

2022-1
DIURNO



Aula 03

Conhecimentos Técnicos sobre Aviões

ESTS002-17: AERONÁUTICA I-A (AVIÕES)

Fernando Madeira

Roteiro da Aula

- Trem de Pouso
- Sistema Hidráulico
- Motores Térmicos - Noções gerais
- Anexo: Familiarização e Cultura Aeronáutica
 - RMK/Ciente MET/AIS pela internet

Capa: <http://www.airliners.net/photo/Breezy-RLU-1/1476347/L/>
Picture of the Breezy RLU-1 aircraft

Capa: Tim de GrootSeguir
Boeing 747 landing gear

A China Airlines Boeing 747-400 during its takeoff run on a wet runway. You can see why airplane tires have grooves - to get rid of the moisture

<https://www.flickr.com/photos/timdegroot/3042006578>

TREM DE POUSO

(LANDING GEAR)

Trem de pouso é o sistema concebido para suportar o avião sobre a superfície (solo ou água). As principais funções do trem de pouso são:

- Absorção dos impactos do pouso e do taxi
- Fornecer capacidade de frenagem.
- Permitir o reboque (*towing*) do avião.
- Manobra no solo (*ground maneuver*):



- ✓ taxi
- ✓ corrida de decolagem (*take-off roll*)
- ✓ corrida de pouso (*landing roll*)
- ✓ *steering*



<https://cockpitbuilderswebstore.com/product/tiller-mechanism/>

CONHECIMENTOS TÉCNICOS SOBRE



<https://www.youtube.com/watch?v=aJVO2taN3Ig>



<https://www.planespotters.net/photo/424582/ph-bxc-klm-royal-dutch-airlines-boeing-737-8k2wl>

CONHECIMENTOS TÉCNICOS SOBRE AVIÕES



<https://www.flickr.com/photos/timdegroot/3028858143/sizes/c/>

ALGUMAS CLASSIFICAÇÕES

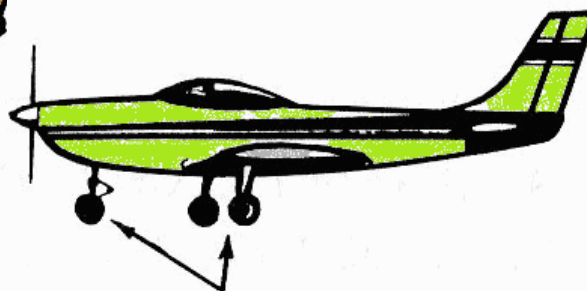
➤ QUANTO AO MEIO DE OPERAÇÃO



FLUTUADORES

**HIDROPLANO
ou HIDROAVIÃO**

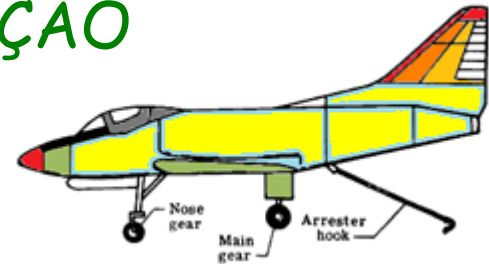
FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1



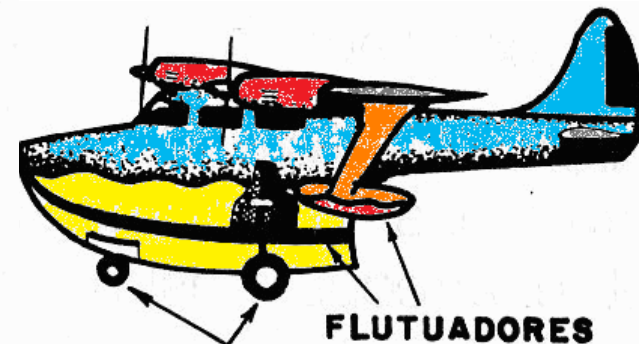
TREM DE POUSO

AVIÃO TERRESTRE

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1



AVIÃO BASEADO EM PORTA AVIÕES



**TREM ESTENDIDO PARA POUSAR
EM TERRA**

AVIÃO ANFÍBIO

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

ALGUMAS CLASSIFICAÇÕES

➤ QUANTO À DISTÂNCIA DE POUSO E DECOLAGEM

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



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



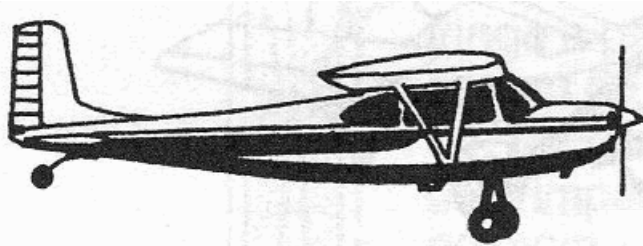
CTOL (Conventional Take-off and Landing ou Decolagem e Pouso Convencionais)



FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

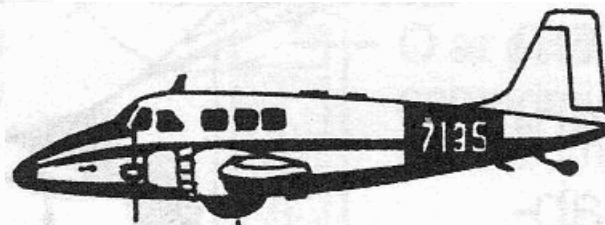
ALGUMAS CLASSIFICAÇÕES

➤ QUANTO À MOBILIDADE



Trem de Pouso Fixo

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1



Trem Retrátil

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1



Trem de Pouso Escamoteável

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

"...cheque trem, chame torre em..."

"...biqe checado, livre pouso..."

"...na final, baixado e travado"

"...passou marcador externo, baixado e travado"

"...de base para final, trem fixo"

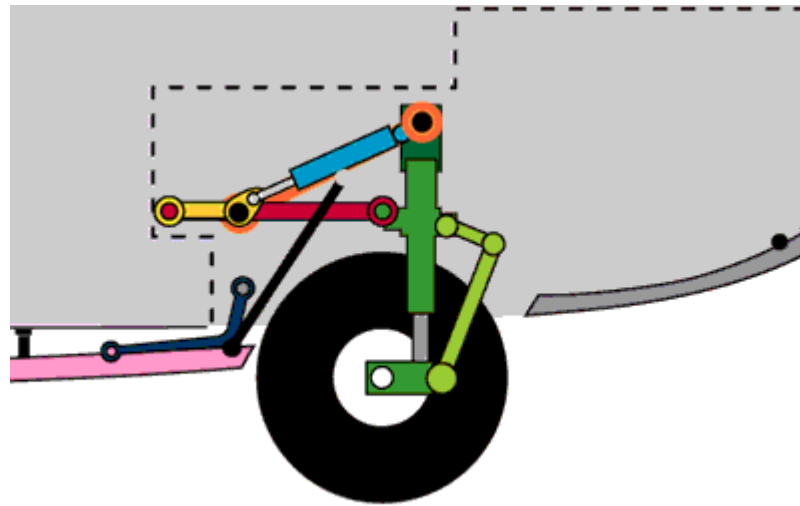
"...trem encima ainda"

ALGUMAS CLASSIFICAÇÕES

➤ QUANTO À MOBILIDADE



CONHECIMENTOS TÉCNICOS SOBRE AVIÕES



ALGUMAS CLASSIFICAÇÕES



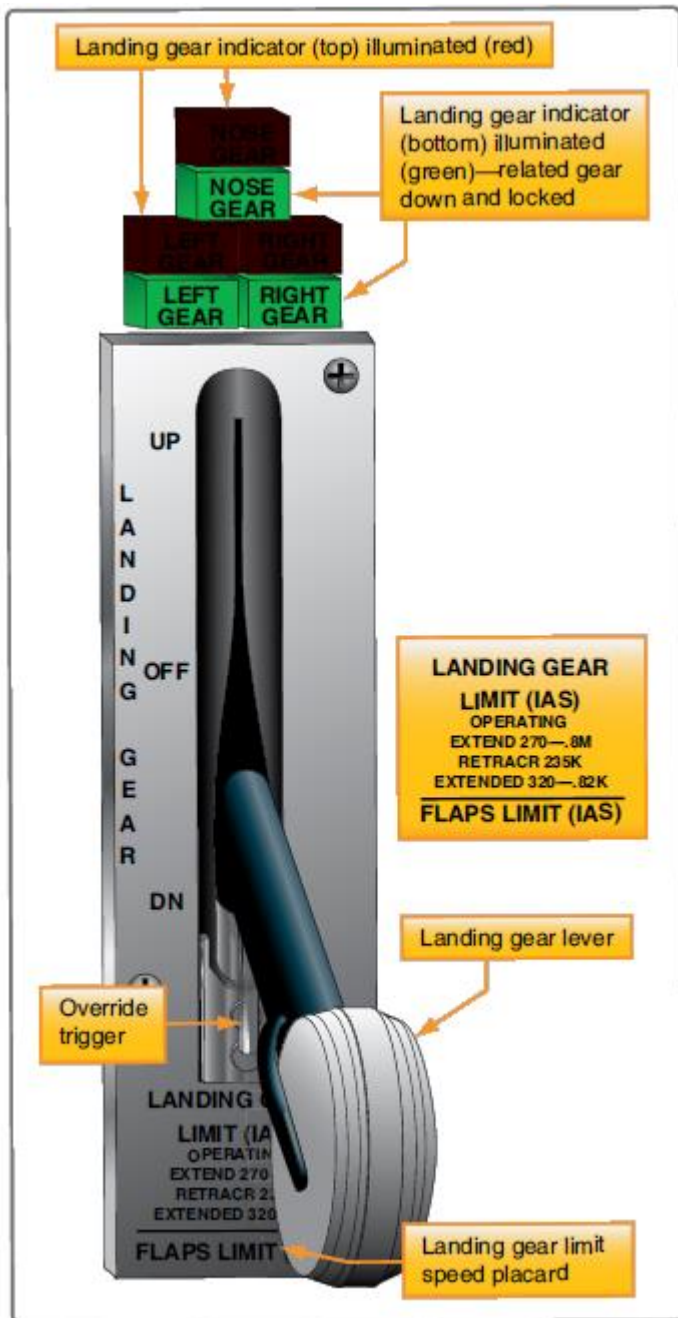
<http://www2.tech.purdue.edu/at/courses/aem/>



<http://www.123gold.com/flight401/>

ALGUMAS CLASSIFICAÇÕES





Landing gear selector panels with position indicator lights. The Boeing 737 panel illuminates red lights above the green lights when the gear is in transit.

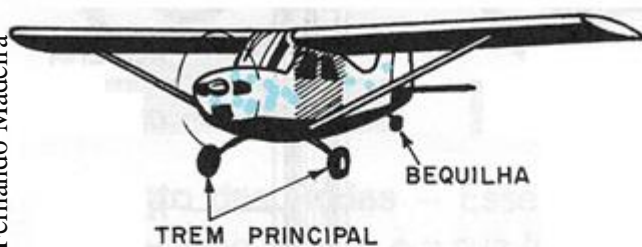


Gear pin ground lock devices.

FAA-H-8083-31 Aviation
 Maintenance Technician Handbook-
 Airframe Volume 2, 2012

ALGUMAS CLASSIFICAÇÕES

➤ QUANTO A DISPOSIÇÃO DAS RODAS

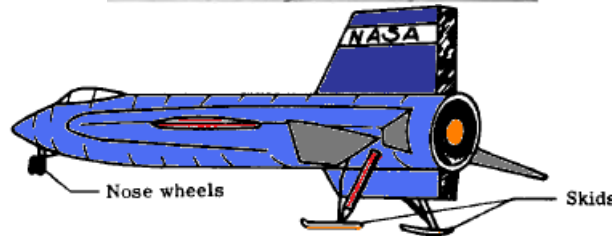


Trem de Pouso Convencional

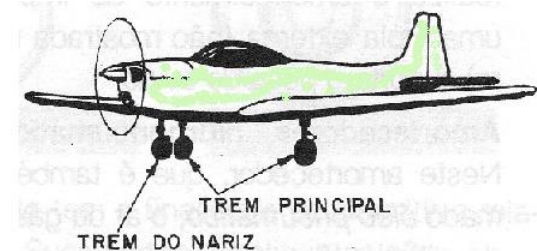


Conventional gear – tail wheel, two main wheels.

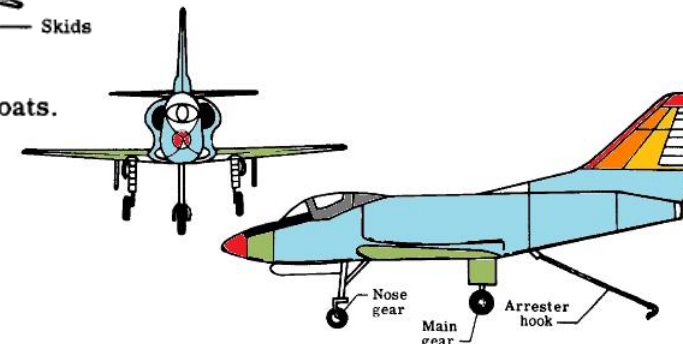
FIGURA EXTRAÍDA RA REF 3.2



Unconventional gear – skis, skids, or floats.



Trem de Pouso Triciclo



Tricycle gear – nose wheel, two main wheels.

Trem de Pouso de Mola:

- É o tipo mais simples
- Lâmina ou tubo de aço flexível que atua como mola, absorvendo o impacto do pouso.
- A mola não amortece o impacto

✓ Não dissipa energia
✓ Devolve a energia ao avião

- Avião salta de volta ao ar ("pouso boeing")
- Necessário fazer um pouso cuidadoso e suave ("pouso manteiga")

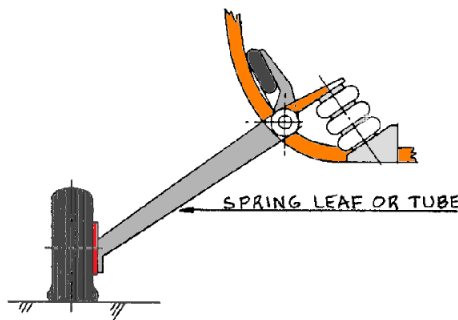


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.3



FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

Trem de Pouso Rígido e Articulado:

- O amortecimento é realizado por grossos aros de borracha.
- Durante o pouso o trem abre-se para os lados, esticando os aros de borracha, absorvendo o impacto.
- Os amortecedores de borracha podem ter a forma de discos ou cordas => Obsoletos.

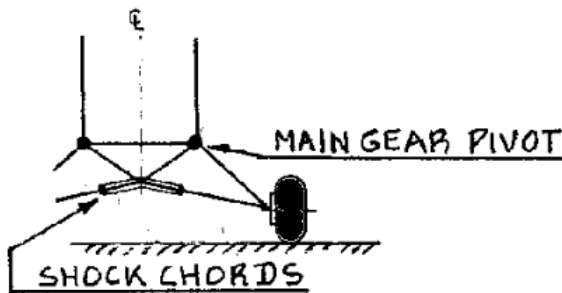
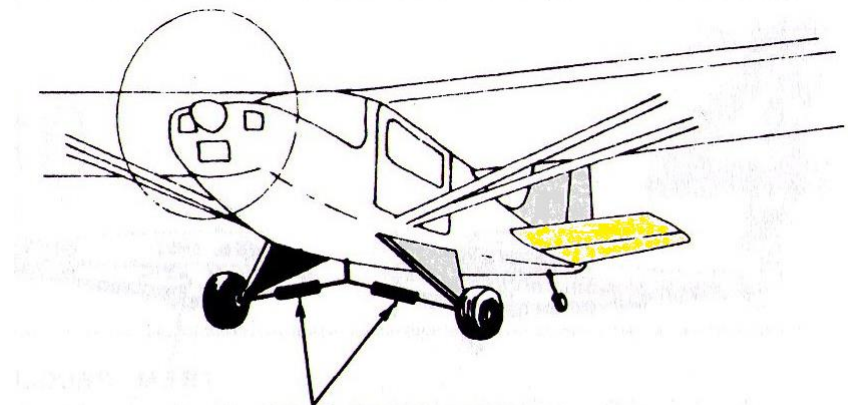


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.3



AROS DE BORRACHA

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

Trem de Pouso: Amortecedores (Shock Absorbing Devices)

Amortecedores Hidráulicos (Liquid Springs)

- Constituído por um pistão que desliza dentro de um cilindro contendo fluido oleoso.
- Esse fluido realiza o amortecimento do impacto e um feixe de molas externo suporta o peso do avião.
- Quando o avião toca o solo, a carga da roda move o pistão no cilindro forçando o óleo através de um pequeno orifício.
- O fluxo de óleo através desse orifício encontra resistência e com isso se dá a absorção da carga na roda.

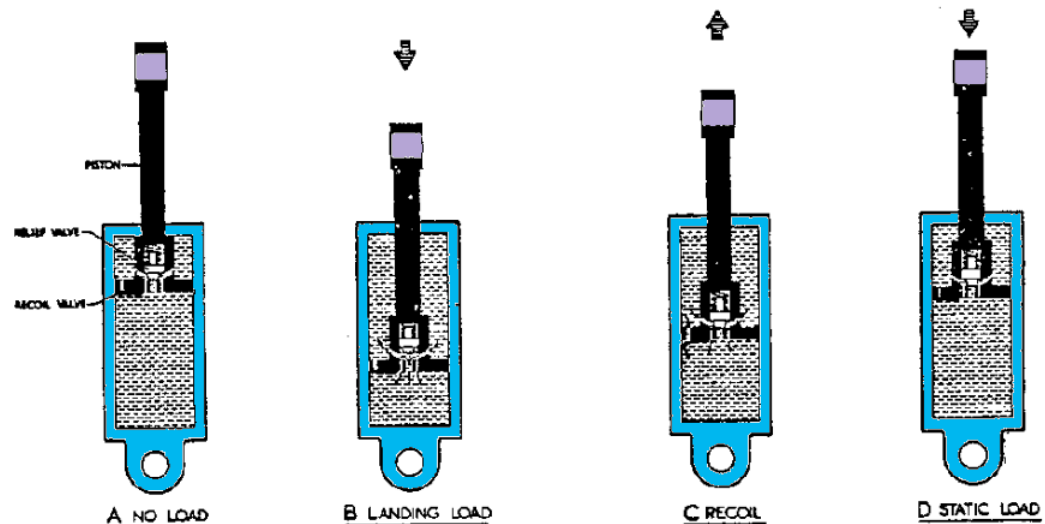
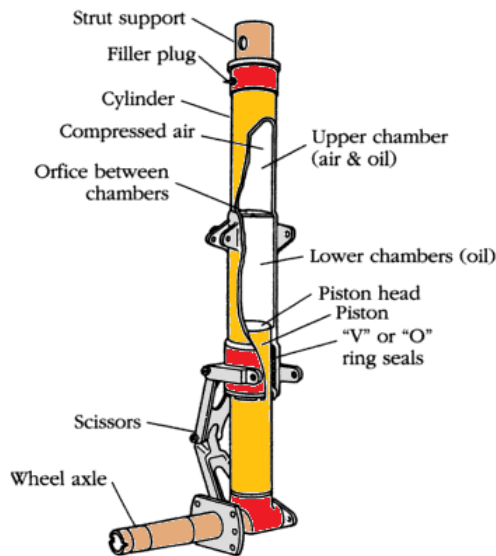


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.3

Trem de Pouso: Amortecedores (Shock Absorbing Devices)

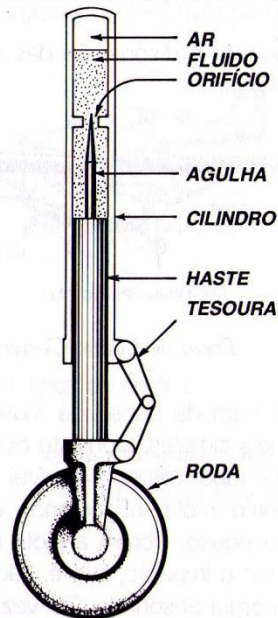
Amortecedores Hidropneumáticos (Oleo-Pneumatics)

- Ar ou gás dentro do cilindro é comprimido a uma pressão suficientemente elevada para suportar o peso do avião.
- O amortecimento é eficaz e evita o salto do avião, mesmo em pousos duros.



Basic landing gear shock (oleo) strut assembly.

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.4



Partes Principais de um Amortecedor Hidropneumático

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

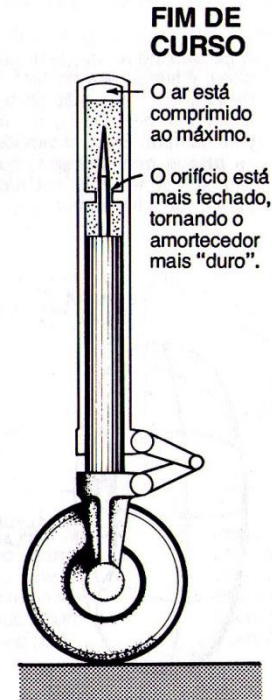
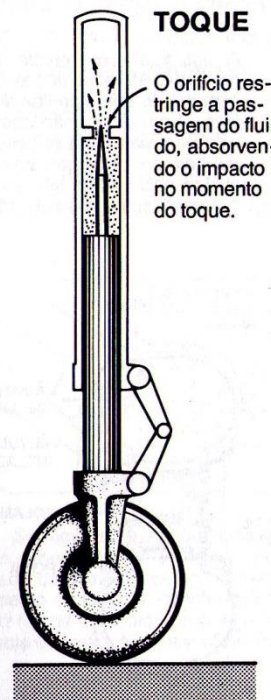


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1



Trem de Pouso: Conjunto de Rodas

Rodagem do avião

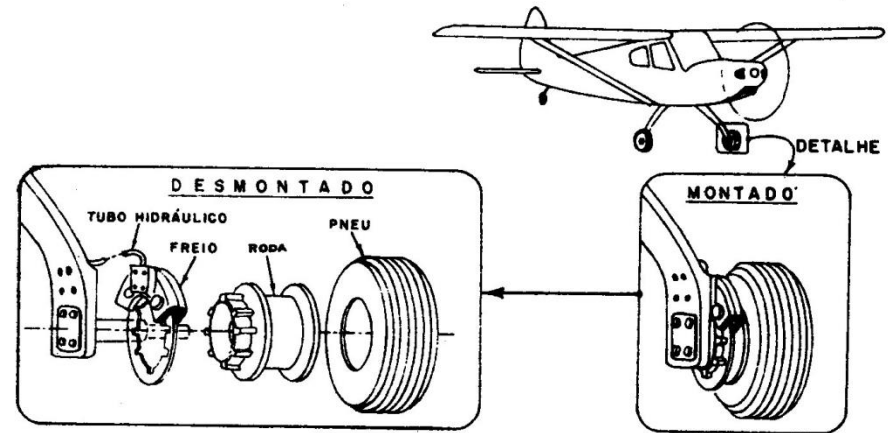
Frenagem

Partes
constituintes:

Pneu

Roda

Freio



Trem de Pouso: Pneus

Alta Pressão

- Aviões com trem de pouso retráteis
- Obsoletos => Substituídos pelos Extra Alta Pressão
- Pistas duras: asfalto, concreto

Baixa Pressão

- Aviões com trem de pouso fixo
- Pistas macias: terra, grama

Baixo Perfil

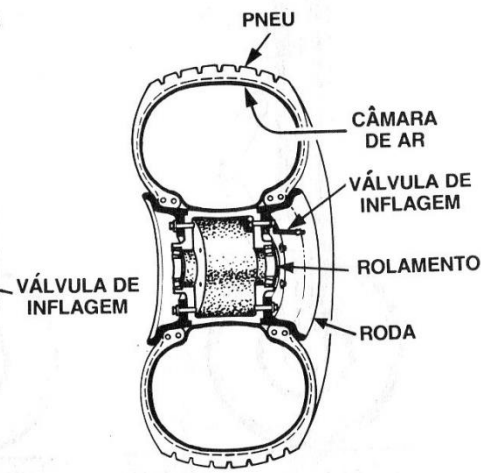
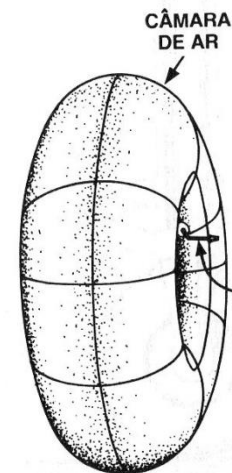
- Trem de pouso de nariz

Extra Alta Pressão

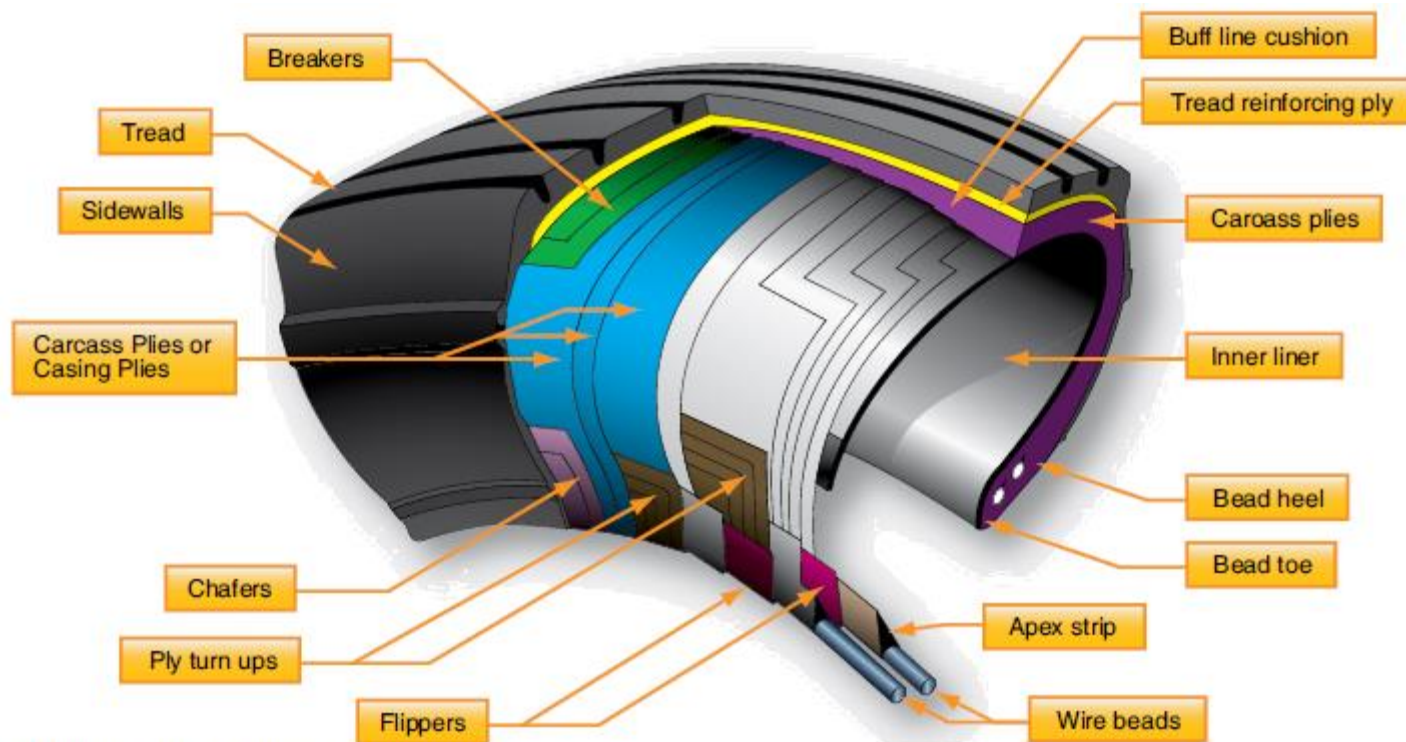
- Jatos e turbo hélices civis e militares

Baixo Perfil Alta Pressão

- Utilizado em altas velocidades de decolagem.



CONHECIMENTOS TÉCNICOS SOBRE AVIÕES



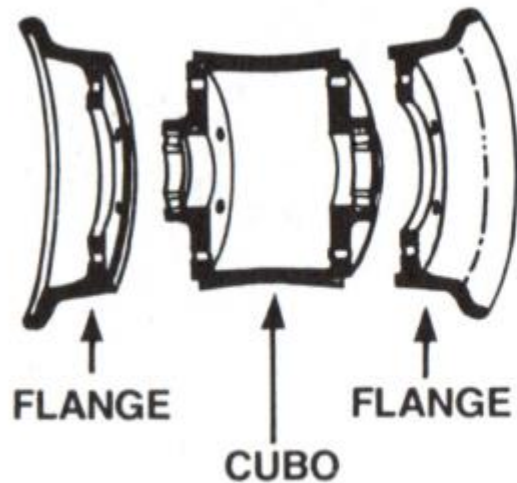
Construction nomenclature of an aircraft tire.



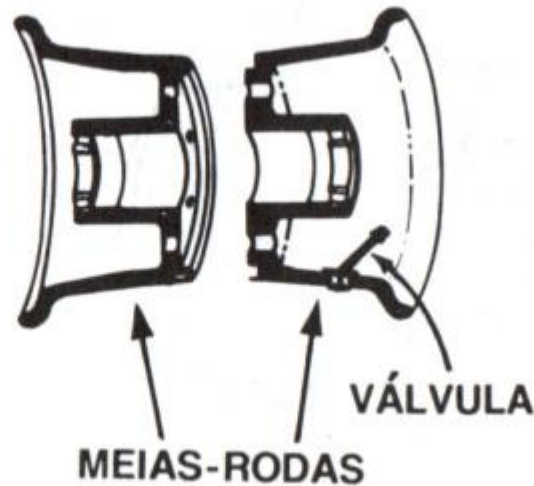
Aircraft tire treads are designed for different uses. A is a rib tread designed for use on paved surfaces. It is the most common aircraft tire tread design. B is a diamond tread designed for unpaved runways. C is an all weather tread that combines a ribbed center tread with a diamond tread pattern of the edges. D is a smooth tread tire found on older, slow aircraft without brakes designed for stopping. E is a chine tire used on the nose gear of aircraft with fuselage mounted jet engines to deflect runway water away from the engine intake(s).

Trem de Pouso: Tipos Básicos de Construção de Rodas

“Flanges Independentes”



“Meias-Rodas”



“Cubo-e-Flange”

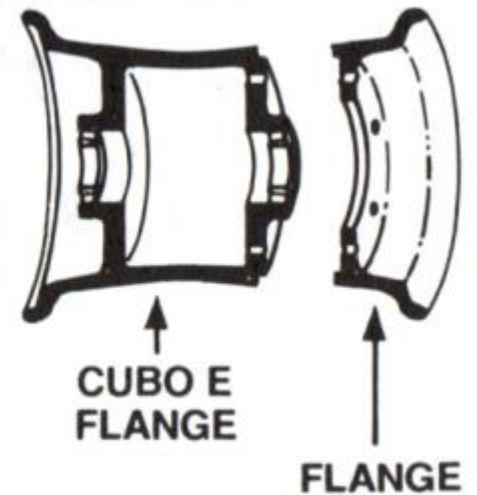
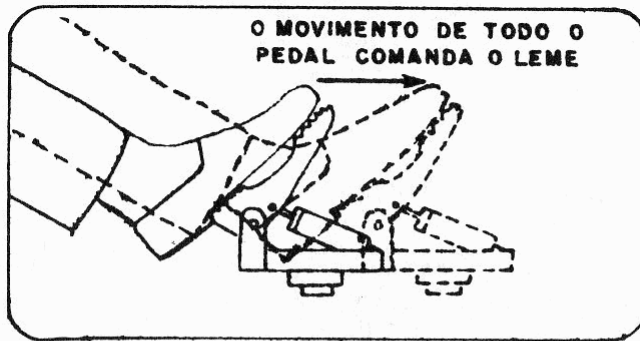


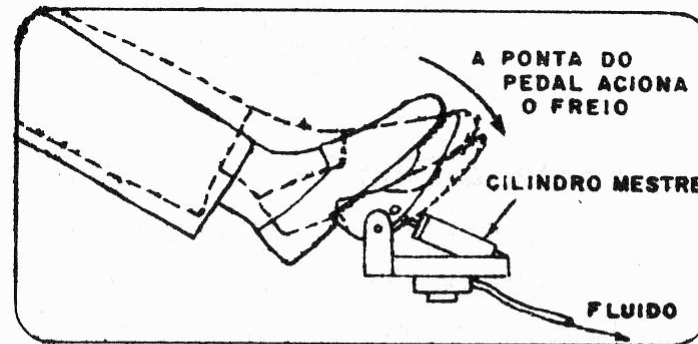
Figura extraída da Ref. 3.1

Trem de Pouso: Freios

- Frenagem
- Curvas fechadas no solo => Frenagem diferencial
- Pivot (peão)
- Nos trens principais. Raras exceções têm no trem de nariz.



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.

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

Trem de Pouso: Freios

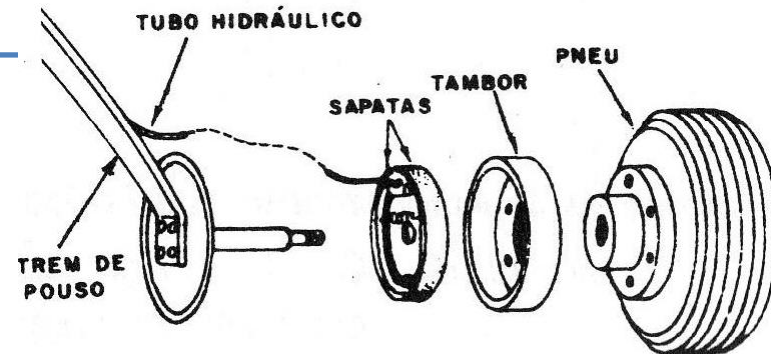
Tipos de Freio

Freio a Tambor

Freio a Disco

Freio a Tambor

- Constituído por um **tambor** que gira com a roda.
- Quando o freio é acionado, **as sapatas ou lonas se atritam contra a parte interna do tambor**, produzindo a frenagem da roda.

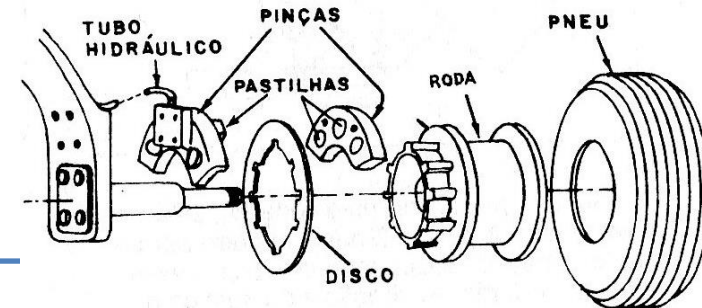


O Freio a Tambor

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

Freio a Disco

- Constituído por um **disco** que gira com a roda.
- Quando o freio é acionado, **o fluido hidráulico faz as pastilhas exercerem pressão sobre o disco**, produzindo a frenagem da roda.



O Freio a Disco

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

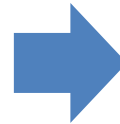
Trem de Pouso: Controle Direcional em Solo



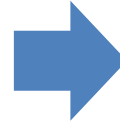
Triciclo



Convencional



Trem de nariz



Bequilha

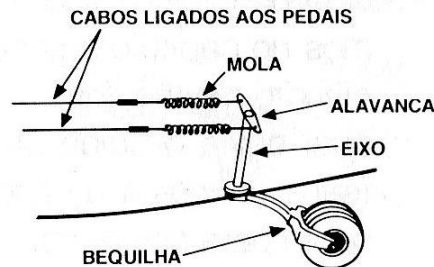
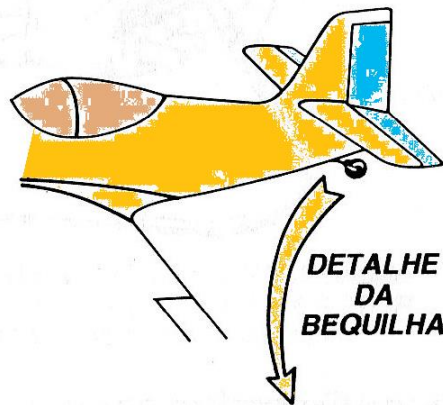


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1



Estas hastes estão ligadas aos pedais do leme de direção. Servem para controlar a direção do trem do nariz durante o taxiamento.

"Shimmy" é a vibração direcional do trem do nariz que pode ocorrer durante a corrida da decolagem e outras situações).

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

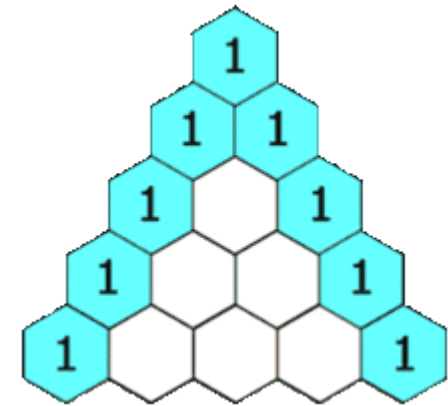


SISTEMA HIDRÁULICO

É O SISTEMA DESTINADO A ACIONAR COMPONENTES ATRAVÉS DA PRESSÃO TRANSMITIDA POR UM FLUIDO, UTILIZANDO A LEI DE PASCAL.

Lei ou Princípio de Pascal

- “A pressão aplicada a um fluido se transmite igualmente em todas as direções”.
- Blaise Pascal, 1653.



https://pt.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal#/media/File:PascalTriangleAnimated2.gif

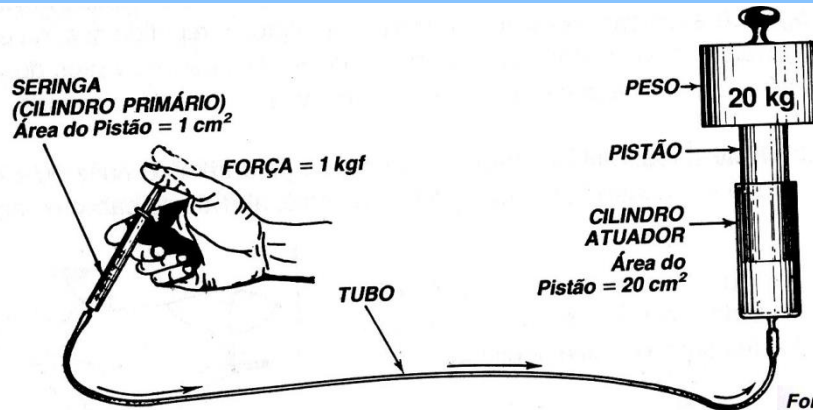


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.1

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

Força produzida pelo cilindro atuador

Rendimento Mecânico

Força aplicada no cilindro primário

Área do pistão do cilindro atuador

Área do pistão do cilindro primário

SISTEMA HIDRÁULICO : FUNÇÕES

Aviões de Grande Porte

- Acionamento dos controles primários
 - Profundor/estabilizador
 - Leme
 - Ailerons/spoilers
- Acionamento dos controles secundários
 - Flaps
 - Trim
 - Speed brakes
- Baixar e recolher o trem de pouso
- Acionamento dos freios de roda
- Steering do trem de pouso
- Acionamento dos reversos

Aviões de Pequeno Porte

- Acionamento dos freios de roda
- **OBS: A força muscular do piloto é suficiente para acionar o resto!**

MOTORES TÉRMICOS - NOÇÕES GERAIS

São motores que transformam energia calorífica em energia mecânica.

Motores de combustão externa

- O combustível é queimado **fora** do motor.

Motores de combustão interna

- O combustível é queimado **dentro** do motor.
- Elevada potência e leve => requisito para uso aeronáutico

Classificação dos aviões quanto ao sistema de propulsão

Aviões a Hélice

- Motor não produz diretamente a tração => Hélice
- A hélice impulsiona grandes massas de ar a velocidades pequenas (relativamente)
- Motor a Pistão
- Turbo Hélice (*turboprop*)



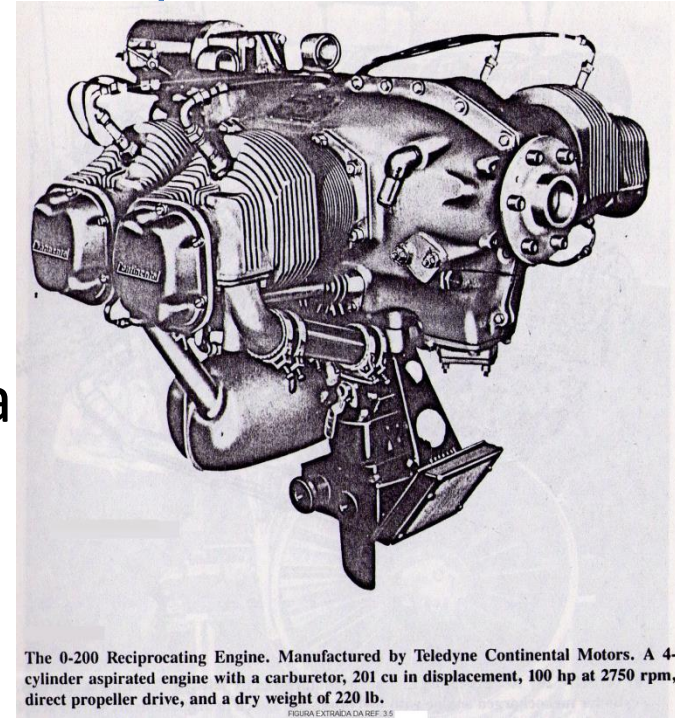
Aviões a Reação

- Motor impulsiona o ar diretamente
- O motor impulsiona pequenas massas de ar a grandes velocidades (relativamente)
- Turbojato (*turbojet*)
- Turbofan



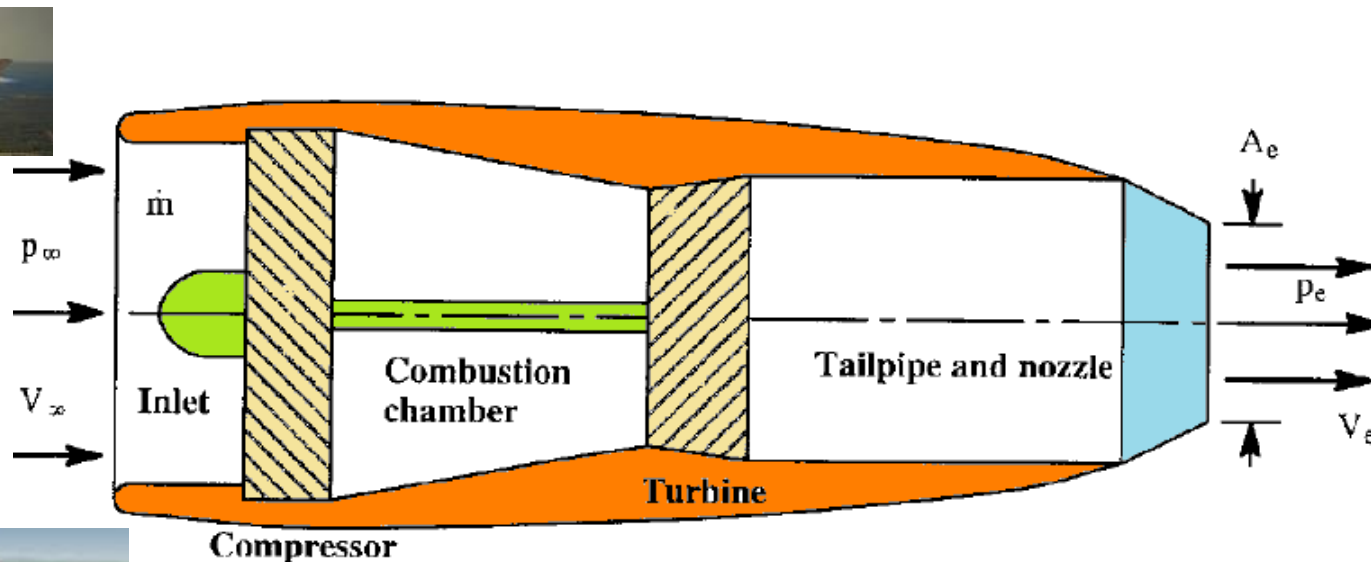
Motor a Pistão

- Semelhante aos utilizados em automóveis
- Satisfaz exigências aeronáuticas: Leveza, confiabilidade e eficiência
- Econômico e eficiente em baixas altitudes e baixas velocidades
- Baixo custo



Turbojato

- O ar é admitido e impulsionado num fluxo de alta velocidade, utilizando a energia expansiva dos gases aquecidos pela combustão.
- Antieconômico em baixas velocidades e baixas altitudes.
- Combustão é constante e ignição é utilizada apenas na partida.
- Turbina aciona o compressor.



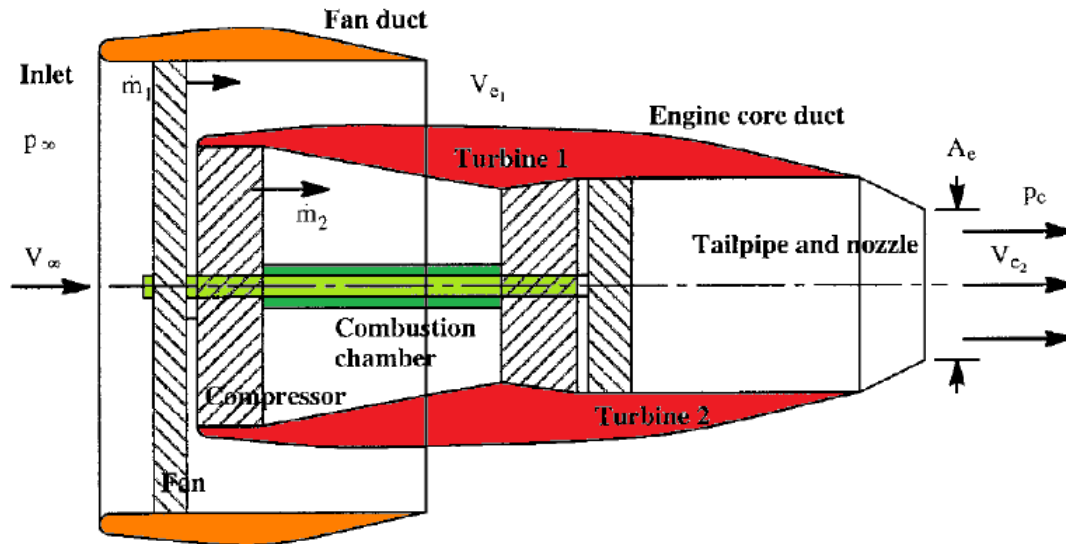
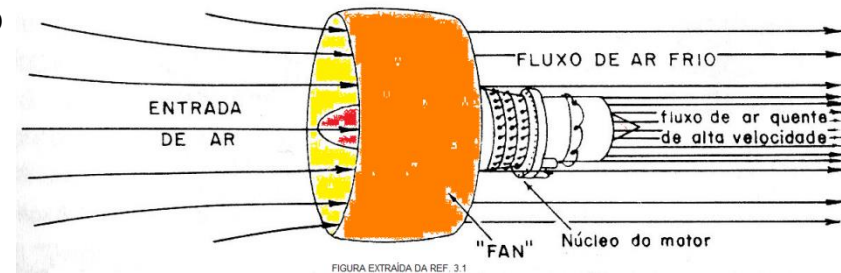
Thrust and Mass Flow of a Turbojet Engine

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3,6



Turbofan

- É um turbojato onde a turbina aciona o compressor e um fan (ventilador).
- Uma parte do ar é impulsionada pelo fan, passando pela parte externa do motor, misturando-se com o fluxo de alta temperatura do jato principal.
- Elevada tração, baixo ruído, e grande economia de combustível.



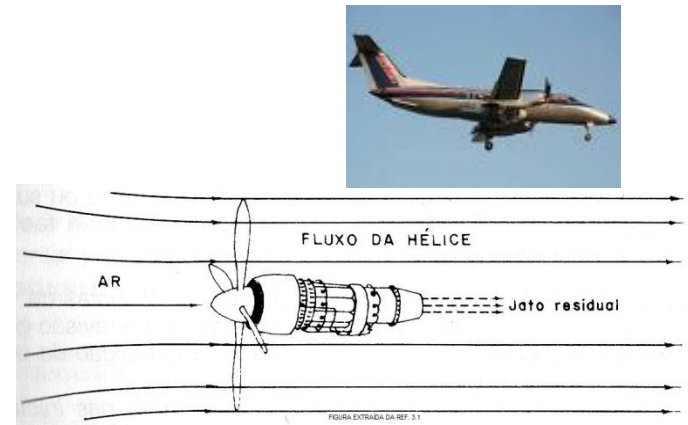
Thrust and Mass Flow of a Bypass Gas Turbine Engine

FIGURA EXTRAÍDA DA REF 3.6

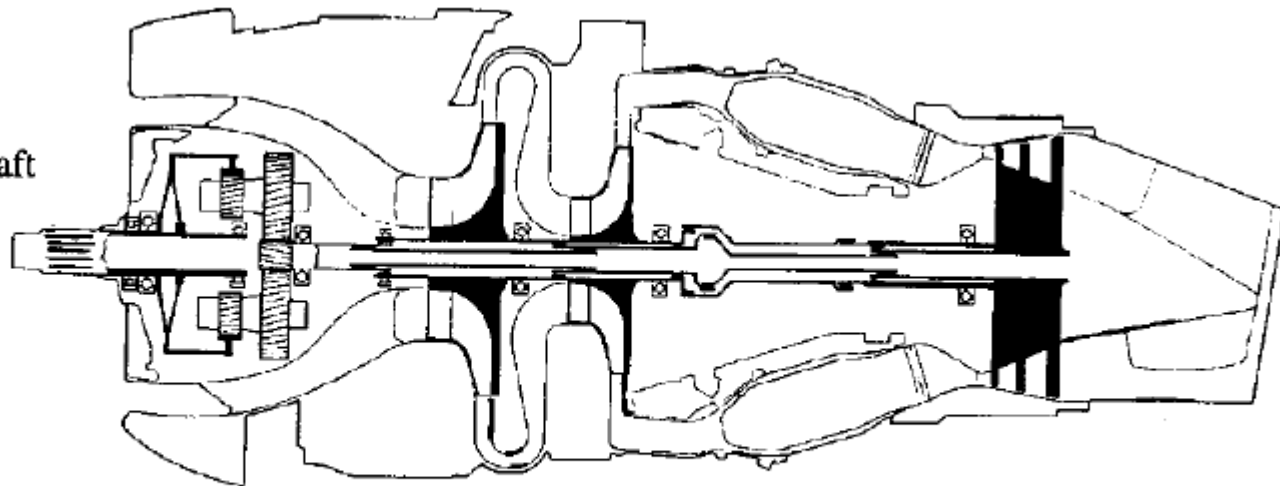


Turbo Hélice

- É um turbojato modificado onde quase toda energia do jato é usada para acionar uma turbina que, por sua vez, acionada uma hélice, através de uma caixa de engrenagens de redução.



Propeller shaft



Example of a Turboprop Engine

Exhaust

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 3.6



QUALIDADES DE UM MOTOR AERONÁUTICO

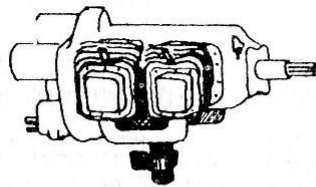
- Segurança de funcionamento
- Durabilidade
- Ausência de vibrações
- Economia
- Facilidade de manutenção
- Compacidade
- Eficiência térmica

Eficiência Térmica

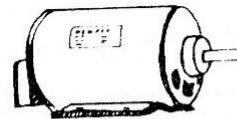
- Relação entre potência mecânica produzida pelo motor e a potência térmica liberada pelo combustível.
- Motores aeronáuticos => 25 a 30%
- Motores elétricos de alta potência => >90%

Leveza

- Relação entre a massa do motor pela potência produzida.
- Tem que ser a menor possível.



MOTOR AERONÁUTICO
Massa: 120 kg
Potência: 150 HP
Relação Massa-potência: 0,8 kg/HP



MOTOR ELÉTRICO
Massa: 720 kg
Potência: 150 HP
Relação Massa-potência: 4,8 kg/HP

Facilidade de Manutenção e Durabilidade

- A Segurança de funcionamento depende de uma cuidadosa manutenção, que pode ser dividida em:
 - Inspeções Periódicas
 - Revisão Geral

Inspeções Periódicas

- Os motores devem ser inspecionados em intervalos (25 horas, 50 horas, etc)
- Feitos serviços como troca de óleo, limpeza ou substituição de filtros, regulagens, etc.

Revisão Geral

- Durabilidade: é o tempo em horas de voo ao qual, após decorrido, o motor sofre uma revisão geral.
- Nessa revisão geral, o motor é totalmente desmontado para verificação e substituição de peças desgastadas ou danificadas.
- TBO: Time Between Overhauls (tempo entre revisões gerais)

Economia

- Os motores aeronáuticos devem ter baixo consumo de combustível. Existe duas definições:
 - Consumo Horário
 - Consumo Específico

Consumo Horário

- É a quantidade de combustível gasto por hora de funcionamento.
- Exemplo: 30 litros/h, 7 gal/h, 1500 kg/h
- Utilizado para cálculos de navegação.

Consumo Específico

- É o consumo horário por potência desenvolvida.
- Exemplo: 0,2 litro/h/hp => o motor consome 0,2 litro de combustível por hp produzido, em cada hora de operação.
- Utilizado para comparação de eficiência de motores.

REFERÊNCIAS

- 3.1 - Jorge M. Homa, *Aeronaves e Motores*, Editora Asa, 29ª Edição.
- 3.2 - Theodore A. Talay, *Introduction to the Aerodynamics of Flight*, NASA SP-367, 1975.
- 3.3 - Jan Roskan, *Airplane Design - Part IV: Layout of Landing Gear and Systems*, DARCorporation, Lawrence - KS, 2000.
- 3.4 - John F. Welch, *Van Sickle's Modern Airmanship*, Tab Books, 7th Edition, 1995.
- 3.5 - Francis J. Hale, *Introduction to Aircraft Performance, Selection, and Design*, John Wiley & Sons, 1984.
- 3.6 - Jan Roskan, Chuan-Tau Edward Lan, *Airplane Aerodynamics and Performance*, DARCorporation, Lawrence - KS, 1997.
- 3.7 - FAA-H-8083-31 *Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe Volume 2*, 2012.