

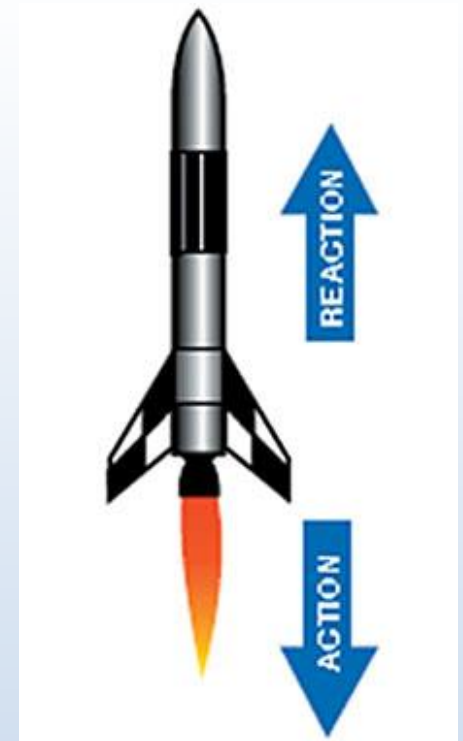
# PROPULSÃO II

## Motores Foguete a Propelente Sólido

Prof. José Eduardo Mautone Barros

[mautone@demec.ufmg.br](mailto:mautone@demec.ufmg.br)

[www.mautone.eng.br](http://www.mautone.eng.br)



## □ Grão Propelente

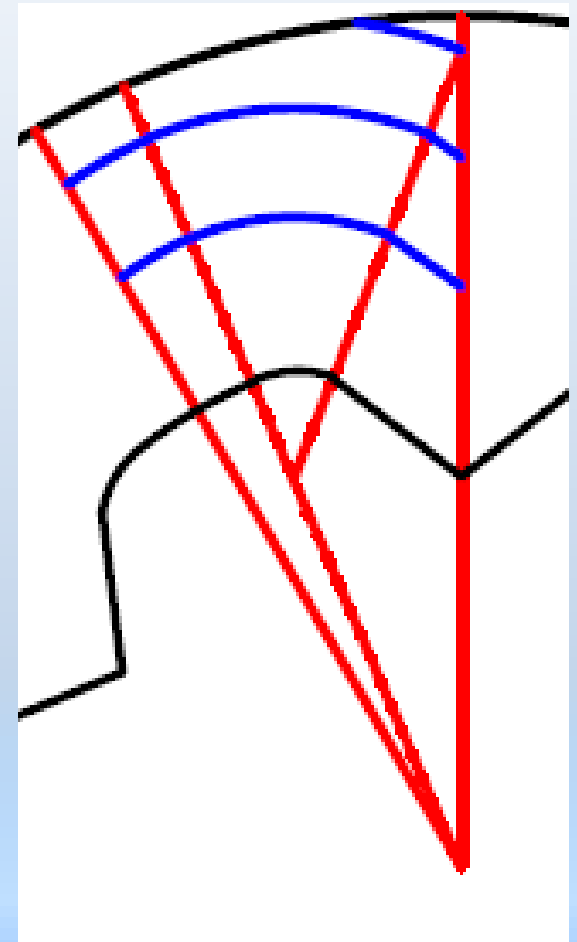
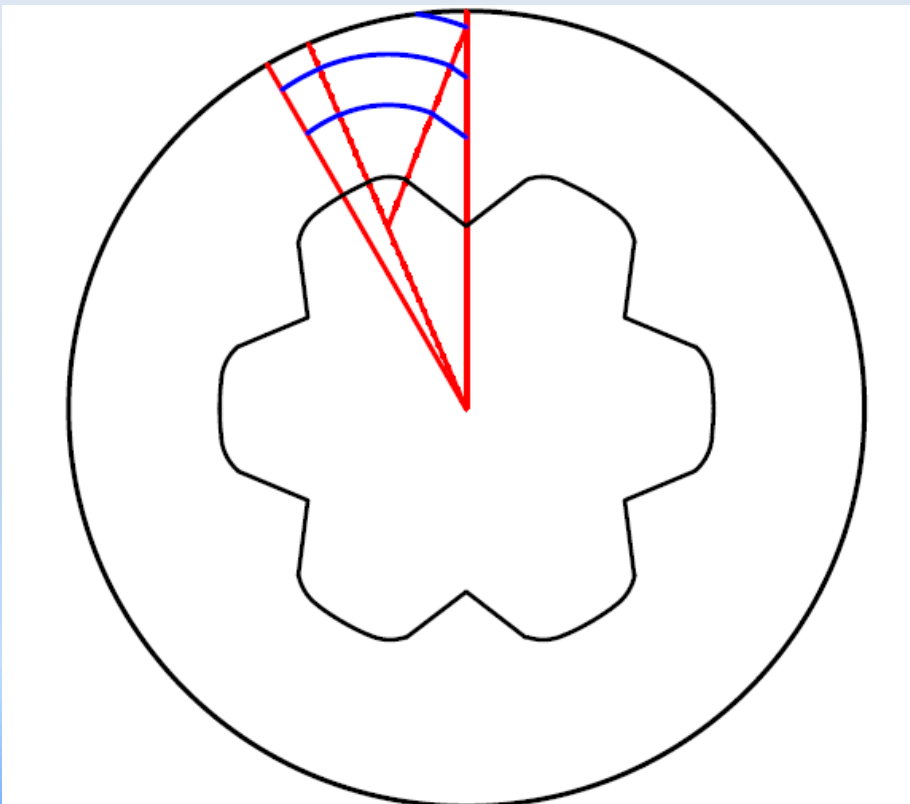
$$F = -\frac{dM}{dt}c = M\frac{dV}{dt}$$

- Cigarro
- Cilindro sem inibição
- Cruz
- Cilindro oco sem inibição
- Cilindro multifuro



## □ Grão Propelente

- Estrela



## □ Modelo Motor Foguete a Propelente Sólido

$$\Gamma = \sqrt{\gamma} \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}$$

- Tubeira (t)

$$\dot{m}_t = \frac{\Gamma P_c A_t}{\sqrt{RT_c}} = \frac{P_c A_t}{c^*}$$

- Grão propelente (p)

$$\dot{m}_p = \rho_p A_b r_b \quad \forall_c = A_p L_p \quad \frac{d\forall_c}{dt} = r_b A_b$$

$$\frac{dR_b}{dt} = r_b$$

## ❑ Modelo Motor Foguete a Propelente Sólido

- Câmara de combustão (c)

$$\rho_c = \frac{P_c}{R_c T_c}$$

$$\dot{m}_c = \dot{m}_p - \dot{m}_t$$

$$\frac{d(\rho_c V_c)}{dt} = \rho_p r_b A_b - \frac{P_c A_t}{c^*}$$

$$\rho_c \frac{dV_c}{dt} + V_c \frac{d\rho_c}{dt} = \rho_p r_b A_b - \frac{P_c A_t}{c^*}$$

## □ Modelo Motor Foguete a Propelente Sólido

- Câmara de combustão (c)

$$\rho_c \frac{dV_c}{dt} + V_c \frac{d\rho_c}{dt} = \rho_p r_b A_b - \frac{P_c A_t}{c^*}$$

$$\frac{V_c}{R_c T_c} \frac{dP_c}{dt} = \rho_p r_b A_b - \frac{P_c A_t}{c^*} - \frac{P_c r_b A_b}{R_c T_c}$$

## ❑ Modelo Motor Foguete a Propelente Sólido

- Câmara de combustão (c)

$$\frac{V_c}{R_c T_c} \frac{dP_c}{dt} = \rho_p r_b A_b - \frac{P_c A_t}{c^*} - \frac{P_c r_b A_b}{R_c T_c}$$

$$\frac{dP_c}{dt} = \frac{R_c T_c}{V_c} \left( \rho_p r_b A_b - \frac{P_c r_b A_b}{R_c T_c} - \frac{P_c A_t}{c^*} \right)$$

# Bibliografia

- BARRERE, M., JAUMOTTE, A., DE VEUBEKE, B. F. e VANDENKERCKOVE, J. *Rocket Propulsion*. Amsterdam: Elsevier, 1960. 829p.
- ALVIM FILHO, G. *Problemas Relativos a Motor Foguete*. Apostila de Curso, PRP-30. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: ITA. 1982.
- ALVIM FILHO, G. *Motor Foguete*. Apostila de Curso, PRP-11. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: ITA. 1983.
- MATTINGLY, J. D. *Elements of Gas Turbine Propulsion*. New York: McGraw-Hill, 1996. 960p.
- OATES, G. C. *Aerothermodynamics of Gas Turbine and Rocket Propulsion*, AIAA Education Series. Washington, DC: AIAA, 1988. 456p.
- CORNELISSE, J. W., SCHÖYER, H. F. R. et WAKKER, K. F. *Rocket Propulsion na Spaceflight Dynamics*. London: Pitman, 1979, 505p.