alta leveza
- 41) A medida do consumo do motor de um avião, que leva em consideração a potência desenvolvida, é denominada:
- a) consumo horário
 - b) consumo unitário
 - c) consumo específico
 - d) consumo relativo

- 42) Os motores de aviação devem ter um consumo específico:
- a) baixo
 - b) elevado
 - c) adequado ao tipo de voo
 - d) constante
- 43) Os pontos mortos são:
- a) posições extremas do pistão em seu movimento
 - b) pontos onde o pistão não fornece potência
 - c) os pontos mais baixos atingidos pelo pistão
 - d) instantes em que as válvulas estão fechadas
- 44) Quando o pistão se desloca de um ponto morto ao outro, o eixo de manivelas efetua um movimento de:
- a) uma volta
 - b) duas voltas
 - c) meia volta
 - d) quatro voltas
- 45) No tempo da admissão, o pistão desloca-se do PMA para o PMB, provocando no interior do cilindro:
- a) redução de pressão
 - b) aumento de temperatura
 - c) aumento de pressão
 - d) redução de massa
- 46) Durante a fase de compressão, as posições das válvulas são:
- a) ambas abertas
 - b) ambas fechadas
 - c) admissão fechada
 - d) escapamento aberta
- 47) Durante a admissão, temos uma determinada pressão no cilindro; na fase de compressão, ela deverá:
- a) aumentar
 - b) diminuir
 - c) permanecer constante
 - d) impossível concluir
- 48) Com a queima da carga combustível nos cilindros, a pressão dentro dos mesmos deverá:
- a) aumentar
 - b) diminuir
 - c) permanecer constante
 - d) impossível concluir
- 49) No motor de quatro tempos, o único tempo produtivo é:
- a) a admissão
 - b) a compressão
 - c) o tempo motor
 - d) o escapamento
- 50) O número de fases de um motor térmico é igual a:
- a) quatro
 - b) seis
 - c) depende do motor
 - d) nenhum dos anteriores
- 51) Durante um curso do pistão, ocorre no motor:
- a) um ciclo
 - b) um tempo
 - c) uma fase
 - d) dois tempos

- 52) No motor de quatro tempos, um ciclo é completado depois de o eixo de manivelas haver girado:
- a) meia volta
 - b) uma volta
 - c) quatro voltas
 - d) duas voltas
- 53) Sabendo-se que 360° correspondem a uma volta completa, um motor de quatro tempos executa um ciclo completo quando gira:
- a) 90°
 - b) 180°
 - c) 360°
 - d) 720°
- 54) Num motor a quatro tempos, a sequência correta é:
- a) admissão, compressão, explosão e escapamento
 - b) admissão, compressão, ignição e escapamento
 - c) admissão, compressão, motor e escapamento
 - d) admissão, compressão, expansão e motor
- 55) Os instantes teóricos de abertura e fechamento da válvula de admissão devem ser modificados na prática, a fim de:
- a) aumentar a carga combustível admitida
 - b) evitar a detonação
 - c) evitar o retorno de chama ao carburador
 - d) melhorar as condições de queima do combustível
- 56) Os avanços e atrasos das válvulas são medidos em relação ao:
- a) pino do pistão
 - b) cabeça do pistão
 - c) moente do eixo de manivelas
 - d) centro do eixo de manivelas
- 57) Quando o pistão atinge o ponto morto baixo num motor real antes do tempo da compressão, a válvula de admissão está:
- a) se fechando
 - b) se abrindo
 - c) fechada
 - d) aberta
- 58) Num motor real, a fálscas salta na vela antes de o pistão chegar ao ponto morto alto, devido ao:
- a) avanço de combustão
 - b) atraso de combustão
 - c) avanço de ignição
 - d) pré-ignição
- 59) Se a centelha saltar exatamente no ponto morto alto, o avanço de ignição será igual a:
- a) 180°
 - b) 0°
 - c) 10°
 - d) 360°
- 60) Num motor que funciona de acordo com o ciclo real, a válvula de escapamento inicia sua abertura quando o pistão:
- a) estiver antes do ponto morto alto
 - b) tiver passado do ponto morto alto
 - c) estiver antes do ponto morto baixo
 - d) estiver exatamente no ponto morto baixo

- 61) Num ciclo real, existe um momento em que as duas válvulas ficam abertas simultaneamente. Isso recebe o nome de:
- a) cruzamento de válvulas
 - b) atraso de válvulas
 - c) avanço de válvulas
 - d) nenhum dos anteriores
- 62) Num motor a dois tempos, todas as fases ocorrem em:
- a) dois cursos
 - b) duas rotações
 - c) um tempo
 - d) um curso
- 63) No curso ascendente de um motor a dois tempos, ocorrem as seguintes fases:
- a) admissão, compressão, ignição e combustão
 - b) admissão, compressão, explosão e escapamento
 - c) compressão, expansão, escapamento e admissão
 - d) compressão e admissão no cárter
- 64) No curso descendente de um motor a dois tempos, ocorrem as seguintes fases:
- a) expansão e admissão
 - b) combustão e expansão
 - c) combustão e escapamento
 - d) expansão e escapamento
- 65) Num motor a gasolina, a carga combustível é admitida, comprimida e queimada numa peça chamada:
- a) pistão
 - b) cilindro
 - c) carburador
 - d) cárter
- 66) Na parte externa dos cilindros dos motores resfriados a ar encontram-se as:
- a) bielas
 - b) camisas dos cilindros
 - c) alhetas de resfriamento
 - d) saias dos cilindros
- 67) Na parte externa da cabeça do cilindro de um motor resfriado a ar, o lado do escapamento ou descarga é diferente do lado da admissão, porque naquele se encontram:
- a) os anéis de segmento
 - b) as canaletas dos anéis
 - c) as velas de ignição
 - d) as alhetas de resfriamento
- 68) A parte interna do cilindro, onde a mistura é queimada, recebe o nome de:
- a) corpo do cilindro
 - b) cabeça do cilindro
 - c) câmara de combustão
 - d) camisa do cilindro
- 69) O formato da câmara de combustão mais usado nos motores de aviação é:
- a) semi-esférica
 - b) cônica
 - c) plana
 - d) todas as anteriores
- 70) A peça que efetua a admissão da mistura no cilindro é o:
- a) cilindro
 - b) pistão
 - c) defletor
 - d) carburador

- 82) O fechamento das válvulas é feito através:
- a) do balancim
 - b) de hastes
 - c) de molas
 - d) do sistema de comando de válvulas
- 83) A abertura das válvulas é efetuada por:
- a) molas
 - b) hastes de comando
 - c) sistema de comando de válvulas
 - d) alavancas
- 84) O mecanismo composto por uma biela mestra e várias bielas articuladas é utilizado em motores:
- a) radiais
 - b) multicilíndricos
 - c) horizontais opostos
 - d) todos os acima
- 85) Quando o pistão chega ao ponto morto alto, o volume interno do cilindro fica reduzido ao volume:
- a) da câmara de combustão
 - b) do cilindro
 - c) da cilindrada
 - d) total do cilindro
- 86) A distância entre os pontos mortos é chamada de:
- a) curso
 - b) deslocamento
 - c) cilindrada
 - d) percurso
- 87) O volume interno do cilindro compreendido entre os pontos mortos recebe o nome de:
- a) curso
 - b) deslocamento
 - c) cilindrada
 - d) volume do cilindro
- 88) Se aumentamos o diâmetro interno do cilindro:
- a) o curso aumentará
 - b) a cilindrada aumentará
 - c) o curso diminuirá
 - d) a compressão aumentará
- 89) O aumento da cilindrada pode ser conseguido com:
- a) o aumento do curso
 - b) a redução do diâmetro do cilindro
 - c) a redução do número de cilindros
 - d) todas as acima
- 90) A taxa de compressão de um motor a pistão é a relação entre:
- a) cilindrada e volume total do cilindro
 - b) volume total do cilindro e volume da câmara de combustão
 - c) cilindrada e volume da câmara de combustão
 - d) curso do pistão e volume da câmara de combustão

- 91) Num determinado motor, a pressão no final da admissão é igual a 20 polegadas de mercúrio. Se a taxa de compressão for igual a 8, qual será a pressão teórica após a fase da compressão?
a) 20 in Hg b) 20/8 in Hg c) 8 in Hg d) 160 in Hg
- NOTA: Mesmo teoricamente, nenhuma das pressões está correta, porque a compressão num motor é adiabática. Para efeito de resposta, devemos admitir que a compressão é isotérmica.
- 92) A potência que os gases aplicam sobre o pistão, durante a fase de expansão, recebe o nome de potência:
a) indicada b) efetiva c) teórica d) útil
- 93) A potência medida no eixo da hélice chama-se potência:
a) indicada b) efetiva c) teórica d) útil
- 94) Indicar a igualdade correta:
a) $IHP = BHP + FHP$ b) $THP = BHP - FHP$
c) $IHP = BHP - FHP$ d) $BHP = IHP - THP$
- 95) A potência que o grupo motopropulsor desenvolve sobre o avião durante o voo recebe o nome de potência:
a) teórica b) útil c) efetiva d) indicada
- 96) A potência disponível no grupo motopropulsor é menor do que a potência disponível no eixo da hélice, devido a:
a) atrito com o ar b) perdas de calor
c) atrito interno do motor d) perdas da hélice
- 97) Multiplicando a potência efetiva pelo rendimento da hélice, obtemos a potência:
a) efetiva b) indicada c) teórica d) útil
- 98) Qual das potências abaixo é a de maior valor?
a) efetiva b) útil c) teórica d) indicada
- 99) Das potências abaixo, a de menor valor é a potência:
a) de atrito b) disponível c) efetiva d) indicada
- 100) O componente do ar que toma parte na combustão da gasolina dentro do motor é o:
a) nitrogênio b) gás carbônico c) oxigênio d) todos os citados
- 101) A relação entre o volume de ar admitido pelo motor e o volume da gasolina misturada com esse ar recebe o nome de:
a) mistura b) relação combustível
c) razão de mistura d) nenhuma das anteriores

- 102) Uma mistura combustível de 11:1 pode ser formada por:
a) 10 kg de ar e 1 kg de combustível
b) 11 kg de ar e 1 kg de combustível
c) 10 kg de combustível e 1 kg de ar
d) 11 kg de combustível e 1 kg de ar
- 103) Qual das misturas abaixo é mais rica do que 11:1?
a) 12:1 b) 1:12 c) 0,1:1 d) nenhuma das anteriores
- 104) A força expansiva da queima do combustível ou a potência desenvolvida pelo motor varia conforme a relação entre as quantidades de gasolina e ar na mistura?
a) sim b) não varia
c) depende do combustível d) depende do motor
- 105) Se o carburador fornecer uma mistura de 26:1, o motor:
a) não funcionará b) funcionará normalmente
c) terá pouca potência d) terá partida difícil
- 106) Se o carburador fornecer uma mistura de 4:1, o motor:
a) não funcionará b) funcionará normalmente
c) terá pouca potência d) terá partida difícil
- 107) Funcionando em marcha lenta, a potência do motor é:
a) máxima b) mínima c) inconstante d) instável
- 108) Num carburador sem correção altimétrica, a mistura torna-se rica com o aumento de altitude, devido a:
a) aumento da viscosidade do ar b) aumento da temperatura do ar
c) redução da densidade do ar d) redução da umidade do ar
- 109) Para um motor não superalimentado, a pressão máxima de admissão é de:
a) 29,92 lbf/pol² b) mais de 29,92 lbf/pol²
c) 29,92 in Hg d) 29,92 lbf/in²
- 110) Nos motores superalimentados, o tipo de compressor mais utilizado é o:
a) axial b) de pistões c) tipo ROOTS d) centrífugo
- 111) Saindo da ventoinha do compressor centrífugo, o ar (ou mistura) vai para o:
a) tubo de admissão b) difusor
c) cilindro d) tubo de escapamento
- 112) Quando ocorre aumento de pressão num fluido que escoar, dizemos que houve uma:
a) difusão b) combustão c) explosão d) rarefação

- 113) No difusor de um compressor centrífugo, a velocidade do fluido que deixa a ventoinha é transformada em:
a) pressão b) rarefação c) expansão d) energia cinética
- 114) Nos motores turbocomprimidos ou turboventoinha, o compressor centrífugo é acionado:
a) pelo motor b) eletricamente
c) pelo ar de impacto d) pelos gases de escapamento
- 115) Num motor superalimentado, funcionando num local onde a pressão atmosférica é de 29 in Hg, a pressão no tubo de admissão deverá ser:
a) igual a 29 in Hg b) maior ou igual a 29 in Hg
c) menor que 29 in Hg d) depende do motor
- 116) Para aumentar a massa de ar admitida num motor, é preciso que ocorra, por exemplo:
a) aumento de temperatura b) redução de temperatura
c) redução da pressão do ar d) todas as anteriores
- 117) O componente responsável pela seleção das fases operacionais do motor é o:
a) pistão b) cilindro c) carburador d) magneto
- 118) Quando o motor pára por excesso de gasolina, dizemos que houve:
a) sobra de gasolina b) descompressão
c) afogamento d) superalimentação
- 119) A gasolina que o carburador entregará ao ar está na forma:
a) líquida b) vaporizada c) gasosa d) pulverizada
- 120) A gasolina sai do carburador, para ser misturada ao ar, na forma:
a) líquida b) vaporizada c) gasosa d) pulverizada
- 121) Quando entra nos cilindros, a gasolina pulverizada encontra-se no estado:
a) líquido b) sólido c) gasoso d) pulverizado
- 122) Quando o motor está parado, não ocorre transbordamento no carburador porque o fluxo de gasolina é cortado por meio de:
a) estilete e bóia b) torneira
c) válvula de corte d) todas as anteriores
- NOTA: Admite-se que o carburador é o convencional de nível constante, se nada for afirmado ao contrário.
- 123) A saída de combustível do pulverizador está localizada:
a) no tubo de admissão b) na cuba
c) na garganta do Venturi d) após a borboleta

- 124) O fluxo de ar na garganta do Venturi produz:
- a) redução de velocidade
 - b) aumento de velocidade
 - c) aumento de pressão
 - d) vácuo
- 125) O fluxo de gasolina pulverizada no carburador é controlado pelo:
- a) estilete
 - b) bóia
 - c) injetor
 - d) gicleur
- 126) A potência do motor é selecionada no carburador acionando:
- a) a borboleta
 - b) a bóia e o estilete
 - c) o injetor
 - d) a válvula reguladora
- 127) Na fase de marcha lenta, a gasolina é pulverizada através do:
- a) pulverizador normal
 - b) injetor especial
 - c) orifício calibrado
 - d) gicleur
- 128) Quando o motor desenvolve alta potência, como na decolagem, uma válvula economizadora abre-se, fornecendo mais gasolina. Essa válvula é comandada:
- a) diretamente pela manete
 - b) pelo mecanismo do afogador
 - c) pelo mecanismo da borboleta
 - d) pelo mecanismo do injetor
- 129) A região mais fria do carburador está localizada na(o):
- a) saída do ar
 - b) tubo de Venturi
 - c) cuba
 - d) entrada do gicleur
- 130) O carburador fica frio durante o funcionamento devido:
- a) à admissão de ar frio
 - b) ao turbilhonamento do ar
 - c) à condensação da umidade
 - d) à vaporização da gasolina
- 131) Muitas vezes forma-se gelo no carburador porque na atmosfera encontram-se presentes:
- a) cristais de gelo
 - b) partículas sólidas
 - c) vapor d'água
 - d) gás carbônico
- 132) Pode-se formar gelo no carburador mesmo com ar relativamente quente (5 a 10 °C, por exemplo), porque a vaporização da gasolina causará:
- a) esfriamento do ar
 - b) congelamento do ar
 - c) depressurização do ar
 - d) condensação da gasolina
- 133) Quando se forma gelo no carburador, o funcionamento do motor será afetado porque haverá:
- a) queda de RPM
 - b) aumento de vibração
 - c) diminuição da temperatura do óleo
 - d) diminuição da temperatura da cabeça do cilindro

- 134) A formação de gelo no carburador é evitada através de:
- a) maior diâmetro no tubo de Venturi
 - b) aquecimento da gasolina antes de chegar ao carburador
 - c) aquecimento do ar de admissão
 - d) todas as acima
- 135) Quando há formação de gelo no carburador, um retorno de chama ajudará a produzir:
- a) enriquecimento da mistura
 - b) degelo do carburador
 - c) detonação
 - d) pré-ignição
- 136) O carburador de injeção não possui:
- a) tubo de Venturi
 - b) estilete e bóia
 - c) glicleur
- 137) No sistema de injeção indireta de combustível, o fluxo de combustível é dividido igualmente pelos cilindros através da:
- a) bomba injetora
 - b) válvula distribuidora
 - c) unidade de controle
 - d) unidade dosadora de combustível
- 138) Os sistemas de combustível mais usados em aviação chamam-se:
- a) alimentação por gravidade e alimentação por pressão
 - b) alimentação por gravidade e alimentação por sucção
 - c) alimentação por bomba e alimentação por sucção
 - d) carburação e injeção de combustível
- 139) A bomba principal de um sistema de alimentação por pressão é acionada:
- a) manualmente
 - b) hidráulicamente
 - c) por motor elétrico
 - d) pelo motor do avião
- 140) A bomba auxiliar de um sistema de alimentação por pressão é acionada:
- a) manualmente
 - b) hidráulicamente
 - c) por motor elétrico
 - d) pelo motor do avião
- 141) No perolite de aviões, é aconselhável deixar os tanques cheios de combustível, para:
- a) evitar a decantação da gasolina
 - b) reduzir a contaminação da gasolina por água
 - c) reduzir a evaporação da gasolina
 - d) evitar o balanço da gasolina nos tanques
- 142) A gasolina e o querosene para aviação resultam da destilação de:
- a) betume
 - b) petróleo
 - c) carvão mineral
 - d) xisto
- 143) a volatilidade da gasolina pode ser considerada:
- a) alta
 - b) baixa
 - c) regular
 - d) nula

- 144) A quantidade de calor que o combustível pode produzir quando é queimado chama-se
- a) poder calorífico
 - b) poder energético
 - c) energia calorífica
 - d) capacidade calorífica
- 145) A capacidade da gasolina resistir à detonação chama-se:
- a) poder detonante
 - b) poder antidetonante
 - c) índice de octana
 - d) capacidade detonante
- NOTA: A nomenclatura dos hidrocarbonetos ou alcanos, em Química Orgânica, adota o sufixo "ano", como em metano, etano, propano, butano, heptano, octano, etc. Todavia, estamos usando nesta e noutras questões nomes divergentes como "heptana", "octana", etc, que às vezes aparecem em provas.
- 146) A combustão antecipada que ocorre antes de a centelha saltar na vela, causada por um foco calorífico, chama-se:
- a) detonação
 - b) combustão
 - c) explosão
 - d) pré-ignição
- 147) A detonação é uma combustão:
- a) progressiva e suave
 - b) rápida e suave
 - c) instantânea e violenta
 - d) progressiva e rápida
- 148) Se a detonação persistir num motor, haverá danos no:
- a) eixo de manivelas
 - b) pistão
 - c) tubo de admissão
 - d) cárter
- 149) A detonação pode ser causada por:
- a) mistura muito pobre
 - b) mistura muito rica
 - c) motor frio
 - d) octanagem elevada
- 150) O número de octanas da gasolina indica o seu:
- a) poder calorífico
 - b) poder antidetonante
 - c) conteúdo de isoctano
 - d) ponto de inflamação
- 151) A isoctana é um líquido combustível cujo número de octanas ou octanagem é igual a:
- a) 8
 - b) 80
 - c) 100
 - d) 0
- 152) O normal-heptano ou heptana é um líquido cujo índice de octano é igual a:
- a) 7
 - b) 70
 - c) 100
 - d) 0
- 153) Se o número de octanas de uma gasolina é igual a 95, isso significa que:
- a) ela contém 95% de isoctano
 - b) sua octanagem é 95 vezes maior do que a do isoctano
 - c) funcionaria num motor de maneira igual à de um combustível formado por 95% de isoctano e 5% de heptana
 - d) seu poder calorífico é 95 vezes maior do que a da octana

- 165) No viscosímetro Saybolt, a determinação da viscosidade é feita através de:
a) densidade do óleo b) temperatura do óleo
c) tempo de escoamento d) todos os anteriores
- 166) O sistema SAE classifica os óleos para motores através de números (dezenas) que indicam suas viscosidades. Essas dezenas são em número de:
a) dez b) cinco c) três d) sete
- 167) Comparado com o óleo SAE 40, o óleo SAE 30 tem viscosidade
a) maior b) menor c) igual d) variável
- 168) O óleo com viscosidade Saybolt 80 para aviação equivale ao óleo:
a) SAE 20 b) SAE 30 c) SAE 40 d) SAE 50
- 169) O óleo lubrificante do motor deve ser periodicamente substituído, porque:
a) é gradualmente consumido b) seu nível no reservatório diminui
c) ele perde suas características d) todas as anteriores
- 170) O sistema de lubrificação mais utilizado em motores aeronáuticos é do tipo:
a) misto b) por pressão c) por salpique d) todos os anteriores
- 171) Pertence ao sistema de lubrificação do motor:
a) o reservatório b) o radiador
c) a válvula reguladora de pressão d) todos os anteriores
- 172) O óleo lubrificante do motor é consumido principalmente devido a:
a) vaporização b) queima
c) vazamentos internos d) fuga pelo escapamento
- 173) Ao sair do radiador, a viscosidade do óleo é:
a) maior do que ao entrar b) menor do que ao entrar
c) igual ao quando entrou d) nenhuma das anteriores
- 174) No radiador, o calor do óleo é removido através de:
a) jato de água b) fluxo de combustível
c) ar d) depende do radiador
- 175) No sistema de lubrificação usam-se geralmente bombas:
a) de palhetas b) de engrenagens
c) centrífugas d) de pistão
- 176) Se o manômetro de óleo nada indicar ao dar partida ao motor, é preciso:
a) parar o motor b) acelerar o motor
c) aguardar até haver indicação d) verificar o termômetro de óleo

- 177) O primeiro instrumento que deve ser observado quando se dá partida ao motor é o:
- a) termômetro
 - b) tacômetro
 - c) manômetro de óleo
 - d) todos os anteriores
- 178) Durante a partida do motor, a pressão do óleo pode subir acima dos limites e depois descer para o valor normal quando o motor começar a se aquecer. Isso acontece porque o óleo se encontra inicialmente frio e portanto com:
- a) baixa viscosidade
 - b) alta viscosidade
 - c) baixa pressão
 - d) fluidez excessiva
- 179) O sistema de resfriamento é incorporado ao motor com a finalidade de retirar calor:
- a) do radiador
 - b) de todo o motor
 - c) da cabeça do pistão
 - d) do cilindro
- 180) O arrefecimento do motor diminui a possibilidade de:
- a) combustão e ignição
 - b) detonação e pré-ignição
 - c) acúmulo de carvão
 - d) afogamento do motor
- 181) Os fluidos mais usados para resfriar os motores aeronáuticos são:
- a) água e álcool
 - b) ar e óleo
 - c) ar e água
 - d) todos os anteriores
- 182) O resfriamento a líquido é raramente usado na aviação porque:
- a) resfria demasiadamente o motor
 - b) aumenta a relação massa-potência do motor
 - c) diminui a relação massa-potência do motor
 - d) torna o motor mais caro e frágil
- 183) As alhetas dos cilindros servem para:
- a) melhorar o resfriamento do cilindro
 - b) aumentar a resistência mecânica do cilindro
 - c) diminuir o arrasto aerodinâmico do motor
 - d) nenhuma das acima
- 184) As chapas metálicas destinadas a aumentar o contato do ar com os cilindros recebem o nome de:
- a) alhetas
 - b) radiadores
 - c) defletores
 - d) "cowl flaps"
- 185) Uma mistura rica tem o seguinte efeito na temperatura do cilindro:
- a) aumenta a temperatura
 - b) diminui a temperatura
 - c) não afeta a temperatura
 - d) evita variações bruscas

- 198) Quando há uma corrente elétrica num fio, surgem linhas de força magnéticas ao seu redor, orientadas segundo um plano:
- a) paralelo ao fio
 - b) concêntrico ao fio
 - c) coincidente com o fio
 - d) perpendicular ao fio
- 199) O ímã que pode ser controlado e desligado chama-se:
- a) ímã artificial
 - b) ímã natural
 - c) eletroímã
 - d) ímã eletromagnético
- 200) Quando um fio move-se dentro de um campo magnético, aparece nele uma força eletromotriz, devido ao princípio de:
- a) indução eletromagnética
 - b) reação eletromagnética
 - c) indução elétrica
 - d) corrente alternada
- 201) A tensão alternada pode ser aumentada ou diminuída através do:
- a) dínamo
 - b) amplificador
 - c) alternador
 - d) transformador
- 202) O dispositivo que permite ao dínamo gerar corrente contínua é:
- a) o induzido
 - b) a bobina
 - c) o comutador
 - d) o enrolamento de campo do dínamo
- 203) O dispositivo que permite a passagem da corrente num só sentido é o:
- a) diodo
 - b) disjuntor
 - c) fusível
 - d) relé
- 204) O aparelho que mantém a voltagem do gerador constante, quaisquer que sejam a carga solicitada e a RPM é:
- a) o induzido
 - b) a bobina
 - c) o regulador de tensão
 - d) o enrolamento de campo do dínamo
- 205) O dispositivo que transforma energia mecânica em energia elétrica contínua ou alternada tem o nome genérico de:
- a) gerador
 - b) alternador
 - c) dínamo
 - d) bateria
- 206) O dispositivo que transforma corrente contínua em alternada chama-se:
- a) inversor
 - b) retificador
 - c) comutador
 - d) transformador
- 207) Num circuito elétrico com retorno pela massa, todos os elementos do mesmo têm uma ligação com:
- a) o transformador
 - b) a bateria
 - c) a estrutura metálica
 - d) o fio positivo
- 208) No sistema de ignição, os principais componentes são:
- a) magneto, distribuidor, vela
 - b) gerador, bateria e regulador de tensão
 - c) magneto, distribuidor, platinados, vela e carburador
 - d) motor de partida e dínamo

- 209) A fonte de energia elétrica do sistema de ignição é o:
a) gerador b) distribuidor c) magneto d) dínamo
- 210) O magneto transforma energia mecânica em energia elétrica através do princípio de:
a) magnetismo b) auto-excitação
c) indução elétrica d) indução eletromagnética
- 211) As partes principais de um magneto são:
a) bobina, induzido e ímã
b) bobina, platinados, condensador e ímã
c) bobina, distribuidor, condensador e escovas
d) induzido, bobina, distribuidor e platinados
- 212) No magneto, as linhas magnéticas do ímã rotativo saem do pólo norte, percorrem a sapata, o núcleo da bobina, a outra sapata, e chegam ao:
a) pólo norte b) pólo sul
c) eixo do induzido d) distribuidor
- 213) O campo magnético no núcleo da bobina do magneto inverte-se constantemente devido a:
a) movimento do platinado b) contato das escovas
c) rotação do ímã d) rotação do distribuidor
- 214) A centelha salta na vela quando os platinados:
a) fecham o contato b) abrem o contato
c) ambos os anteriores d) nenhum dos anteriores
- 215) Quando a chave de ignição é desligada ("OFF") o platinado fica impossibilitado de interromper a corrente da bobina, porque esta é desviada para a:
a) bobina de campo b) bateria
c) vela d) massa
- 216) Quando o motor não pára com a chave de ignição desligada ("OFF"), é porque:
a) a bateria está esgotada
b) o circuito da chave de ignição está interrompido
c) o circuito do platinado está interrompido
d) os contatos do distribuidor estão oxidados
- 217) A corrente do circuito primário:
a) chega ao platinado e à chave de ignição juntamente
b) chega primeiramente aos platinados
c) chega primeiramente à chave de ignição
d) impossível concluir, pois depende do tipo de motor

- 218) Se a corrente do primário, após sair do platinado, passasse pela chave de ignição (mantendo a ligação à massa do platinado):
- a) a fálscia ficaria mais intensa
 - b) o motor não poderia funcionar
 - c) o motor não poderia ser desligado pela ignição
 - d) seria impossível acelerar o motor
- 219) A centelha elétrica dentro do cilindro salta entre:
- a) o eletrodo central e o pistão
 - b) o eletrodo central e a cabeça do cilindro
 - c) o eletrodo-massa e o eletrodo central
 - d) o eletrodo-massa e o pistão
- 220) Ao dar partida ao motor, a rotação do magneto é insuficiente para gerar a fálscia. Para solucionar o problema, usa-se o:
- a) acoplamento de impulso
 - b) vibrador
 - c) um dos anteriores
 - d) starter
- 221) Algumas velas possuem vários eletrodos-massas. Se um deles for posto em contato com o eletrodo central:
- a) os outros eletrodos-massa continuarão funcionando
 - b) todos os eletrodos continuarão funcionando
 - c) a vela sofrerá superaquecimento
 - d) a vela deixará de funcionar
- 222) Se o calor dos eletrodos de uma vela transmite-se facilmente para o cilindro, a vela é denominada:
- a) fria
 - b) refrigerada
 - c) normal
 - d) quente
- 223) As velas blindadas, cuja parte externa é totalmente metálica, são usadas na maior parte dos motores aeronáuticos. Isso se explica porque:
- a) nessas velas o isolador fica protegido contra impactos
 - b) a confiabilidade das velas blindadas é maior
 - c) a blindagem protege o isolador das variações de pressão
 - d) a maior parte dos aviões possui equipamento de rádio
- 224) Os motores de aviação têm duas velas em cada cilindro, as quais devem ser alimentadas durante o funcionamento por:
- a) um magneto
 - b) dois magnetos
 - c) um magneto, e o outro na reserva
 - d) dois magnetos em certos casos
- 225) As pás das hélices têm perfis semelhantes aos:
- a) da asa
 - b) da fuselagem
 - c) do leme
 - d) dos ventiladores
- 226) A parte da hélice que fica próxima ao cubo chama-se
- a) ponta
 - b) raiz
 - c) cubo
 - d) face

- 227) Próximo ao cubo, as pás da hélice são mais resistentes, a fim de suportarem a força:
- a) centrífuga
 - b) tratora
 - c) ambas as anteriores
 - d) de torção
- 228) Para facilitar a identificação dos perfis e ângulos das pás, a hélice é dividida em:
- a) perfis
 - b) estações
 - c) seções
 - d) posições
- 229) Os bordos de ataque e as pontas das hélices de madeira são protegidos por lâminas de:
- a) plástico
 - b) contraplacado
 - c) tecido
 - d) metal
- 230) As hélices de madeira são envernizadas para:
- a) proteger a hélice contra impactos
 - b) proteger a hélice contra detritos
 - c) melhorar o escoamento do ar e proteger a superfície das pás
 - d) melhorar o acabamento
- 231) Aumentando o ângulo da pá, teremos:
- a) aumento da eficiência
 - b) aumento de passo
 - c) aumento de potência
 - d) redução da torção da pá
- 232) Quando a hélice dá uma volta completa, ela deverá avançar teoricamente uma distância chamada:
- a) passo geométrico
 - b) recuo
 - c) passo efetivo
 - d) passo real
- 233) Duas hélices iguais, porém uma de passo fixo e outra de passo variável, fazem com que o grupo motopropulsor desenvolva potências diferentes. A maior potência será desenvolvida quando a hélice for de passo:
- a) fixo
 - b) variável
 - c) não depende do tipo de hélice
 - d) impossível concluir
- Nesta questão, devemos admitir que a comparação não esteja sendo feita exatamente nas condições para as quais a hélice de passo fixo foi projetada, caso em que ambas as hélices se comportariam de modo idêntico.
- 234) Quando uma hélice de passo variável está instalada num motor, a rotação deste:
- a) variará automaticamente com a potência do motor
 - b) variará conforme a velocidade do avião
 - c) será mantida automaticamente constante
 - d) poderá ser alterada sem variar a tração

Passo variável: leia-se "Passo controlável" ou "variável automaticamente".

- 235) Indicar a afirmativa incorreta:
- a) não se usa passo bandeira quando o motor está funcionando
 - b) o passo reverso ajuda a parar o avião após o pouso
 - c) o motor não deve ser acelerado com a hélice em passo reverso
 - d) o motor não deve ser acelerado com a hélice em passo chatô
- 236) O altímetro é um instrumento:
- a) de navegação
 - b) de vôo
 - c) do motor
 - d) do avião (isto é, do sistemas)
- 237) No interior da cápsula aneróide de um altímetro existe:
- a) um gás especial
 - b) ar
 - c) vácuo
 - d) vapor d'água
- 238) Os manômetros de pressão absoluta são geralmente graduados em:
- a) in Hg
 - b) kgf/cm²
 - c) PSI
 - d) libras
- 239) Se um manômetro de pressão absoluta for levado ao espaço, no fim da camada atmosférica da terra, ele indicará:
- a) 29,92 in Hg
 - b) 0 in Hg
 - c) 760 in Hg
 - d) nenhuma das anteriores
- 240) No manômetro de pressão absoluta, qual é o elemento sensível à pressão?
- a) cápsula aneróide
 - b) tubo de Bourdon
 - c) "thermocouple"
 - d) coluna de mercúrio
- 241) O altímetro funciona através da pressão:
- a) estática e de impacto
 - b) dinâmica
 - c) dinâmica e de impacto
 - d) estática
- 242) O altímetro é um instrumento que mede na realidade a pressão do ar atmosférico externo. Portanto ele é um:
- a) manômetro
 - b) barômetro
 - c) anemômetro
 - d) nenhum dos anteriores
- 243) No altímetro, o elemento sensível à pressão é:
- a) a cápsula aneróide
 - b) a cápsula de vapor
 - c) o tubo de Bourdon
 - d) a coluna de mercúrio
- 244) O manômetro do óleo lubrificante serve para medir a pressão:
- a) absoluta
 - b) dinâmica
 - c) relativa
 - d) barométrica
- 245) Nos manômetros destinados a medir pressões muito elevadas, o elemento sensível é o tubo de Bourdon feito de:
- a) bronze
 - b) aço
 - c) latão
 - d) cobre

- 246) Que acontece com o tubo de Bourdon quando aplicamos pressão?
a) distende-se b) expande-se c) se contrai d) gira
- 247) O velocímetro funciona através da pressão:
a) estática b) barométrica
c) de impacto d) estática e de impacto
- 248) No interior da cápsula sensível do velocímetro, é aplicada a pressão:
a) total b) somente estática
c) estática menos a de impacto d) somente a de impacto
- 249) No exterior da cápsula aneróide do velocímetro atua a pressão:
a) dinâmica ou de impacto
b) estática
c) estática e dinâmica
d) a diferença entre as pressões estática e dinâmica
- 250) No termômetro de pressão de vapor, o elemento sensível que movimenta o ponteiro do instrumento é:
a) a cápsula aneróide b) a coluna de mercúrio
c) o tubo de Bourdon d) o par termoeletrico
- 251) Para medir a temperatura através de um termômetro de pressão de vapor, coloca-se dentro do óleo um sensor de temperatura que contém no seu interior:
a) mercúrio b) etileno-glicol
c) um líquido especial d) água
- 252) Para medir temperaturas baixas como a do ar externo do avião, o termômetro mais indicado é do tipo:
a) de mercúrio b) de par termoeletrico
c) de pressão de vapor d) elétrico
- 253) Para medir altas temperaturas, o melhor tipo de termômetro é:
a) de mercúrio b) de par termoeletrico
c) de pressão de vapor d) elétrico
- 254) O instrumento que mede o número de rotações por minuto do eixo de manivelas chama-se:
a) contagiros b) anemômetro c) dinamômetro d) velocímetro
- 255) O funcionamento do tacômetro mecânico ou centrífugo baseia-se na ação da força centrífuga sobre:
a) pistões hidráulicos b) mecanismo especial
c) molas d) contrapesos

- 256) O funcionamento da bússola é baseado em:
- a) magnetismo terrestre
 - b) eletromagnetismo
 - c) campo elétrico da terra
 - d) rotação da terra
- 257) Nos aviões usam-se geralmente bússolas magnéticas com líquido e:
- a) agulha
 - b) limbo fixo
 - c) limbo móvel
 - d) cursor girante
- 258) O líquido contido nas bússolas serve para:
- a) amortecer oscilações
 - b) manter a imantação
 - c) proteger contra corrosão
 - d) todas as anteriores
- 259) As marcações existentes nos limbos das bússolas são:
- a) graus angulares
 - b) pontos cardeais
 - c) graus angulares e pontos cardeais
 - d) nenhum dos acima
- 260) O limbo móvel e os ímãs da bússola giram em torno de um eixo:
- a) vertical
 - b) horizontal
 - c) transversal
 - d) depende da bússola
- 261) Ao ponto cardinal "W" corresponde o grau angular:
- a) 0°
 - b) 90°
 - c) 180°
 - d) 270°
- 262) Os ímãs compensadores da bússola servem para compensar os efeitos dos campos magnéticos espúrios:
- a) da terra
 - b) do avião
 - c) da própria bússola
 - d) todas as anteriores
- 263) A válvula de fluxo é usada:
- a) para controlar o combustível que passa pelo fluxômetro
 - b) como elemento sensor da bússola de leitura remota
 - c) para manter constante o fluxo de ar no sistema de pressurização
 - d) para controlar a corrente de carga do dínamo para a bateria
- 264) As seguintes propriedades do giroscópio são aproveitadas nos instrumentos do avião:
- a) rigidez
 - b) precessão
 - c) ambas as anteriores
 - d) rigidez, precessão e rotação
- 265) Indicar o instrumento do tipo giroscópico:
- a) horizonte artificial
 - b) inclinômetro
 - c) variômetro
 - d) todos os anteriores
- 266) A bomba de vácuo serve para fazer funcionar os instrumentos do tipo:
- a) de pressão
 - b) de sucção
 - c) de precessão
 - d) giroscópico

- 267) Quando o ponteiro do termômetro de óleo atinge a faixa amarela do mostrador, é preciso:
- a) parar imediatamente o motor
 - b) esperar atingir a faixa vermelha e então parar
 - c) procurar baixar a temperatura do motor
 - d) acelerar levemente o motor
- 268) O sistema de detecção de fogo é formado por:
- a) sensores de calor e alarmes
 - b) extintores de fogo e aspersores
 - c) sensores de fogo e extintores
 - d) todos os acima
- 269) Para haver chama, é preciso que o combustível produza:
- a) calor
 - b) oxigênio
 - c) luminosidade
 - d) material volátil
- 270) A combustão é uma reação química que necessita simultaneamente de:
- a) calor e combustível
 - b) oxigênio e combustível
 - c) oxigênio e calor
 - d) oxigênio, calor e combustível
- 271) Os incêndios em equipamentos elétricos devem ser apagados com extintores de:
- a) água
 - b) espuma
 - c) dióxido de carbono ou Halon
 - d) todos os anteriores
- 272) O dióxido de carbono, em contato com a pele:
- a) não prejudica
 - b) aquece
 - c) "queima" pelo excessivo frio
 - d) queima pelo calor
- 273) Em recintos fechados, é preciso tomar cuidado com o dióxido de carbono ou Halon, porque:
- a) podem provocar sufocamento, afastando o ar do ambiente
 - b) são venenosos
 - c) produzem substâncias tóxicas em contato com o fogo
 - d) sofrem rápida expansão com o calor
- 274) O degelo do tubo de Pitot é feito por:
- a) fluido anticongelante
 - b) aquecimento elétrico
 - c) degelo pneumático
 - d) ar quente
- 275) Os degeladores pneumáticos infláveis, instalados nos bordos de ataque das asas de alguns aviões devem ser usados:
- a) continuamente durante o voo
 - b) como medida preventiva
 - c) depois de formado o gelo
 - d) a critério do piloto
- 276) Na calefação da cabine de aviões leves geralmente é usado o calor de:
- a) resistências elétricas
 - b) condicionadores de ar
 - c) aquecedores a combustão
 - d) gases do escapamento

- 277) Para refrigeração (ar condicionado) dos aviões a pistão, dá-se preferência às unidades de refrigeração que funcionam com:
- a) ciclo a vapor (Freon)
 - b) ciclo a ar
 - c) ciclo misto
 - d) não há preferência
- 278) A pressão que o sistema de pressurização mantém na cabine:
- a) é sempre igual à pressão no solo
 - b) diminui com a altitude e depois permanece fixa
 - c) permanece fixa até uma determinada altitude e diminui a seguir
 - d) depende unicamente do ajuste feito pelo piloto
- 279) O ar comprimido do sistema pneumático, após sua utilização:
- a) retorna ao sistema
 - b) sofre nova compressão
 - c) é armazenado num reservatório
 - d) é eliminado
- 280) Os cilindros de oxigênio pintados de cor amarela são:
- a) de baixa pressão
 - b) de alta pressão
 - c) portáteis
 - d) impróprios para uso em respiração
- 281) A porcentagem de oxigênio respirado através das máscaras:
- a) deve ser de 100%
 - b) deve aumentar com a altitude e estabilizar-se em 21%
 - c) deve manter a mesma composição da atmosfera, que é de 21%
 - d) deve aumentar com a altitude, podendo atingir 100%
- 282) O piloto automático pode manter o avião voando numa rota programada. A amplitude do comando necessário para corrigir um desvio é determinado pelo:
- a) giroscópio
 - b) controlador
 - c) computador-amplificador
 - d) servo
- 283) O reparo numa bomba que apresentou falha é um tipo de manutenção:
- a) preventiva
 - b) corretiva
 - c) diária
 - d) ocasional
- 284) A revisão geral de um motor ainda em bom estado, por ter atingido o limite de horas de funcionamento, é uma manutenção do tipo:
- a) preventiva
 - b) corretiva
 - c) diária
 - d) ocasional
- 285) A única manutenção que é de responsabilidade do piloto é a inspeção:
- a) por magnaflux
 - b) simplificada
 - c) de pré-voo
 - d) prévia

- 286) Os componentes do avião sofrem substituição periódica que tem como base o número de:
- a) quilômetros voados
 - b) horas voadas
 - c) vôos efetuados
 - d) todos os anteriores
- 287) Toda manutenção preventiva é feita de acordo com um programa estabelecido:
- a) pela autoridade aeronáutica competente
 - b) pelo operador do avião
 - c) pelo fabricante do avião, motor ou componente
 - d) pela oficina de manutenção
- 288) Durante a inspeção dos pneus, existem anomalias que são aceitáveis, por não envolver riscos à operação do avião. Uma dessas anomalias é:
- a) pneu corrido
 - b) parte das lonas à mostra
 - c) microfissuras na borracha
 - d) ausência de sulcos
- 289) O método de inspeção mais utilizado para detetar rachaduras em peças ferrosas é o:
- a) zyglo
 - b) líquido penetrante
 - c) raios-X
 - d) magnaflux
- 290) Para facilitar a manutenção, a tubulação de gasolina é codificada com fitas de cor:
- a) amarela
 - b) vermelha
 - c) azul
 - d) verde
- 291) O compressor centrífugo de um motor a reação:
- a) é melhor do que o compressor axial, para grandes volumes de ar
 - b) requer muitos estágios para comprimir o ar adequadamente
 - c) faz o ar sair no sentido perpendicular ao eixo
 - d) faz o ar entrar e sair no sentido paralelo ao eixo
- 292) A falta de uniformidade no fluxo de entrada do compressor axial pode provocar o estol, que resulta em:
- a) redução na taxa de compressão
 - b) queda de pressão na câmara de combustão
 - c) aceleração da turbina
 - d) todas as acima
- 293) Na câmara de combustão, o fluxo de ar é dividido em duas partes: o ar primário e o ar secundário. O ar primário, que se destina à combustão, representa a seguinte fração do total:
- a) 1/4
 - b) 3/4
 - c) 10%
 - d) 90%

- 294) Na câmara de combustão, o ar primário entra num difusor, onde ocorre:
- a) redução de velocidade
 - b) mistura com o ar secundário
 - c) redução de pressão
 - d) separação de fluxo
- 295) No bico injetor, uma pequena quantidade de ar do compressor é injetada próximo ao jato de combustível, a fim de:
- a) pulverizar o combustível
 - b) evitar formação de carvão
 - c) facilitar a ignição
 - d) resfriar o calor da chama
- 296) Nos motores a reação (turbojato, turbofan e turboélice), a turbina é acionada pelos gases provenientes das câmaras de combustão. A turbina, por sua vez, é usada para acionar:
- a) o compressor
 - b) a hélice
 - c) o *fan*
 - d) todas as citadas
- 297) O bocal propulsor permite aproveitar a pressão dos gases que deixam a turbina, aumentando-lhe a velocidade. Existem motores que possuem bocal de área variável. Se a área for diminuída, a pressão aumentará dentro do bocal e a velocidade de saída dos gases:
- a) permanecerá constante
 - b) aumentará
 - c) diminuirá
 - d) dependerá da redução da área
- 298) Num motor turboélice, a turbina extrai grande parte da energia dos gases para girar a hélice, mas os gases de escape contribuem com a seguinte parcela na tração total do motor:
- a) 10%
 - b) 20%
 - c) 25%
 - d) 50%
- 299) O estatorreator é o motor a reação mais simples. Esse motor não possui:
- a) compressor e turbina
 - b) compressor
 - c) câmara de combustão
 - d) duto de entrada
- 300) Indicar a afirmativa errada:
- a) o ciclo Brayton é utilizado em motores a reação
 - b) a combustão no pulsorreator é intermitente
 - c) a razão de *bypass* é uma característica dos motores turboélice
 - d) a tração depende da massa e da variação da velocidade do ar que flui através do motor.

RESPOSTAS

GABARITO DE RESPOSTAS

1 - d	31 - b	61 - a	91 - d	121 - c
2 - d	32 - a	62 - a	92 - a	122 - a
3 - a	33 - d	63 - a	93 - b	123 - c
4 - a	34 - b	64 - d	94 - a	124 - b
5 - c	35 - d	65 - b	95 - b	125 - d
6 - b	36 - b	66 - c	96 - d	126 - a
7 - b	37 - c	67 - d	97 - d	127 - b
8 - a	38 - c	68 - c	98 - c	128 - c
9 - a	39 - c	69 - a	99 - a	129 - b
10 - b	40 - d	70 - b	100 - c	130 - d
11 - b	41 - c	71 - b	101 - d	131 - c
12 - d	42 - a	72 - c	102 - b	132 - a
13 - c	43 - a	73 - b	103 - c	133 - a
14 - c	44 - c	74 - a	104 - a	134 - c
15 - d	45 - a	75 - b	105 - a	135 - b
16 - a	46 - b	76 - b	106 - a	136 - b
17 - b	47 - a	77 - d	107 - b	137 - b
18 - a	48 - a	78 - a	108 - c	138 - a
19 - c	49 - c	79 - c	109 - c	139 - d
20 - d	50 - b	80 - d	110 - d	140 - c
21 - a	51 - b	81 - b	111 - b	141 - b
22 - b	52 - d	82 - c	112 - a	142 - b
23 - a	53 - d	83 - c	113 - a	143 - a
24 - b	54 - c	84 - a	114 - d	144 - a
25 - c	55 - a	85 - a	115 - b	145 - b
26 - b	56 - c	86 - a	116 - b	146 - d
27 - c	57 - d	87 - c	117 - c	147 - c
28 - c	58 - c	88 - b	118 - c	148 - b
29 - b	59 - b	89 - a	119 - a	149 - a
30 - d	60 - c	90 - b	120 - d	150 - b

GABARITO DE RESPOSTAS

151 - c	181 - c	211 - b	241 - d	271 - c
152 - d	182 - b	212 - b	242 - b	272 - c
153 - c	183 - a	213 - c	243 - a	273 - a
154 - d	184 - c	214 - b	244 - c	274 - b
155 - d	185 - b	215 - d	245 - b	275 - c
156 - b	186 - d	216 - b	246 - a	276 - d
157 - a	187 - c	217 - a	247 - d	277 - a
158 - c	188 - a	218 - c	248 - a	278 - b
159 - c	189 - a	219 - c	249 - b	279 - d
160 - a	190 - d	220 - c	250 - c	280 - a
161 - c	191 - b	221 - d	251 - c	281 - d
162 - b	192 - b	222 - a	252 - d	282 - c
163 - d	193 - d	223 - d	253 - b	283 - b
164 - a	194 - a	224 - b	254 - a	284 - a
165 - c	195 - d	225 - a	255 - d	285 - c
166 - d	196 - b	226 - b	256 - a	286 - b
167 - b	197 - b	227 - c	257 - c	287 - c
168 - c	198 - d	228 - b	258 - a	288 - c
169 - c	199 - c	229 - d	259 - c	289 - d
170 - a	200 - a	230 - c	260 - a	290 - b
171 - d	201 - d	231 - b	261 - d	291 - c
172 - a	202 - c	232 - a	262 - b	292 - a
173 - a	203 - a	233 - b	263 - b	293 - a
174 - c	204 - c	234 - c	264 - c	294 - a
175 - b	205 - a	235 - c	265 - a	295 - b
176 - a	206 - a	236 - b	266 - d	296 - d
177 - c	207 - c	237 - c	267 - c	297 - b
178 - b	208 - a	238 - a	268 - a	298 - a
179 - d	209 - c	239 - b	269 - d	299 - a
180 - b	210 - d	240 - a	270 - d	300 - c

LIVROS DESTA EDITORA

→ TÉCNICOS AERONÁUTICOS

AERODINÂMICA DE ALTA VELOCIDADE – PLA/PC – Newton Soler Saintive
AERODINÂMICA E TEORIA DE VÔO – *Noções Básicas* – PP – Jorge M. Homa
AERONAVES E MOTORES – *Conhecimentos Técnicos* – PP/Mec. – J. M. Homa
APRENDENDO A VOAR – PP – Edgard O. C. Prochaska
AVIATION ENGLISH COURSE – Demóstenes Marinotto
CIV – CADERNETA INDIVIDUAL DE VÔO – AVIÃO E HELICÓPTERO
CIV – CADERNETA INDIVIDUAL DE VÔO – PLANADORES
COMISSÁRIO DE VÔO - 600 QUESTÕES – Adalberto Mohai Szabó Júnior
EXERCÍCIOS DE TEORIA DE VÔO – PP/PC – Newton Soler Saintive
FRASEOLOGIA EM INGLÊS PARA PILOTOS – Maureen L. Porto e M. E. de Abreu
HELICÓPTEROS – *Conhecimentos Técnicos* – PPH/PCH/Mec. – Paulo Rodrigues
MANUAL DE VÔO A VELA – Jorge Neumann
METEOROLOGIA – PP/PC – João Baptista Sonnemaker
MODERNO VÔO DE DISTÂNCIA EM PLANADORES – J. Á. Widmer
MOTORES A REAÇÃO – PC/CAT/Eng. – Marcos Jesus Aparecido Palharini
NOVA SÍNTESE DA NAVEGAÇÃO AÉREA – 1ª Parte – PP – Manoel A. Monteiro
SÍNTESE DA NAVEGAÇÃO AÉREA – 2ª Parte – PC – Manoel Agostinho Monteiro
O VÔO A VELA – J. A. Widmer
PERFORMANCE DE AVIÕES A JATO, PESO E BALANÇ.. – PC/PLA – N. Saintive
RADAR – Stefan Jucewicz
REGULAMENTOS DE TRÁFEGO AÉREO – *Vôo Instrum.* – PC – P. O. Lima Jr.
REGULAMENTOS VFR SIMPLIFICADOS – PP – Adalberto Mohai Szabó Jr.
REGULAMENTOS DE TRÁFEGO AÉREO – *Vôo Visual* – PP – P. Inio O. Lima Jr.
REGULAMENTOS DE TRÁFEGO AÉREO – 1 500 Questões – P. O. Lima Júnior
ROTEIROS DE NAVEGAÇÃO AÉREA – Vol. I – PP – Manoel Agostinho Monteiro
ROTEIROS DE NAVEGAÇÃO AÉREA – Vol. II – PC – Manoel Agostinho Monteiro
TEORIA DE VÔO – *Introdução à Aerodinâmica* – PP/PC – Newton Soler Saintive
UIRATEONTEON – *Medicina Aeronáutica* – José Eduardo Helfenstein



ESPORTES NÁUTICOS: *ÁGUA, ÁGUA!!! Principais Regras de Regata a Vela* – Trygve Bernhardsen, Cláudio E. Ferraz e Tereza Deutsch



DIVERSOS: ALBERTO BERTELLI – *Uma Vida de Cabeça para Baixo* – Família Bertelli
ANJOS EM ALERTA – Alonir P. Gonçalves
LABAREDDAS DO CORAÇÃO – Agnesi Frascoll
NÃO FAÇA VÔO CEGO – Lenildo Tabosa Pessoa
O MISTÉRIO DO 707 – Oswaldo Profeta
OS BOMBARDEIROS A-20 NO BRASIL – Gustavo Wetsch
SONHO DE VOAR – Décio Corrêa
WELCOME ABOARD – *Bem vindo a bordo* – Leon Romero



TURISMO: EXTREMOS DAS AMÉRICAS – Gerárd Moss
LIVRO DE VIAGEM – ASA
PÉ NA ESTRADA – *Guia de Viagem pela América do Sul* – Ricardo C. Abbamonte
VOLTA POR CIMA – Gerárd Moss



CULINÁRIA: NA MEDIDA CERTA – Lise Aron

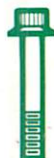
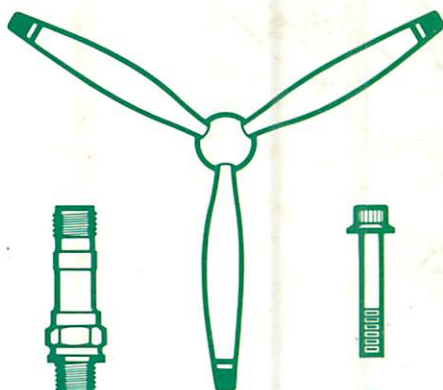
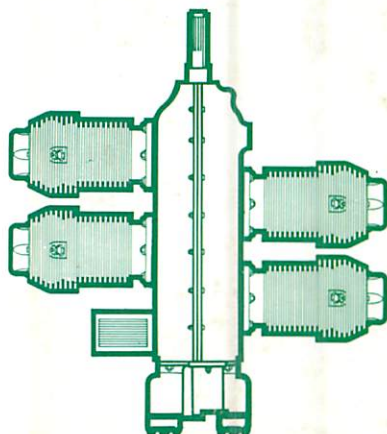


ASA – EDIÇÕES E ARTES GRÁFICAS LTDA.

Rua Estevão Baião, 217 – São Paulo – SP – 04624-000

Tels./fax (0**11) 5542-2321 / 5542-3846 / 5542-1803

Site: www.asaventura.com.br — e-mail: editora-asa@asaventura.com.br



ASA - EDIÇÕES E ARTES GRÁFICAS LTDA
São Paulo - SP

ISBN 978-85-86262-47-0



9 788586 262470

