

COMPOSIÇÃO DE PESO E DESEMPENHO EM CRUZEIRO

STT0403 Aeroportos, portos e vias navegáveis

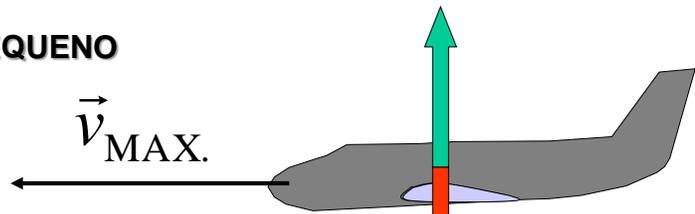
Prof. Antônio NÉLSON Rodrigues da Silva

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia de Transportes

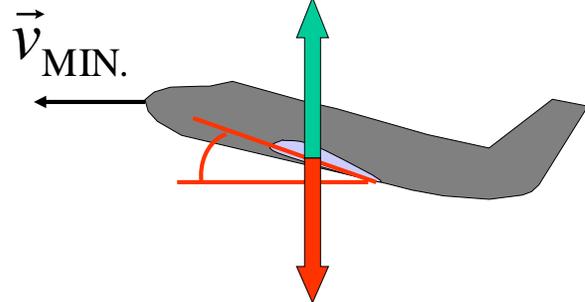
Tópicos

- **Introdução**
- **Componentes do peso bruto**
- **Limites de pesos e volumes**

VELOCIDADE MÁXIMA
ÂNGULO DE ATAQUE PEQUENO



VELOCIDADE MÍNIMA
ÂNGULO DE ATAQUE GRANDE



$$P = (\text{ARRASTO TOTAL}) \times V$$

$$P = \left(\underbrace{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_D \cdot S}_{\text{ARRASTO DAS ASAS}} + \underbrace{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_{DW} \cdot S_W}_{\text{ARRASTO DO RESTANTE DA AERONAVE}} \right) \times V$$

**ARRASTO
DAS ASAS**

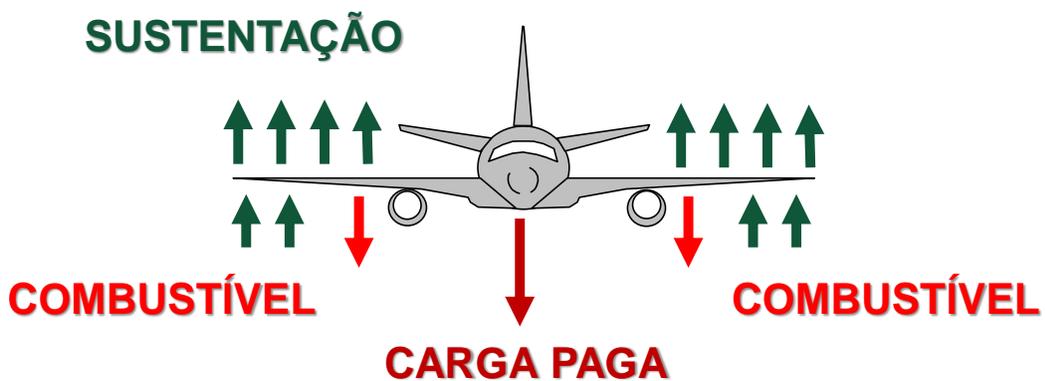
**ARRASTO
DO RESTANTE
DA AERONAVE**



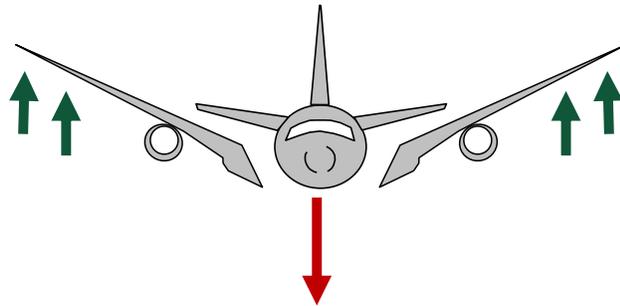
$$P [\text{HP}] = \frac{D[\text{kgf}] \times V[\text{m/s}]}{74,6}$$

$$P [\text{Watts}] = D[\text{N}] \times V[\text{m/s}]$$

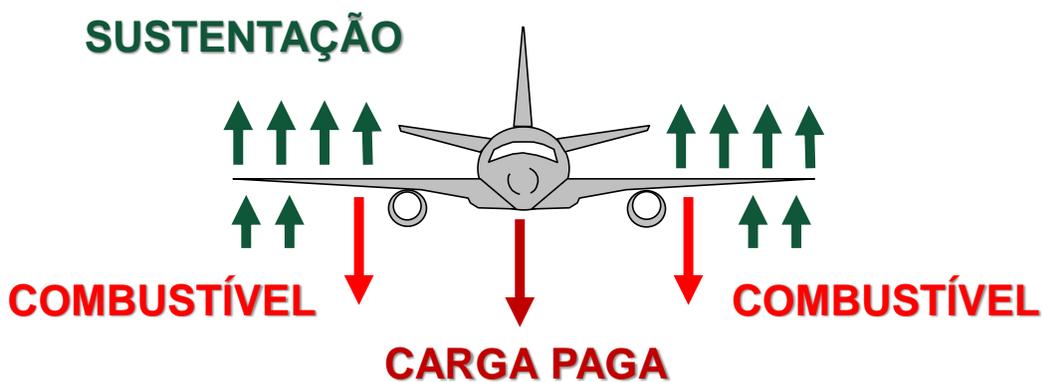




**MOMENTO FLETOR NA RAIZ DA ASA
DENTRO DE LIMITES ADMISSÍVEIS**



**MOMENTO FLETOR NA RAIZ DA ASA
DENTRO DE LIMITES ADMISSÍVEIS**



**PESO MÁXIMO
ZERO COMBUSTÍVEL (PMZC)**

PESO MÁXIMO ZERO COMBUSTÍVEL

PMZC

**PESO MÁXIMO QUE PODE TER UMA
AERONAVE CARREGADA, PORÉM
SEM COMBUSTÍVEL**

COMPONENTES DE PESO BRUTO

PESO BÁSICO OPERACIONAL

CARGA PAGA

COMBUSTÍVEL TOTAL

AVIÃO + CARGA + COMBUSTÍVEL



**PESO BÁSICO
OPERACIONAL**



**CARGA
PAGA**



**COMBUSTÍVEL
UTILIZÁVEL**



**CÉLULA
MOTORES
ASSENTOS ETC.**



**PASSAGEIROS
BAGAGEM
CARGA**



**QUEROSENE
DE AVIAÇÃO**

PESO BÁSICO OPERACIONAL

**PESO DO AVIÃO PRONTO
PARA OPERAR, EXCETO A
CARGA PAGA E O
COMBUSTÍVEL UTILIZÁVEL**

PESO BÁSICO OPERACIONAL

**INCLUI: ESTRUTURAS,
ASSENTOS,
EQUIPAMENTOS DIVERSOS,
TRIPULAÇÃO,
COPAS, ETC**

**TUDO QUE NÃO SEJA
COMBUSTÍVEL UTILIZÁVEL E CARGA PAGA!!**

PESO BÁSICO OPERACIONAL

PESO DO AVIÃO PRONTO PARA OPERAR



**TUDO QUE NÃO SEJA
COMBUSTÍVEL UTILIZÁVEL E CARGA PAGA**



**DEPENDE DA CONFIGURAÇÃO PARTICULAR DE
CADA **MODELO** DE AERONAVE**

CARGA PAGA

**TODA CARGA
TRANSPORTADA QUE
PRODUZ **RECEITA****

CARGA PAGA

PASSAGEIROS

BAGAGEM

CORREIO

CARGA

**COMBUSTÍVEL
TOTAL**

?

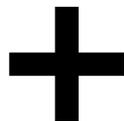
COMBUSTÍVEL TOTAL

COMBUSTÍVEL DE BLOCO



RESERVAS

COMBUSTÍVEL DE BLOCO



QUEIMADO desde a
posição na rampa de
origem até a
posição no destino

RESERVAS

10% para
diferenças de
CONSUMO

Aeroporto
ALTERNATIVO

ESPERA
30 minutos
a 450 metros

COMPOSIÇÕES DE PESO TÍPICAS DE AVIÕES DE TRANSPORTE

PORCENTAGEM DO PESO DE DECOLAGEM

	PESO OPERACIONAL VAZIO	CARGA PAGA	COMBUSTÍVEL VIAGEM	COMBUSTÍVEL RESERVA
ETAPAS CURTAS	63	26	7	4
ETAPAS MÉDIAS	55	22	19	4
ETAPAS LONGAS	47	14	33	6

LIMITES DE PESOS E VOLUMES

ESTRUTURAIS
OPERACIONAIS

PESOS E VOLUMES DE AERONAVES

- Carga Paga Máxima
- Capacidade Máxima de Assentos
- Volume Máximo de Carga
- Combustível Utilizável
- PMT
- PMP
- PMD
- POV
- PBO
- PMZC



**PESO MÁXIMO DE
TÁXI (PMT)**

**MÁXIMO PARA
MANOBRAS NO
SOLO**

**LIMITADO PELA RESISTÊNCIA
DA AERONAVE**

INCLUI COMBUSTÍVEL DE RAMPA



**PESO MÁXIMO DE
POUSO (PMP)**

**MÁXIMO PARA O
IMPACTO DO
POUSO**

**LIMITADO PELA
RESISTÊNCIA DA AERONAVE
E REQUISITOS DE
AERONAVEGABILIDADE**



**PESO MÁXIMO DE
DECOLAGEM (PMD)**

**PESO QUE PODE TER
A AERONAVE AO
INICIAR A CORRIDA DE
DECOLAGEM**

**LIMITADO PELA
RESISTÊNCIA DA AERONAVE
E REQUISITOS DE
AERONAVEGABILIDADE**



**PESO DE OPERAÇÃO
VAZIO (POV)**

**PESO BÁSICO
OPERACIONAL (PBO)**

**ESTRUTURA, GRUPOS
MOTOPROPULSORES,
MOBILIÁRIO,
COMBUSTÍVEL NÃO
UTILIZÁVEL**

**TAMBÉM PESSOAL, EQUIPAMENTO E
MANTIMENTOS PARA OPERAÇÕES
SEM RESTRIÇÕES!!**



**PESO DE OPERAÇÃO
VAZIO (POV)**

**PESO BÁSICO
OPERACIONAL (PBO)**

**ESTRUTURA, GRUPOS
MOTOPROPULSORES,
MOBILIÁRIO,
COMBUSTÍVEL NÃO
UTILIZÁVEL**

**EXCLUI
COMBUSTÍVEL UTILIZÁVEL
E CARGA PAGA**

**TAMBÉM PESSOAL, EQUIPAMENTO E
MANTIMENTOS PARA OPERAÇÕES
SEM RESTRIÇÕES!!**



**PESO MÁXIMO ZERO
COMBUSTÍVEL (PMZC)**

**ACIMA DELE, SÓ
COMBUSTÍVEL
UTILIZÁVEL**

**SEÇÕES ESPECÍFICAS
DA AERONAVE**

**LIMITAÇÃO ESTRUTURAL E
DE AERONAVEGABILIDADE**



UMA EXPLICAÇÃO ÚTIL

UNUSABLE FUEL

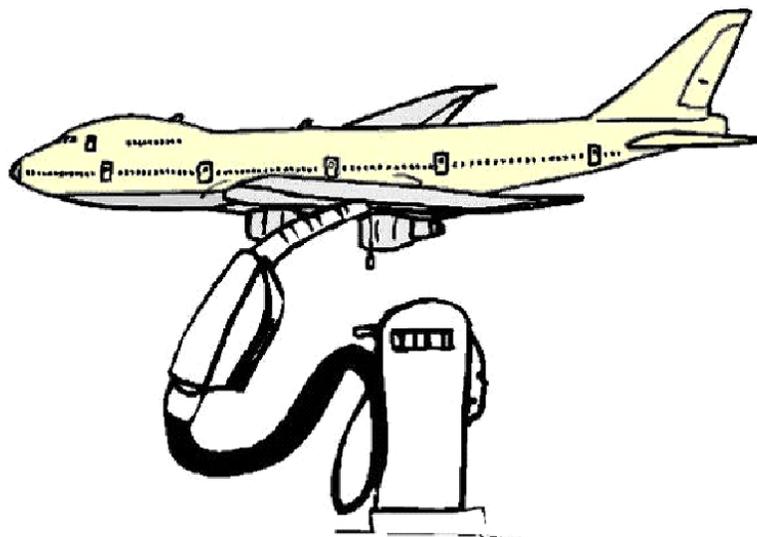
- **Fuel that cannot be used in flight with wings level and at cruise angle of attack (or nose 3° up)**
- **Fuel which cannot be fed to engines, for example trapped in tank sumps, in pockets beyond the ribs of integral tanks, or in gullies between spanwise stiffeners in machined panels and in the supply system**



PESO MÁXIMO ZERO COMBUSTÍVEL



**PESO MÁXIMO QUE PODE TER UMA
AERONAVE CARREGADA, PORÉM
SEM COMBUSTÍVEL**



SE HOUVESSE UM POSTO NO AR...



CARGA PAGA MÁXIMA

PMZC MENOS POV

CAPACIDADE MÁXIMA DE ASSENTOS

NÚMERO MÁXIMO DE PASSAGEIROS

VOLUME MÁXIMO DE CARGA

ESPAÇO MÁXIMO DISPONÍVEL PARA A CARGA

COMBUSTÍVEL UTILIZÁVEL

COMBUSTÍVEL DISPONÍVEL PARA PROPULSÃO



PESO BÁSICO OPERACIONAL



CARGA PAGA



COMBUSTÍVEL

\leq PMD



PESO BÁSICO OPERACIONAL



CARGA PAGA MÁXIMA

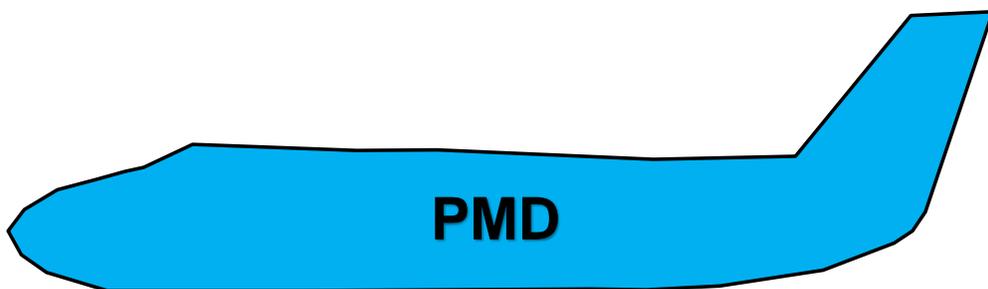


COMBUSTÍVEL MÁXIMO

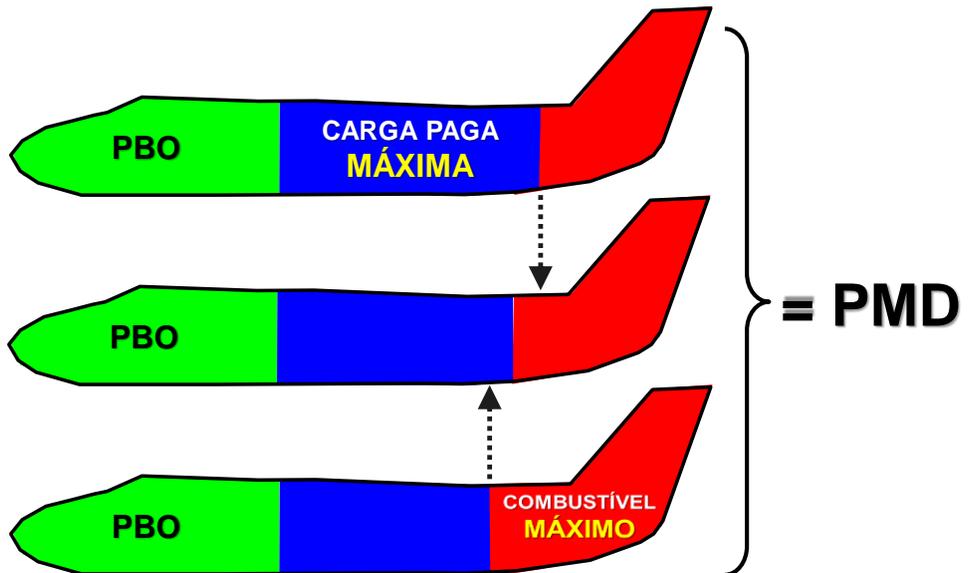
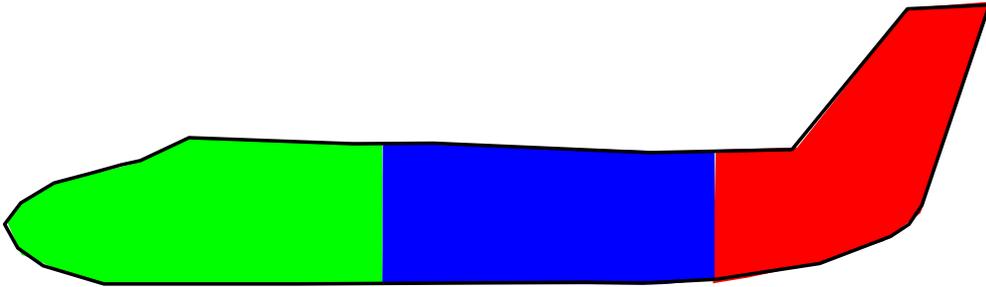
**EXCEDE
O PESO
MÁXIMO DE
DECOLAGEM!!!!**



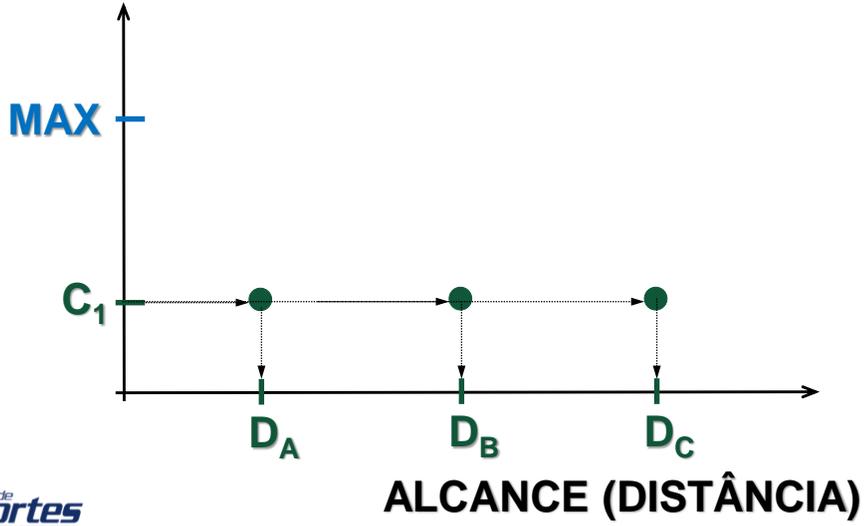
$$\text{PBO} + \text{CARGA} + \text{COMBUSTÍVEL} \leq \text{PMD}$$



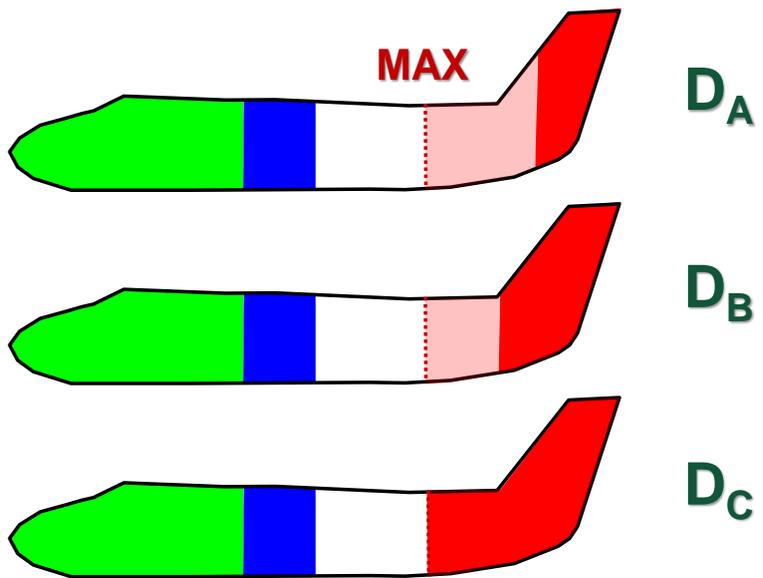
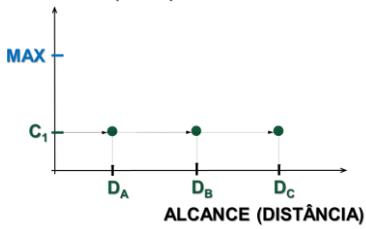
$$\text{PBO} + \text{CARGA} + \text{COMBUSTÍVEL} \leq \text{PMD}$$



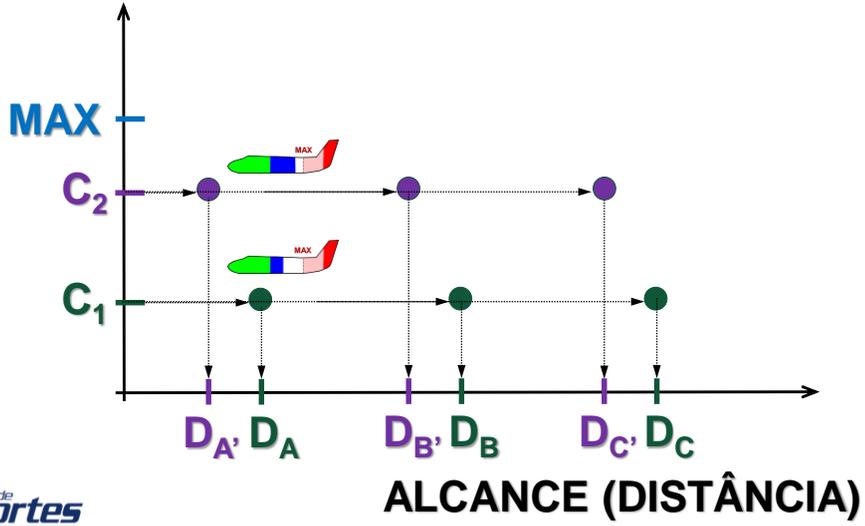
CARGA PAGA (PESO)



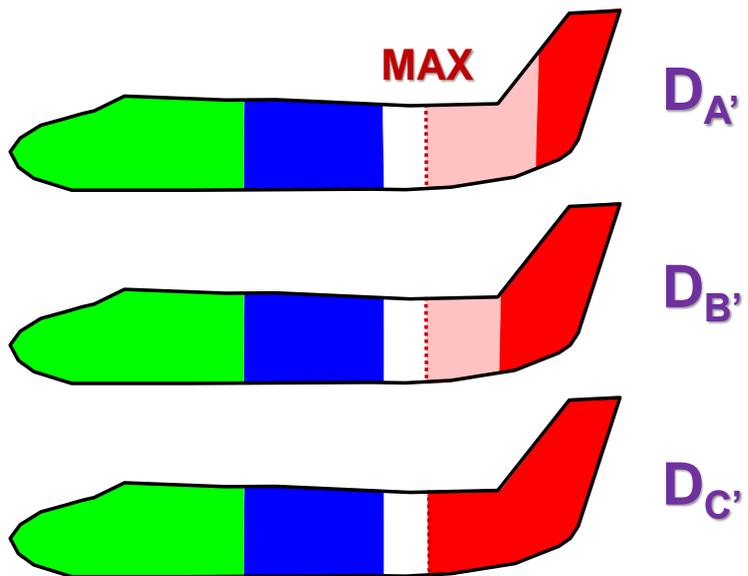
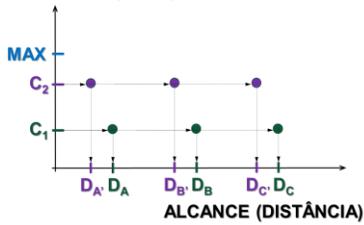
CARGA PAGA (PESO)



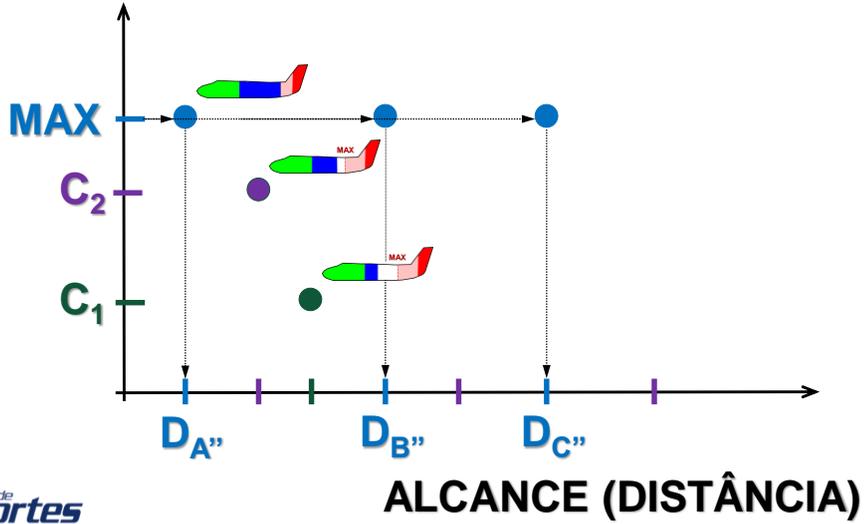
CARGA PAGA (PESO)



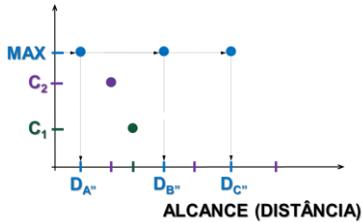
CARGA PAGA (PESO)



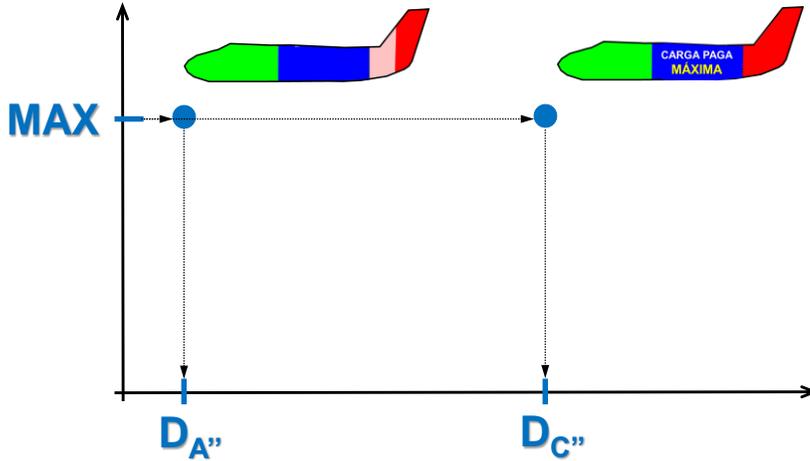
CARGA PAGA (PESO)



CARGA PAGA (PESO)



CARGA PAGA (PESO)



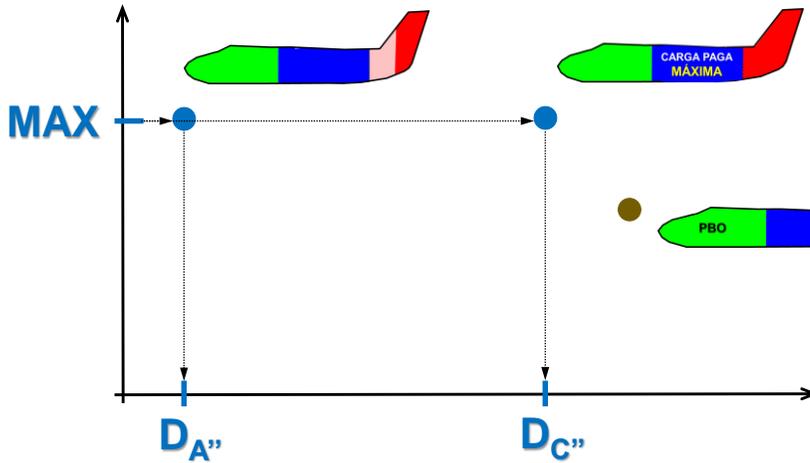
ALCANCE (DISTÂNCIA)



**É POSSÍVEL
AUMENTAR O
ALCANCE?**



CARGA PAGA (PESO)



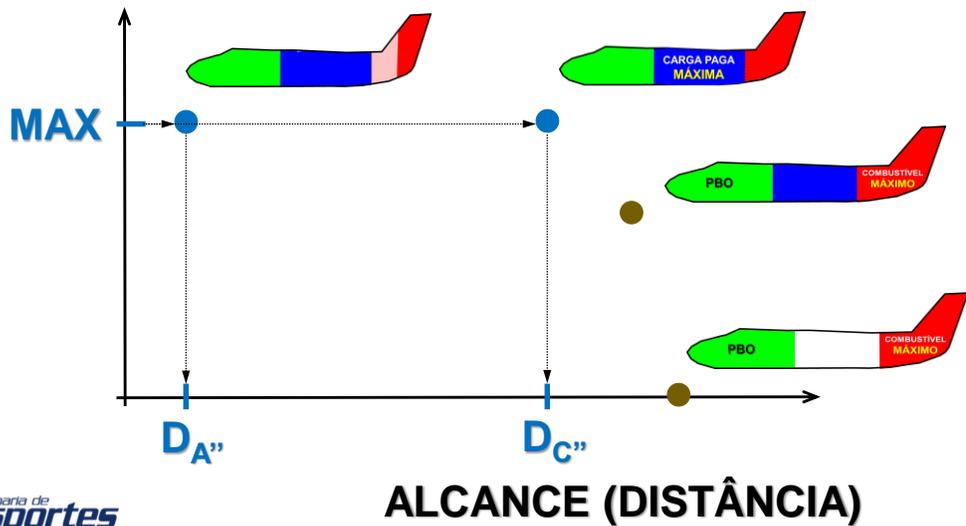
ALCANCE (DISTÂNCIA)



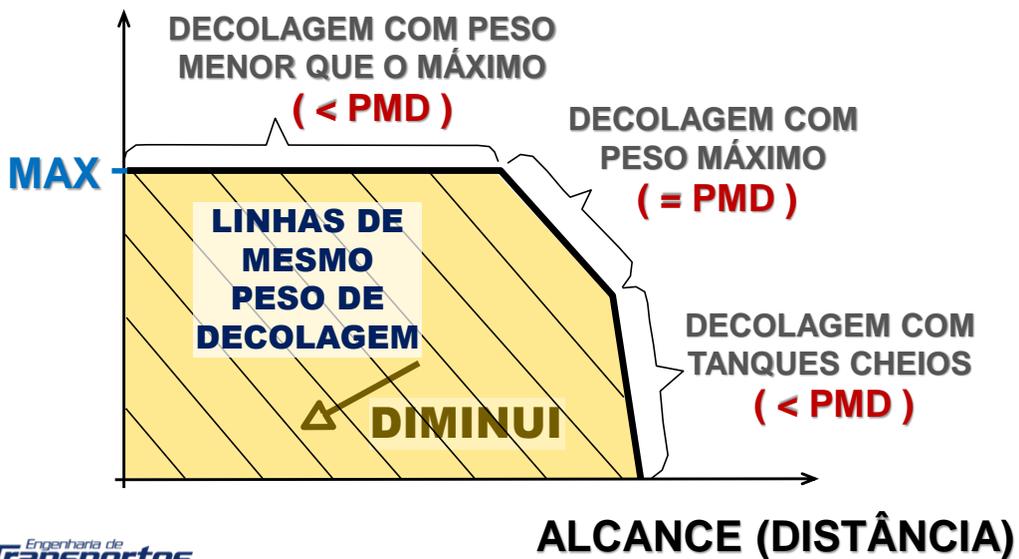
**É POSSÍVEL
AUMENTAR O
ALCANCE?**

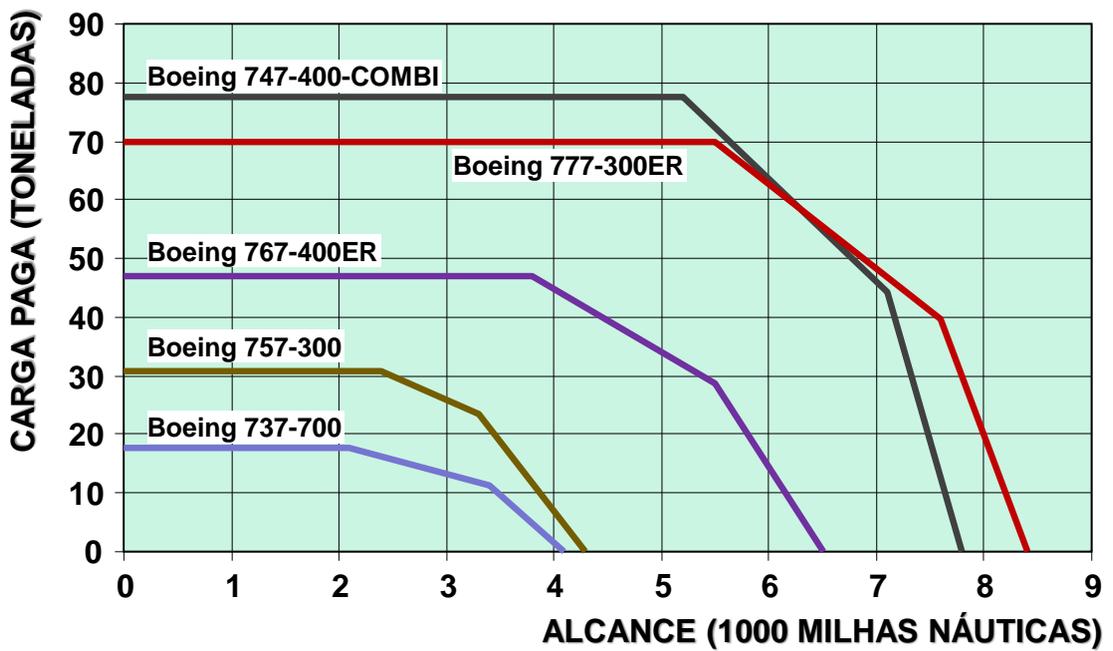
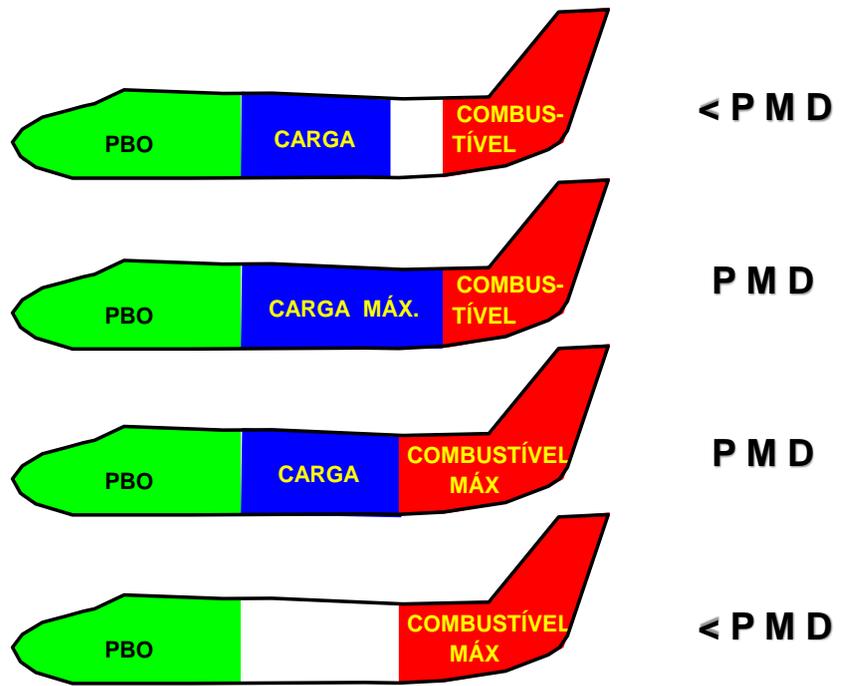


CARGA PAGA (PESO)



CARGA PAGA (PESO)

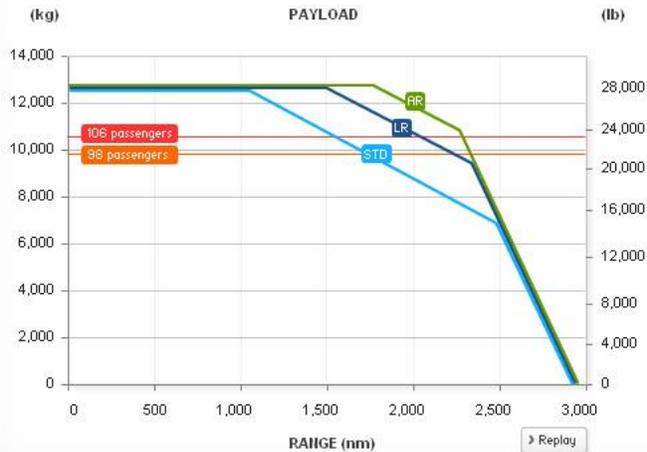




EMBRAER 190

Performance > Payload vs. Range

Short field capability, superior hot and high performance, and 2,300 nm range combine to deliver maximum operational versatility.

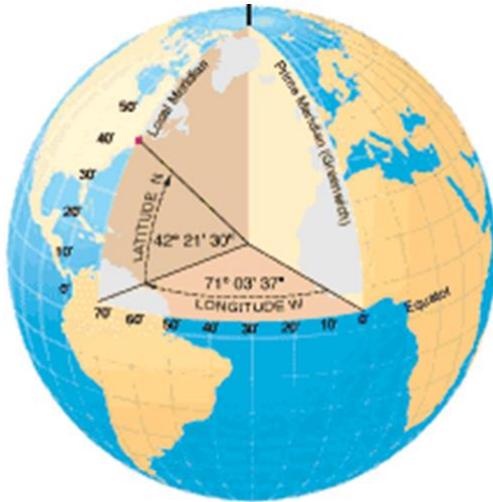


ASSUMPTIONS

Typical Mission Reserves - Cruise at M 0.78 - Passengers @ 100 kg (220 lb) each

1 MILHA NÁUTICA
ARCO DE CÍRCULO MÁXIMO
CORRESPONDENTE AO
ÂNGULO DE 1 MINUTO

POLO NORTE



1 MILHA NÁUTICA

=

ARCO DE 1 MINUTO DE
CÍRCULO MÁXIMO

**PERÍMETRO DA TERRA
NO EQUADOR = 40.000 km**

360 graus X 60 minutos

=

21.600 minutos

40.000 / 21.600 = 1,852 km



1 MILHA NÁUTICA
ARCO DE CÍRCULO MÁXIMO
CORRESPONDENTE AO
ÂNGULO DE 1 MINUTO
1852 METROS

1 NÓ
=
1 MILHA NÁUTICA/HORA

**DISTÂNCIA
VOADA**

$$Distância = \int_0^{Comb} \frac{dx}{ce(PD - x)} = \frac{1}{ce} \left[|\ln(PD)| - |\ln(PD - Comb)| \right]$$

$$Distância = \frac{1}{ce} \left[|\ln(PBO + CPaga + Comb)| - |\ln(PBO + CPaga)| \right]$$

DISTÂNCIA VOADA É FUNÇÃO DE:

- **Consumo específico (ce)**
- **Peso de decolagem (PD)**
- **Peso básico operacional (PBO)**
- **Carga paga**
- **Combustível**

