



AB721 Aula de Exercícios II*

Flávio Ribeiro / flaviocr@ita.br

27 de maio de 2019

Objetivo

O objetivo desta aula prática é:

- verificar os conceitos de tração requerida e tração disponível e, com estes conceitos, construir o envelope de voo de cruzeiro bem como encontrar o teto absoluto de voo;
- aplicar as equações de Breguet para o cálculo do alcance e da autonomia em voo de cruzeiro;
- entender como se dá a limitação do desempenho pelo requisito de rampa mínima de subida.

*Baseado em exercício preparado pelo Prof. Flávio Silvestre



Figura 1: Exemplo de aeronave de transporte executivo, Legacy 600, da EMBRAER (créditos da imagem: EMBRAER)

Exercício

Considere um jato de transporte executivo de pequeno porte (8 PAX + tripulação), com as seguintes características (modelo retirado da apostila do curso do Prof. McClamroch, University of Michigan, e modificado):

- massa com tanques cheios: 25000kg
- massa de combustível: 8000kg
- área da asa (área de referência): 84m^2
- polar de arrasto, configuração de cruzeiro: $C_D = 0.015 + 0.05C_L^2$
- polar de arrasto, configuração de decolagem (*flaps full*): $C_D = 0.03 + 0.07C_L^2$
- cruzeiro: $C_{L\max} = 2.1$
- decolagem: $C_{L\max} = 2.8$
- bimotor, tração máxima por motor em nível do mar: 27800N
- modelo propulsivo: $T = \delta_T \left(\frac{\rho}{1.225}\right)^{0.6} 55600\text{N}$, onde δ_T é a posição da manete e ρ a densidade em unidades do SI (kg/m^3)
- TSFC (consumo específico de combustível), cruzeiro: 0.75N/h/N

(A) Determinar a curva de tração requerida bem como a curva de tração disponível (considerando 100% de manete) para altitude de voo de 10000ft, FL100 (3048m), em um mesmo diagrama. Identifique no diagrama a mínima e a máxima velocidade de operação, bem como o limite de estol.

(B) Adicione à figura anterior as mesmas curvas para nível do mar (SL) e para FL450 (45000ft ou 13716m). O que você observa sobre a tração disponível à medida que a aeronave voa em altitudes maiores?

(C) Determine em um diagrama de velocidade (m/s) versus altitude (m) as velocidades máxima e mínima de operação, para voo de cruzeiro permanente com máxima tração, e adicione o a curva limitante de velocidade de estol. Este diagrama é conhecido como envelope de voo longitudinal de cruzeiro permanente. Identifique no gráfico a maior altitude que a aeronave pode voar em tal regime - conhecido como teto de voo absoluto. O que acontece neste ponto?

(D) Utilize as equações de Breguet e determine o máximo alcance e a máxima autonomia para a aeronave voando em FL350 (35000ft ou 10668m). Em seguida, simule a aeronave voando nas condições de máximo alcance e máxima autonomia e compare os resultados de máximo alcance e máxima autonomia com aqueles encontrados usando as equações de Breguet.

(E) A aeronave em questão deseja operar no aeroporto *London City* em Londres. Este aeroporto possui uma única pista, de comprimento 1500m, e está localizado em pequena elevação em relação ao nível do mar - considere altitude-pressão 0m. Por razões acústicas, a operação no aeroporto exige decolagem com rampa mínima de 5.5° . Verifique, para ISA- 10°C e ISA+ 30°C , qual a limitação de peso imposta pela rampa mínima. Considere, na rampa, a aeronave com mesmas velocidade ($V_{LOF} = 1.1V_{estol}$) e tração (máxima, manete 100%) com as quais deixou a pista. Mostre a curva de MTOW [kN] em relação às variações de temperatura ($^\circ\text{C}$).

