



AERONAVES E MOTORES

1- AERONAVES

1- **Aeronave** é qualquer máquina que se **sustente e navegue** no ar, como o avião, dirigível, balão, planador e helicóptero.

2- As aeronaves podem ser classificadas em aeróstatos e aeródinos.

Os **aeróstatos** são aeronaves **mais leves que o ar**, e se baseiam no Princípio de **Arquimedes**, que diz que “Todo corpo mergulhado num fluido recebe um empuxo para cima igual ao peso do fluido deslocado”. Podemos citar como exemplo o balão e o dirigível. Eles voam por conta do ar quente ou outros gases, que são mais leves que o ar frio da atmosfera, e por isso eles começam a subir.

Já os **aeródinos** são aeronaves **mais pesadas que o ar**, como o avião e o helicóptero, e se baseiam na Terceira Lei de **Newton**, a Ação e Reação, que diz que “A toda ação corresponde uma reação de igual intensidade, em sentido oposto”.

3- Os componentes do avião se dividem em 3 grupos:

Estrutura - É o que dá forma ao avião e aloja os ocupantes e a carga, como a fuselagem e as asas.

Grupo Moto-Propulsor - É o que fornece o deslocamento do avião, como o motor e a hélice.

Sistemas - Existem diversos sistemas no avião, como o de combustível, o hidráulico e o elétrico.

4- Os aviões são projetados com diversas especificações, são construídos com um propósito específico. Tem avião que voa mais rápido, tem avião que tem uma velocidade mais reduzida. Uma medida muito usada na aviação é o número Mach. Um avião voando na velocidade do som, está voando a Mach 1.

A classificação fica assim:

Subsônico - Número Mach inferior a 0.75

Transônico - Mach entre 0.75 e 1.20

Supersônico - Mach entre 1.20 e 5.00

Hipersônico - Mach superior a 5.00



AERONAVES E MOTORES

2- A ESTRUTURA DO AVIÃO

1- Durante o voo a aeronave sofre diversos esforços na sua estrutura como tração, torção, cisalhamento, compressão e flexão, e por isso a estrutura deve ser resistente para não sofrer nenhum dano, por isso é importante respeitar os limites impostos pelo fabricante.

Os materiais usados na construção da estrutura devem ser resistentes e leves, como o alumínio, tela, plástico com fibra de vidro, kevlar e carbono.

2- As **asas** são responsáveis por produzir **sustentação** ao voo, no caso do avião a asa é fixa, e no helicóptero é rotativa. A asa é composta por:

Longarinas - Principais elementos estruturais

Nervuras - Dão o formato aerodinâmico e transmitem os esforços do revestimento para as longarinas.

Montantes - Suportam a compressão

Tirantes - Cabos de aço que suportam a tração.

3- Partes da asa:

Ponta da asa - É realmente a ponta, a parte mais distante da fuselagem.

Raiz da asa - Parte próxima a fuselagem.

Bordo de ataque - Parte da frente da asa.

Bordo de fuga - Parte de trás da asa.

Intradorso - Parte de baixo da asa.

Extradorso - Parte de cima da asa.

3- As asas podem ser classificadas pela fixação delas na fuselagem:

Asa Baixa - Fixada na parte de baixo da fuselagem.

Asa Média - Fixada no meio da fuselagem.

Asa Alta - Fixada na parte de cima da fuselagem.

Asa Parassol - Acima da fuselagem.

Se ela tiver um montante que ajuda a sustentar a asa e absorver os esforços estruturais, ela ainda é classificada como semi-cantiléver, se não tiver esse suporte é classificada como asa cantiléver.



Se tiver apenas um plano de asas é monoplano, se tiver dois é biplano e se tiver três é triplano.

A asa pode ter diversos formatos, como retangular, Delta, trapezoidal e elíptica.



4- A fuselagem é onde as demais partes são fixadas, asas, trem de pouso, etc. É formada por uma estrutura, que pode ser de 3 tipos:

Tubular - São tubos de aço que suportam os esforços, recoberto com tela. É usada em aviões de pequeno porte.

Monocoque - Cavernas com revestimento, geralmente de ligas de alumínio, plástico ou madeira. O material de revestimento deve ser muito resistente para suportar os esforços estruturais que não são absorvidos completamente pela estrutura.

Semi-monocoque - Igual ao monocoque, são cavernas com revestimento porém com longarinas e reforçadores que absorvem os esforços estruturais.

5- As superfícies de comando tem a finalidade de controlar o avião, fazendo o avião subir, descer, guinar e rolar.

Superfícies primárias - Aileron, leme e profundor. São responsáveis pelo movimento efetivo.

Superfícies secundárias - Compensadores. Auxiliam o piloto a fazer menos força nos movimentos.

6- A empenagem, ou cauda pode ser:

Convencional - Com o estabilizador horizontal fixado na fuselagem.

Em V - Com o estabilizador horizontal com

ângulo positivo.

Em T - Com o estabilizador horizontal fixado na parte superior do estabilizador vertical.

Superfície horizontal - Com o estabilizador horizontal, o profundor e o compensador. É o responsável por fazer o avião levantar ou baixar o nariz.

Superfície vertical - Com a deriva, o leme de direção e o compensador. É o responsável por guinar o avião.



7- Os **flaps** e **slats** são dispositivos **hipersustentadores** porque produzem uma sustentação maior à asa. Permitem decolar e pousar com uma velocidade menor.

Flap - Fica no bordo de fuga da asa, aumenta a sustentação porque aumenta a curvatura da asa porém geram mais arrasto. Existem alguns tipos, o comum, ventral, fenda e fowler.

Slat - Fica no bordo de ataque da asa, aumenta a sustentação porque gera uma fenda no bordo de ataque da asa

aumentando o fluxo de ar no extradorso da asa. Existem alguns tipos, o fixo, móvel e leading edge.

8- Os **spoilers** funcionam como um **freio** em pleno voo, funcionam da forma contrária aos hipersustentadores, os spoilers aumentam o arrasto e podem funcionar inclusive como ailerons. Ficam no extradorso da asa, são placas que levantam ao serem acionadas aumentando o arrasto. Durante o pouso os spoilers são acionados para ajudar o avião a parar mais rapidamente. Em aeronaves de pequeno porte eles não são necessários.'



AERONAVES E MOTORES

3- CONTROLES DE VOO

1- O **sistema de controle de voo** é um mecanismo que movimenta o profundor, os ailerons, o leme e os compensadores. É composto por esticador, roldanas, guias, hastes e batentes.

2- Os três eixos imaginários do avião são:

Eixo longitudinal - Vai do nariz à cauda, é sobre esse eixo que o avião faz o movimento de girar, executado pelo manche acionando os ailerons.

Eixo vertical - Vai do teto à parte inferior do avião, é sobre esse eixo que o avião guina empurrando os pedais que acionam o leme.

Eixo lateral - Vai de uma ponta à outra da asa, é sobre esse eixo que o avião levanta e abaixa o nariz, através do manche que aciona o profundor.

3- Quando puxamos ou empurramos o **manche**, ele faz o movimento de cabrar, erguer o nariz, e picar, baixar o nariz do avião. Isso acontece através do profundor. Esse movimento também é conhecido como arfagem ou tangagem.



MANCHE BASTÃO



MANCHE VOLANTE

O outro movimento do manche é de girar, quando giramos o manche, ele aciona os ailerons, que ficam no bordo de fuga da asa, próximos à ponta da asa, fazendo com que o avião role, incline para o lado. Esse movimento pode ser chamado de rolamento, inclinação lateral ou bancagem. Os ailerons trabalham em sincronia, quando um abaixa o outro levanta.

4- Os **pedais** acionam o leme do avião, fazendo com que o avião guine, movendo o nariz para a direita e para esquerda. Uma curva coordenada é feita em conjunto com o manche e os pedais.

5- Qualquer mudança de atitude, velocidade e potência exigem alterações nos comandos da aeronave, para que o piloto diminua a força aplicada existem os **compensadores**, existem os fixos, os automáticos e os comandáveis.

6- Os **ajustes do mecanismo de controle** são muito importantes para garantirem o perfeito funcionamento dos comandos, são feitos pelos mecânicos em solo.

Os comandos devem ser alinhados com as superfícies de comando, quando os pedais e manche estiverem na posição neutra, as superfícies devem estar da mesma forma, garantindo que não haja desvios.

Os movimentos dos pilotos nos comandos devem ser limitados para evitar que o piloto sobrecarregue a estrutura com movimentos bruscos, para isso existe o ajuste dos batentes.

Os cabos dos comandos não podem ser muito esticados para que o piloto não precise fazer muita força, e nem muito frouxos para não anularem as ações dos pilotos.

7- Após reparos e pinturas nas superfícies de comando, é necessário um **balanceamento** para evitar vibrações, tendências e instabilidade no voo.



AERONAVES E MOTORES

4- TREM DE POUSO

1- O trem de pouso além de apoiar o avião no chão, direciona o avião quando no solo para fazer curvas, amortece o impacto do pouso e frear o avião. Existem ainda os que tem flutuadores para pouso na água. Ele pode ser um hidroavião, se pousar apenas na água, ou anfíbio se pousar tanto na água quanto em terra.

2- Existem aviões com o trem de pouso **fixo**, que fica o tempo todo estendido e outros que recolhem o trem após a decolagem. Se for retrátil mas ficar visível mesmo após recolhido, ele recebe o nome de **Retrátil**, se ele ficar completamente escondido, fechado em um compartimento, ele recebe o nome de **Escamoteável**, é o mais indicado pois elimina todo o arrasto que o trem causa no tipo fixo e retrátil.

3- O avião sempre tem o trem principal, que é o que apoia a maior parte do peso dele em solo, e uma outra roda, a de direção, que pode ficar na frente, ou atrás do trem principal.

Triciclo - As rodas do trem principal ficam atrás do centro de gravidade e a outra roda, a de direção, fica próxima ao nariz do avião, na frente do trem principal. É a forma mais usada e permite ao piloto ter mais visibilidade no solo e durante o pouso.

Convencional - As rodas do trem principal

ficam à frente do centro de gravidade e a outra roda, e a de direção que se chama bequilha, fica na cauda.



4- O **amortecedor** tipo mola é o mais simples deles. Nada mais é que uma lâmina que trabalha como mola, absorvendo o impacto do pouso. Mesmo absorvendo o impacto, ela não amortece, e por isso se o pouso for mais duro, o avião pode saltar

depois do toque no solo.

5- No amortecedor articulado o pouso é amortecido pelos aros de borracha. Quando o avião toca o solo, o trem abre para o lado, fazendo com que essa borracha estique, isso faz com que o impacto seja amortecido.

6- Em aviões mais modernos, o amortecimento é feito hidráulicamente ou hidropneumáticamente. No caso do amortecedor hidráulico, ele usa um fluido para amortecer o impacto do pouso. No caso do amortecedor hidropneumático ao invés do líquido, usa-se ar ou gás comprimido.

7- No **pneu** temos a lona que dá o formato e deixa o pneu resistente, os sulcos que ficam na banda de rodagem e permitem o escoamento da água em caso de pista molhada, e a banda de rodagem que é a superfície que fica em contato com o solo e se desgasta.

Alguns pneus tem a câmara de ar, que fica dentro do pneu, retém o ar injetado no pneu, mas como ela não é rígida, quem suporta a pressão do ar é o pneu, e não a câmara.



Um cheque pré-voo inclui a inspeção do pneu, para ver se ele não está desgastado, se os sulcos ainda estão aparentes, se não está cortado, com bolhas e se ele não está correndo solto na roda, podemos conferir isso por uma marcação feita no pneu e na roda.

Para pistas duras usamos pneus de alta pressão, e para pistas macias, como a grama, usamos o de baixa pressão.



8- As rodas que acomodam o pneu e o conjunto de freio, e podem ser de 3 tipos:

Flanges Independentes - Tem um cubo e 2 flanges.

Meias-rodas - Duas meias-rodas.

Cubo e Flange- Uma flange e um cubo com flange.

9- Os **freios** podem ser usados na freagem, mas também para fazer curvas no solo, aplicando o freio para o lado que você quer fazer curva, já que o avião possui freios independentes para os dois lados do trem de pouso.

A grande maioria dos aviões tem o freio no mesmo pedal do leme, se você acionar o pedal na parte superior, na ponta do pé, você aciona o freio, e se acionar na parte inferior, com o calcinhar, você aciona o leme.

O freio de estacionamento (parking brake), pode ser acionado por uma alavanca independente, ou por uma alavanca que fica pressionando o próprio pedal do freio.

10- Existem 2 tipos principais:

Freio a tambor - Esse freio tem um tambor que gira junto com a roda, quando o freio é aplicado duas lonas, ou sapatas se atritam com o tambor, fazendo a freagem da roda. Ele tem a desvantagem de aquecer demais quando aplicado.

Freio a disco - Esse freio tem um disco que gira junto com a roda e quando o freio é aplicado as pastilhas fazem pressão no disco, como uma pinça.

11- O acionamento dos freios pode ser hidráulico, pneumático ou mecânico. Durante a inspeção pré-voo é importante checar se não tem vazamento do fluido hidráulico, se os discos estão em bom estado, e se a estrutura está realmente firme na roda. Nunca se esqueça de fazer o teste dos freios durante o táxi.

12- No sistema de emergência temos:

Duplicado - São 2 sistemas que funcionam separadamente, se um falhar não vai afetar o outro.

Independente - Esse é um outro sistema além do principal, que entra em ação apenas se o principal falhar.

13- O **Anti-Skid** é um recurso de aeronaves de alta performance, para garantir a frenagem segura em velocidades elevadas. Esse sistema evita que a roda trave, liberando o freio quando isso estiver próximo a acontecer. É um sistema automático, que não precisa da atuação do piloto. Esse sistema não existe na grande maioria das aeronaves a pistão.

14- Para se movimentar no solo, o avião conta com o trem do nariz (nosewheel), se for uma aeronave triciclo, ou a bequilha se for uma aeronave convencional, o piloto faz essas manobras através dos pedais do leme e dos freios. Em grandes aeronaves, o piloto usa o nosewheel steering.



AERONAVES E MOTORES

5 - SISTEMA HIDRÁULICO

1- O **sistema hidráulico** tem a função de acionar componentes pela pressão exercida pelo fluido hidráulico, minimizando a força exercida pelo piloto.

Esse sistema se baseia na **Lei de Pascal**, que diz que a pressão aplicada a um ponto de fluido transmite-se igualmente para todas as partes desse fluido.

Superfícies grandes, pesadas, ou difíceis de movimentar, podem ser acionadas pelo sistema hidráulico, assim o piloto pode fazer uma força mínima para movimentar superfícies que sem esse sistema ele não teria força para movimentar como por exemplo, o leme, trem de pouso, profundo, flapes, freios, etc.

Esse é um sistema muito confiável, leve porque os componentes são pequenos, é fácil de instalar e controlado com facilidade. Seus principais componentes são o reservatório, o fluido hidráulico, a bomba, as tubulações, os filtros, a válvula de alívio e o atuador.

2- O **rendimento mecânico** é a multiplicação da força aplicada. Podemos calcular o rendimento mecânico com a fórmula:

$$\eta = \frac{F}{f} = \frac{A}{a}$$

r - Rendimento Mecânico

F - Força produzida pelo cilindro atuador

f - Força aplicada no cilindro primário

A - Área do pistão do cilindro atuador

a - Área do pistão do cilindro primário

3- Em aeronaves pequenas, que a própria força do piloto é suficiente para movimentar as superfícies, esse sistema não é usado, o próprio sistema mecânico é o ideal por ser simples, fácil para fazer manutenção e mais barato.

Fora o sistema hidráulico, ainda existem os sistemas:

Elétrico - Esse tipo de sistema é considerado bom, por ser fácil de instalar, de baixo custo e simples de comandar. Porém o conjunto do sistema é pesado, e peso significa muito na aviação.

Pneumático - Parecido com o sistema hidráulico, porém ao invés de fluido usa ar ou gás, tendo a vantagem de não precisar de uma linha de retorno porque após o uso ele é expelido para a atmosfera. Não é muito usado na aviação por não ser preciso, com oscilações no movimento e por necessitar de uma manutenção especial.



AERONAVES E MOTORES

6 - MOTORES / GENERALIDADES

1- Os motores produzem energia mecânica a partir de outros tipos de energias, como energia elétrica e calorífica.

Os motores de aviação, tipo térmico, transformam a energia calorífica do combustível em trabalho mecânico. Os motores térmicos podem ser classificados em:

Motores de combustão externa - Onde o combustível é queimado fora do motor, esse tipo de motor não é usado em aviões por ser muito pesado, eram muito usados em locomotivas.

Motores de combustão interna - Onde o combustível é queimado dentro do motor, é o usado em aviação por serem mais leves e eficientes. Existem os motores convencionais a pistão e os motores a reação.

2- Os aviões são classificados também quanto ao número de motores:

Monomotor - Tem apenas 1 motor

Bimotor - Tem 2 motores

Trimotor - Tem 3 motores

Quadrímotor - Tem 4 motores

Cada motor tem um número no avião, por exemplo num avião quadrímotor, o primeiro motor da ponta asa esquerda é o número 1, o segundo é o 2, na asa direita o motor próximo à raiz é o número 3 e o próximo da

ponta é o número 4. Sempre na ordem de sequência começando da ponta da asa esquerda.

3- **Propulsão** - Nos aviões esse sistema pode ser classificado em:

Aviões a pistão - Usam a energia da queima do combustível para mover a hélice. A tração é produzida através da hélice que movimenta uma grande quantidade de massa de ar e se baseia na Lei da Ação e Reação.

Aviões a reação - Desloca uma pequena massa de ar a uma velocidade elevada. Os principais tipos são turbo-hélice, turbojato e turbofan.

4- O **motor a pistão** é econômico e eficiente em baixas velocidades e altitudes, é também em motor de baixo custo, por isso é usado na maioria dos aviões de treinamento.

5- No **turbo-hélice** é basicamente um motor a jato com uma hélice, quase toda energia do jato é usada para acionar a hélice, é ideal para velocidades intermediárias entre os motores a pistão e o turbofan. Cerca de 90% da propulsão é feita pela hélice e os outros 10% pelo escape de gases.

6- No motor **turbojato** o ar é impulsionado em alta velocidade, a propulsão é feita unicamente pelos gases de escapamento. Em baixas velocidades e altitudes ele passa a não ser econômico e eficiente, sendo mais indicado para aviões supersônicos.

7- O motor **turbofan** é um turbojato acrescido de um fan que funciona como uma hélice, criando um fluxo de ar frio que se mistura com os gases quentes fazendo com que o motor seja mais silencioso e potente. Ele tem elevada tração, baixo ruído e economia de combustível. É o motor mais usado para equipar aviões a jato.

8- **Eficiência térmica** é a relação entre a potência mecânica produzida e a potência térmica liberada pelo combustível. A eficiência dos motores aeronáuticos é de 25% a 32%, contra pelo menos 90% dos motores elétricos.

9- A razão entre a massa do motor e a sua potência é a indicação da **leveza**, ela deve ser a menor possível.

10- As manutenções dos motores são determinadas pelo fabricante do motor, e são divididas em:

Inspeções periódicas - São feitas em intervalo de tempo pré-determinado (25, 50 horas de voo, etc), nestas inspeções são feitos serviços como troca de filtro, troca de óleo, etc.

Revisão completa - Após o período de durabilidade do motor, ele passa por uma revisão geral, conhecida como Overhaul, onde o motor é desmontado para verificar a necessidade de substituições de peças danificadas.

11- Um motor deve ser econômico, o que significa que ele deve consumir pouco para a potência requerida. Podemos definir o consumo em:

Consumo horário - A quantidade de combustível consumido por hora de funcionamento. Esse consumo varia de acordo com o peso do avião, o nível do voo, a velocidade, etc.

Consumo específico - Tem relação com a potência do motor, pelo consumo que teve para disponibilizar aquela potência.

12- O **equilíbrio** do motor nada mais é que a suavidade do funcionamento, sem vibrações. A **regularidade do conjugado motor** é a suavidade, falta de vibração no sentido da rotação.

13- **Confiabilidade** é a capacidade do motor manter o desempenho da sua classificação nas mais diferentes condições atmosféricas.

14- A **durabilidade** é o tempo de vida do motor, para que isso seja assegurado é necessário que sejam feitas as revisões exigidas pelo fabricante.



AERONAVES E MOTORES

7 - MOTORES A PISTÃO

1- Os motores aeronáuticos a pistão são semelhantes aos dos carros, ele transforma a energia calorífica da queima da mistura em energia mecânica. Temos nesse motor cilindro, pistão, biela, eixo de manivelas, vela, válvulas de admissão e escapamento, carburador, cárter, tubo de admissão e escapamento. É o motor da maioria dos aviões de pequeno porte e de treinamento por ser econômico e com bom desempenho em baixas velocidades.

2- Esse motor aproveita a queima do combustível para impulsionar o pistão, o movimento desse pistão aciona a rotação do eixo de manivelas, e a ação final é mover a hélice, permitindo que a tração gerada movimente o avião. Ele é feito com vários cilindros, a maioria com 4 ou 6.

3- Quando o pistão atinge o nível superior, dizemos que atingiu o **PMA** (ponto morto alto), e quando atinge o nível superior é o **PMB** (ponto morto baixo). A distância entre esses dois pontos é o **CURSO**.

4- 1 ciclo desse motor é formado por 4 tempos e 6 fases.

Primeiro tempo / fase 1 - Nesse tempo acontece a **admissão**, a admissão acontece quando o pistão começa a descer, saindo

do PMA para o PMB. A válvula de admissão abre para admitir a mistura de ar e gasolina dentro do cilindro. Quando o pistão atinge o PMB a válvula de admissão fecha.

Segundo tempo / fase 2 - O motor sai do PMB e começa a subir para o PMA, as duas válvulas estão fechadas. Nessa fase acontece a **compressão** da mistura de ar e gasolina.

Terceiro tempo / fase 3, 4 e 5 - A vela dá a faísca (fase 3) e inicia a combustão (fase 4), então acontece o que chamamos de **tempo motor**, que é o único tempo produtivo do motor, quando o pistão inicia a descida provocada pela expansão dos gases queimados (fase 5). A partir dai o motor pode funcionar sozinho porque essa expansão vai fazer ele funcionar sozinho até a próxima combustão.

Quarto tempo / fase 6 - O pistão começa a subir, com a válvula de escapamento aberta, fazendo com que os gases queimados sejam expulsos, o chamado **escapamento**. Então a válvula de escapamento se fecha encerrando o primeiro ciclo.

A partir dai tudo se repete na mesma sequência, formando novos ciclos. O ciclo de 4 tempos é chamado de **Ciclo de Otto**, que é feito em 2 voltas do eixo de manivelas. Nesses 4 tempos, ou 2 voltas do eixo, o motor recebe apenas 1 impulso motor, o restante acontece por causa da inércia

5- As modificações nos ciclos são possíveis e recomendadas em alguns casos, para poder entender qual é a forma que o motor vai oferecer maior eficiência.

6- As modificações no tempo de admissão proporcionam um aumento da carga da mistura admitida nos cilindros. Esses avanços e atrasos são medidos em relação ao moente do eixo de manivelas. Para esse caso pode-se modificar:

Avanço na abertura da válvula de admissão - Ele antecipa o inicio da abertura da válvula de admissão, para que quando o pistão esteja no PMA ela já esteja totalmente aberta, aumentando o volume de mistura admitida.

Atraso no fechamento da válvula de admissão - A válvula de admissão só é fechada um pouco depois do pistão atingir o PMB, assim a mistura continua entrando no cilindro.

7- Modificações no ponto de ignição - A ignição deve ocorrer antes do PMA. Assim a combustão inicia-se ainda no tempo de compressão, e termina no tempo motor.

8- As modificações no tempo de escapamento tem a intenção de eliminar os gases queimados de forma mais completa. As modificações possíveis são:

Avanço na abertura da válvula de escapamento - A válvula é aberta antes do pistão atingir o PMB, para que os gases antecipem sua saída.

Atraso no fechamento da válvula de escapamento - Com esse atraso, os gases são expulsos de forma mais completa do cilindro.

9- O **cruzamento de válvulas** ocorre quando as duas válvulas, a de admissão e de escapamento ficam abertas ao mesmo tempo. Isso acontece pelo avanço de abertura da de admissão e o atraso no fechamento da de escapamento.



AERONAVES E MOTORES

8- OS COMPONENTES DO MOTOR

1- O **cilindro** é formado pelo corpo e a cabeça, dentro dele é onde ocorre a admissão da carga combustível, e a queima dela. Ele deve ser feito com um material leve e bom condutor de calor, deve ser forte para resistir às pressões e deve ser feito com um material leve.

Em alguns motores pode ser encontrada uma chapa metálica, que são defletoras do fluxo de ar para ajudar a resfriar o cilindro.



O **corpo do cilindro** é dentro do corpo do cilindro que o pistão se desloca, essa parte que fica em contato com o cilindro é a camisa do cilindro. Tem algumas alhetas de resfriamento para aumentar a área de contato com o ar, a parte interna dele é endurecida para evitar o desgaste pelo movimento do pistão.

Na **cabeça do cilindro** são instaladas as válvulas e velas. As válvulas são instaladas dentro de guias de válvulas e a cabeça dela ficam sobre as sedes de válvulas. A cabeça

do cilindro também tem alhetas de resfriamento, em alguns motores na parte da válvula de admissão não tem essas alhetas porque o resfriamento é feito pela própria carga de combustível.

2- A **câmara de combustão** é o espaço dentro do cilindro onde a mistura é queimada. Existem 3 tipos, plana, cônica e a semi-esférica (que é a mais usada na aviação).

3- O **pistão** é a peça que desliza dentro do cilindro, que aspira, comprime e expulsa a carga combustível, e ainda transmite a força expansiva da combustão à biela.



4- Entre o pistão e o cilindro existe uma pequena folga, essa folga é vedada com

anéis ou molas de segmento, que ficam na saia do pistão, eles são feitos de material mais mole para não desgastar o cilindro. Existem 2 tipos de anéis:

Anéis de compressão - Vedam a folga entre o pistão e o cilindro para evitar que os gases escapem.

Anéis de lubrificação - Servem para raspar o excesso de óleo das paredes do cilindro. Eles tem pequenos furos para que o óleo raspado possa ser retirado. O excesso de óleo é prejudicial pois ele ficaria no cilindro e se queimaria durante a combustão, deixando um resíduo no cilindro que pode causar falha nas velas, pré ignição e detonação.



5- A **biela** é a peça que conecta o pistão ao eixo de manivelas e faz a transferência da força expansiva dos gases no pistão para o eixo de manivelas.



6- A peça giratória onde a biela é conectada, é o **eixo de manivelas**. A função principal do eixo de manivelas é transformar o movimento retilíneo do pistão em um movimento rotativo para a hélice. Nele temos:

Moente - Onde é presa a biela através dos casquilhos.

Suporte - Eixo central da peça onde ocorre a rotação.

Braço - O que liga o moente ao suporte

Contrapeso - Faz o contrabalanço, reduzindo as vibrações.



7- Os **mancais** são as peças que apoiam as partes e permitem seu movimento com o mínimo de atrito. Existem os tipos esferas, bronzinas, bucha e rolos cilíndricos.

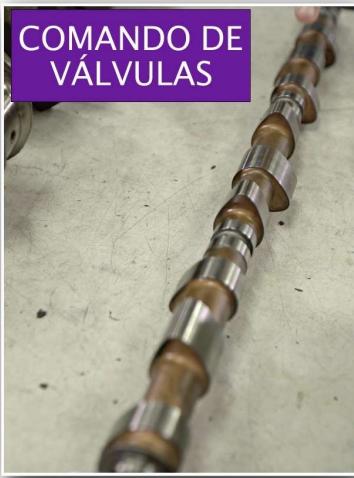
8- As **válvulas** tem a função de bloquear e liberar a entrada e saída da mistura combustível e gases queimados. Geralmente a válvula de admissão tem a cabeça com formato de tulipa e a válvula de escapamento tem o formato de cogumelo. As faces das válvulas se assentam nas sedes.

A válvula de admissão é resfriada pela própria carga combustível e tem o formato de tulipa para facilitar a admissão da mistura.

A válvula de escapamento pode ter sódio no seu interior, ou ser feita de um material especial. Tem um formato de cogumelo para

facilitar a expulsão dos gases

9- Para fazer esse controle de abertura e fechamento das válvulas existe o **Sistema de Comando de Válvulas**, que tem um eixo de ressalto que gira na metade da rotação do eixo de manivelas. O fechamento é feito por molas.



10- O **cárter** é a carcaça que suporta o cilindro, o eixo de manivelas e os acessórios. Como função secundária ele protege o motor contra detritos.

11- O motor é fixado ao avião pelo **berço do motor**. Ele suporta o torque e a tração que o motor transmite e nos seus pontos de fixação existem coxins de borracha para absorver essa vibração.

12- Algumas partes do motor são mais caras e mais difíceis de serem trocadas, por isso é importante que elas tenham maior durabilidade, como superfície interna do cilindro, eixo de manivela, ressalto, etc. Para aumentar a sua resistência é feito um endurecimento superficial, por **cementação** e **nitretação**.

A **cementação** é um tratamento a alta temperatura e a superfície do metal é enriquecida com carbono.

A **nitretação** é o mesmo tratamento, só que ao invés de carbono, usa-se o nitrogênio.

13- Quando é necessário um motor com maior potência, é melhor aumentar a quantidade de cilindros do que o tamanho deles. Assim teremos os motores multicilíndricos, que funcionam com maior suavidade e equilíbrio. As configurações mais usadas são:

Cilindros horizontais opostos - Ajuda a ter uma área frontal pequena, todos os cilindros ficam na horizontal.

Motor radial - São agrupados em forma de estrela e somente uma das bielas, a mestre, prende-se ao moente do eixo de manivelas, e as outras prendem-se à cabeça da biela-mestra. A área frontal é bem grande porém é a configuração que melhor acomoda um número grande de cilindros, normalmente em números ímpares, 3,5,7,9.

Tem uma excelente refrigeração por conta da sua grande área frontal, e acomoda melhor um grande número de cilindros.

Cilindros em linha - Os cilindros formam uma linha, e também tem uma pequena área frontal, por isso é usado apenas em aeronaves com a fuselagem muito estreita. A refrigeração acaba ficando prejudicada nos cilindros mais distantes da entrada de ar.



AERONAVES E MOTORES

9 - PERFORMANCE DO MOTOR

1- **Performance** é o desempenho do motor. A hélice tem influência nisso, ela deve converter ao máximo a potência efetiva em tração.

2- Quando uma força produz uma rotação chamamos de **torque**. No motor do avião o torque indica a força do eixo transmitido à hélice.

3- A **potência** é o trabalho do motor pelo tempo. Ela geralmente é medida em HP (Horse Power), que é a capacidade de um cavalo erguer 76kgf por 1 metro em 1 segundo.

O CV (Cavalo Vapor), é a mesma coisa que o HP mas erguendo 75kgf.

O mais importante para determinar a potência de um motor são:

Cilindrada - É o volume deslocado pelo pistão durante o curso, o volume que existe entre o PMB e PMA. No caso de motores multicilíndricos é a soma de todos os pistões. A diferença entre a cilindrada e o volume do cilindro é que a cilindrada não considera a câmara de combustão. Quando o pistão começa a descer o volume interno do cilindro aumenta.

Eficiência - É a parcela da energia calorífica do combustível, que o motor aproveita para produzir energia mecânica.

Velocidade de rotação.

4- A **taxa de compressão** é o quociente entre o volume do cilindro e o volume da câmara de combustão. É a capacidade de comprimir a mistura admitida.

5- A hélice tem um limite de rotação porque a eficiência cai quando as pontas atingem velocidades próximas a do som. Por isso os motores são de baixa rotação e torque elevado, os motores de alta rotação possuem uma engrenagem de redução para a hélice.

6- A **potência teórica** é a liberada pela queima do combustível. Ela é determinada pelo calorímetro.

7- A **potência indicada** é a desenvolvida pelos gases queimados sobre o pistão. Ela é determinada pelos indicadores.

8- A **potência efetiva** é a que o motor fornece ao eixo da hélice. A efetiva é a indicada menos as perdas por atrito nas peças do motor. Ela é determinada pelo dinamômetro.

9- A **potência máxima** é a efetiva máxima que o motor pode fornecer. Pode ser usada apenas por pouco tempo, como na

decolagem.

10- A **potência nominal** é a efetiva máxima para que o motor foi construído, e pode ser usada por tempo indeterminado.

11- A **potência de atrito** é a perdida pelo atrito das partes internas do motor. Ela é determinada pelo dinamômetro. É a potência indicada menos a potência efetiva.

12- A **potência útil** é a desenvolvida pelo grupo moto-propulsor no avião. Nos aviões a hélice ela é a potência efetiva multiplicada pela eficiência da hélice. Se o atrito interno do motor aumentar, a potência útil desse motor vai diminuir.

13- A **potência necessária** é a que o avião precisa para manter o voo nivelado, ela deve ser menor que a disponível.

14- A **potência disponível** é a útil máxima que o motor pode fornecer ao avião.

15- **Abreviaturas:**

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

SHP - Shaft Horse Power - Potência do Eixo da Hélice

16- **Ordem de grandeza (decrescente):**

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



AERONAVES E MOTORES

10 - OPERAÇÃO DO MOTOR

1- O motor funciona com uma **mistura ar-combustível**, que deve ser dosada corretamente para o seu máximo aproveitamento, a mistura quimicamente correta é a que aproveita todas as partes de combustível e ar durante a queima, sem ter sobras. O combustível usado nos motores a pistão é a gasolina de aviação. A mistura pode ser :

Quimicamente correta - 15:1 15kg de ar para 1kg de gasolina.

Mistura rica - 10:1 10kg de ar para 1kg de gasolina é chamada de rica porque tem mais gasolina que o necessário e vai acabar sobrando após a queima. É usada durante pousos e decolagens.

Mistura pobre - 20:1 é pobre porque tem menos gasolina que o necessário, havendo sobra de ar após a queima, fazendo com que a temperatura do motor aumente.

Chega um momento que a mistura se torna incombustível, seja por falta de combustível ou de ar, 25:1 (falta de combustível), 5,55:1 (falta de ar).

2- Quando existe um excesso de gasolina na mistura, parte desse combustível não é queimado e se perde pelo escapamento, nesse caso o motor trabalha com maior potência e menor eficiência. No caso de mistura pobre existe a falta de combustível, então a potência será menor e a eficiência

maior, já que não tem um desperdício de combustível.

3- Sempre que a densidade do ar diminuir, a altitude aumentar, a mistura vai enriquecer porque existe a sobra de combustível na mistura. O piloto pode ajustar a mistura usando a manete de mistura que é a manete vermelha, ao mover a manete pra frente o piloto vai enriquecer a mistura, ao mover pra trás vai empobrecer a mistura. Essa manete tem atuação direta no mostrador de fuel flow.

Uma mistura excessivamente rica gera perda de potência, formação de resíduos nas velas e consumo excessivo de combustível. Uma mistura extremamente pobre eleva a temperatura na cabeça do cilindro e queda da potência.

4- As fases operacionais de um motor são:

Marcha lenta - A velocidade é mínima, a manete está totalmente reduzida, a entrada de ar é mínima. Nesse caso a mistura tem que ser rica pois conforme o avião vai descendo a densidade do ar vai aumentando.

Aceleração - Caso necessite de uma aceleração rápida o motor injeta uma quantidade adicional de gasolina na mistura.

Decolagem - Essa fase é de máxima potência do motor e a mante está toda pra frente e a mistura é rica pois queremos a máxima potência.

Subida - Após a fase de decolagem o piloto reduz um pouco a rotação do motor para a potência máxima continua.

Cruzeiro - Na fase de cruzeiro a mistura é pobre, aumentando o alcance e autonomia do voo.

Parada - Para evitar que fique gasolina no cilindro depois que o motor parar, causando a diluição do óleo, os motores são desligados fechando a entrada de gasolina, cortando a mistura.



AERONAVES E MOTORES

11- SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

1- O sistema de alimentação é o sistema que “alimenta o motor”, é justamente o sistema que controla a mistura ar-combustível com a temperatura e pressão ideal, ele admite o ar e o mistura com o combustível, entregando a mistura aos cilindros.

O piloto controla esse sistema através das manetes de potência e de mistura. Ele é dividido em 3 partes:

Sistema de admissão - Admite, filtra e aquece o ar que será usado na formação da mistura.

Sistema de superalimentação - Aumenta a pressão do ar admitido.

Sistema de formação de mistura - Mistura o combustível com o ar.

2- No **sistema de admissão** temos o bocal de admissão, que fica na parte da frente do motor, depois o ar passa pelo filtro para reter as impurezas, a próxima etapa é aquecer esse ar com os gases de escapamento do motor, se for um motor superalimentado ele será comprimido, então é enviado ao sistema de formação de mistura, a mistura então é enviada aos coletores de admissão dos cilindros.

3- Com o aumento da altitude a pressão atmosférica diminui e a densidade do ar também, ocasionando a queda de potência

do motor com o aumento da altitude. Para diminuir esse problema existe o **sistema de superalimentação** que aumenta a pressão e densidade do ar no compressor, esses compressores são do tipo centrífugos, são acionados por uma turbina que aproveita os gases de escapamento, dentro deles tem uma ventoinha que gira com grande velocidade e arremessa esse ar para os difusores. Nos difusores a velocidade desse ar diminui e a pressão aumenta, diminuindo os efeitos do aumento da altitude.

Para conferir a pressão de admissão da mistura, existe um instrumento que se chama Manifold Pressure, quando o piloto acelera a manete de potência maior será a pressão registrada nesse instrumento.

4- Os motores mais simples não possuem o sistema de superalimentação, inclusive eles perdem potência com a altitude. Nesses motores o pistão aspira a mistura pela rarefação causada pelo próprio pistão na saída do PMA para o PMB. A pressão do tubo de admissão é sempre menor do que a atmosférica. Por isso, essas aeronaves ficam restritas quanto ao voo em altitudes mais elevadas.

5- Depois de ser admitido, filtrado, aquecido e comprimido o ar é misturado no

combustível através do **sistema de formação de mistura**.

Existem 3 tipos de sistema de formação da mistura:

Carburação - O ar passa pelo carburador para se misturar com a gasolina

Injeção indireta - A gasolina é injetada no ar de admissão por uma bomba antes de chegar nos cilindros. A unidade controladora faz a dosagem do combustível e o bico injetor faz a pulverização dele no fluxo de ar.

Injeção direta - O combustível é injetado diretamente nos cilindros.



AERONAVES E MOTORES

12 - CARBURAÇÃO E INJEÇÃO

1- O **carburador** é uma unidade de formação de mistura. Ele controla a quantidade de ar e dosa a quantidade de combustível de acordo com o que o piloto seleciona.

2- A **borboleta** do carburador está ligada à manter de potência, ela libera ou bloqueia a passagem do ar para a mistura. Quando o piloto aumenta a potência a borboleta abre, para que o motor aspire mais ar. Quando o piloto reduz a potência a borboleta fecha quase totalmente.

3- O carburador funciona com o princípio do **tubo de Venturi**, que tem um estrangulamento para que o ar tenha mais velocidade e menos pressão, ele funciona pela a diferença de pressão entre a cuba e o tubo de Venturi. O nível de combustível é mantido constante dentro da cuba através de um sistema de bóia e estilete.

O combustível fica em uma câmara onde a pressão é menor que no tubo de Venturi, essa diferença de pressão succiona o combustível que será misturado ao ar admitido.

No carburador, o dispositivo chamado de economizador entra em funcionamento comandado pela borboleta.

4- O **giglê** é o orifício calibrado que dosa a quantidade de gasolina que vai para o motor pelo injetor. Quanto menor o orifício mais pobre será a mistura. O diâmetro é fixo e determinado pelo fabricante.

5- Quando a borboleta está na posição mais fechada a gasolina deixa de ser aspirada, então entra em ação o pulverizador de marcha lenta, que aproveita a sucção que fica entre a borboleta e a parede do tubo.

6- A gasolina tem um retardo para subir quando o motor é acelerado, para compensar esse retardo existe a bomba de aceleração do carburador, onde é injetada uma pequena quantidade de gasolina quando a borboleta é aberta.

7- Quando a densidade diminui a mistura torna-se rica, e isso pode acontecer por elevação da altitude, aumento da temperatura ou umidade do ar. Por isso é importante que essa mistura seja corrigida para esse diferencial de pressão, isso é feito pelo corretor altimétrico.

8- As deficiências do carburador são a distribuição desigual da mistura nos cilindros e a possibilidade de formação de gelo na

mistura. No caso de gelo vai haver uma queda na rotação do motor, queda na pressão de admissão e um funcionamento irregular do motor.

Para eliminar o gelo usamos o aquecimento do ar, que usa o calor dos gases de escarpamento, como vimos no sistema de indução.

9- O sistema de aquecimento do carburador previne e remove o gelo formado no carburador. Ele aquece o ar antes da entrada no carburador através dos gases de escapamento, quando aquecemos o ar ele se torna menos denso e consequentemente a mistura ficará mais rica causando a queda da potência.

A alavanca de aquecimento normalmente fica perto da manete de potência, quando aberta ela desloca parte dos gases de escapamento para aquecer o ar admitido. É recomendado o uso durante a descida, principalmente quando o ar estiver úmido.

10- O **carburador de injeção**, junto com uma bomba, fornece combustível sob pressão. O carburador recebe o combustível pela bomba acionada pelo motor, a pressão da bomba força o combustível na abertura da válvula para o injetor, onde o combustível é injetado no ar admitido.

Ele tem algumas vantagens sobre o carburador convencional, como o combustível é injetado após a borboleta, ele evita o acumulo de gelo, independente da posição do avião ele funciona normalmente, inclusive quando estiver voando de dorso, a vaporização do combustível é mais perfeita, e a dosagem mais precisa e constante.

11- O **sistema de injeção**, usado nos motores mais modernos, tem uma bomba que envia o combustível para uma unidade controladora de combustível FCU, que substitui o carburador, que passa a dosar o

combustível que será enviado.

Como a injeção é feita de forma individual para cada um dos cilindros, a distribuição é uniforme, coisa que não acontece no sistema de carburação.

12- No sistema de **injeção indireta** os cilindros recebem a mistura já formada, injetada na cabeça do cilindro com um fluxo contínuo. A injeção pode ser feita também na entrada do compressor de superalimentação.

13- No sistema de **injeção direta** o combustível é pulverizado no cilindro durante a admissão da mistura, com um fluxo descontínuo, a mistura acontece dentro do cilindro e a bomba injetora bombeia, distribui e injeta o combustível dentro dos cilindros.

14- A manete de potência controla a borboleta, com quantidade de ar admitido. A manete da mistura controla a quantidade de combustível na mistura. Essa correção deve ser aplicada de forma suave nas manetes, evitando comandos bruscos.





AERONAVES E MOTORES

13- SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

1- O sistema de combustível armazena e envia o combustível ao motor em quantidade e pressão ideal para o carburador ou sistema de injeção. Existem 2 tipos mais usados:

Alimentação por gravidade - Como os tanques estão mais altos do que o motor, o combustível escoa até ele. é o tipo mais simples e muito usado nas aeronaves de pequeno porte.

Alimentação por pressão - Nas aeronaves com asa baixa, que o tanque fica na mesma linha ou abaixo da linha do motor, uma bomba mecânica leva o combustível dos tanques para o motor, existe a bomba principal e a auxiliar, que é acionada por um motor elétrico. A bomba auxiliar é necessária durante a partida do motor e em caso de falha da bomba principal.

2- Os principais **componentes** do sistema de combustível são: bocal de abastecimento, suspiro, tanque, dreno, seletora, filtro, primer, bombas principal e elétrica e sistema de formação de mistura

3- Os tanques de combustível normalmente ficam dentro da asa, na parte superior fica o bocal de abastecimento. Os tanques possuem suspiros para permitir a ventilação através da entrada de ar para que a pressão no tanque seja similar a pressão

atmosférica, evitando o bloqueio do combustível no tanque.

4- O **Primer** é um injetor de combustível que facilita a partida do motor através de uma bomba manual ou elétrica que injeta combustível diretamente no coletor de admissão.



5- Normalmente o avião tem mais de um tanque de combustível, e o piloto pode selecionar o tanque ou até mesmo cortar o combustível através de uma **válvula seletora**. Geralmente a seletora possui 4 posições, left, right, both e off.



6- O sistema de combustível conta também com um **filtro**, que retém todo tipo de impurezas, é muito importante o piloto checar se o combustível está contaminado antes de cada voo, isso faz parte do check pré-voo

7- Se no combustível tiver água, ele estará contaminado, por isso é importante tomar cuidado ao parar a aeronave por longos períodos para que não entre água através da condensação do ar, contaminando o combustível.

8- O **liquidômetro** indica a quantidade de combustível disponível nos tanques. Existem diversos tipos, alguns elétricos e outros sistemas muito mais simples, usando apenas uma bóia que fica visível para o piloto durante o voo.

Durante o check pré-voo o piloto deve checar visualmente a quantidade de combustível disponível nos tanques.

9- A **bomba** principal é mecânica e acionada pelo motor do avião, fornecendo combustível sob pressão para o motor. A bomba auxiliar é elétrica e auxilia a bomba principal no funcionamento do sistema.

10- O combustível pode ser contaminado com sedimentos e partículas de água, porém isso é mais pesado do que o combustível, fazendo com que eles desçam até o fundo do tanque. Os **drenos** são instalados na parte inferior do tanque para ajudar na detecção em caso de contaminação do combustível quando o piloto drenar para análise.



AERONAVES E MOTORES

14 - COMBUSTÍVEL

1- A gasolina de aviação, AVGAS, é derivada do petróleo e é exclusiva para aviões a pistão, já o querosene de aviação é usado em motores a reação. O combustível de aviação deve ter elevado poder calorífico, capacidade de combustão completa em diversas condições atmosféricas, alta resistência à detonação, ação lubrificante e anticorrosivo.

As principais propriedades da gasolina de aviação são:

Volatilidade - Capacidade de vaporizar, tornar possível a partida em baixas temperaturas. Quanto mais volátil for o combustível mais rápida será a extração de calor e mais facilidade terá na partida do motor.

Poder calorífico - Quanto de calor uma quantidade de combustível libera com a queima.

Poder antidetonante - Capacidade de resistir à detonação, que é a ignição explosiva e descontrolada da mistura.

2- A queima da gasolina pode ser:

Normal - A queima acontece com a faísca da ver e a chama se propaga progressivamente.

Pré-ignição - Ocorre quando a combustão acontece antes do ideal porque existia algum ponto quente dentro do cilindro que

causou a combustão. Isso acarreta em um mau rendimento mecânico.

Detonação - Também conhecida como batida de pinos devido ao barulho que faz. As causas mais frequentes de detonação são superaquecimento do motor, octanagem baixa do combustível e compressão excessiva. Isso é prejudicial ao motor pois pode causar danos aos anéis de segmento, queima do óleo e perda de potência.

3- A gasolina é classificada pela sua octanagem, que é a capacidade da gasolina de resistir à detonação. Foi feito um índice para classificar o octano, o IO (índice de octano) é determinado pelo CFR (Cooperative Fuel Research), que é feito em 2 etapas:

Etapa 1 - O motor CFR começa a funcionar com a gasolina em teste, então a taxa de compressão é aumentada até o motor começar a bater pinos.

Etapa 2 - Com essa taxa de compressão o motor passa a ser alimentado com uma mistura de isoctano e heptano até que comece a bater pinos novamente. Essa porcentagem de octano será o índice de octano da gasolina que foi testada.

Para aumentar esse índice, a gasolina recebe um aditivo de chumbo tetraetila, conseguindo assim índices superiores a 100. A octanagem baixa nunca deve ser

usada e a alta pode ser usada por tempo limitado em caso de emergência.

4- O combustível é alimentado com uma mistura de isoctano e heptano. O isoctano é um hidrocarboneto muito resistente à detonação, e o heptano que também é um hidrocarboneto é muito detonável e por isso torna impossível o funcionamento do motor. Foi necessário atribuir o índice de octano 100 para o isoctano e zero para o heptano, portanto ao misturar esses dois hidrocarbonetos teremos um índice de octano intermedário conforme a mistura feita.

5- A mistura pobre é menos anti detonante que a rica, por isso o índice de octano é duplo. Se a gasolina tiver o índice 100/130 significa que 100 diz respeito ao índice de octano para mistura pobre e 130 para mistura rica.

6- Cuidado no abastecimento nunca é demais, deve ser feito em um lugar seguro, nunca dentro de um ambiente fechado, como o hangar. Deve ser proibido fumar próximo ao abastecimento e os interruptores elétricos devem estar desligados. Nunca se esqueça de verificar se a aeronave está calçada e se a aeronave está com o aterrramento para neutralizar a energia estática.

Um dos fios-terra do caminhão de abastecimento deve ser conectado a um ponto de aterrramento e o outro fio deve ser conectado à aeronave para evitar o centelhamento da eletricidade estática.



AERONAVES E MOTORES

15 - SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

1- A lubrificação é necessária para que as partes metálicas que ficam em contato criem menos atrito e para controlar a temperatura entre as peças, isso é feito com um óleo lubrificante para formar uma película entre essas peças aumentando a sua vida útil.

2- Para fazer a lubrificação existem 3 tipos de sistemas:

Por salpique - O óleo fica no fundo do cárter, e quando a biela desce bate no óleo espalhando para todos os lados lubrificando as peças do motor.

Por pressão - Através de uma bomba o óleo é enviado sob pressão para as partes do motor.

Mista - Algumas partes são lubrificadas por salpique e outras por pressão, é o sistema mais utilizado em motores convencionais.

3- O óleo lubrifica e ajuda no resfriamento do motor porque evita o atrito entre as peças que causa calor. Existe um mostrador no painel de instrumentos para que o piloto possa conferir constantemente a pressão e a temperatura do óleo. As principais propriedades do óleo são:

Viscosidade - É a resistência ao escoamento, o frio aumenta a viscosidade e o calor diminui a viscosidade, diminuindo a

lubrificação. A viscosidade é determinada pelo viscosímetro, um dos tipos é o de Saybolt. O óleo vem com uma classificação que pode ser a SAE que determina a viscosidade em ordem crescente, como SAE30, SAE40 e assim por diante, a letra "W" indica o uso indicado para inverno (SAE30W).

E ainda para comercialização de aviação, recebe a classificação de aviação indicada por números 65, 80, 100, 120 e 140, que correspondem exatamente ao dobro da classificação SAE.

Ponto de fulgor - É a temperatura em que o óleo inflama em contato com uma chama. O óleo deve ter um alto ponto de fulgor para operar em altas temperaturas.

Ponto de congelamento - É a temperatura em que o óleo deixa de escoar. O óleo deve ter um baixo ponto de congelamento para operar em baixas temperaturas.

Ponto de fluidez A menor temperatura que o óleo ainda escoa, O óleo deve ter baixo ponto de fluidez.

4- O óleo deve ser estável, não deve sofrer alterações, isso é a **estabilidade** do óleo.

5- Dependendo da superfície o óleo deve ser capaz de aderir à superfície, para isso ele deve ter uma boa **oleosidade**.

6- A ausência de acidez no óleo indicam a sua **neutralidade**, os ácidos corroem as peças por isso não são desejados.

7- O óleo pode melhorar sua característica adicionando **aditivos**:

Detergentes - Dissolve as impurezas que ficam na parte interna do motor.

Anti-oxidante - Reduz a oxidação melhorando a estabilidade.

Anti-espumantes - Evita a espuma provocada pela agitação do óleo.

Melhorador de índice de viscosidade - Impede que a viscosidade caia em altas temperaturas.

8- Os principais componentes do sistema de lubrificação são o reservatório, radiador, filtro, bomba, decantador e válvulas.

9- No sistema de salpique, que o óleo fica no cárter, ele é chamado de cárter molhado, e o outro tipo é o cárter seco, nesse o reservatório do óleo é separado do cárter. O check da quantidade de óleo deve ser feito toda vez durante o check pré-voo.

10- Conforme já vimos, o óleo tem um limite de temperatura para funcionar corretamente, para manter essa temperatura abaixo do limite existe o **radiador**, que recebe o vento da hélice e resfria o óleo que passa por ele, assim o óleo sai com uma temperatura menor e uma viscosidade maior. Antes do radiador existe um termostato que controla se o óleo vai ou não passar pelo radiador.

11- As bombas usadas para o sistema de lubrificação são do tipo engrenagem, existem 2 tipos principais:

Bomba de pressão - Envia o óleo sob pressão do reservatório para o motor.

Bomba de retorno - Envia o óleo que já circulou pelo motor para o reservatório.

12- O **filtro** é uma parte muito importante do sistema, cumprindo sua função principal de reter qualquer tipo de impurezas que causariam danos ao motor. O mais utilizado nos aviões de pequeno porte é o descartável, de tempos em tempos ele deve ser substituído, de acordo com o fabricante.

13- Depois que esse óleo circulou pelo motor, em alguns aviões ele vai para o **decantador**, nada mais é que um tanque que recolhe o óleo, depois ele passa pelo filtro e uma bomba envia ele de volta para o motor.

14- Para controlar o fluxo de óleo existem as válvulas, os tipos mais importantes são:

Válvula unidirecional - Ela controla o fluxo do óleo em um único sentido, impedindo seu retorno.

Válvula reguladora de pressão - Ela é instalada na linha de passagem do óleo, quando a pressão sobe muito essa válvula se abre e envia um pouco desse óleo de volta ao reservatório.

Válvula by-pass - Quando o filtro fica obstruído ele impede a passagem do óleo, então a válvula by-pass abre permitindo um caminho alternativo para esse óleo, mesmo sem estar filtrado, pois seria muito mais prejudicial não ter óleo passando pelo motor.

15- Para controlar o bom funcionamento do sistema de lubrificação o piloto conta com o **manômetro** do óleo, que mostra a pressão dentro do óleo em PSI e o seu funcionamento é baseado no tubo de Bourdon, o **termômetro** do óleo confere se a temperatura está dentro do permitido.

Sempre que o piloto for dar partida no motor o primeiro instrumento a ser observado é o

manômetro, pois ali o piloto vai conseguir identificar alguma falha no sistema, caso o indicador não indique aumento da pressão em 30 segundos o motor deve ser cortado.

No caso do termômetro, em caso de partida com o motor frio a temperatura pode levar alguns minutos para ficar na faixa verde do indicador.



AERONAVES E MOTORES

16- SISTEMA DE RESFRIAMENTO

1- O calor produzido pela queima da mistura pode ser prejudicial e causar danos às partes metálicas do motor, por isso é necessário que o motor seja arrefecido até uma certa temperatura pois abaixo dela o vapor de gasolina pode voltar ao estado líquido empobrecendo a mistura.

Para garantir esse arrefecimento existem alguns recursos que vamos ver agora.

4- É possível que o motor entre em superaquecimento caso esteja com alta potência, ou usando uma mistura muito pobre, ou ainda com uma velocidade muito baixa. Caso seja necessário empregar mais recursos para controlar a temperatura do motor, o piloto pode abrir os flaps de arrefecimento, reduzir a potência, usar mistura rica e iniciar uma descida com o avião.

2- No sistema de **resfriamento a líquido** os cilindros são resfriados com água ou etileno-glicol que circula pelo motor, esse líquido faz a transferência do calor e estabiliza a temperatura, é muito confiável e durável, mas o custo do sistema é alto e é um sistema pesado, por isso é pouco utilizado na aviação.

3- O resfriamento a ar é o mais utilizado por ser simples, leve e barato, porém o controle da temperatura é mais difícil, causando a diminuição da eficiência. As principais partes desse sistema são as alhetas que fazem a troca de calor dos cilindros com o ar, os defletores que aumentam o contato dos cilindros com o ar direcionando o fluxo e os cowl flaps que permitem que o piloto controle parte desse fluxo de ar, aumentando a área de saída do fluxo de ar para a parte de trás do capô do motor.



AERONAVES E MOTORES

16- SISTEMA DE RESFRIAMENTO

1- O calor produzido pela queima da mistura pode ser prejudicial e causar danos às partes metálicas do motor, por isso é necessário que o motor seja arrefecido até uma certa temperatura pois abaixo dela o vapor de gasolina pode voltar ao estado líquido empobrecendo a mistura.

Para garantir esse arrefecimento existem alguns recursos que vamos ver agora.

4- É possível que o motor entre em superaquecimento caso esteja com alta potência, ou usando uma mistura muito pobre, ou ainda com uma velocidade muito baixa. Caso seja necessário empregar mais recursos para controlar a temperatura do motor, o piloto pode abrir os flaps de arrefecimento, reduzir a potência, usar mistura rica e iniciar uma descida com o avião.

2- No sistema de **resfriamento a líquido** os cilindros são resfriados com água ou etileno-glicol que circula pelo motor, esse líquido faz a transferência do calor e estabiliza a temperatura, é muito confiável e durável, mas o custo do sistema é alto e é um sistema pesado, por isso é pouco utilizado na aviação.

3- O resfriamento a ar é o mais utilizado por ser simples, leve e barato, porém o controle da temperatura é mais difícil, causando a diminuição da eficiência. As principais partes desse sistema são as alhetas que fazem a troca de calor dos cilindros com o ar, os defletores que aumentam o contato dos cilindros com o ar direcionando o fluxo e os cowl flaps que permitem que o piloto controle parte desse fluxo de ar, aumentando a área de saída do fluxo de ar para a parte de trás do capô do motor.



AERONAVES E MOTORES

18- SISTEMA DE IGNIÇÃO

1- O sistema de ignição é o responsável pelas centelhas nas velas. Os componentes principais são magneto, velas, cabos, chave de ignição e distribuidor. O sistema é duplicado, no caso de cilindros horizontais opostos cada cilindro tem 2 velas e o magneto direito alimenta as velas superiores e o magneto esquerdo aumenta as velas inferiores. Esse sistema é independente do sistema elétrico e não precisa dele para funcionar.

2- O **magneto** é a fonte de eletricidade do sistema, é um alternador que usa um imã como fonte de energia e que induz a tensão alternada no rolamento primário da bobina. Ele produz uma alta voltagem que causa uma centelha nos eletrodos da vela. Os principais componentes são o imã, a bobina, o compensador e o platinado.

O magneto funciona da seguinte forma, um imã rotativo gira entre os dois polos do núcleo da bobina, fazendo a corrente elétrica fluir pela bobina primária. Nessa bobina primária é enrolada a secundária que transmite essa corrente numa voltagem maior.

A passagem da corrente da bobina primária para a secundária é feita quando o platinado se abre, interrompendo a circulação da corrente no primário, isso induz a mudança no sentido do fluxo induzindo um pulso de

corrente de alta voltagem provocando o centelhamento nas velas. Ao dar partida no motor, a rotação do magneto é insuficiente para gerar a faísca, para solucionar esse problema tem-se o acoplador de impulso ou vibrador.

3- O eixo de ressalto abre o platinado cortando a corrente, isso cria uma variação no campo magnético que faz a tensão no primário ir para centenas de volts. O enrolamento secundário eleva a tensão para mais de 10.000 volts, e isso gera a faísca.

4- Para distribuir a tensão aos cilindros existe o **distribuidor** que funciona como uma chave rotativa. O distribuidor gira na metade do tempo da velocidade do eixo de manivelas, a alta tensão da bobina secundária passa pelo distribuidor, que distribui isso na ordem correta para cada vela.

5- Cada magneto é conectado à chave de ignição por um fio, quando a chave está ligada o platinado funciona normalmente, quando a chave está desligada o platinado fica sem efeito porque a corrente é levada à terra. Alguns aviões possuem uma chave de liga/desliga para cada magneto. Em outras existe um switch separado para poder ligar e desligar cada magneto, fazer o teste de

cada magneto é muito importante antes de cada voo.

6- Existem 2 tipos de magnetos, o de alta e de baixa tensão, o de alta fornece alta tensão para as velas, e o de baixa tensão por ter apenas o enrolamento primário no núcleo precisa de uma bobina adicional para gerar a alta tensão, mesmo assim ele está sendo cada vez mais usado por ser mais confiável.

7- A **vela**, que produz a faísca dentro do cilindro, recebe a alta tensão da bobina por um eletrodo. Existem 2 tipos, a vela fria e a quente, a quente tem um longo caminho de transferência de calor, e a fria tem uma rápida transferência de calor, cada motor tem uma indicação de vela definida pelo fabricante.

Se as velas ficarem muito quentes elas podem gerar a pré-ignição e se ficarem muito frias podem ficar com óleo e carvão.

8- O distribuidor envia a tensão às velas pelos **cabos de ignição**, esses cabos protegem os fios através de um isolamento com blindagem.

9- A faísca pode ser gerada durante a partida do motor por duas formas:

Unidade de partida - É um vibrador que é alimentado pela bateria e fornece a tensão pulsava para a bobina.

Acoplamento de impulso - O magneto é acoplado ao motor por um sistema de mola que prende o rotor do magneto soltando em um tempo determinado, a mola dá um impulso ao rotor do magneto gerando a tensão para a faísca.

10- O cheque dos magnetos, já mencionado aqui, é feito para conferir o funcionamento individual deles. O piloto vai ajustar a potência de acordo com cada aeronave, desligar um magneto e observar uma pequena queda de potência, ligar novamente esse magneto e esperar a potência estabilizar, depois vai desligar o outro magneto e observar a pequena queda da potência, e religar esse magneto voltando a manete para a potência desejada.

Durante esse check deve ser analisado:

Se acontecer uma queda pequena de rotação quando desligar um dos magnetos, está dentro da normalidade porque você não vai ter mais 2 velas alimentando o cilindro.

Se acontecer uma queda grande na rotação quando desligar um dos magnetos, aí sim o sistema demonstra falha no magneto que está ligado.

Se não tiver queda na rotação pode estar com alguma falha na chave de ignição, mascarando uma possível falha de magneto.

11- A maioria das aeronaves a pistão tem o **starter**, que é um motor de partida elétrico alimentado pela bateria e acionado pela chave de ignição.



AERONAVES E MOTORES

19 - HÉLICES

1- A hélice transforma potência efetiva em potência útil, produzindo tração. Uma hélice tem duas ou mais pás com uma perfil semelhante ao das asas, cada pá tem estações que identificam o ângulo formado, a principal é a estação de referência.

A torção da pá vai diminuindo em direção à ponta, essa diferença existe porque a velocidade varia ao longo das estações, as pontas giram com muito mais velocidade.

2- As hélices normalmente são feitas de liga de alumínio, mas também existem as de madeira e plástico com fibras. As hélices são classificadas em passo fixo, ajustável e variável, a variável pode ser manual ou automática e as automáticas podem ser aeromáticas, hidromáticas ou elétricas.

3- A hélice de **passo fixo** tem a sua pá fixa, o ângulo de torção não varia. Ela acaba sendo eficiente somente em algumas condições de voo, para a qual foi projetada, porém tem baixo custo e é muito simples de operar.

4- A hélice de **passo ajustável** tem o ângulo variável, podendo ser ajustada apenas no solo, não pode ser ajustada em voo.

5- A hélice de **passo variável manual** pode ter o ângulo mudado em voo pelo piloto, podendo ter o passo mínimo ou máximo.

6- A hélice de **passo variável automático** pode ter o ângulo mudado automaticamente. Funciona com velocidade constante, tem um governador, que é encarregado de manter essa velocidade constante e é automática.

O governador controla o passo da hélice de acordo com a rotação do motor, se a rotação aumentar o passo também aumenta.

7- A hélice **hidromática** tem o passo controlável pela pressão do óleo lubrificante, é utilizado na maioria dos aviões.

8- A **hélice elétrica** é controlada por um governador elétrico variando o passo através desse motor.

9- O **passo bandeira** é usado em caso de falha do motor em voo, a hélice fica alinhada com o vento causando menos arrasto.

10- O **passo chato** é o que deixa a hélice com ângulo nulo, criando o máximo de arrasto.

11- O **passo reverso** é quando a hélice fica com ângulo negativo e a tração passa a ser invertida, ajudando a reduzir a distância de parada da aeronave.

12- A hélice avança uma distância a cada rotação, essa distância é o passo teórico, também conhecido como passo geométrico. O passo efetivo é a distância real que a hélice percorre considerando o escorregamento que sofre na atmosfera, e a distância que ela deixou de avançar é o recuo.



AERONAVES E MOTORES

20 - INSTRUMENTOS

1- Os instrumentos dão informações ao piloto relativas ao que acontece com o voo e com o avião. Existem aeronaves mais simples, usadas apenas em instrução para voos visuais, que tem pouquíssimos instrumentos, e aeronaves super modernas com diversos tipos de instrumentos. Basicamente existem 4 tipos básicos de instrumentos:

Navegação - Orientam a trajetória do voo.

De voo - Indicam as variáveis do voo.

Motor - Indicam o funcionamento do motor.

Do avião - Indicam o funcionamento dos sistemas do avião

2- Para o funcionamento dos instrumentos existem 3 categorias:

Sistema Pitot-estático - São os instrumentos que utilizam esse sistema para funcionarem, se baseiam na variação da pressão do ar, como o velocímetro, o altímetro e o climb.

Giroscópicos - Instrumentos que usam as propriedades giroscópicas como o inclinômetro, o horizonte artificial e o giro direcional.

Magnetismo - Instrumentos que usam o magnetismo da terra como referência.

3- O sistema **pitot-estático** é o responsável por captar as pressões estáticas e

dinâmicas para o altímetro, machímetro, climb e altímetro.

Em qualquer ponto da atmosfera é possível medir a pressão exercida sobre algo. A pressão estática é exercida sobre qualquer corpo parado ou em movimento. A pressão dinâmica é a pressão exercida sobre o corpo em movimento. A soma da pressão estática e dinâmica é a pressão total.

O Tubo de Pitot é o dispositivo que capta as pressões na parte externa da aeronave, normalmente instalado abaixo das asas.

4- Os **manômetros** servem para medir pressão e podem ser de:

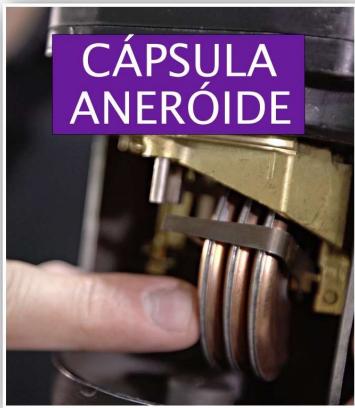
Pressão absoluta - Mede a pressão em relação ao vácuo, somente ficaria em "zero" no vácuo. O seu funcionamento se baseia na cápsula aneróide, ela é uma sanfona que expande ou achata de acordo com a pressão externa.

Pressão relativa.

5- O **altímetro** indica a altitude do avião, é um barômetro que usa a pressão estática em uma cápsula aneróide que é sensível à variação da pressão atmosférica e indica através de um ponteiro a altitude do avião.

Quando o avião sobe a pressão estática diminui e a cápsula aneróide se expande, e

quando desce a pressão atmosférica aumenta e a cápsula comprime, movimentando o ponteiro.



6- O **velocímetro** mede a velocidade do avião em relação ao ar, uma cápsula aneróide recebe a pressão total no seu interior vinda do Tubo de Pitot, e uma linha de pressão estática no seu exterior, as pressões estáticas interior e exterior se anulam sobrando apenas a pressão dinâmica que faz a cápsula se expandir, isso movimenta a agulha do mostrador do velocímetro indicando ao piloto a velocidade do avião.

7- O **climb**, também conhecido como variômetro ou indicador de subida, indica para o piloto quantos pés o avião está subindo ou descendo por minuto. Ele funciona da seguinte forma, se o avião descer a pressão atmosférica aumenta, e se subir a pressão diminui. Isso faz com que uma cápsula de pressão diferencial trabalhe de acordo com essa variação e movimente a agulha do mostrador do climb. Isso é expresso em pés por minuto, quando estiver em solo o mostrador marcará zero.

8- O **machímetro** indica a velocidade do avião em relação à velocidade do som. 1 Mach = 1 vez a velocidade do som, Mach

$0,8 = 0,8$ vezes a velocidade do som.

9- O **manômetro de pressão relativa** trabalha com a pressão ambiente, é um tubo de Bourdon, metálico, achatado e aberto em uma das extremidades que se abre quando a pressão no seu interior aumenta.

10- Os **termômetros** podem ser do tipo:

Elétrico - Normalmente usado para medir a temperatura do ar externo, funciona com uma resistência que varia conforme a temperatura do ar.

Pressão de vapor - Normalmente usado para medir a temperatura do óleo, funciona com um bulbo que fica dentro de um líquido que aumenta a pressão com a temperatura é ligado a um tubo de Bourdon com manômetro que indica a temperatura.

Termoelétrico - Usado para medir altas temperaturas como a da cabeça do cilindro, funciona com dois metais que ficam em contato que geram força eletromotriz com o calor.

11- Alguns instrumentos usam propriedades do giroscópio para funcionarem, como o horizonte artificial e o giro direcional. O giroscópio tem uma base, um rotor e suportes circulares, é uma roda que gira em torno do seu eixo em diversas direções, quando o rotor do giroscópio gira então a sua rigidez mantém seu alinhamento inicial independente da direção do movimento, isso faz com que ele permaneça estável.

12- A **rigidez giroscópica** serve de base para diversos instrumentos a bordo porque é uma roda girante que mantém a sua posição fixada independente do movimento do ambiente que ele está.

13- A **precessão** é outra propriedade do giroscópio que serve de base para os

instrumentos, o rotor dele sempre trabalha reagindo à força aplicada, se girarmos o rotor ele vai girar o seu eixo no plano perpendicular.

14- Os instrumentos giroscópicos a bordo são o giro direcional, o horizonte artificial e o indicador de curva.

15- O **giro direcional** auxilia o piloto a manter a proa magnética, é mais fácil de visualizar a posição da aeronave do que a bússola.

16- O **horizonte artificial** mostra a atitude que o avião está em relação ao solo, se está com o nariz para cima ou para baixo, é um instrumento muito usado em voo por instrumento pois reproduz o horizonte e como o avião está em relação a ele, se está com o nariz pra cima, pra baixo, se está fazendo curvas, etc.

17- O conjunto completo que fornece orientação para o piloto manobrar e navegar é o **sistema diretor de voo**, que é mais moderno do que os instrumentos giroscópicos, como o ADI e o HSI.

18- **ADI** - Attitude Director Indicator, é um indicador diretor de atitude que é o horizonte artificial mais moderno, com um indicador de curvas integrado.

19- **HSI** - Horizontal Situation Indicator, é um indicador de situação horizontal que é o giro direcional mais moderno ajudando o piloto acusando desvio de rumo.

20- O **inclinômetro**, também conhecido como turn coordinator é um tubo transparente com querosene dentro e uma bolinha pesada que indica a correta

inclinação da curva, se a bolinha “espirrar” para um dos lados, saindo do centro, o piloto precisa aplicar o pedal para fazer a curva mais coordenada e centralizar a bolinha.

21- Para fazer a navegação o piloto precisa de um **cronômetro**, que é instalado em todas as aeronaves.

22- O **tacômetro** indica a rotação do eixo de manivelas, seu indicador é em RPM (rotações por minuto). E podem ser mecânico ou elétrico.

23- O **torquímetro** indica o torque que o motor entrega, mas não são todas as aeronaves de pequeno porte que tem esse instrumento no painel.

24- A **bússola** indica a proa magnética do avião, que é o ângulo entre o norte magnético e o eixo longitudinal do avião, esse instrumentos está presente em todas as aeronaves. Funciona com os imãs da agulha que tendem a se alinhar com o campo magnético da terra. Existem dois tipos:

Magnética- É uma caixa transparente com querosene dentro e um mostrador com escala circular chamado de limbo que aponta o norte magnético através de um imã que tem essa propriedade.

Leitura remota- O sensor magnético dessa bússola fica na ponta da asa e os sinais são processados por um transmissor que envia para o indicador no painel de instrumentos. Ele tem esse processo porque assim o sensor fica livre de erros causados por campos magnéticos ilegítimos.

25- **Fluxômetro** é um indicador de consumo horário do motor que fica instalado na tubulação do combustível.

26- O **radioaltímetro** indica a altura em relação ao solo. É uma antena que envia um sinal para o solo e o sinal é refletido e processado por outra antena, o tempo decorrido entre enviar e receber novamente esse sinal é processado e convertido em altura para o instrumento.

27- Diversos instrumentos possuem **faixas** coloridas, verde, amarela e vermelha para indicar a condição de funcionamento do sistema. A verde indica condição normal, a amarela é um alerta e a vermelha significa limite excedido.

28- Para acionar todos os instrumentos elétricos que se baseiam no sistema Pitot-estático existe o **CADC** (Central Air Data Computer), que existe nos aviões mais completos.





AERONAVES E MOTORES

21- SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA FOGO

1- O sistema de proteção contra fogo é muito relativo a cada aeronave, podendo ter um único extintor para esse fim a bordo ou então diversos sistemas e extintores diversos, espalhados para esse fim.

O **sistema de detecção** de superaquecimento, como já dito não faz parte de todas aeronaves, são detetores de calor instalados em pontos estratégicos que acionam um alarme sonoro e visual na cabine de comando.

O **sistema de extinção** de fogo conta com uma ou mais garrafas instaladas em pontos estratégicos para poderem atuar caso sejam comandadas pelo piloto.

2- Caso o fogo ocorra no solo, existem extintores que podem ser usados para ajudar no combate, ou até mesmo o serviço de bombeiros que ficam de prontidão nos aeroportos.

3- O fogo é formado por 3 elementos, conhecidos como triângulo do fogo:

Combustível - É o material que queima, qualquer material que possa pegar fogo.

Comburente - É o oxigênio.

Calor - É o que dá início ao fogo.

Fora o triângulo do fogo pode ainda existe a

reação em cadeia, que é o desprendimento de vapores combustíveis que vai gerando essa combustão resultante.

4- O **ponto de fulgor** é a temperatura em que o líquido produz vapores inflamáveis mas o fogo só ocorre quando em contato com uma fonte de calor e o oxigênio.

5- O **ponto de combustão** é a temperatura que o líquido libera vapores inflamáveis e se inflamam quando entram em contato com uma chama, e mesmo se retirar a chama o fogo não apaga pois a própria liberação dos vapores consegue manter o fogo acesso.

6- O **ponto de inflamação** é quando o líquido se inflama espontaneamente, apenas em contato. Com o oxigênio, sem precisar de uma fonte de calor.

7- Para extinguir o fogo basta retirar um dos seus 3 elementos, o combustível, o comburente ou o calor, assim o fogo deixara de existir. Para isso podemos usar os métodos:

Abaflamento - Isolar o material do oxigênio, como por exemplo usando o extintor de espuma ou pó-seco, que vai criar uma

camada entre o material e o oxigênio. Usando um pano também é possível criar essa barreira, batendo no material com o pano. Até mesmo se for uma pessoa simplesmente rolar no chão, também criando essa barreira.

Resfriamento - Isolar o material do calor, como por exemplo usando água para esfriar o material.

8- Os incêndios recebem uma classificação pelas características do seu material. É importante saber classificar o material para que possa usar o método de combate adequado, são 4 **classes** de incêndio:

Classe A - Materiais que deixam cinza, materiais sólidos como o papel, a madeira, a espuma, o tecido, etc.

Classe B - Líquidos inflamáveis como a gasolina, o óleo, etc.

Classe C - Materiais elétricos, como os fios ou qualquer outro material energizado.

Classe D - Metais como magnésio e o alumínio.

9- Como dissemos, para que o fogo exista ele precisa de 3 elementos, o combustível, o comburente e o calor. Portanto para apagar o fogo podemos usar os métodos de:

Isolamento - É o mais simples deles, basta isolar o material combustível de tudo ao redor.

Abafamento - É o isolamento do oxigênio.

Resfriamento - É a diminuição da temperatura.

Extinção química - Para o caso de fogo de reação em cadeia.

10- Para combater o fogo com extintor é preciso saber exatamente qual usar, caso contrário você pode aumentar ainda mais o fogo ou mesmo se ferir gravemente. Os agentes **extintores** mais usados são:

Água - Como já dito, apaga o fogo por

refriamento, ela isola o material do calor. Usada para classe A de incêndio. Não pode ser usada nas outras classes, apenas na classe A de incêndio.

Espuma - Apaga o fogo por abafamento, ela isola o material do oxigênio. Usada para classe B de incêndio, não pode ser usada em classe C por conter água na sua composição.

Pó químico - Apaga o fogo por abafamento, ela isola o material do oxigênio. Usado para classes B e C de incêndio. Como o pó não conduz eletricidade ele é recomendado como método seguro para a classe C, porém ele é corrosivo então poderá danificar os equipamentos.

Pó seco - Apaga o fogo por abafamento, ele isola o material do oxigênio. Usado para classe D.

Halon - Apaga o fogo por abafamento, indicado para classe C.

11- Caso o fogo ocorra no **motor em voo**, e esse motor não seja equipado com garrafa extintora, você deve proceder de acordo com o manual de operações. A ação provável é que você corte a alimentação de combustível, desligue o sistema de ignição e assim deixe o ar de impacto atuar, ajudando nesse combate. Caso o avião seja de passo variável, a hélice deve ser embandeirada antes de efetuar essas ações.

Um dos piores erros do piloto ao desligar o motor do avião é se descuidar da velocidade, tentando voar pela maior distância possível, evitando do avião descer, e deixar o avião entrar em stall. Diversos acidentes poderiam ter sido evitados se o piloto se atentasse ao velocímetro.



AERONAVES E MOTORES

22 - OUTROS SISTEMAS

1- Quando a temperatura estiver abaixo de zero poderá formar **gelo** sobre o avião, como por exemplo no bordo de ataque das asas e da empenagem, alterando o perfil aerodinâmico, diminuindo a sustentação, aumentando o consumo e consequentemente afetando o voo. Para corrigir isso pode-se adotar o sistema térmico que circula ar quente nessas superfícies ou ainda o sistema pneumático que são botas que se inflam quebrando o gelo.

Outro lugar que o gelo pode se formar é na hélice, também alterando o perfil aerodinâmico causando o desbalanceamento. Para combater isso pode-se adotar a resistência elétrica aquecendo a superfície ou ainda aplicando líquido anticongelante.

Em caso de gelo no pára-brisas, existe uma resistência elétrica para aquecimento e derretimento desse gelo.

O gelo no carburador é solucionado com ar quente, e no tubo de pitot com resistência elétrica.

2- O ar da cabine pode ser aquecido através do **sistema de calefação**, o ar é aquecido através dos gases de escapamento ou do ar dos compressores.

3- Já para resfriar o ar da cabine é usado o

sistema de refrigeração que faz parte do sistema de ar condicionado. Existem dois tipos:

Por ciclo a vapor - É refrigerado pela evaporização de freon, como o das geladeiras.

Por ciclo a ar - Aproveita o ar comprimido do motor.

4- O **sistema de pressurização** mantém a pressão adequada para os ocupantes do avião em altitudes elevadas, voar em uma altitude maior tem benefícios como menos consumo de combustível, melhor performance e voar em uma camada com menos camadas de nuvens. E a diferença da pressão interna da cabine e da externa é a **pressão diferencial**.

A cabine é pressurizada através de um compressor que envia o ar sob pressão para dentro da cabine e a outflow valve, que é uma válvula de vazão controla a quantidade de ar que deve sair da cabine para ficar de acordo com o ideal.

5- O **sistema de ar condicionado** compreende a pressurização, a calefação e a refrigeração.

6- Alguns sistemas do avião são acionados

por ar sob pressão, pelo **sistema pneumático**, nesse sistema o ar é compressível e acumula energia em toda a sua tubulação. Uma das suas facilidades é não precisar de linha de retorno, pois o ar é expelido após o uso.

Para esse sistema é necessário um compressor, um separador de água para não prejudicar as peças do sistema, um reservatório que regula a pressão, um atuador que executa a mecânica do sistema e uma haste móvel.

7- Em altitudes elevadas é necessário que exista um sistema de oxigênio, que contém o cilindro, o regulador e a máscara. O regulador serve para a seleção do tipo de fluxo que pode ser contínuo, por demanda ou 100% oxigênio. Esse sistema pode ser fixo ou portátil.

8- O **sistema de iluminação** é obrigatório e padrão em todas as aeronaves, algumas com algumas luzes a mais mas sempre no mesmo padrão. Existem as de navegação, anti-colisão e foróis.

Luzes de navegação - Serve para a visualização da trajetória da aeronave, na ponta da asa esquerda tem uma luz vermelha, na ponta da asa direita uma luz verde, na cauda da aeronave uma luz branca.

Luzes anti-colisão - Podem ser estroboscópicas ou rotativas vermelhas, servem para chamar atenção de quem estiver por perto.

Faróis - Temos o farol de pouso e de táxi, que auxiliam o piloto iluminando a pista.

Obviamente uma aeronave de pequeno porte, homologada para voos visuais não necessita dessas luzes.

9- O **piloto automático**, presente na maioria dos aviões o piloto automático auxilia o piloto para diminuir sua carga de trabalho durante o voo, o sistema é composto por um controlador que fica no painel de controle onde o piloto seleciona o que deseja, o amplificador que verifica a conformidade das informações, um sensor envia os sinais para o amplificador e um servo-atuador que executa o comando.



AERONAVES E MOTORES

23 - INSPEÇÕES E MANUTENÇÕES

1- A manutenção é obrigatória para manter a aeronave e seus ocupantes seguros. Existem dois tipos de manutenção, a **preventiva** que previne qualquer falha, e é realizada de acordo com as horas determinadas para tal. Ou ainda a **corretiva**, que corrige problemas que já surgiram.

2- Antes de todo voo o piloto deve fazer uma inspeção, para detectar possíveis anormalidades, essa inspeção é a **inspeção pré-voo**, que o piloto aprende a fazer desde o seu primeiro voo no aeroclube e continua fazendo durante toda a sua profissão. Existe um check list com todos os ítems que o piloto deve checar antes do voo.

3- A **inspeção periódica** faz parte da inspeção preventiva, é uma manutenção programada de tempos em tempos, de acordo com o fabricante, o mecânico analisa todo o motor, os acessórios, os componentes, analisando cada parte e verificando se necessita de alguma troca.

4- Algumas superfícies e componentes estão sujeitos à fadiga, causando pequenas rachaduras, essa detecção é feita através de:

Magnaflux - A peça é magnetizada e então

recebe um líquido com partículas ferrosas que se juntam às rachaduras e assim é possível enxergar onde elas estão, é o método mais utilizado para detectar rachaduras em peças ferrosas.

Líquido penetrante - Ao invés de partículas ferrosas, a rachadura fica visível porque esse líquido é de alta visibilidade, e penetra essa rachadura.

Zyglo - Aqui, o líquido é fluorescente e brilha com uma lâmpada fluorescente.

Raio-x - São aparelhos de ultrasom que refletem as rachaduras.

5- Para padronizar as tubulações usadas no avião, existe um código de cores para cada tipo delas, isso ajuda a facilitar na hora da manutenção e identificação. Algumas dessas cores são:

Vermelha - Gasolina
 Amarela - Óleo lubrificante
 Marrom - Extintor de fogo
 Verde - Oxigênio
 Azul/Amarela - Óleo hidráulico

6- As documentações requeridas a bordo são:

Certificado e matrícula e aeronavegabilidade
Manual e lista de verificação
Diário de bordo

NSCA 3-13

Essa próxima lista exclui as aeronaves que operam RBAC 121 ou 135

Apólice de seguro**Licença de estação****Ficha de inspeção anual de manutenção****FIAM**

8- O **diário de bordo** é um livro de todo tipo de registro a bordo, ali deve constar qualquer ocorrência que teve a bordo, bem como a jornada dos tripulantes, é obrigatório ter um diário de bordo dentro do avião e deve estar assinado pelo comandante do voo.

7- Existe uma lista com os equipamentos mínimos que devem estar operando a bordo, é a **MEL** (Minimum Equipment List). Se algum equipamento estiver inoperante o piloto deve checar na MEL se pode realizar o voo sem esse equipamento e quais são as observações para esse caso.



AERONAVES E MOTORES

24 - MOTORES A REAÇÃO

1- Os motores a reação se baseiam na lei de Newton, ação e reação. Os componentes básicos de um motor a jato são:

Duto de admissão - É o bocal de entrada do ar, ele ordena esse fluxo de ar na entrada.

Compressor - Comprime o ar admitido e é acionado pela turbina.

Câmara de combustão - Onde a queima ocorre.

Bico injetor - Recebe o combustível e pulveriza na câmara de combustão.

Turbina - É por onde passam os gases queimados, fazendo com que essa turbina gire e através dela gire também o compressor.

Bocal propulsor - Aumenta a velocidade dos gases e corrige o fluxo do ar.

2- No caso do motor **turbo-hélice** é basicamente um motor a reação equipado com um hélice, a rotação da hélice corresponde em média a 90% da tração total e apenas 10% correspondem aos gases de escapamento.

3- O motor **turbofan** é um turbojato com um fan, que ajuda a movimentar uma massa de ar maior que no turbojato, e consequentemente gera maior tração e menor consumo. O fluxo de ar frio que vem do fan envolve o ar quente do núcleo, isso torna o motor mais silencioso.