Foguetes e Minifoguetes

Prof. Carlos Henrique Marchi

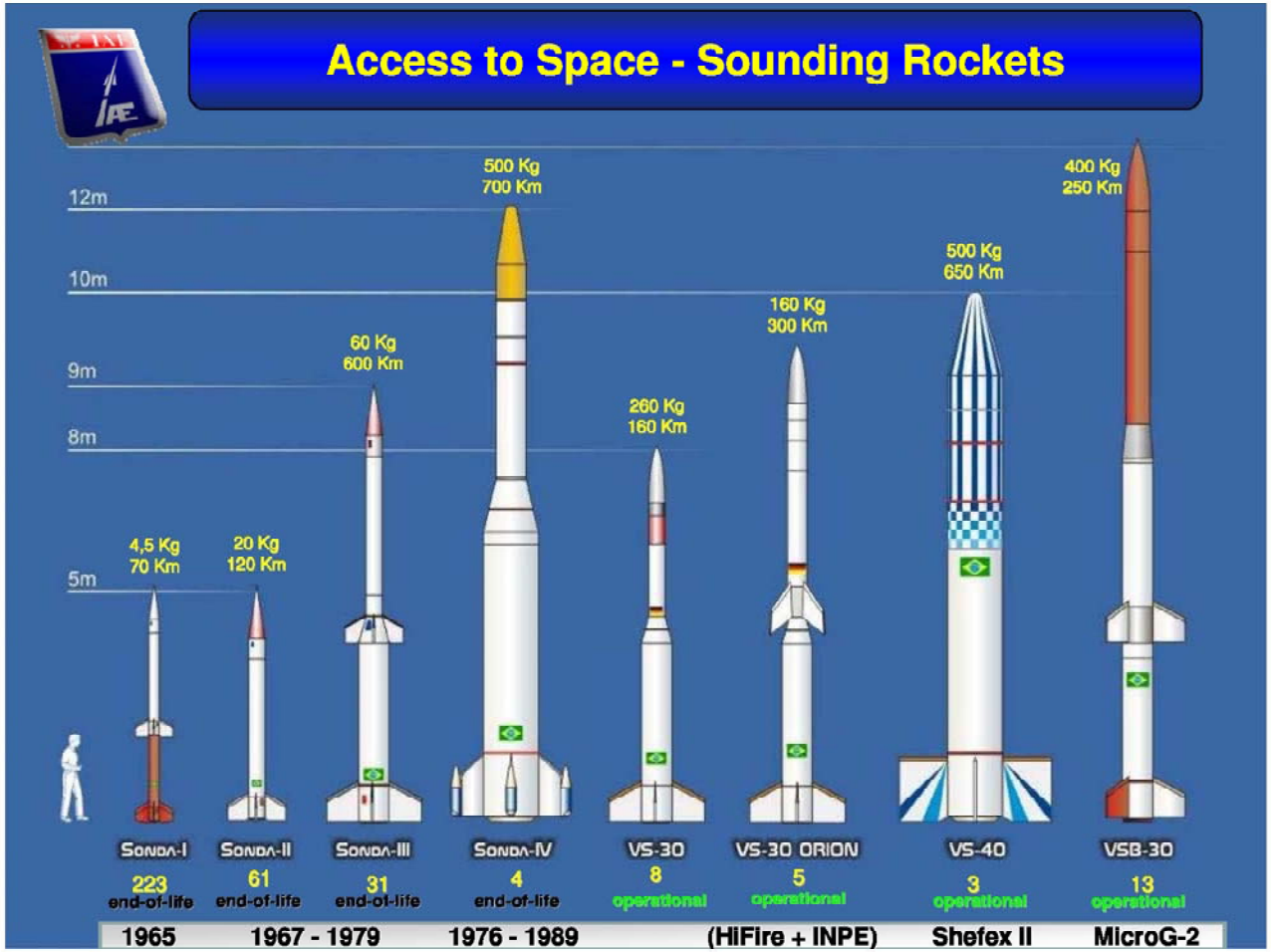
Grupo de Foguetes Carl Sagan (GFCS)

Laboratório de Atividades Espaciais (LAE)

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba, 30 Jul 2018.



Foguetes de sondagem brasileiros

CLBI no RN

CLA no MA

INPE em SJC (SP)

IAE em SJC (SP)

AEB (Brasília)

ALGUNS TIPOS DE MOTORES-FOGUETE OPERACIONAIS:

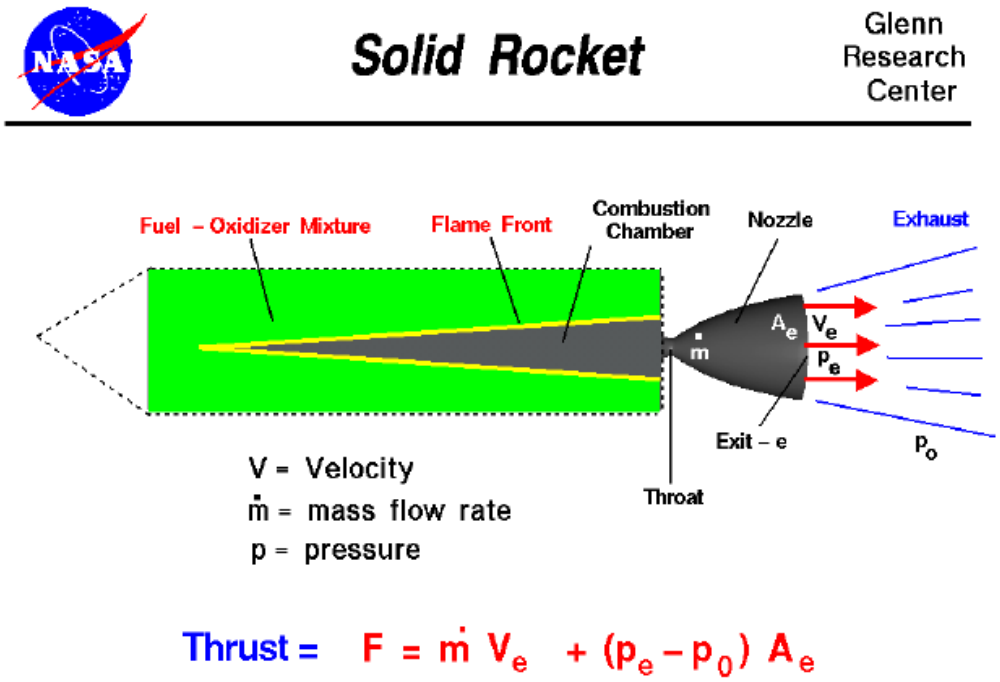
1) Gás frio
2) Sólido
3) Líquido

Existem outros tipos de motores-foguete como monopropelente, híbrido, plasma e nuclear.

O princípio do funcionamento de um motor-foguete é a 3ª lei do movimento de Newton, chamada de ação e reação: para cada ação (força) ocorre uma reação (força) de mesma magnitude mas em sentido contrário.

Um exemplo é dado por um balão de ar. Ao abrir a sua boca, ar sob pressão escapa para fora (força de ação), que provoca o movimento do balão no sentido oposto devido à força de reação.

MOTOR-FOGUETE A PROPELENTE SÓLIDO



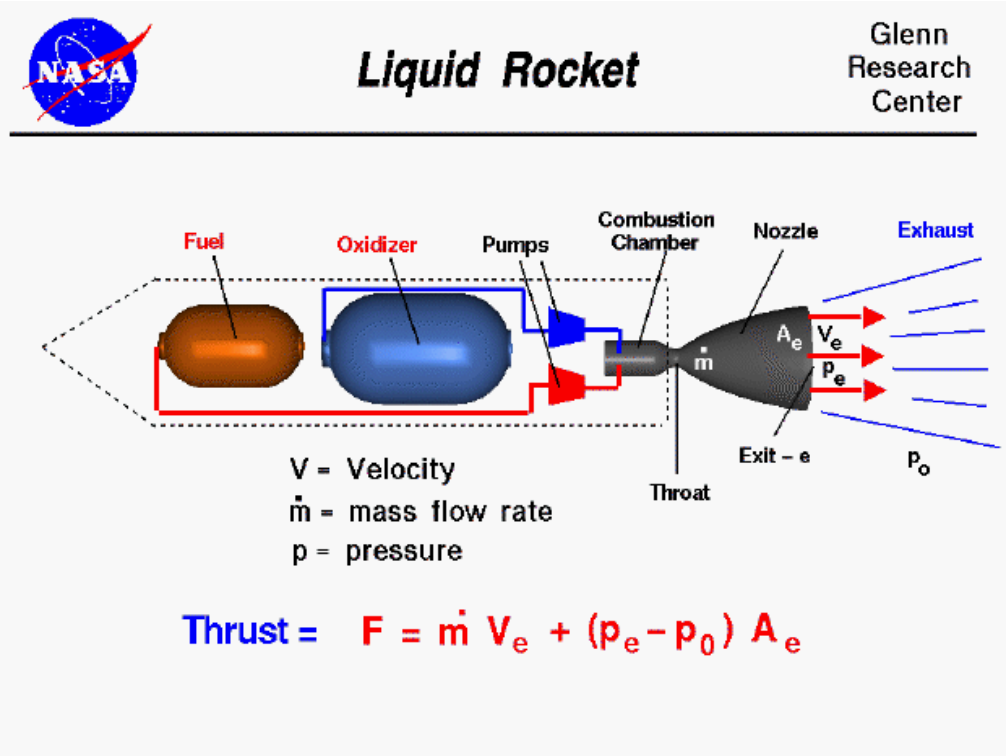
$$\text{Thrust} = F = \dot{m}\, V_e + (p_e - p_0)\, A_e$$

Mostrar fisicamente o motor-foguete Saturno

O foguete brasileiro VLS (19 m)

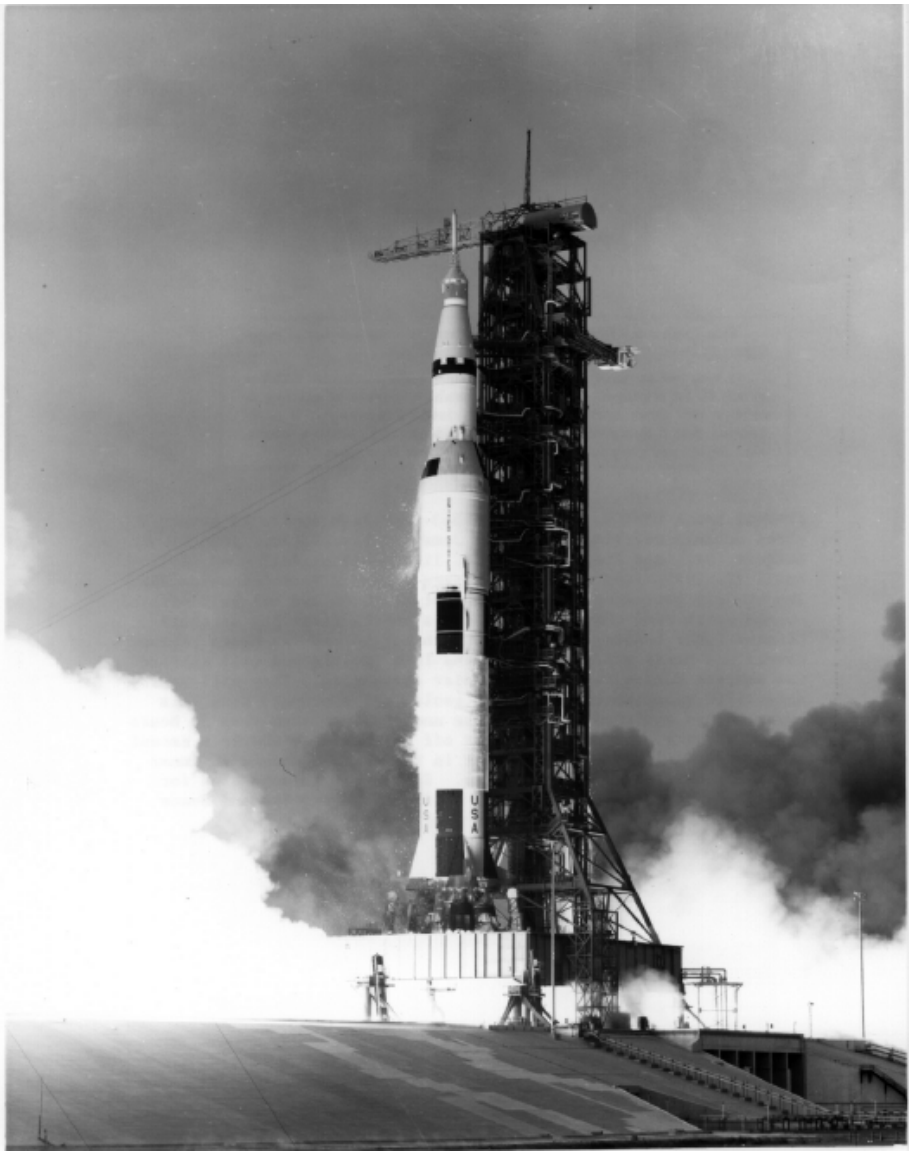
Space Shuttle Discovery (SRB 48 m)

MOTOR-FOGUETE A PROPELENTE LÍQUIDO



Mostrar fisicamente o motor-foguete do INPE de 200 N

Space Shuttle Discovery (56 m)



Foguete Saturno V com a nave Apollo 13 (111 m) [Shopping Itália = 112 m]

Motor-foguete SSME do Space Shuttle (4,3 m)

Motor-foguete F1 do foguete Saturno V (5,6 m)

O foguete de sondagem brasileiro VS-40.

Kit do minifoguete VS-40 da Bandeirante.

Minifoguetes são foguetes REAIS de pequeno porte.

Exceto os materiais usados em sua estrutura, um minifoguete é exatamente igual a um foguete real de grande porte, do tipo chamado de sondagem, porém em escala reduzida. Por exemplo, na figura esquerda é mostrado o foguete de sondagem brasileiro VS-40, que tem 9,50 metros de comprimento, 1,01 metro de diâmetro, pesa 6800 kg e pode atingir 650 km de altura. Já na figura direita é mostrado um kit de minifoguete comercial do VS-40, produzido pela empresa brasileira Boa Vista Modelismo, que tem 30 centímetros de comprimento, 3,2 centímetros de diâmetro, pesa 35 gramas e pode chegar a 300 metros de altura; este kit é portanto uma versão reduzida na escala 1:32 do foguete VS-40. Ambos, o foguete e o minifoguete VS-40 usam propelente sólido e têm estabilidade passiva através de empenas.

Outra definição é que um minifoguete é um foguete pequeno não profissional. O termo minifoguete também é usado para distinguir dos foguetes feitos por empresas ou instituições responsáveis pelo desenvolvimento dos programas espaciais de cada país, como o IAE (Instituto de Aeronáutica e Espaço) no Brasil, que projetou o foguete VS-40.

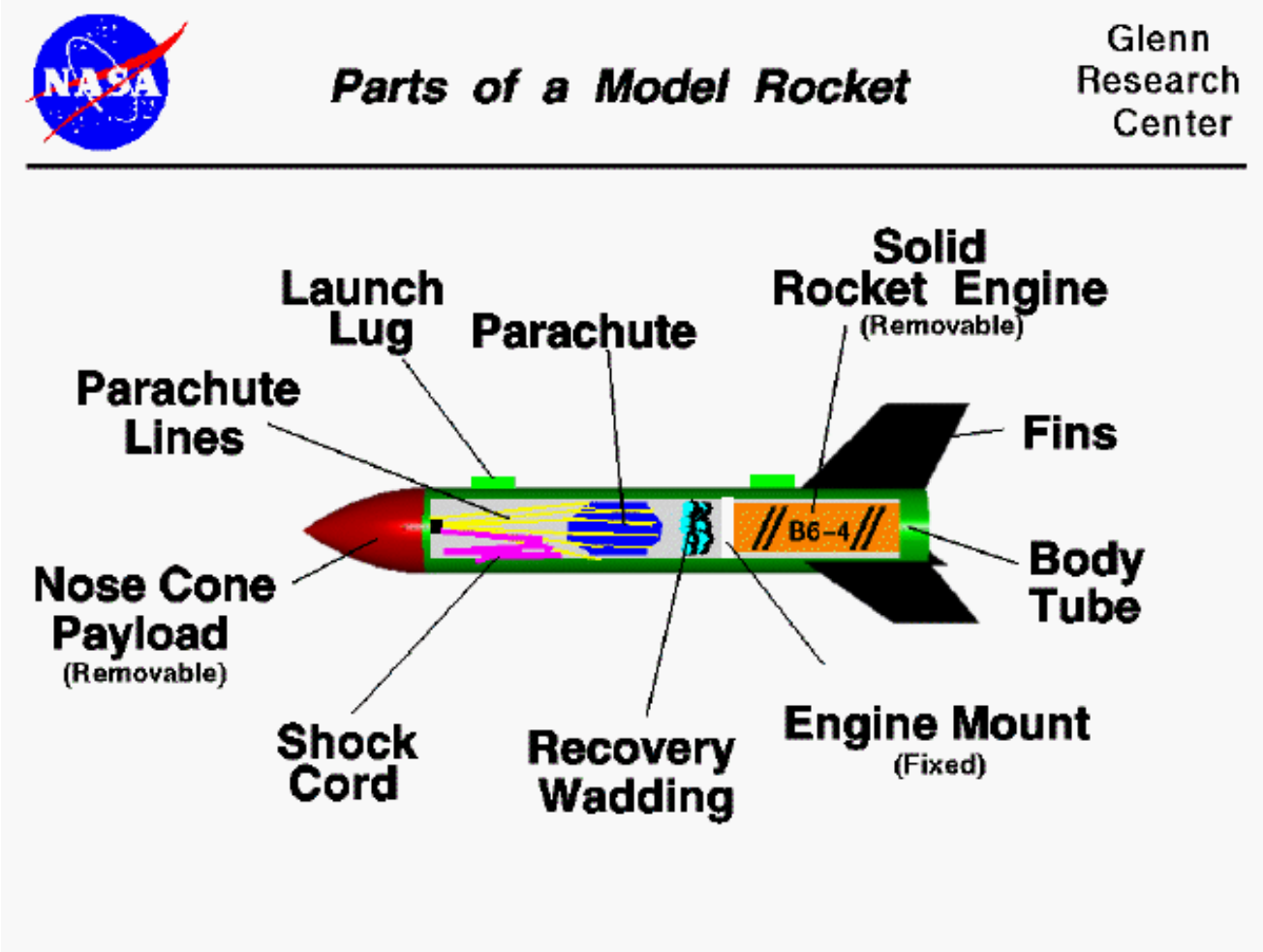
Nos Estados Unidos usa-se o termo *model rocket* e no Brasil são usados os termos minifoguete, espaçomodelo e foguetemodelo.

Não se deve confundir um minifoguete com um foguete de garrafa PET pois este não usa propelente de foguetes reais e sim líquidos que são ejetados em velocidades muito baixas da garrafa para gerar empuxo. Já os motores de foguetes como o VS-40 e os minifoguetes ejetam gases provenientes da queima do seu propelente em velocidade supersônica.

Os minifoguetes podem ser classificados em dois tipos:

1) Espaçomodelo, foguetemodelo, minifoguete educativo ou minifoguete comercial (*model rocket*)

2) Minifoguete experimental



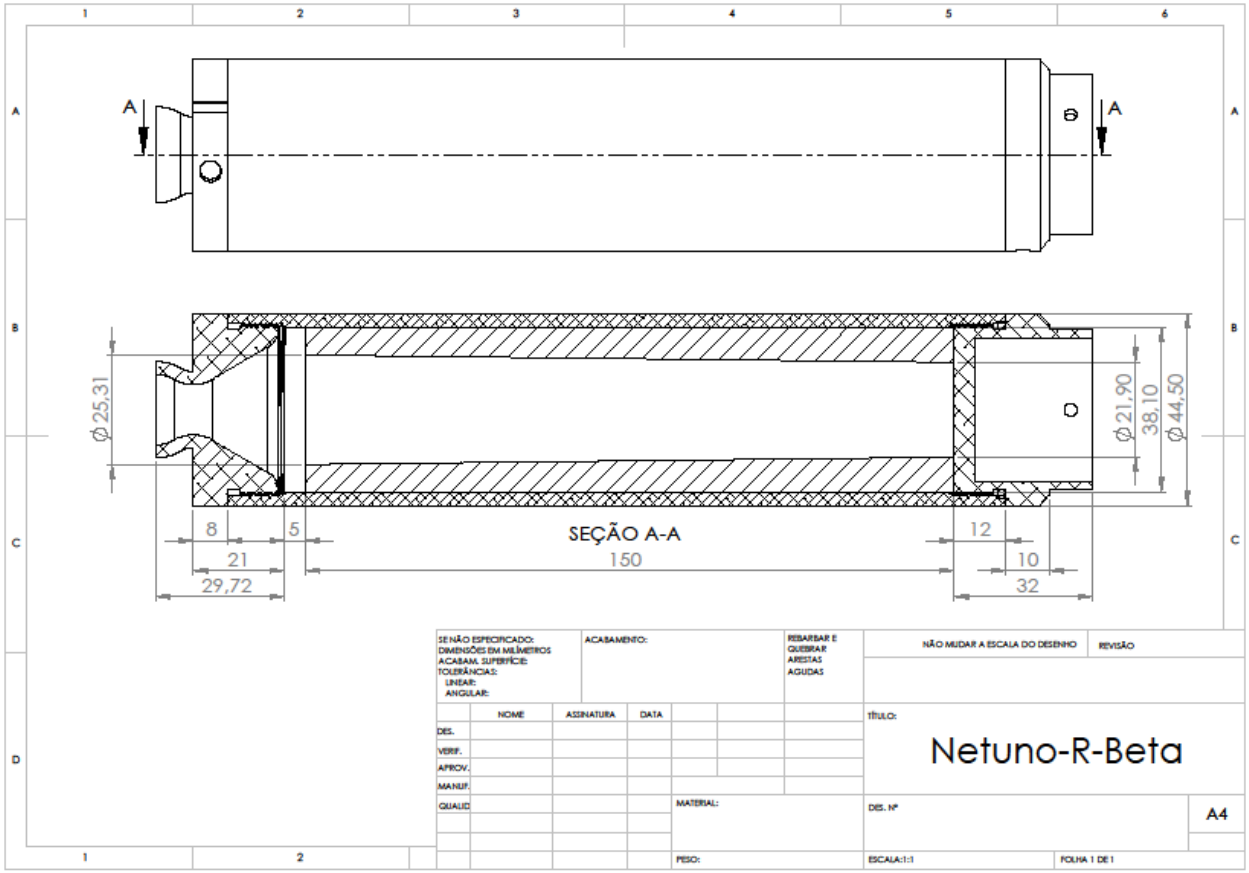
Os **espaçomodelos** são comercializados na forma de kit com motores, e feitos de materiais não metálicos: papelão, madeira, plástico etc. Exemplo: **espaçomodelo VS-40**: kit comercial; materiais = papelão, fibra de vidro e plástico; comprimento = 300 mm; diâmetro = 32 mm; propelente = pólvora negra; massa de propelente = 10 g; massa total = 35 g; com paraquedas; apogeu = 300 m.

Mostrar fisicamente o kit do espaçomodelo VS-40

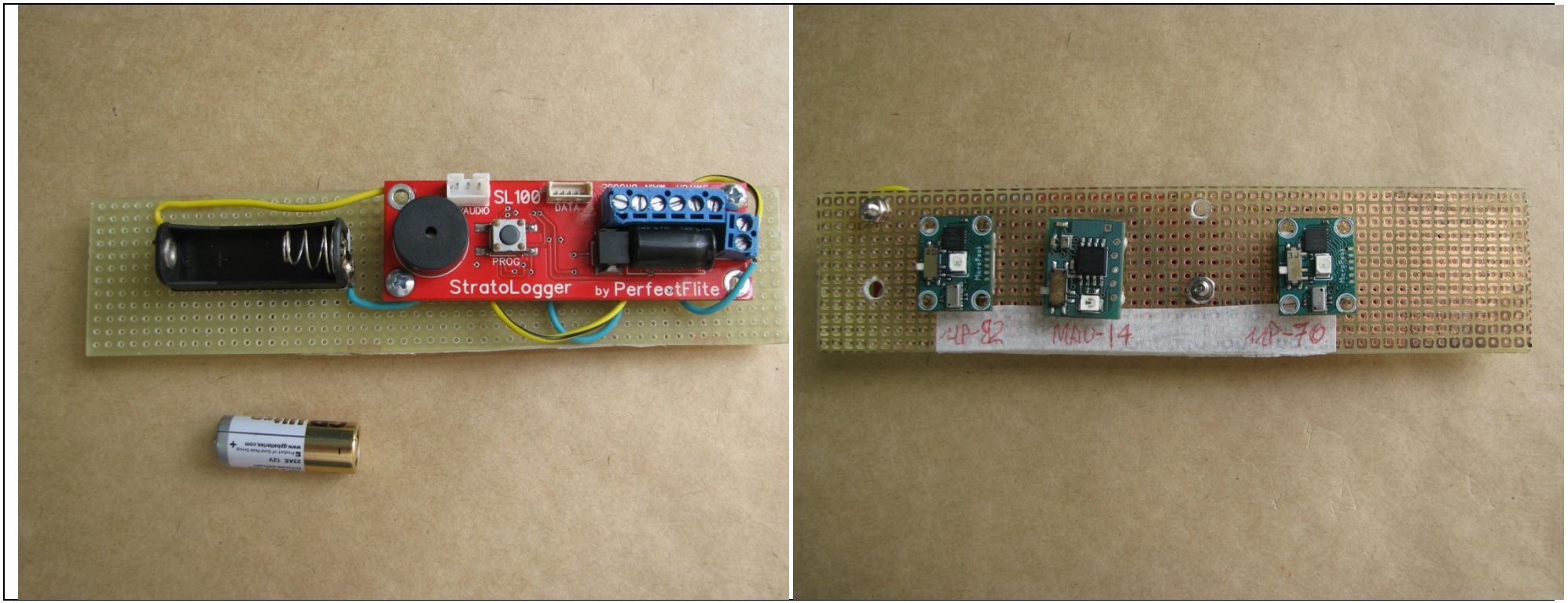
Os **minifoguetes experimentais** não são industrializados. Eles são desenvolvimentos próprios, incluindo o propelente, e geralmente são metálicos.

Exemplo: **minifoguete experimental Netuno-R-Beta/Paraná-VIIb**: projeto do LAE/UFPR; materiais = ligas de alumínio, nylon, PVC, plástico etc; comprimento = 637 mm; diâmetro = 44 mm; propelente = sacarose e nitrato de potássio; massa de propelente = 131 g; massa total = 684 g; com paraquedas e 4 altímetros a bordo; apogeu = 804 m; tempo de voo = 54 s.

Mostrar fisicamente o minifoguete Netuno-R-Beta/Paraná-VIIb



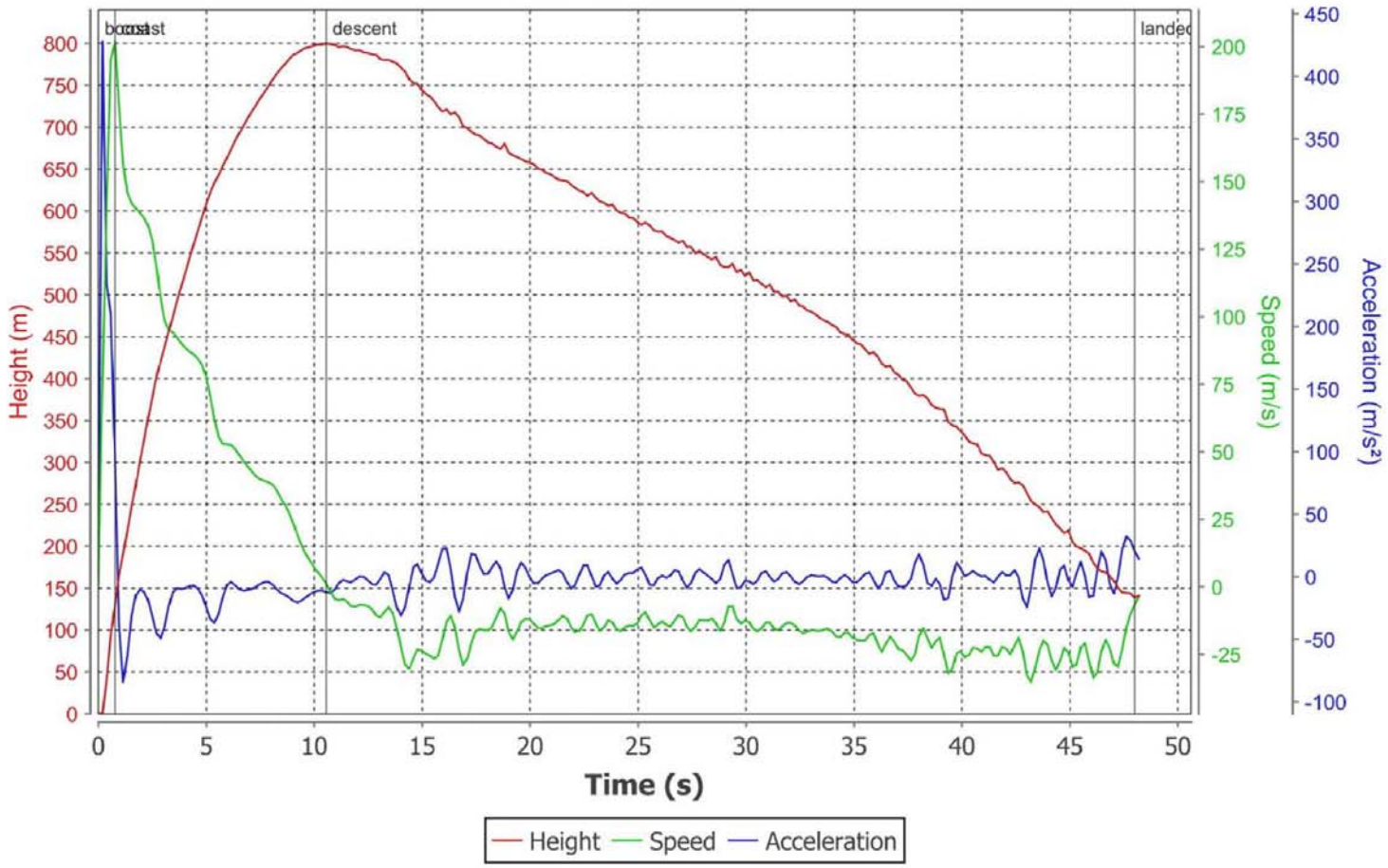
Componentes do motor-foguete Netuno-R-Beta (experimental).



4 altímetros de bordo (3 tipos) usados no voo do Netuno-R-Beta/Paraná-VIIb em 7 Set 2017

Mostrar fisicamente altímetros de bordo

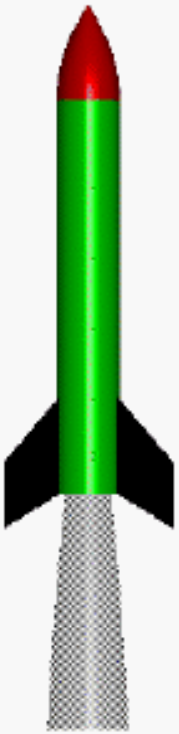
NRB-PR7b_mp-82_LT-2017-09-07.mpd



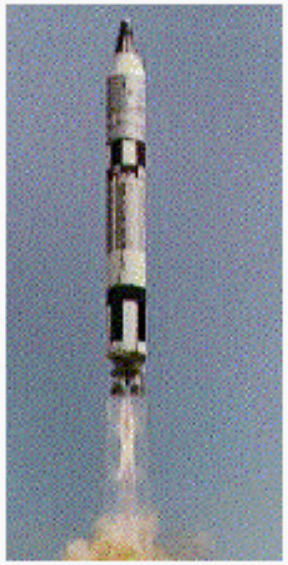
Model Rockets and Real Rockets

Compare and Contrast

Glenn Research Center



Model Rocket	Real Rocket
4 forces throughout flight	4 forces during atmospheric flight
all of flight in atmosphere aerodynamics very important	short time in atmosphere aerodynamics less important
very short powered flight	long powered flight
solid rocket engine small propellant mass fraction	liquid or solid rocket engine large propellant mass fraction
passive stability no control	passive stability active control
low speed heating not important	high speed heating important
inexpensive materials balsa, cardboard, plastic	expensive materials aluminum, titanium, nickel alloy



Titan Booster