



MVO-31 Laboratório de MATLAB 4*

Prof. Flávio Ribeiro
Prof. Guilherme Soares
Prof. Mauricio Morales

2019

Objetivo

Os objetivos desta aula prática são:

- determinar o comprimento da pista de decolagem;
- verificar como a temperatura atmosférica afeta o peso máximo de decolagem;
- determinar o comprimento de pista balanceado;

Exercício 1

Neste exercício, utilizaremos aeronave de transporte executivo, retirado da apostila do curso do Prof. McClamroch (University of Michigan). Abaixo as características do jato:

- massa com tanques cheios e tripulação: 33100kg
- massa de combustível para tanques cheios: 12700kg
- área da asa (área de referência): 88m²

*Baseado no material do Prof. Flávio Silvestre

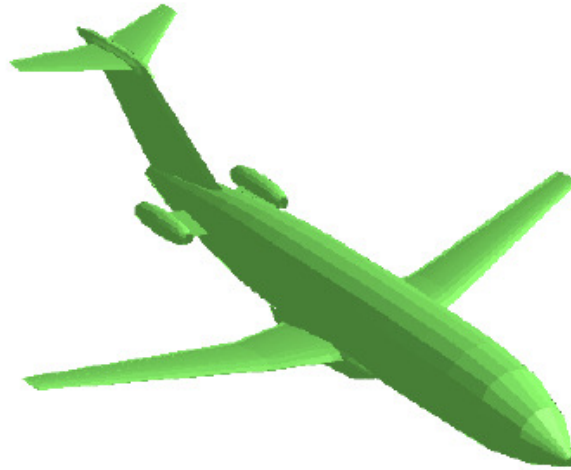


Figura 1: [retirado de McClamroch, N. H., **Steady Aircraft Flight and Aircraft Performance**, apostila de AE245, Uni Michigan]

- 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 do ar (kg/m^3)
- TSFC (consumo específico de combustível): 0.7N/h/N

Para flapes acionados em configuração de decolagem:

- polar de arrasto: $C_D = 0.03 + 0.07C_L^2$
- $C_{L0} = 0.3$
- $C_{L\max} = 2.5$

Para flapes recolhidos:

- polar de arrasto: $C_D = 0.015 + 0.05C_L^2$
- $C_{L\max} = 2.0$
- $C_{L\min} = -1.0$

Limites estruturais de fator de carga: $-1.0g \leq n_z \leq +2.5g$

Máxima velocidade de operação ISA SL: 890km/h.

Pedem-se:

(A) Determine o comprimento de pista de decolagem necessário para aeronave operando com capacidade máxima e tanques cheios, em aeroporto localizado em nível do mar, para atmosfera padrão ISA. Considere que o coeficiente de atrito dinâmico entre os pneus do trem de pouso e a pista seca tem valor de $\mu_r = 0.02$ e que a aeronave rotaciona na pista com velocidade $V_G = V_{LOF} = 1.1V_{estol}$. Apresente em gráficos as variações da velocidade (TAS) [m/s], da distância percorrida [m], e da massa de combustível gasta [kg] em função do tempo, durante a decolagem. Desconsidere a distância necessária para rotação.

DICA: para a integração das equações, considere a velocidade como variável de integração e expresse as derivadas em função da velocidade, e não do tempo. Desta forma, os limites de integração estão já definidos, dispensando cálculos de estimativa de tempo gasto na decolagem.

(B) 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.



Para temperatura variando entre ISA-10°C e ISA+30°C, mostre as limitações no peso de decolagem [kN] considerando configuração AEO (all engines operating).

(C) A possibilidade de falha de um dos motores é crítica durante a decolagem e durante a subida inicial. Para uma aeronave de múltiplos motores,

a pista deve ser longa o suficiente para permitir que, em caso de falha de um motor, o piloto tenha tempo para decolar em segurança ou parar a aeronave em solo. O comprimento de pista mínimo que satisfaz esse requisito é conhecido como "comprimento de pista balanceado", especificado no FAR 25.113.

Desprezando as etapas de rotação da aeronave e de subida inicial, determine o comprimento de pista balanceado para as condições do item A (atmosfera ISA, no nível do mar). Determine a velocidade de decisão. Assuma que o coeficiente de atrito, com freio ativado, é de 0.5. Considere que o motor em funcionamento está em IDLE, e a tração é de 5% da tração máxima.

Exercício 2

Dentro do desenvolvimento de um produto certificado muita atenção se dá a fase de decolagem e pouso, isto porque são as fases críticas de voo onde há o maior percentual de acidentes. Um parâmetro de gerenciamento de segurança para o piloto no cockpit é a velocidade e por este motivo há algumas velocidades que são determinadas por projeto, ensaios em voo e escolhidas a critério do fabricante que garantem uma operação segura. Algumas destas velocidades são destacadas abaixo.

Solicita-se que seja apresentada a definição de cada uma segundo o requisito FAR associado e após isto, para cada uma delas, seja feita uma análise se podem ser aplicadas a uma aeronave não tripulada de classe 3.

- $V_{mcg}(FAR\S25.149e)$
- $V_{ef}(FAR\S25.107(a))$
- $V_{mc}(FAR\S25.149)$
- V_{tire} (não é específica no FAR mas é uma velocidade fornecida pelo fabricante do pneu como limite de operação do item)
- $V_1(FAR\S25.107(a))$
- $V_R(FAR\S25.107(e))$
- $V_{MU}(FAR\S25.107(d))$
- $V_{LOF}(FAR\S25.107(f))$

Observações relevantes:

- 1 Na sua análise deve considerar que a aeronave não tripulada compartilha a infra-estrutura aeropotuária das aeronaves civis.
- 2 Endereço de FAR relacionado: http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgFAR.nsf/MainFrame?OpenFrameSet
- 3 Para saber o que é RPAS classe 3: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf
- 4 A ANAC mantém um glosário que pode ajudar em sua pesquisa: <http://www2.anac.gov.br/anacpedia/glossario.htm>