

Festivais Brasileiros de Minifoguetes

Prof. Carlos Henrique Marchi

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Curitiba

Grupo de Foguetes Carl Sagan (GFCS) – 2005

Laboratório de Atividades Espaciais (LAE) – 2011

Associação Brasileira de Minifoguetes (2016) – presidente (2017-)

MOBFOG/OBA, Barra do Piraí (RJ), 18 Dez 2019.

Apresentação de Antonio Carlos Foltran

Definição de Minifoguete



O foguete de sondagem brasileiro VS-40.



Kit do minifoguete VS-40 da Bandeirante.

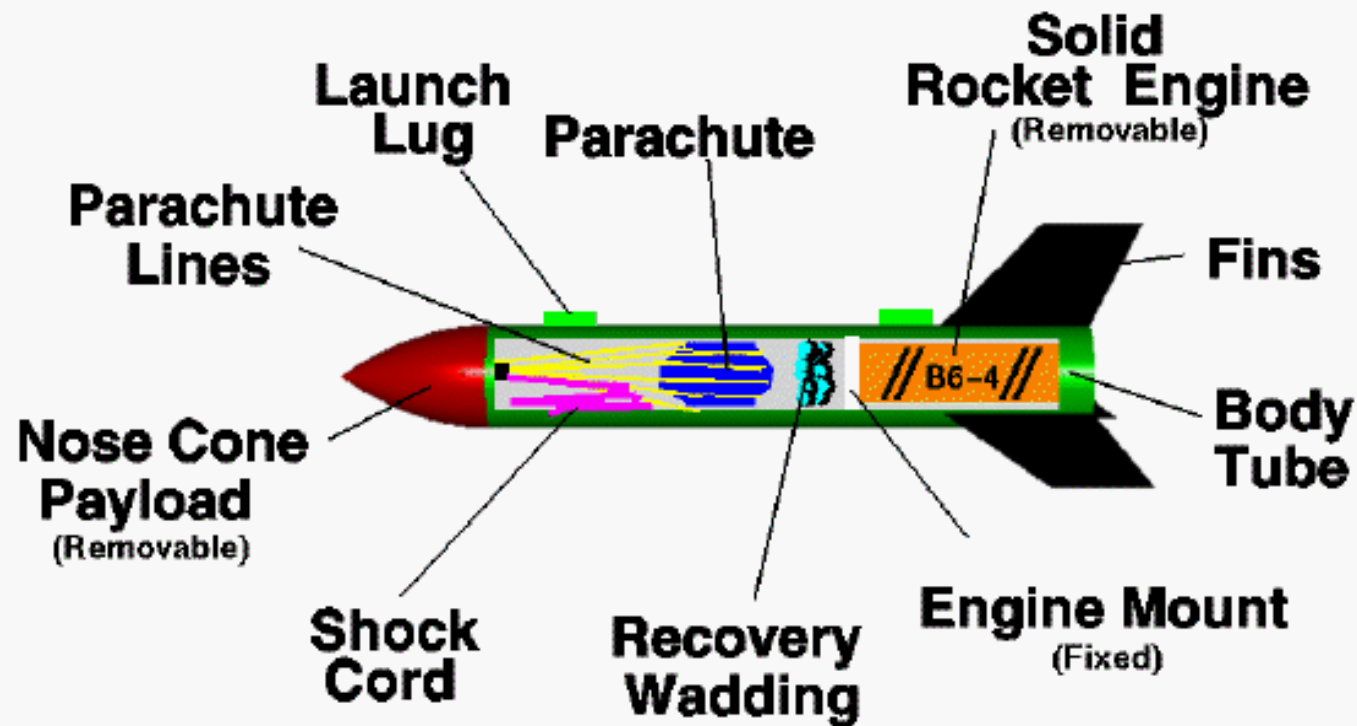
Os minifoguetes podem ser classificados em dois tipos:

- 1) Espaço modelo, **foguete modelo**, minifoguete educativo ou minifoguete comercial (*model rocket*)
- 2) **Minifoguete experimental**



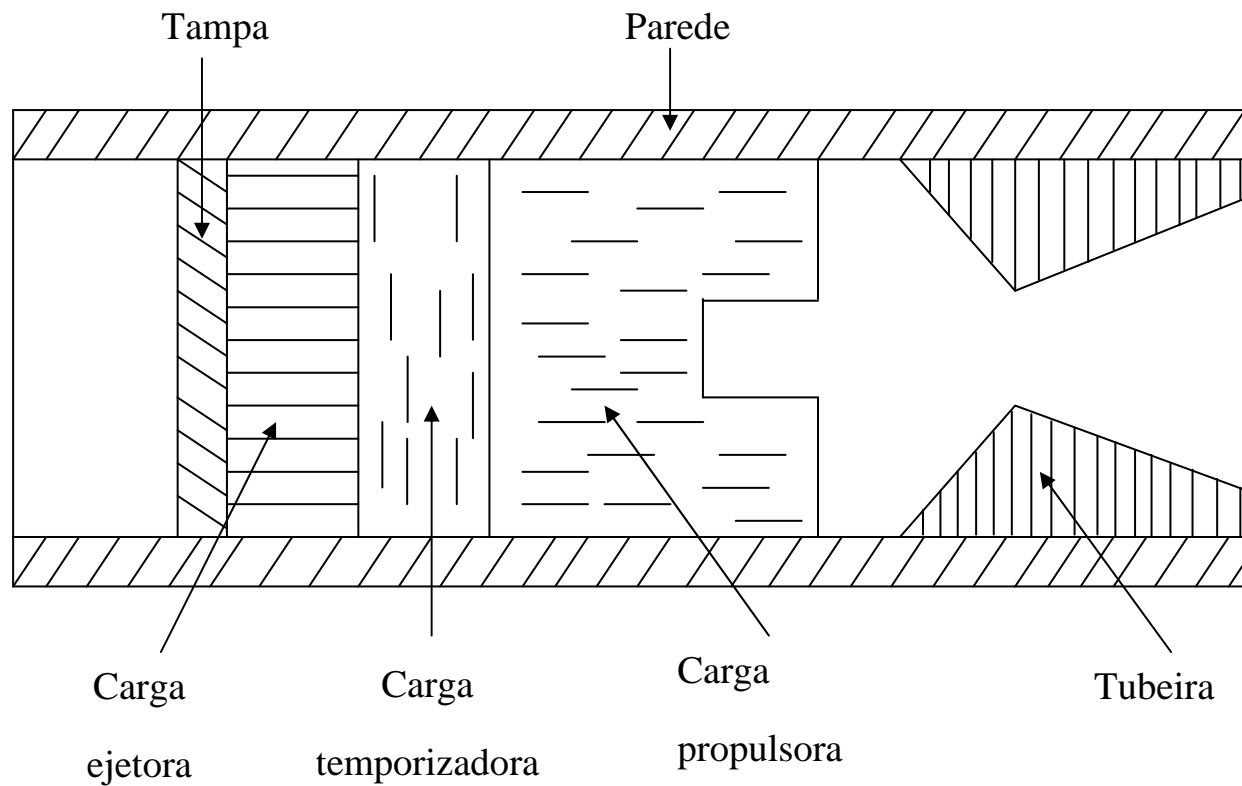
Parts of a Model Rocket

Glenn
Research
Center



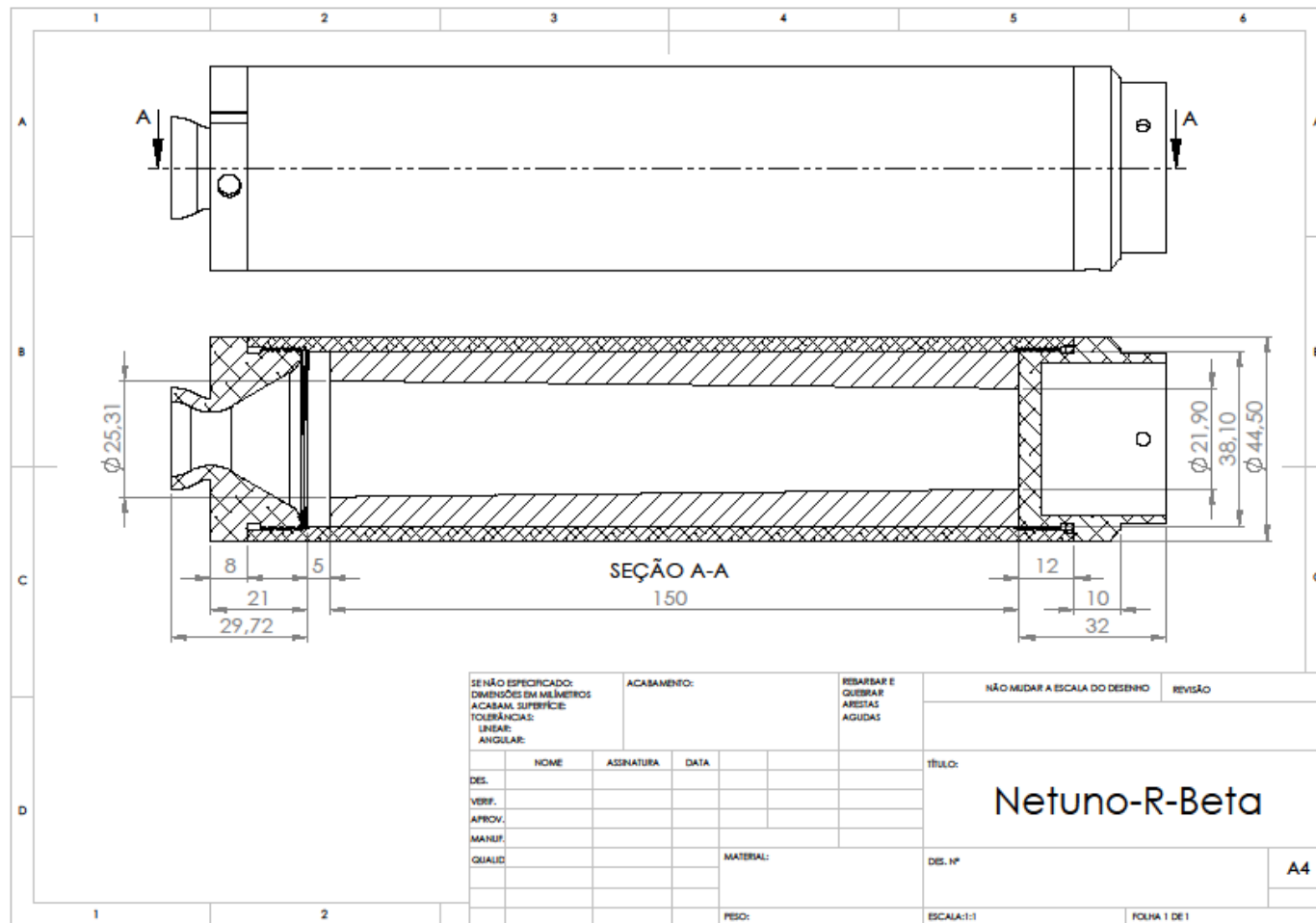






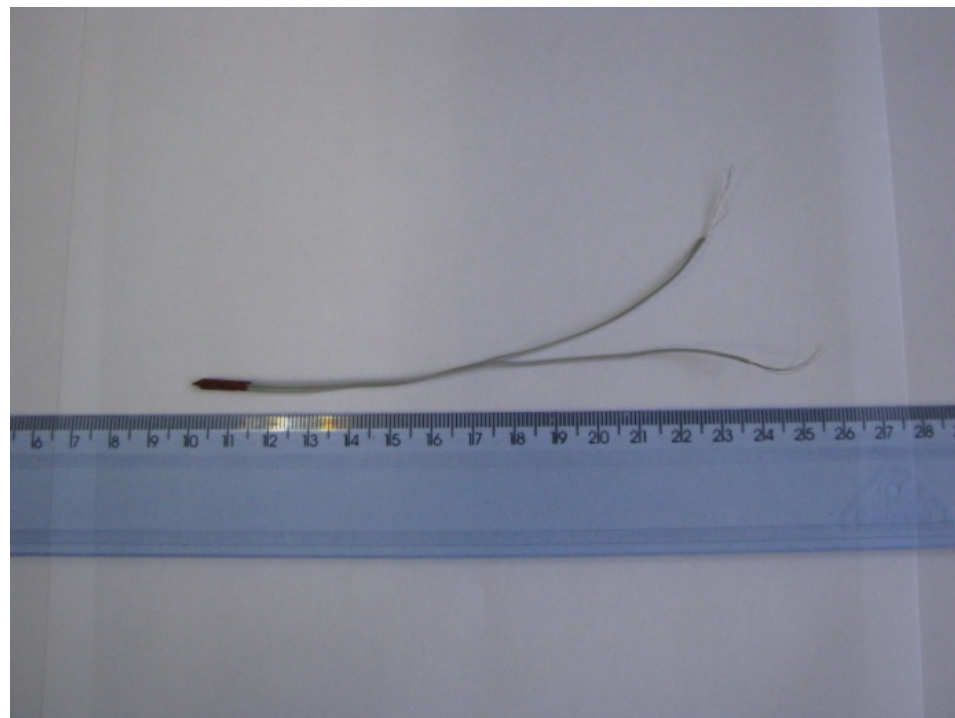
Espaçomodelos: pólvora negra = 14% C (carvão) + 14% S (enxofre) + 72% KNO_3 (nitrato de potássio).

Componentes de motor-foguete de espaçomodelo.



MFE: $\text{KNSu} = 35\% \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (sacarose) + 65% KNO_3 (nitrato de potássio).

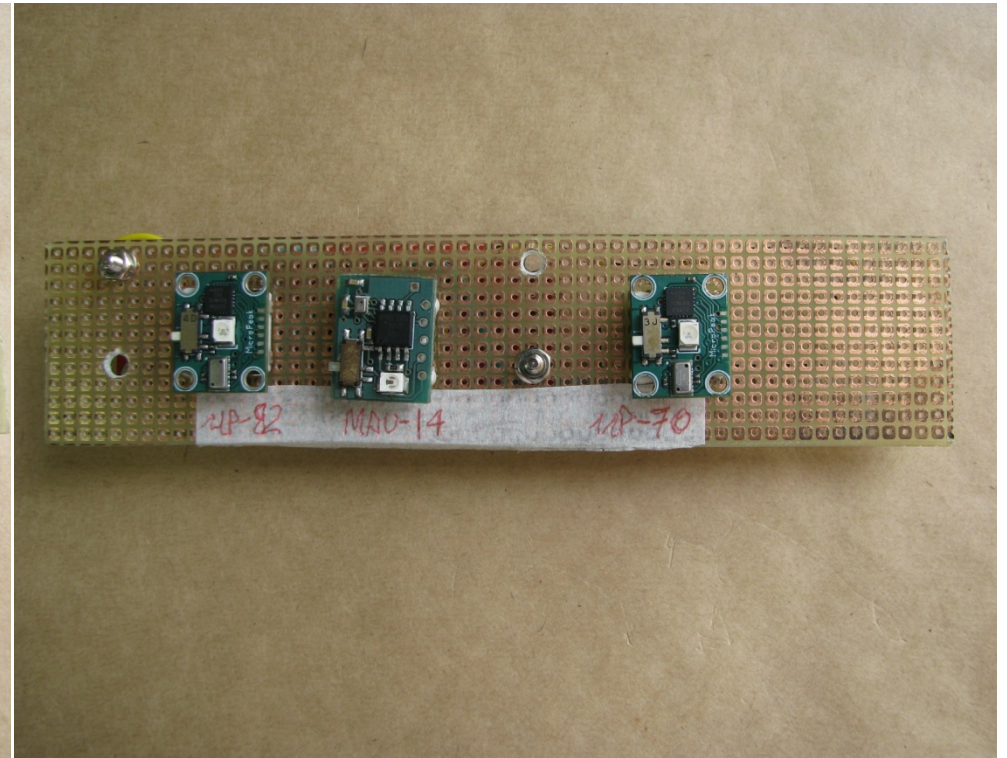
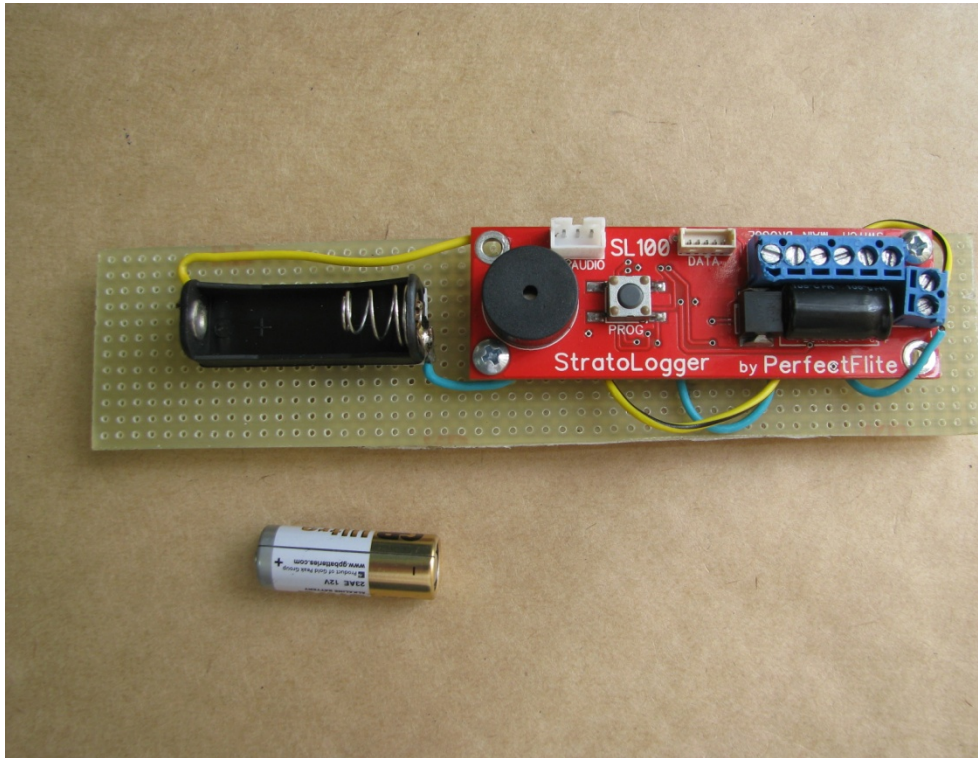
Componentes do motor-foguete Netuno-R-Beta (experimental).



Sistema de ignição do tipo Quest e ignitor do tipo Bandeirante.

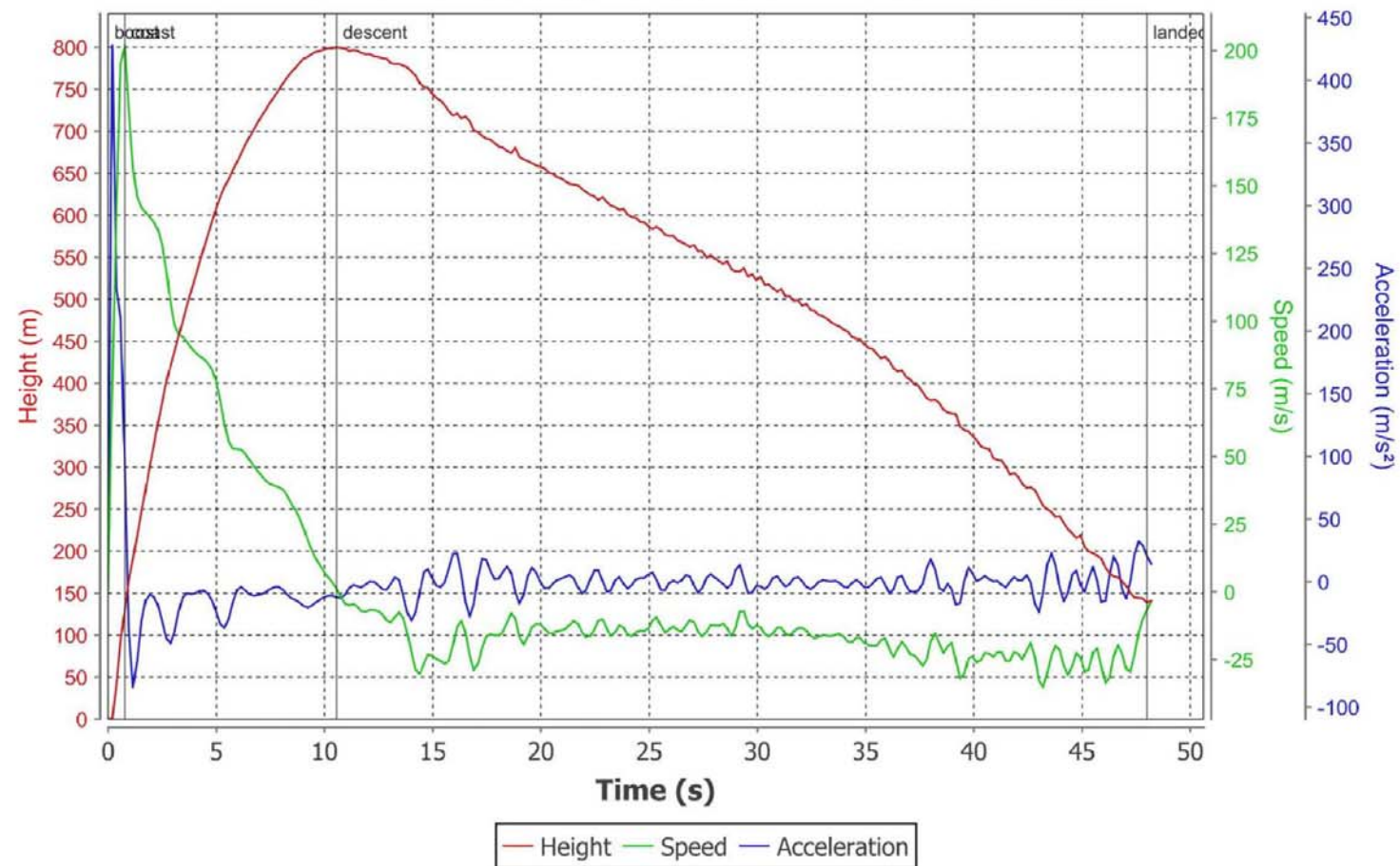


**Motor-foguete Bandeirante classe C em funcionamento
durante a aquisição de dados de sua curva de empuxo
em banco estático.**



4 altímetros de bordo (3 tipos)

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



Áreas do conhecimento envolvidas

Com base na tabela de áreas do conhecimento do CNPq, as seguintes áreas do conhecimento estão envolvidas:

- Engenharia Aeroespacial / Aerodinâmica / Aerodinâmica de aeronaves espaciais
- Engenharia Aeroespacial / Dinâmica de voo / Estabilidade e controle
- Engenharia Aeroespacial / Dinâmica de voo / Trajetórias e órbitas
- Engenharia Aeroespacial / Estruturas aeroespaciais / Materiais e processos para engenharia aeronáutica e aeroespacial
- Engenharia Aeroespacial / Estruturas aeroespaciais / Projeto de estruturas aeroespaciais
- Engenharia Aeroespacial / Propulsão aeroespacial / Combustão e escoamento com reações químicas
- Engenharia Aeroespacial / Propulsão aeroespacial / Propulsão de foguetes
- Engenharia Aeroespacial / Sistemas aeroespaciais / Foguetes

- Engenharia Mecânica / Fenômenos de transporte / Dinâmica dos gases
- Engenharia Mecânica / Fenômenos de transporte / Princípios variacionais e Métodos numéricos

- Engenharia Elétrica / Medidas elétricas, magnéticas e eletrônicas; instrumentação / Instrumentação eletrônica

- Matemática / Matemática aplicada / Análise numérica
- Matemática / Matemática aplicada / Física matemática

- Ciência da Computação / Metodologia e técnicas da computação / Linguagens de programação
- Ciência da Computação / Sistemas da computação / Software básico

- Divulgação científica

História do nascimento do Festival

- Nov/2010: AAB propõe evento nacional na área de foguetes similar ao Aerodesign
- Jul/2011: Marchi envia ao presidente Raupp da AEB proposta da 1ª Olimpíada Brasileira de Foguetes
- Ago/2011: Raupp envia a proposta de Marchi a uma Diretoria da AEB
- Dez/2012: Marchi participa na AEB de reunião para elaborar as regras de uma competição de foguetemodelismo da AEB
- Abr/2013: AEB anuncia a primeira Competição de Foguetemodelismo para outubro de 2013.
- Abr/2013: o Grupo de Foguetes Carl Sagan (GFCS) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) cria 3 equipes de alunos para participar desta competição da AEB.
- Ago/2013: AEB desiste de realizar a sua competição.
- Ago/2013: o GFCS/UFPR decide realizar um evento semelhante em 2014.
- Set/2013: o GFCS/UFPR lança o *Festival de Minifoguetes de Curitiba 2014*.

Banners dos Festivais

I Festival de Minifoguetes de Curitiba 11 a 13 de abril de 2014



Objetivos:

Competições em 6 categorias
Sessões técnicas
Oficinas
Exposições
Palestras



<ftp://ftp.demec.ufpr.br/foguete/Festival/>

II Festival de Minifoguetes de Curitiba 18 a 20 de abril de 2015



Objetivos:

Competições em 12 categorias
Concurso de fotografias
Sessões técnicas
Exposição
Palestras



Inscrições das equipes:

até 15 de fevereiro de 2015

Contato: chmcfd@gmail.com

Mais informações:

www.foguete.ufpr.br

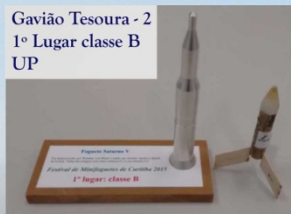
foguetefpr.blogspot.com



III Festival de Minifoguetes de Curitiba

21 a 24 de abril de 2016

Gavião Tesoura - 2
1º Lugar classe B
UP



Alfa - 19
1º Lugar
Classe A
UFPR



Eirapuã
1º Lugar Classe E
UFABC



Gamma- 10
1º Lugar classe C
UFPR



Pluto - 3
1º Lugar 100 m
UFPR



Beta - 9
1º Lugar 200 m
UFPR

Apoio:



Programa:

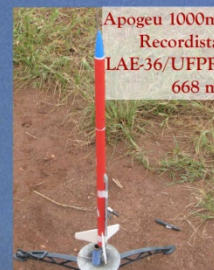
- Competições em 13 categorias
- Sessões técnicas
- Exposições
- Minicurso
- Palestras

Realização:

Grupo de Foguetes
Carl Sagan da UFPR

IV Festival Brasileiro de Minifoguetes

29 de abril a 1º de maio de 2017

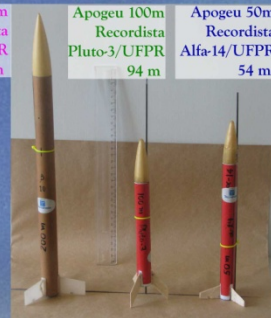


Apogeu 1000m
Recordista
LAE-36/UFPR
668 m

Apogeu 200m
Recordista
Beta-10/UFPR
199 m

Apogeu 100m
Recordista
Pluto-3/UFPR
94 m

Apogeu 50m
Recordista
Alfa-14/UFPR
54 m



Local: Curitiba e Pinhais (PR)

Programa:

Competições nas Categorias:

- Apogeu exato (7)
- Apogeu máximo (2)

Sessões técnicas

Exposição e Feira

Minicursos e Palestras

Contato:

minifoguete@gmail.com

Mais informações:

www.foguete.ufpr.br

minifoguete.blogspot.com

Organização:

Associação Brasileira de
Minifoguetes

Apoio:



V Festival Brasileiro de Minifoguetes

28 de abril a 1 de maio de 2018

Apogeu 1000 m
Recordista
MF Boitatá HI
UFABC RD
1126 m

Locais: Curitiba, Pinhais e Campo Largo (PR)

Programa:

Competições nas Categorias:

- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Livre: 50 a 3048 metros

Exposição

Minicursos

Contato:
minifoguete@gmail.com

Mais informações:
www.foguete.ufpr.br
minifoguete.blogspot.com

Organização:
Associação Brasileira de Minifoguetes

Apoio:

VI FESTIVAL BRASILEIRO DE MINIFOGUETES

>>>>>
26/ ABRIL
a 01/MAIO
2019

CURITIBA | PIRAQUARA

> **COMPETIÇÕES**

ENSINO FUNDAMENTAL
ENSINO MÉDIO
LIVRE DE 100 A 1000 METROS

> **EXPOSIÇÃO**

> **MINICURSOS**

> **SEMINÁRIO**

informações:
www.foguete.ufpr.br
minifoguete.blogspot.com
minifoguete@gmail.com

Organização:

Apoio:

Categorias e tipos das competições 2014 a 2019

Apogeu exato para minifoguete com um único motor de qualquer classe: livre

Categoria	2014	2015	2016	2017	2018	2019
50 m		X	X	X	X	
100 m		X	X	X	X	X
150 m	X					
200 m		X	X	X	X	
400 m		X	X			
500 m				X	X	X
800 m		X	X			
1000 m	X			X	X	X
2000 m					X	X
3048 m					X	X

Apogeu exato para equipes do ensino médio

Categoria	2014	2015	2016	2017	2018	2019
50 m				X	X	X
100 m				X		

Apogeu máximo para minifoguete com um único motor em cada classe: livre

Categoria	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Classe $\frac{1}{8}$ A			X			
Classe $\frac{1}{4}$ A			X			
Classe $\frac{1}{2}$ A		X	X	X		
Classe A	X	X	X	X		
Classe B	X	X	X			
Classe C	X	X	X			
Classe D		X	X			
Classe E		X	X			

Tempo total de voo exato para equipes do ensino fundamental

Categoria	2014	2015	2016	2017	2018	2019
7 s					X	X

Outras

Categoria	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Livre/Inovação	X	X				
Demonstração			X			

Impacto para minifoguete com um único motor em cada classe: livre

Categoria	2014	2015	2016	2017	2018	2019
x100h250						X

Fotos dos participantes 2014 a 2019



2014



2015



2016



2017



2018



28 Abr 2019



30 Abr 2019

2019

Equipes por estado e ano

nº	Estado	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	PR	9	10	10	18	13	17
2	SC	2	1	1	1	1	1
3	PE	1	1	1	1		
4	RS	2	2	2	3	3	2
5	MG	1		3	3	3	3
6	SP	3	2	4	6	4	11
7	DF		1	1	1	1	
8	RJ			1	3	5	3
9	AM				1	1	1
10	GO				1	1	
11	MA				1	1	
12	RN					1	1
13	AC						1
14	BA						1
15	PA						2
16	MT						1
	Total equipes	18	17	23	39	34	44
	Total estados	6	6	8	11	11	12

Dados diversos

Festival – ano	Data	Categorias	Lançamentos	Participantes	Membros	Comissão
I – 2014	11 a 13 Abr	5	37	85	158	23
II – 2015	18 a 20 Abr	12	67	165	277	27
III – 2016	21 a 24 Abr	13	92	251	263	22
IV – 2017	29 Abr a 1º Mai	9	72	409	526	25
V – 2018	28 a 30 Abr	9	44	462	770	25
VI – 2019	26 Abr a 1º Mai	8	51	446	1247	65

11 minicursos no Festival 2019:

- Preparação e carregamento a frio de KNSu em motores-foguete experimentais (2 horas)
[3 turmas]
- Projeto estrutural de motor-foguete (1,5 hora)
- Cálculo do coeficiente de arrasto de minifoguetes (1 hora)
- Cálculo e otimização da trajetória de minifoguetes (2 horas)
- Teste estático e análise de motor-foguete de espaçomodelo (2 horas)
- Estimativa do empuxo de motor-foguete (2 horas)
- Estabilidade de minifoguetes (1 hora)
- Introdução à propulsão híbrida (4 horas)
- Doutrina de segurança em atividades de lançamento de minifoguetes (3 horas)
- Teste estático de motores-foguete experimentais (1 hora)
- Altímetros e localizador de minifoguetes (2 horas)

Segurança

- Ambulância e socorrista
- Locais com dimensão adequada aos respectivos apogeus: CED/Curitiba, CPAI/Piraquara e fazenda particular em Campo Largo
- Ignição elétrica à distância adequada: 10 a 150 metros
- Paraquedas nos minifoguetes
- Testes antes do evento: 3 motores não comerciais e 2 voos para cada minifoguete inscrito.
- Exemplo: no Festival 2018 houve 3 inscritos para H2k e H3k e ninguém foi aprovado, inclusive o GFCS.
- Incidentes: explosões de minifoguetes, voos instáveis, falhas no sistema de recuperação, quedas fora da área do evento. Sem explosões de minifoguetes em 2019.
- Acidentes: queda de um espaçomodelo na perna de uma pessoa (2016) e explosão de carga ejetora no braço de outra pessoa (2018). Sem acidentes em 2019.
- Foram realizados 363 LT em 6 anos.

Resumo das regras do Festival 2019

- Inscrições da equipe, dos membros da equipe, motor (não comercial) e minifoguete; espectador e minicursos.
- Motor comercial nas categorias do Ensino Fundamental, Ensino Médio, H100 e X100.
- Motor não comercial nas demais categorias e X100; necessário 3 TE sem anomalias.
- Minifoguete com 2 voos-teste sem anomalias e SR OK.
- Cada equipe pode lançar um único minifoguete em cada categoria.
- Cada minifoguete tem que levar um altímetro comercial; o evento empresta, se necessário.
- Prêmios para as 3 melhores equipes em cada categoria e menção honrosa.
- Há restrições apenas na constituição das equipes do Ensino Fundamental e Médio.
- Cada minifoguete só pode ter um motor e um estágio.
- Lançamento vertical ou quase vertical.
- Cada MF deverá pousar com $V \leq 36$ km/h; exceção: categoria Fundamental.

Intervalos válidos para premiação em cada categoria do Festival 2019.

Categoria	Recorde brasileiro	Intervalo válido para premiação		
Fundamental	6,93	5,00 a	9,00 s	
H50-médio	50	25 a	75 m	
H100	103 m	70 a	130 m	
X100h250	sem	50 a	150 m	
H500	506 m	350 a	650 m	
H1k	1.035 m	700 a	1.066 m	
H2k	sem	1.400 a	2.600 m	
H3k	3.057 m	2.100 a	3.900 m	

Recordes brasileiros atualizados em 2 Jun 2018

Tipo de motor e classe máxima por categoria do Festival 2019.

Categoria	Tipo de motor	Motor-limite	Limite de It (N.s)
Fundamental	Comercial	Classe A	2,5
H50-médio	Comercial	Classe B	5
H100	Comercial	Classe C	10
X100h250	Comercial ou não comercial	Classe H	320
H500	Não comercial	Classe I	640
H1k	Não comercial	Classe J	1.280
H2k	Não comercial	Classe K	2.560
H3k	Não comercial	Classe L	5.120

Unidade de It: Newton.segundo (N.s)

Informações:

Site do evento: <http://www.foguete.ufpr.br/>

Blog da BAR e seus eventos: <http://minifoguete.blogspot.com.br/>

Facebook do Festival de Minifoguetes: <https://www.facebook.com/groups/minifoguete/>

E-mail da BAR: minifoguete@gmail.com

Agradecimentos a: UFPR, UP, UTFPR, OBA e FUNCATE/AEB

Vídeo de Pablo Contreras

sobre o **V Festival Brasileiro de Minifoguetes (2018).**

YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=Zsmm4CMiPv4>