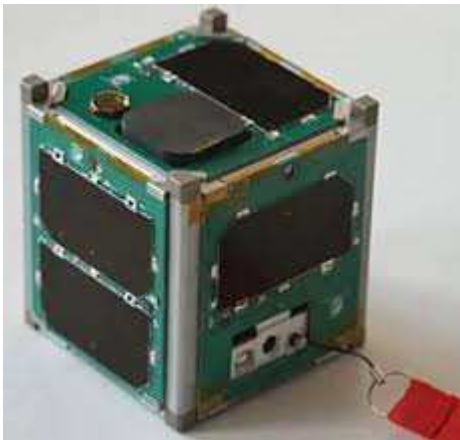




# **CBrAVIC – XLI Congresso Brasileiro de Aplicações de Vácuo na Indústria e na Ciência**

**09 – 11 de dezembro de 2020 – Foz do Iguaçu-PR**

## Introdução aos Nanossatélites e Cubesats



Lázaro Aparecido Pires de Camargo  
Divisão de Pequenos Satélites - DIPST  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
São José dos Campos - SP

# O QUE SÃO CUBESATS?

## ○ Histórico

- Padrão surge há cerca de 18/19 anos
- Stanford – Bob Twiggs – Stanford e Jordi Puig-Suari - CalPoly, El Bispo, CA
- Padrão – cubo com 10cm. de aresta e 1kg. de massa
  - Subistemas – TMTC (VHF/UHF), computador de bordo, potência, controle, antenas, software, estação de solo.
  - Cubesat design specification (CDS); rev. 13 (2013)
- Proposta inicial – formação prática de RH

# Começou como um projeto de sala em 1999



Figure 1. Prof. Bob Twiggs



Figure 2. Prof. Jordi Puig-Suari

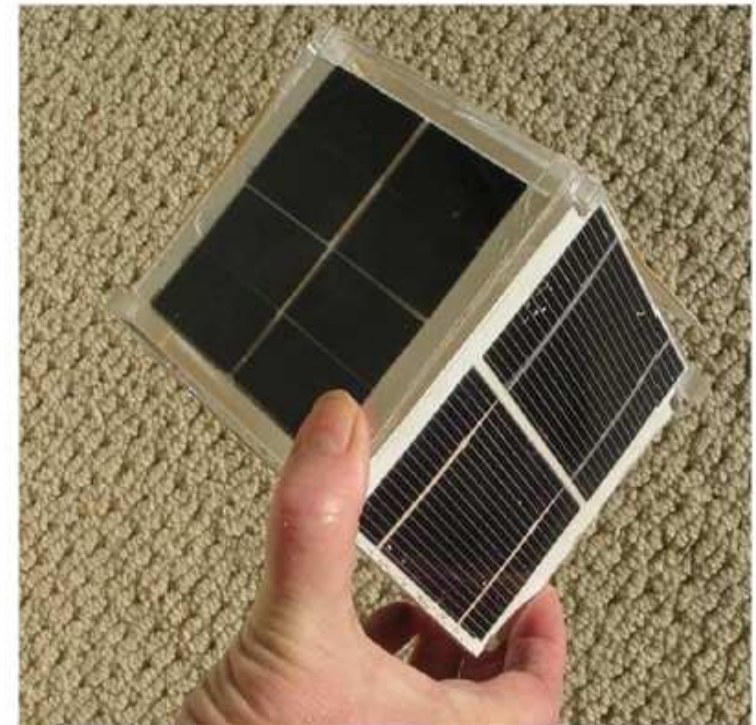
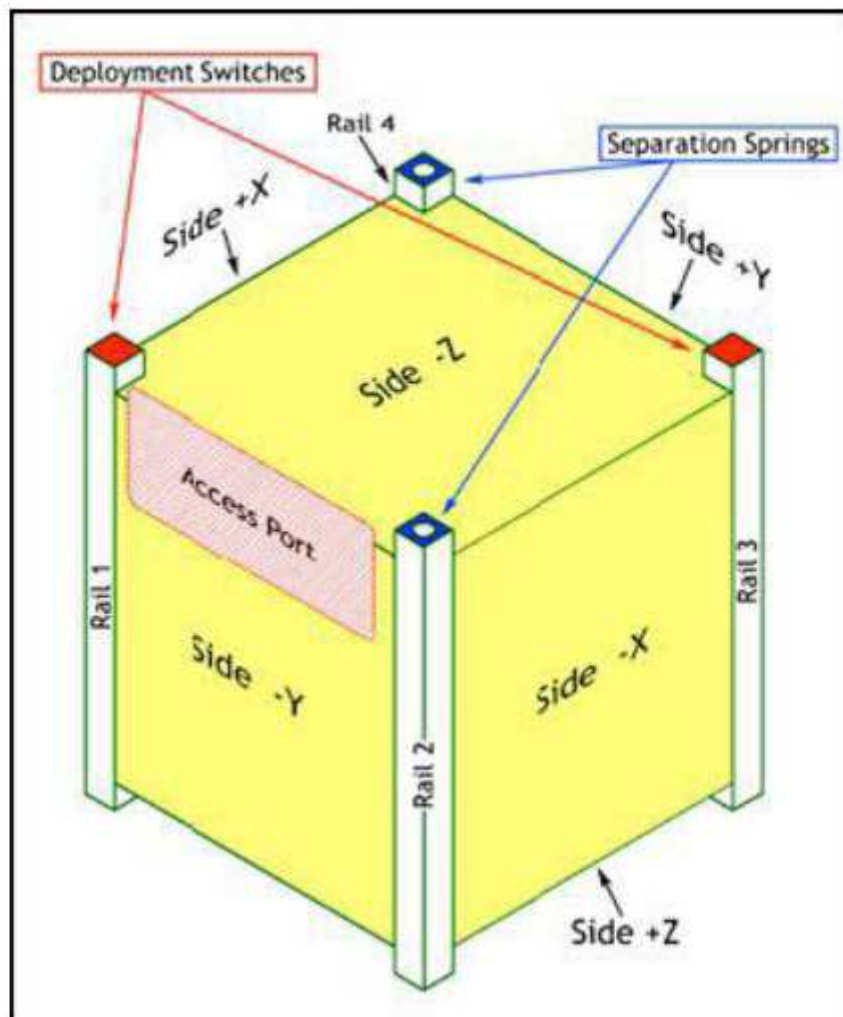


Figure 3. Original CubeSat

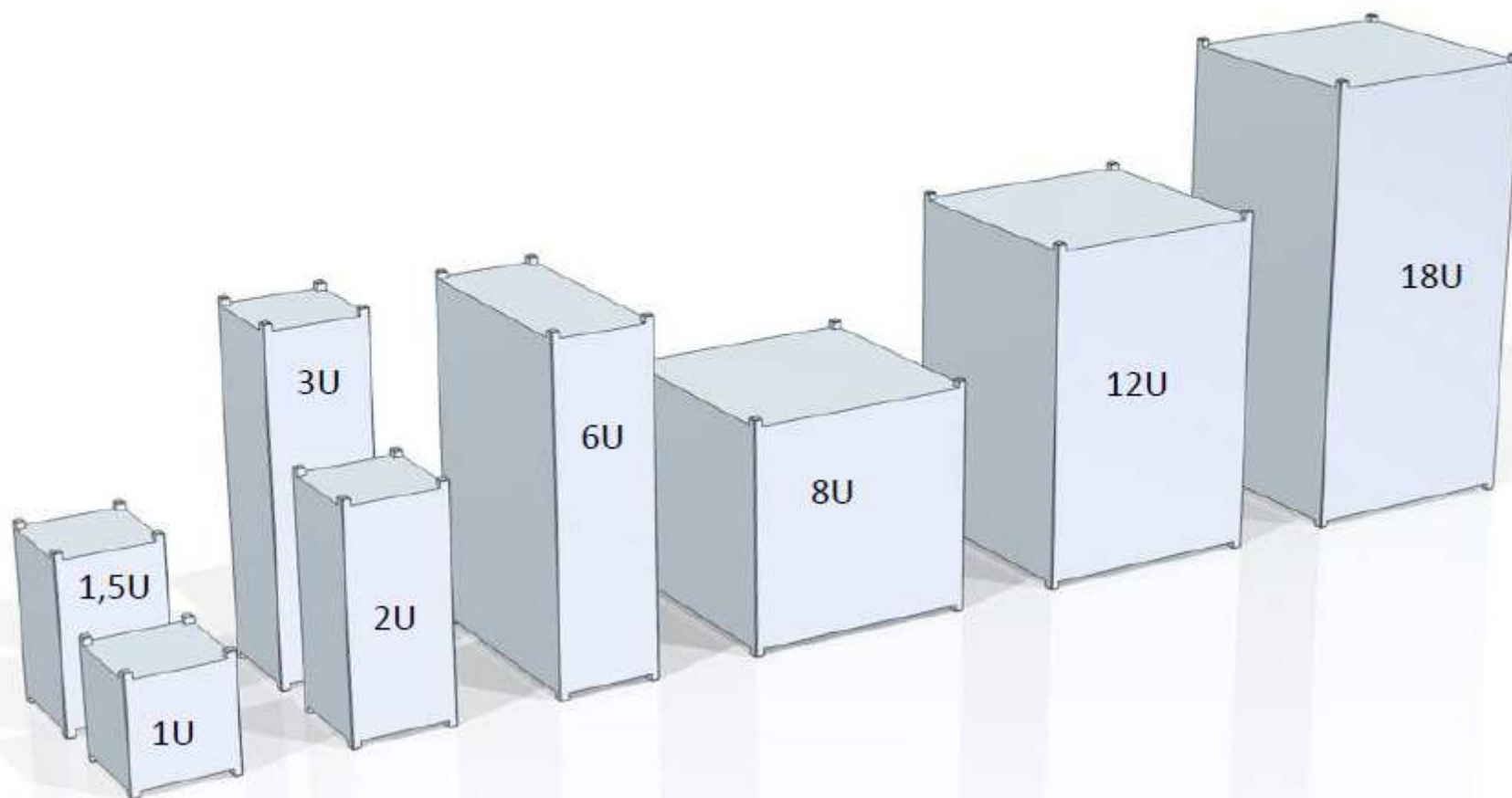
<http://www.jossonline.com/wp-content/uploads/2014/12/0101-Thinking-Outside-the-Box-Space-Science-Beyond-the-CubeSat.pdf>

# CUBESAT – PADRÃO DE ESPECIFICAÇÃO



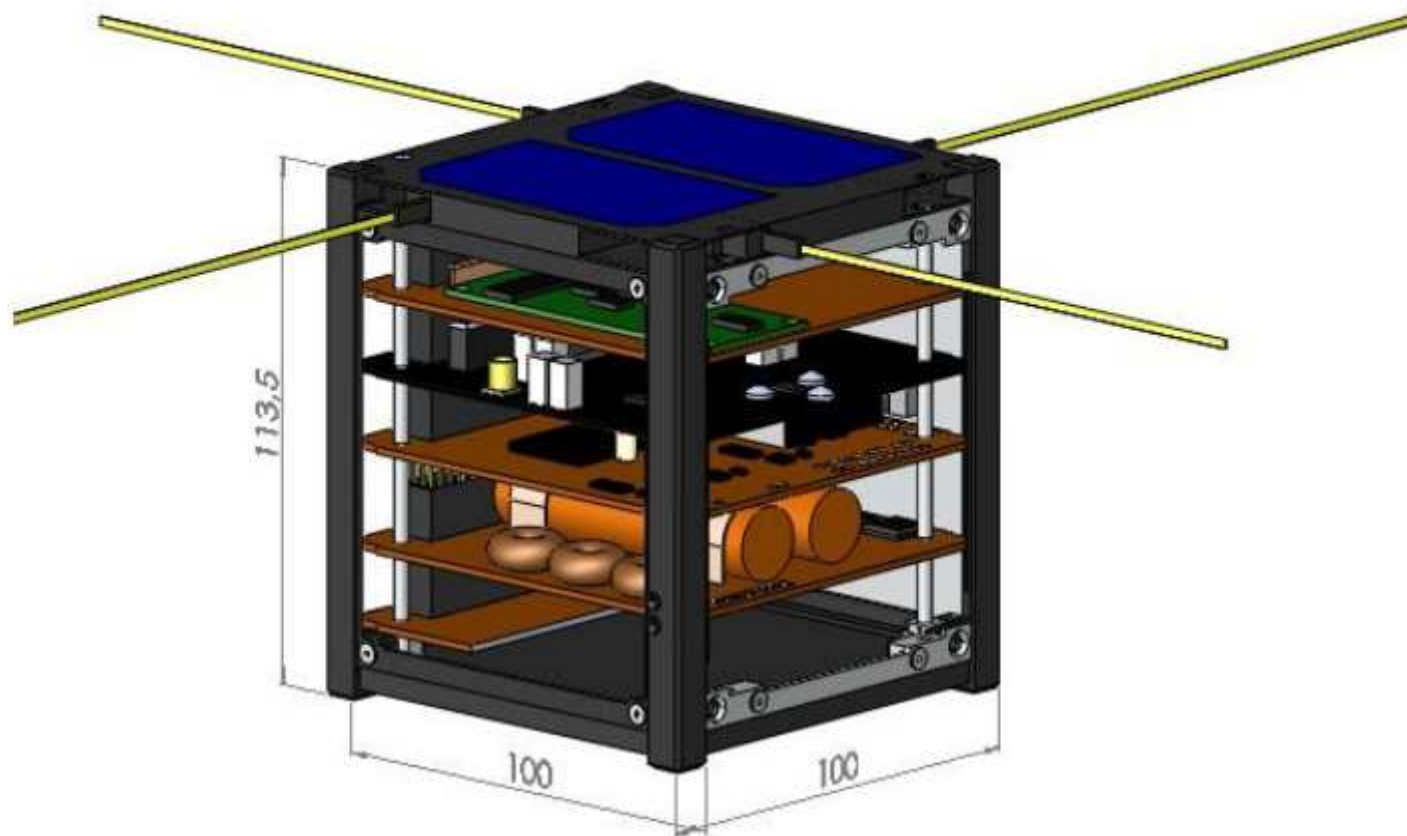


# Combinações de unidades de Cubesat

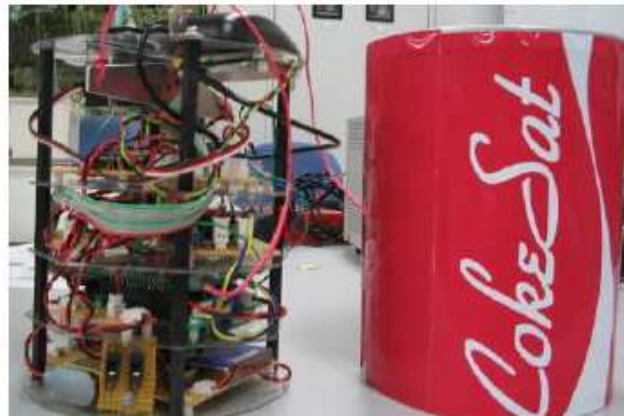
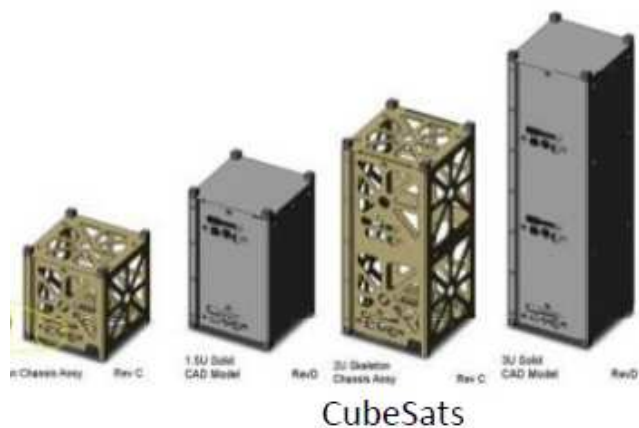


<https://www.ecm-space.de/index.php/launch-adapters-h/cubesat-sizes>

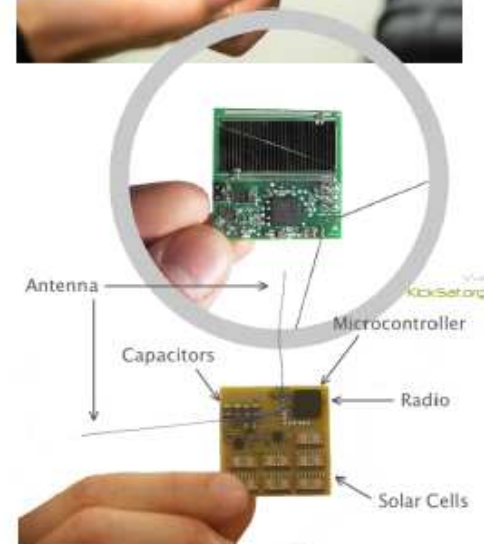
# PADRÃO 1U



# Small Sats (até 10kgs) :



## ASU's SunCube FemtoSat



<https://asunow.asu.edu/20160406-creativity-asu-suncube-femtosat-space-exploration-for-everyone>

## POR QUE CUBESATS?

Grandes -  $> 1$  ou  $2$  ton

Médios –  $500$  kg. a  $1$   
ton

Pequenos – até  $500$  kg.

Mini –  $50$  a  $100$  kg.

Micro –  $10$  a  $50$  kg.

Nano –  $1$  a  $10$  kg.

Pico -  $< 1$  kg.

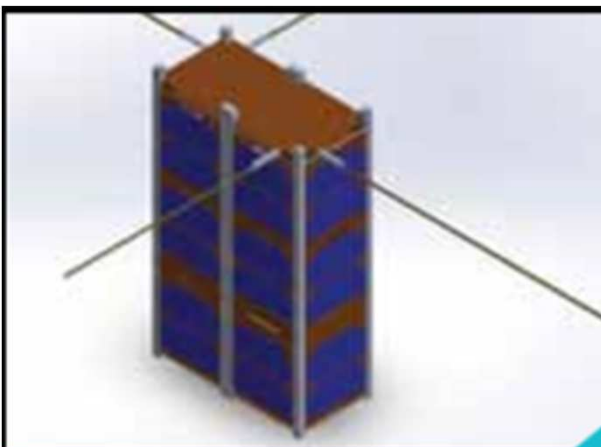


# Alguns dos Pequenos satélites brasileiros



**NANOSATC-BR1**

**Desenvolvimento** Inpe e UFSM



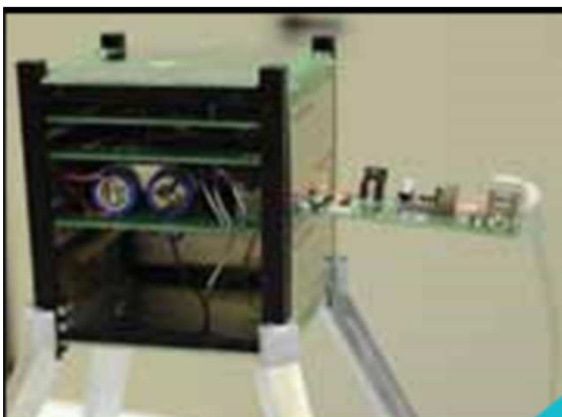
**ITASAT**

**Desenvolvimento** ITA e Inpe



**TANCREDO-1**

**Desenvolvimento** Escola Municipal Tancredo Neves e Inpe



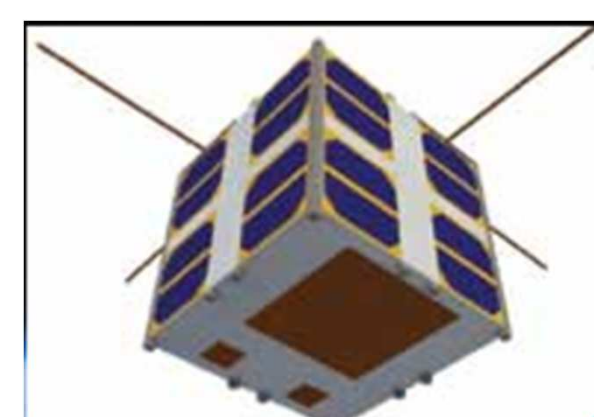
**AESP-14**

**Desenvolvimento** ITA e Inpe



**SERPENS**

**Desenvolvimento** Consórcio de universidades, com apoio da AEB



**CONASAT**

**Desenvolvimento** Inpe

## LANÇAMENTO

- Carona; órbita polar; lançamento “terciário”
- Baixo custo; em torno de 150 KUS\$
- PSLV (Índia); DNPER (Rússia); VEGA (ESA); LM (China); Soyuz (Russia); ISS; VLM (?) (Brasil – 2021? Cooperação com o DLR)
- Dificuldade de lançamento dedicado; alto custo em relação ao custo do cubesat (100 KUS\$ + estação 100 KUS\$)
- Busca por lançadores de pequeno porte (VLS/VLM); NASA; RocketLab; Virgin etc

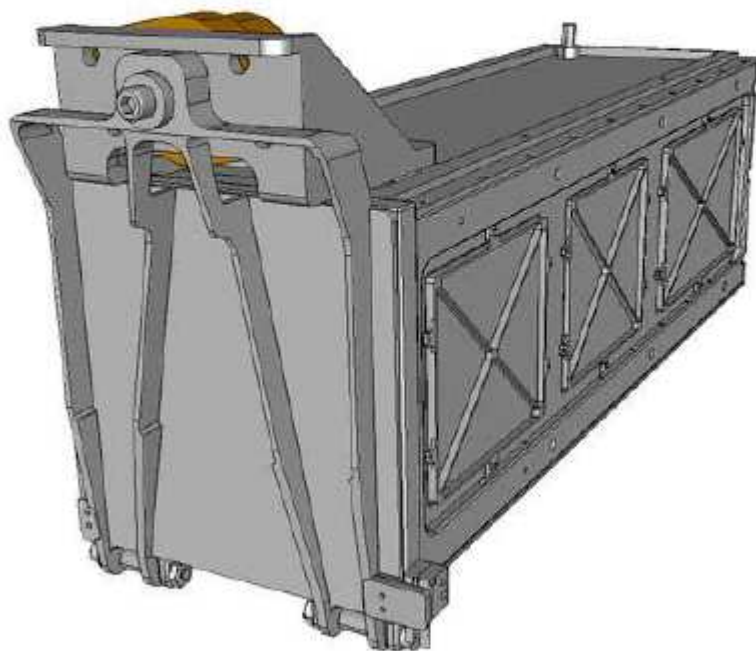
Além de padronizar os satélites, padronizou-se a interface de transporte





## INTERFACE COM O LANÇADOR

- Padrão (P-POD MkIII ICD)
- POD – Picosatellite Orbit Deployer





# CUBESATS E P-POD'S



# SATÉLITES MINIATURIZADOS

SpaceX



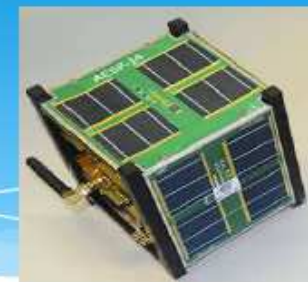
Dragon



Falcon-9



ISS



**AESP-14**  
(ITA/INPE)  
(2015)  
400 km

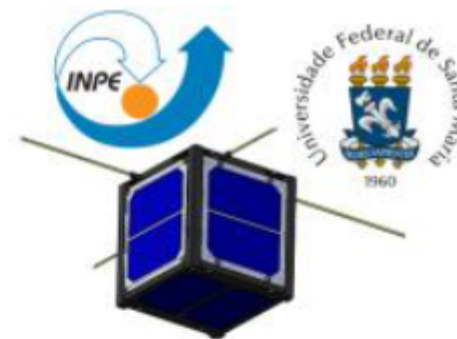


P-POD



# Missões Cubesats no INPE

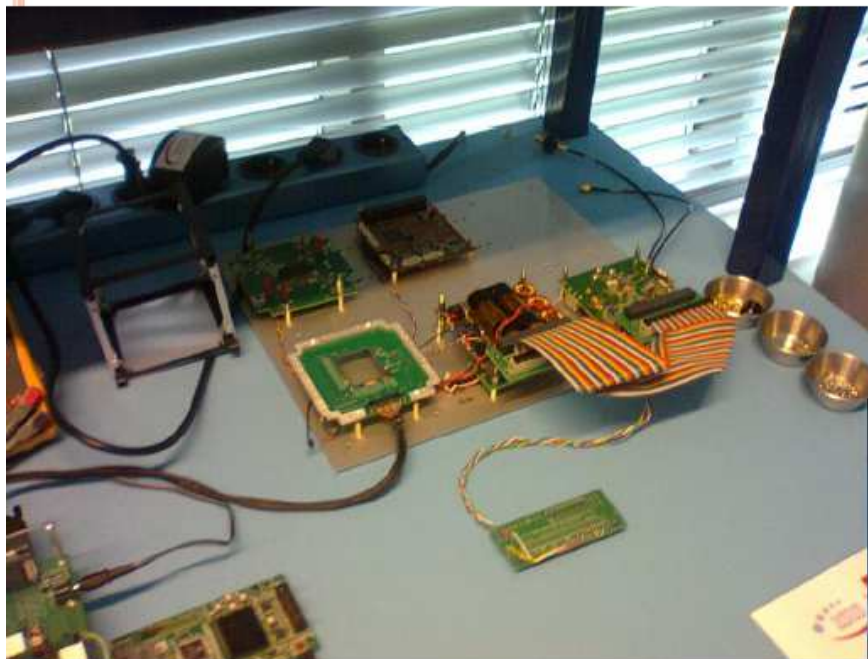
# NANOSATC-BR1



- Cooperação INPE/CRS e UFSM
- Objetivos
  - Missão científica – magnetômetro; medidas do campo magnético na AMAS
  - Missão tecnológica – testes de CI's projetados no Brasil para uso espacial (resistentes à radiação – pioneiros)
    - FPGA com software tolerante a falha e driver on/off
  - Acadêmicos – formação de alunos de graduação
- Compra da plataforma e estação e desenvolvimento da carga útil, AIT e operação.



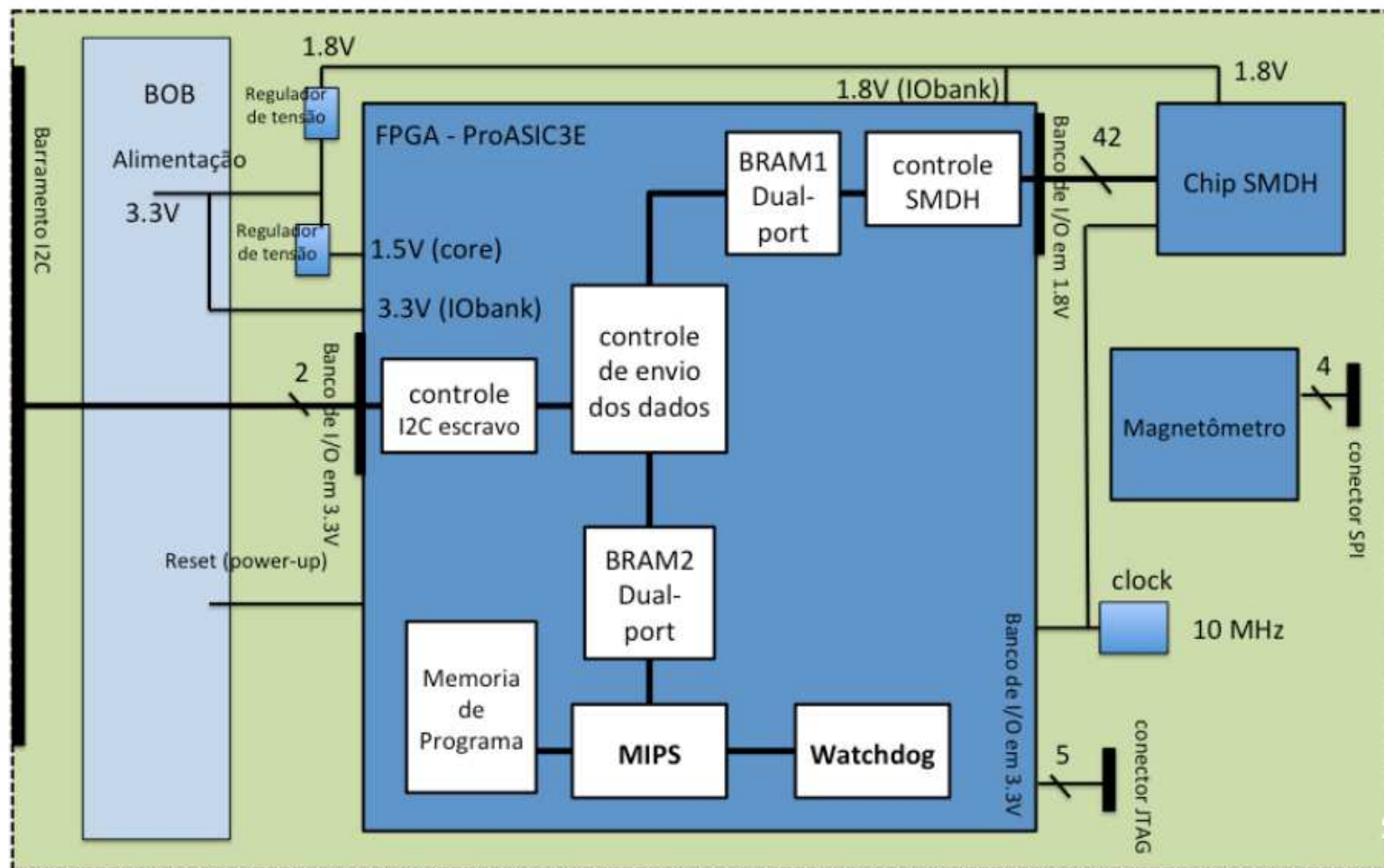
# NANOSATC-BR1 - PLATAFORMA



## NANOSATC-BR1 – CARGAS ÚTEIS

- Magnetômetro – XEN1210, XI 2x2x4 mm., 3 eixos + eletrônica
- Driver on/off
  - Projeto SMDH biblioteca in house
    - Projeto com proteção à radiação; pioneiro no país
  - Protótipo fabricado no exterior
  - Demanda do INPE/DEA/PMM
- FPGA
  - UFRGS – Lab. Informática
  - Resistência à radiação por software tolerante a falha; pioneiro no país; testado em solo no IEAv. para dose acumulada.
  - Componente industrial
  - Aplicação pioneira

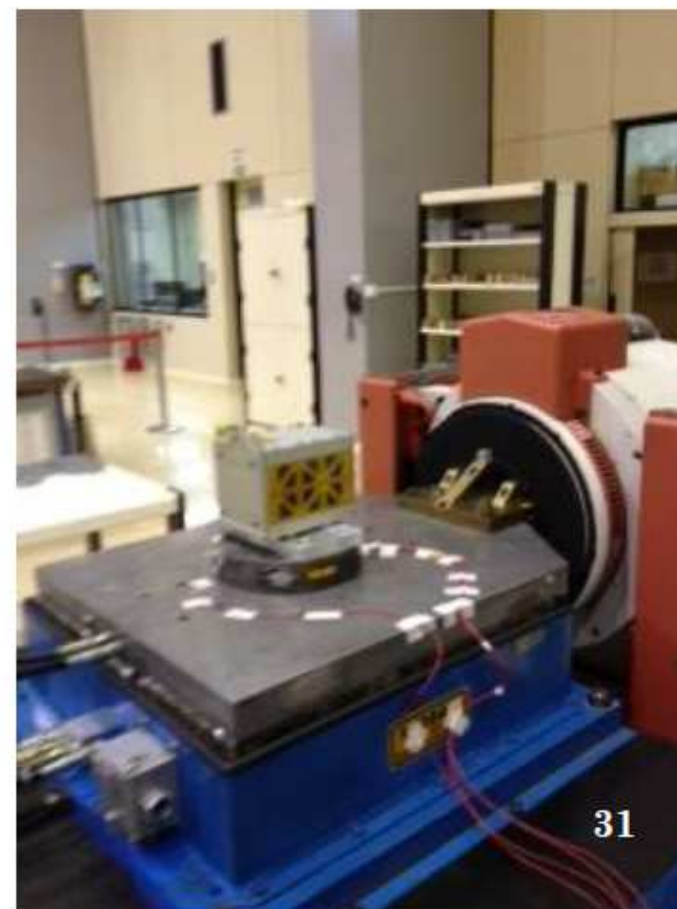
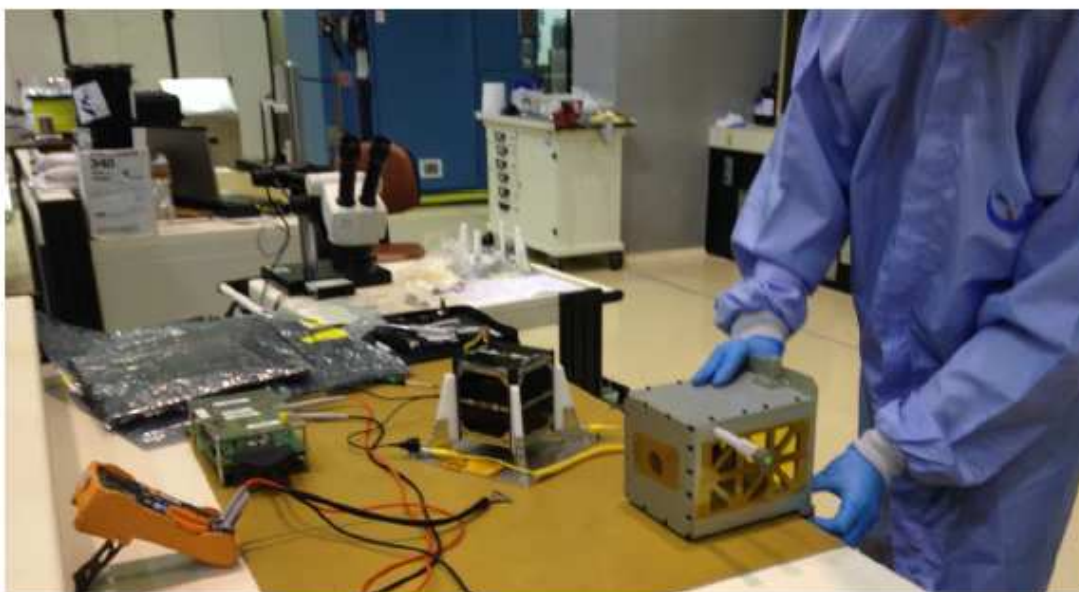
# PLACA DE CARGA ÚTIL DO NANOSATC-BR1







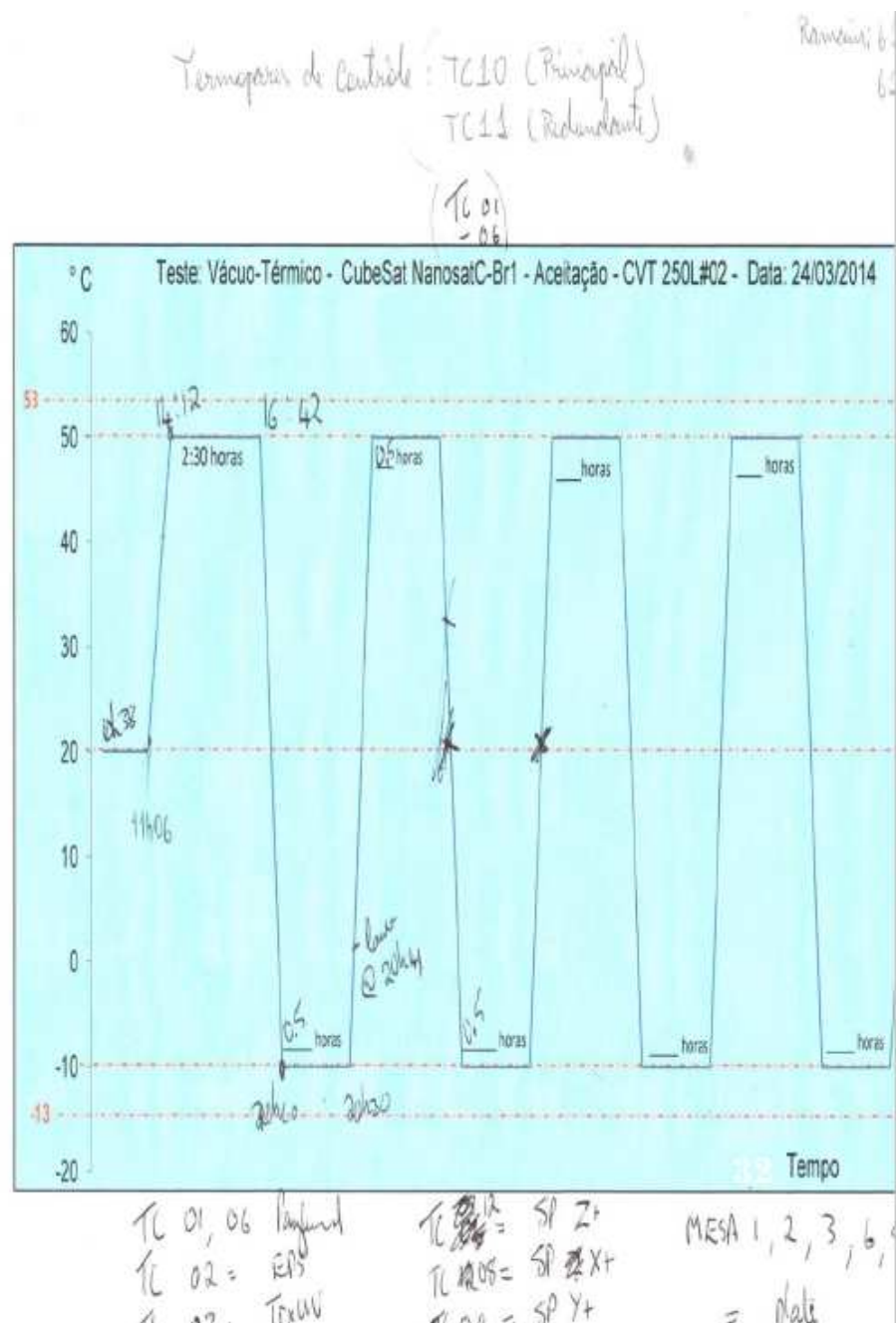
# TESTES - VIBRAÇÃO



31



## TESTES - TÉRMICOS



# NANOSATC-BR1 – LANÇAMENTO





# NCBR1 – DNEPR, YASNY



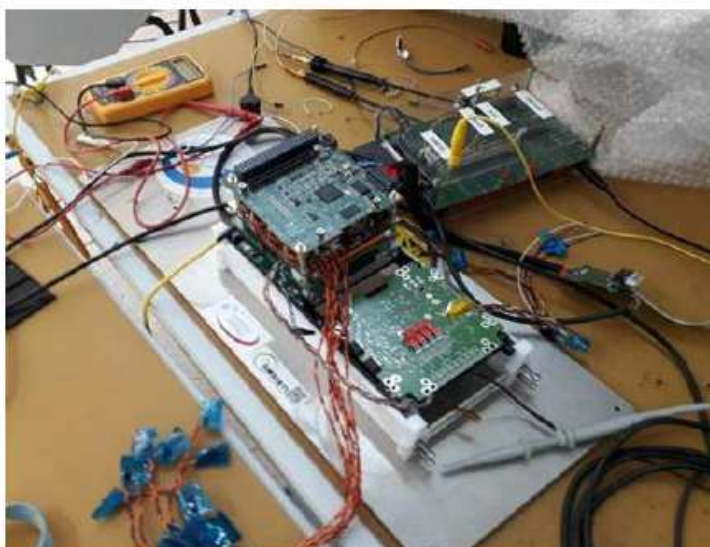
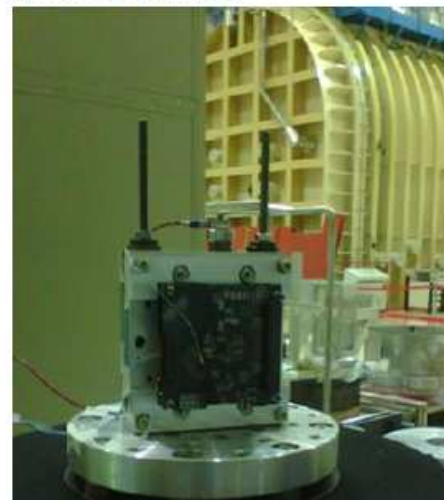
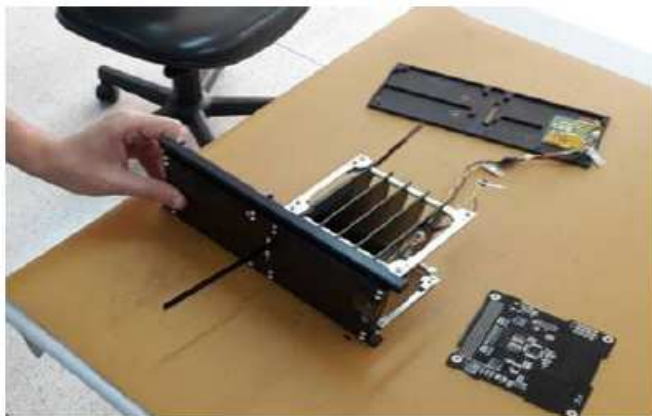




# NANOSATC-BR2

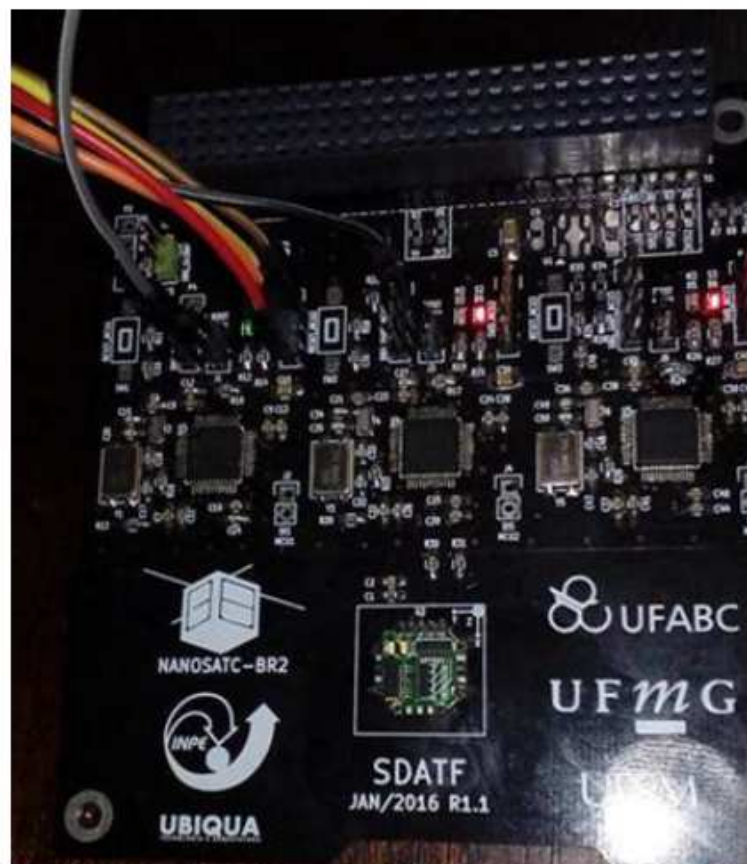


## CARGAS ÚTEIS CIENTÍFICAS

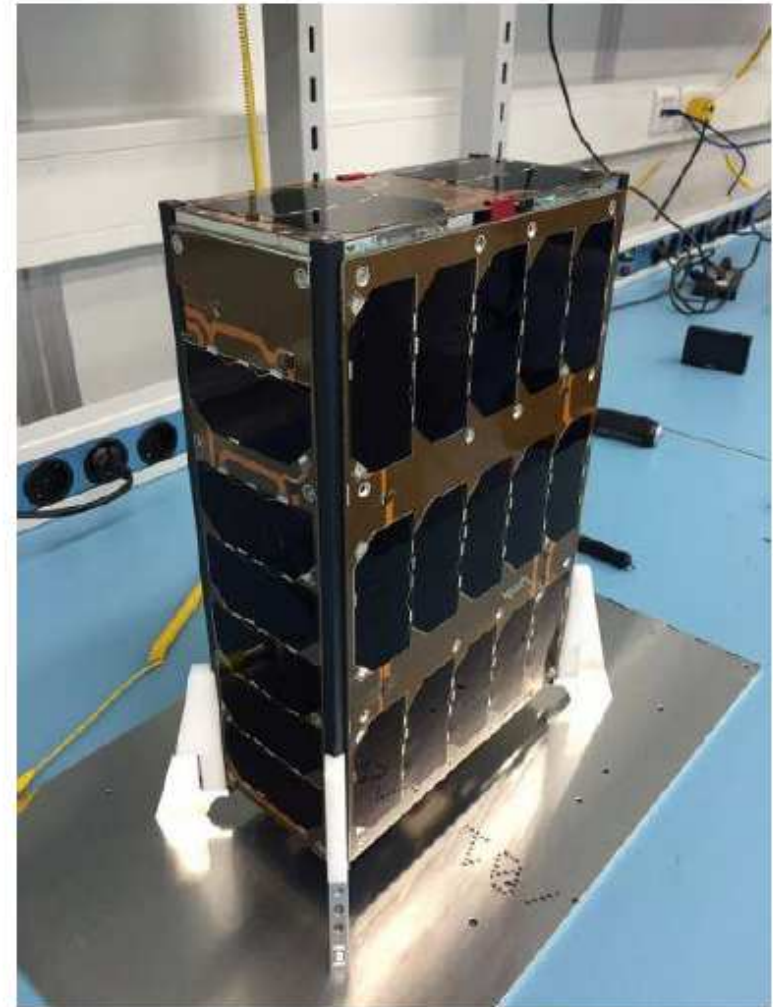




# CARGAS ÚTEIS TECNOLÓGICAS



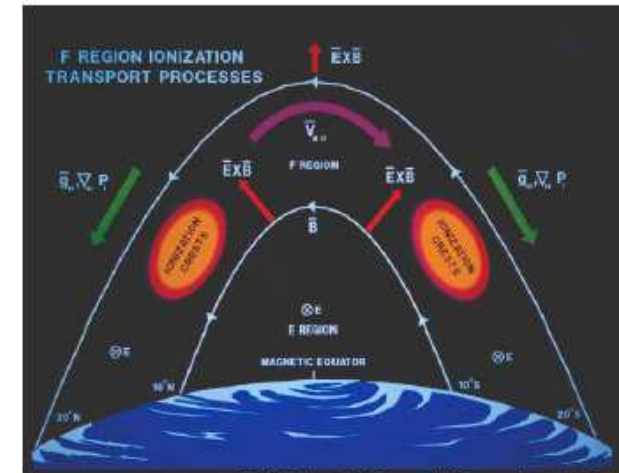
# ITASAT





# SPORT

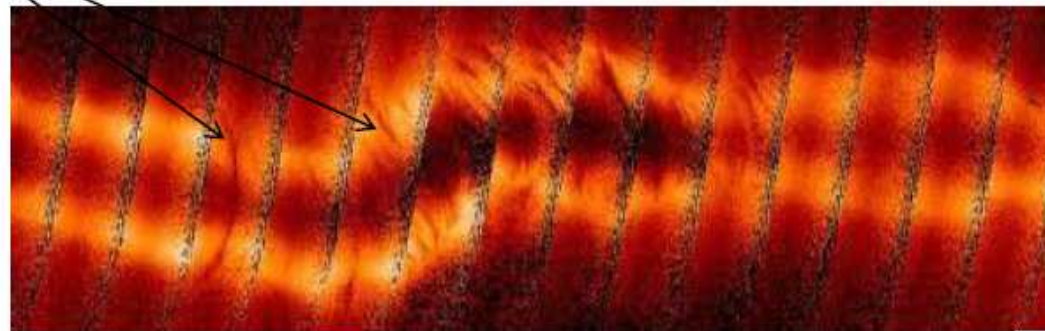
- The equatorial ionization anomalies
- Plasma Bubbles



Bela Fejer, The Equatorial Ionosphere: A Tutor  
CEDAR Meeting, Seattle Washington, 2015

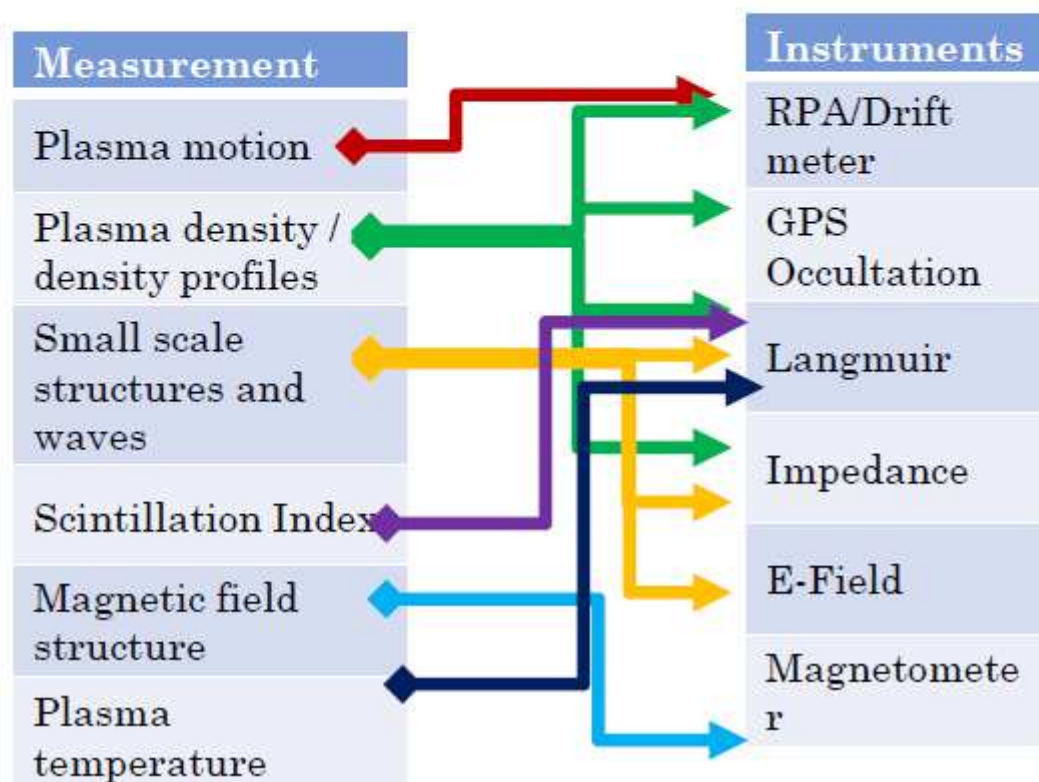
GUVI (Same Local Time, Different Longitudes)

Why do bubbles form  
and sometimes not at  
Different Longitudes?



Kil, Hyosub, et al. "Coincident equatorial bubble detection by TIMED/GUVI and ROCSAT-1." Geophysical research letters 31.3 (2004).

## MEASUREMENTS, INSTRUMENTS AND TOTAL S/C MASS



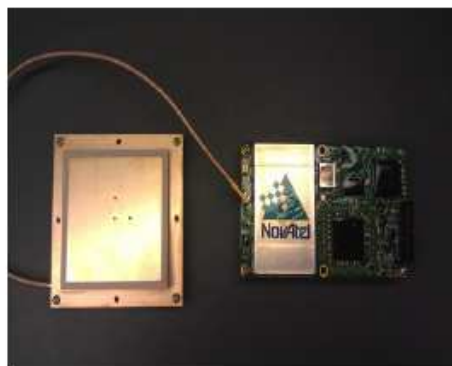
Component	TRL	Mass (g)
IVM	5	1000
GPS RO	8	200
E-Field	8	80
Langmuir	8	80
Impedance	5	160
Magnetometer	6	150
Star Camera	8	166
Mechanisms	7	380
Antennas	8	180
Solar Panels	8	700
CubeComputer	8	320
NanoMind	8	65
Syrlinks	8	225
TrxUV	8	85
NanoPower	8	320
iMTQ	8	194
Structure	8	3500
<b>Total</b>		<b>7805</b>
Nanoracks	9	16900
<b>Margin</b>		<b>9095</b>

# SPORT INSTRUMENTS

Ion Velocity Meter  
UTD



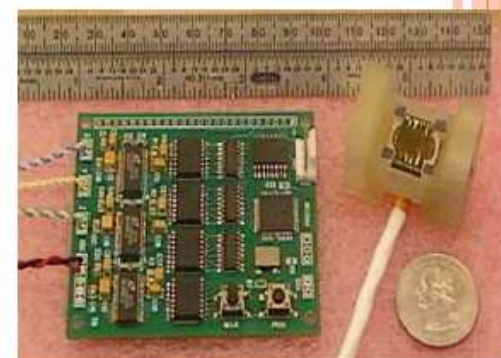
GPS Occultation  
Receiver  
Aerospace



Langmuir, E-field,  
Impedance Probe  
USU

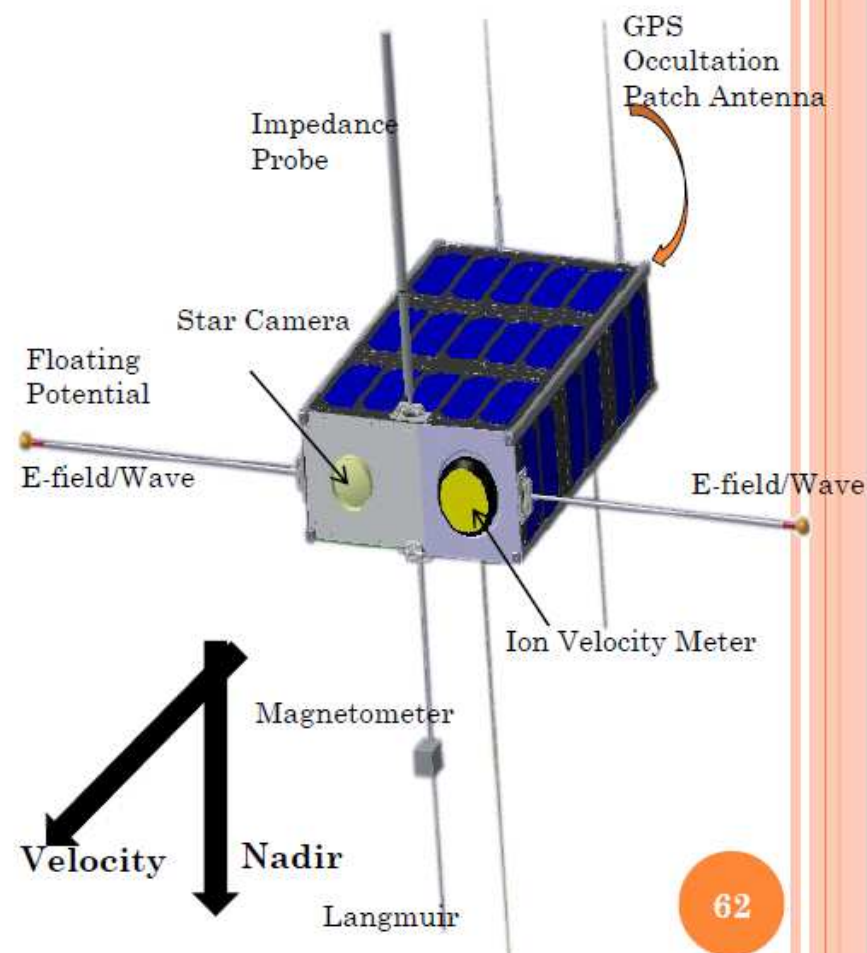
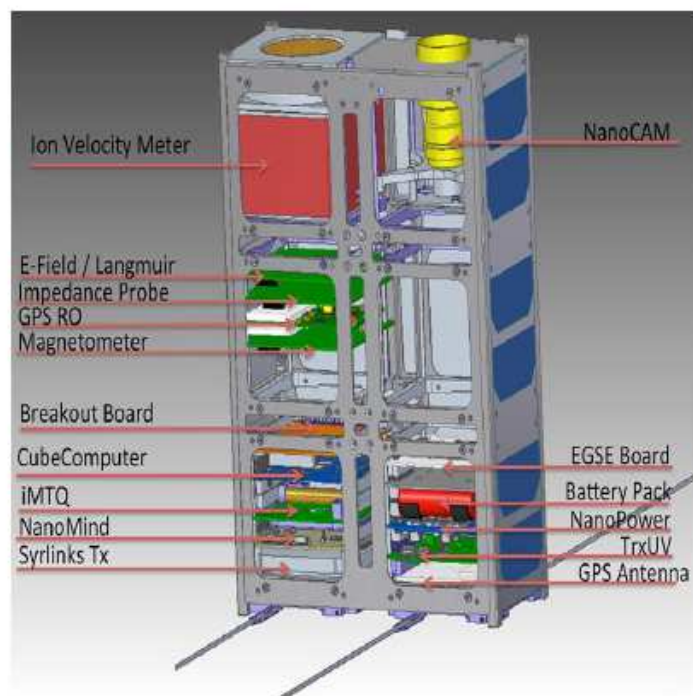


Fluxgate Magnetometer  
NASA Goddard



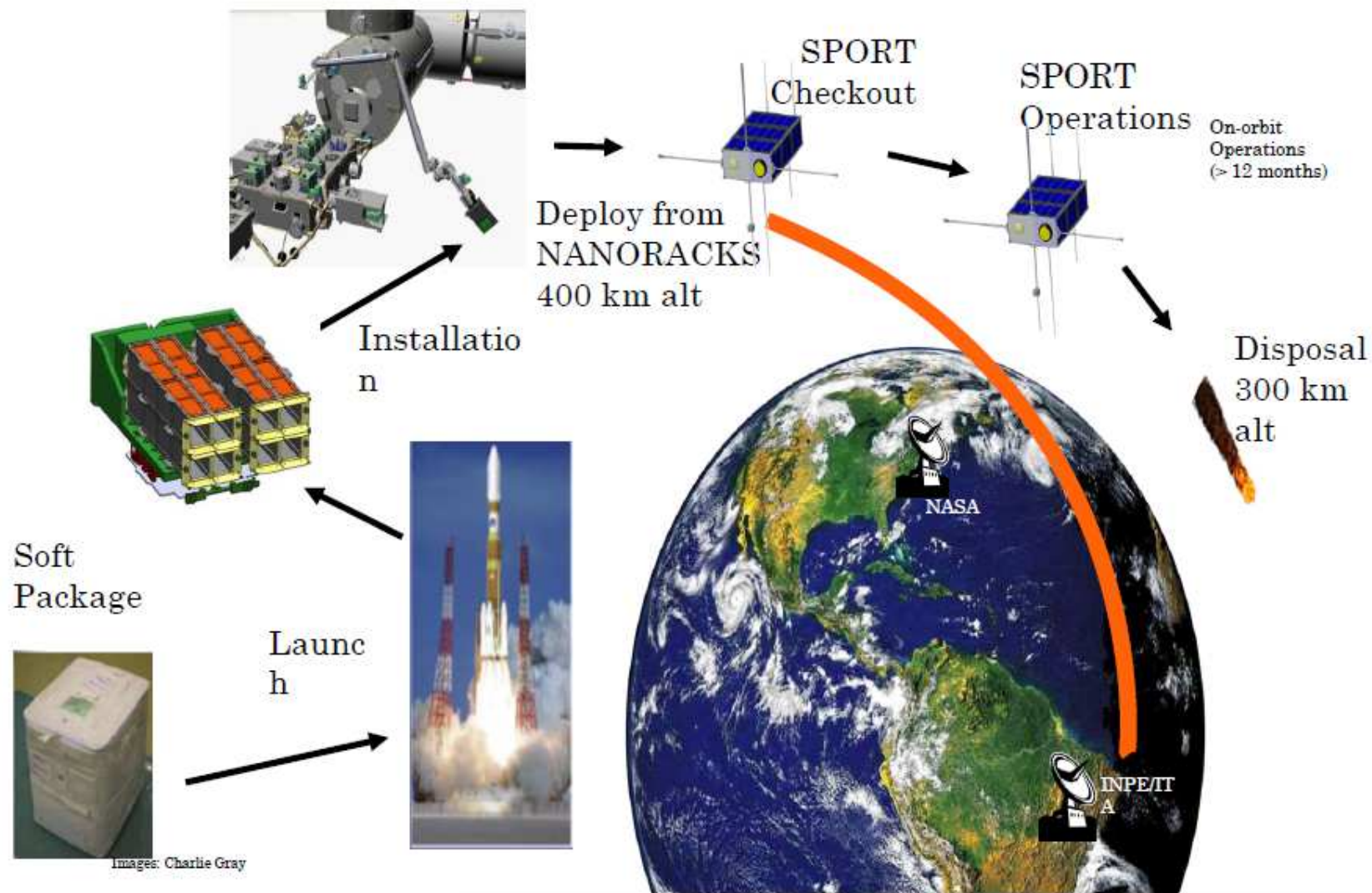


# SATELLITE





# MISSION CONOPS



# NANOMIRAX

- Cooperação INPE/empresa
- Missão científica – detecção de raios X; bursts de raios gamas associados a ondas gravitacionais
  - PI do INPE (João Braga)
  - 2U
- PIPE Fase II FAPESP – 1,2 MR\$ p/ ME
- 4 pequenas empresas subcontratadas para desenvolvimento de 3 subsistemas, softwares de solo e bordo
- 2 subsistemas ainda importados.
  - Um deles (OBC) com proposta para desenvolvimento p/ empresa nacional, com participação da UFC e UFSM.
- Finalização Junho 2020

# CCST - RaioSat & BiomeSat

Rumo à agenda de desenvolvimento sustentável



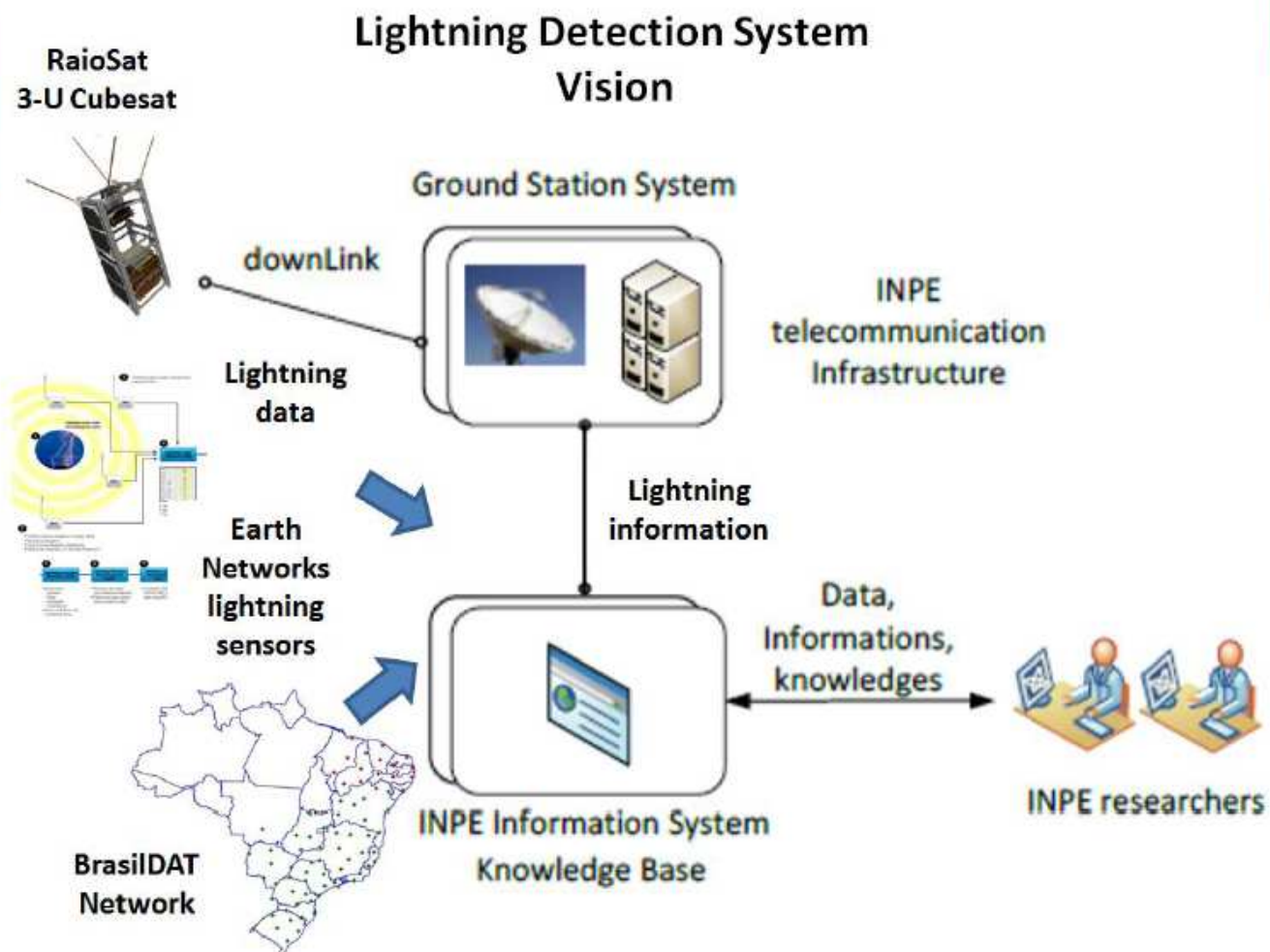
Metas de Desenvolvimento Sustentável (SDGs) da ONU e Espaço.



<https://nacoesunidas.org/pos2015/>



# RaioSat

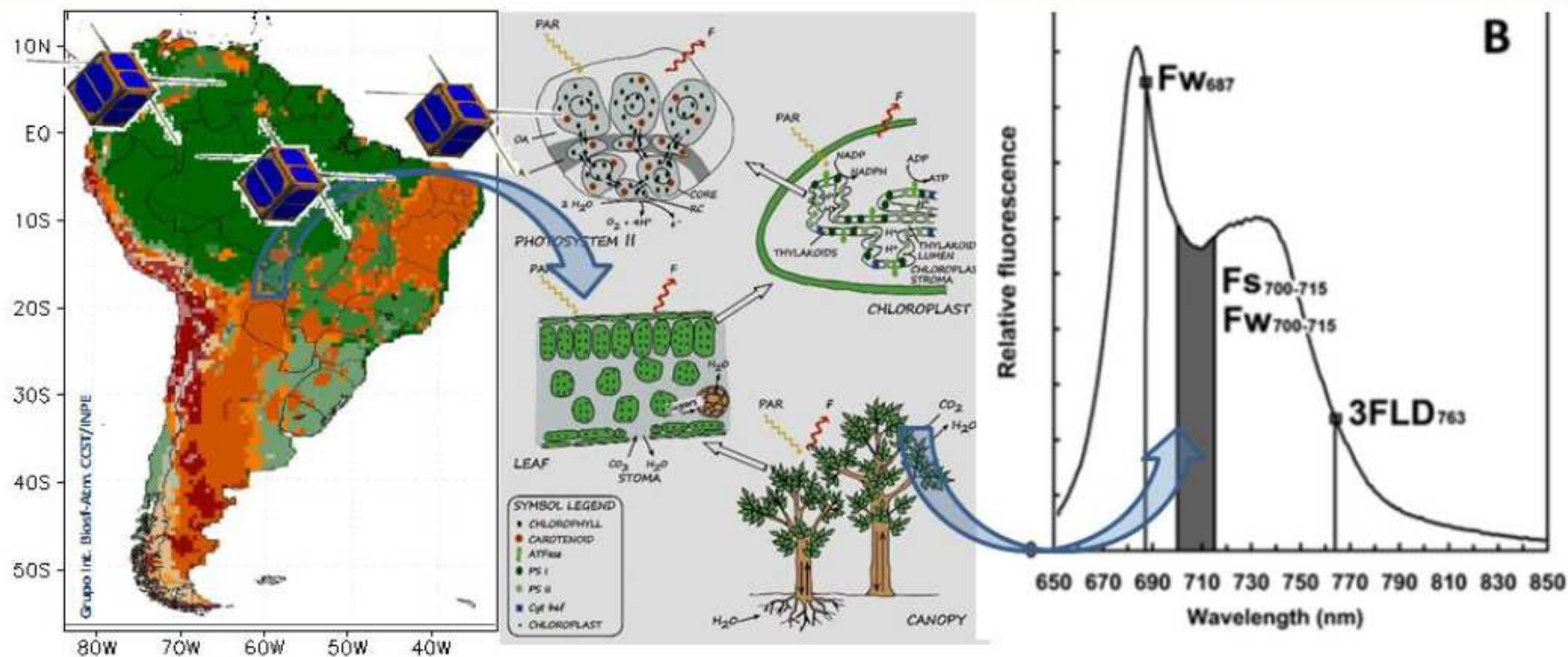




# Requisitos da Missão

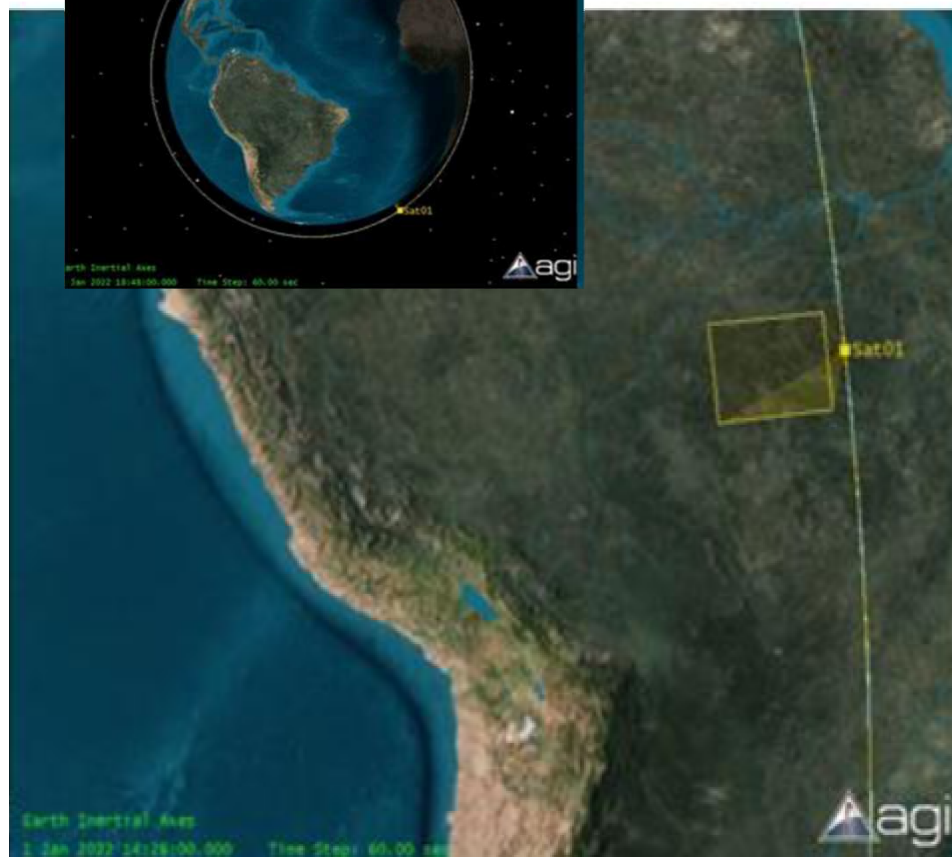
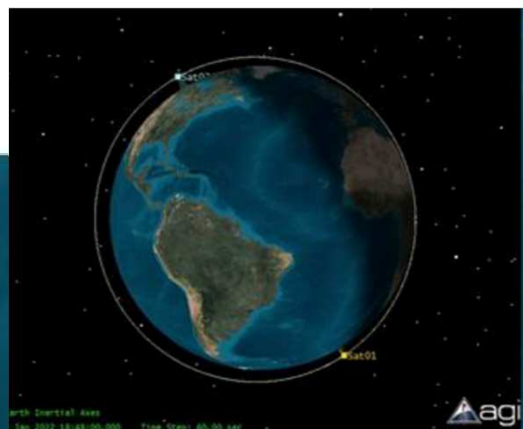
ITEM	REQUISITOS
Dimensões externas	CubeSat 3U (10x10x30 cm )
Massa total	até 3 Kg
Potência total consumida	6,5 W (TBC)
Telemetria UHF	downlink até 9600 bps
Telecomando VHF	uplink até 1200 bps
protocolos de comunicação	AX25 (Radio amador), AFSK, FSK e BPSK
Quantidade de armazenamento total de dados a bordo	4 Giga (TBC) com redundância
Controle de Atitude	3 eixos
Precisão de apontamento	De 1 a 5 graus (TBC)
campo de visada câmera(@ nível de nuvens)	10 km
Resolução espacial	80 metros/pixel
Resolução temporal (número de quadros por segundo, data e hora do relâmpago)	500 quadros / segundos
órbita desejada	LEO
Atitude	650 Km
Inclinação	70 ° (TBC)
Duração da missão	mínimo de 6 meses
Comprimento de onda desejável	777 nm
Sensibilidade da câmera (a abertura da ótica)	400-750 nm transmissão espectral

# BiomeSat – Monitoração da Saúde de Florestas



# - Estudo preliminar para um constelação BiomeSat

## Características orbitais:



### Prospective Orbit Constellation

Initial Run : 01-Jan-2022 00:00 GMT

Lifetime: 2 years and

Satellite mass: 5 kg.

Number of revolutions /day:  $14 + 7/8$ .

Revisit Time: 8 days.

Semi-major axis: 6978.033 km.

Altitude over the equator: 599,896 km.

Inclination:  $97.787^\circ$ .

Pass time in Ecuador: 10:30 AM.

Period 96.806 min.

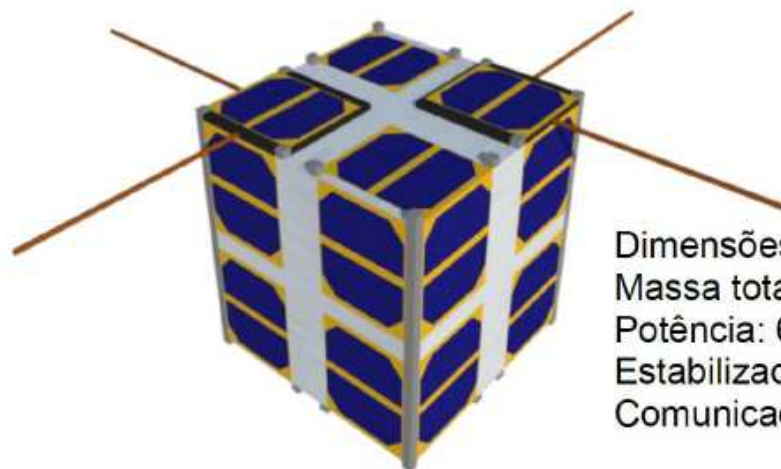
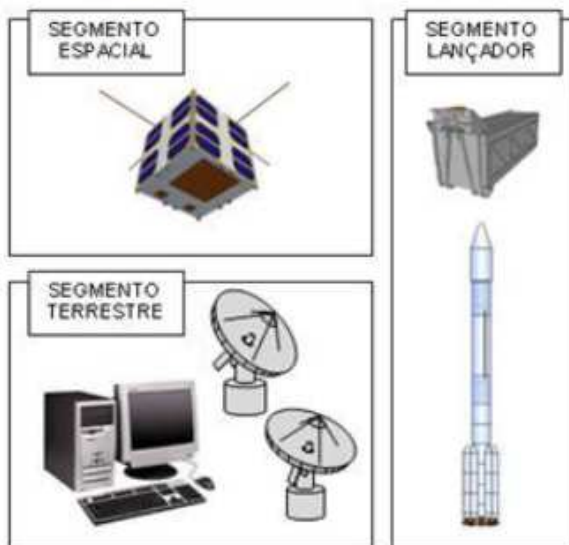
Minimum FOV for global coverage:  $31^\circ$ .

## CONASAT - CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES PARA COLETA DE DADOS AMBIENTAIS



**CONASAT**  
CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES AMBIENTAIS

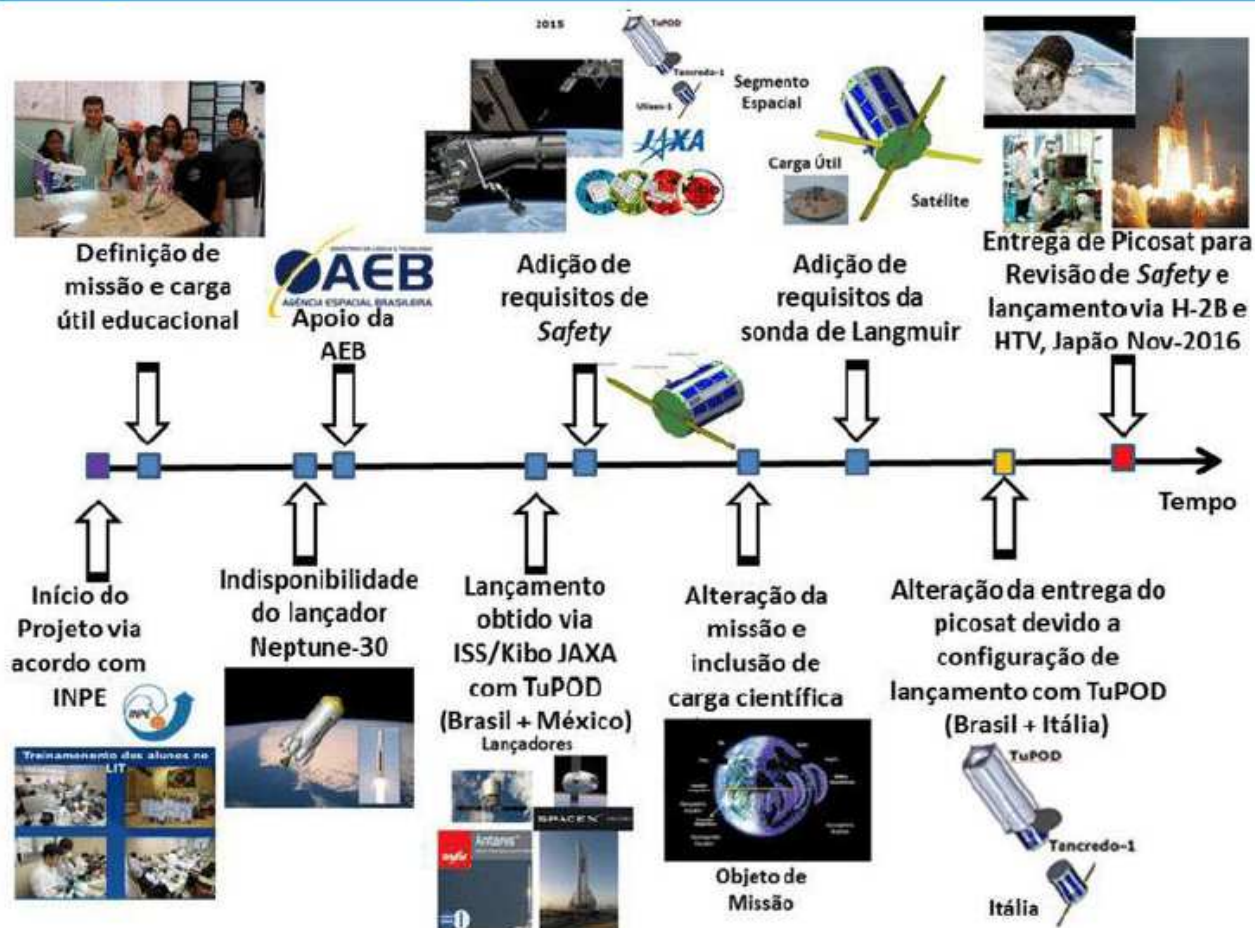
### Arquitetura da Missão



Dimensões: 22,6 x 22,6 x 22,7cm  
Massa total: 8,3 kilogramas  
Potência: 6,44 watt  
Estabilizado em 2 eixos (x,y)  
Comunicação: UHF e Banda S



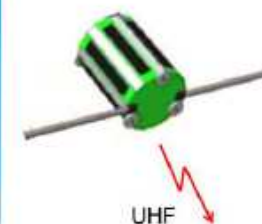
# A experiência no picosatélite Tancredo-1 <https://www.researchgate.net/project/UbatubaSat>



## PicoSat – Tancredo I (UbatubaSat)



Ter frequência de operação coordenada



Johnson Space Center

[illegible]

Potência TX Sat= 100 W	
Margem Enlace (Método Eb/No)	Margem Enlace (Método SNR)
32,4 dB	29 dB

Specialized Software (Specialized) —		Generalist Software (Generalist)
Specialized Software (Productivity)	0.7 (B)	
Specialized Software (Data)	2.2 (B)	
Specialized Software (Communication)	1.5 (B)	
Specialized Software (Business)	2.1 (B)	
Specialized Software (Finance)	2.1 (B)	
Specialized Software (Health)	2.1 (B)	
Specialized Software (Education)	2.1 (B)	
Specialized Software (Government)	2.1 (B)	
Specialized Software (Other)	2.1 (B)	
Generalist Software (Productivity)		0.7 (B)
Generalist Software (Data)		2.2 (B)
Generalist Software (Communication)		1.5 (B)
Generalist Software (Business)		2.1 (B)
Generalist Software (Finance)		2.1 (B)
Generalist Software (Health)		2.1 (B)
Generalist Software (Education)		2.1 (B)
Generalist Software (Government)		2.1 (B)
Generalist Software (Other)		2.1 (B)

[illegible][illegible]

Potência TX Sat= 500 mW			
Elevação	Distância	Eb/No	SNR
5 graus	1709 Km	6 dB	3,1
0 grau	2196 Km	-3,1 dB	-5,1

[illegible]

Subsistema de Comunicação	
Componente	Valor
Componente 1	100
Componente 2	200
Componente 3	300
Componente 4	400
Componente 5	500
Componente 6	600
Componente 7	700
Componente 8	800
Componente 9	900
Componente 10	1000
Componente 11	1100
Componente 12	1200
Componente 13	1300
Componente 14	1400
Componente 15	1500
Componente 16	1600
Componente 17	1700
Componente 18	1800
Componente 19	1900
Componente 20	2000
Componente 21	2100
Componente 22	2200
Componente 23	2300
Componente 24	2400
Componente 25	2500
Componente 26	2600
Componente 27	2700
Componente 28	2800
Componente 29	2900
Componente 30	3000
Componente 31	3100
Componente 32	3200
Componente 33	3300
Componente 34	3400
Componente 35	3500
Componente 36	3600
Componente 37	3700
Componente 38	3800
Componente 39	3900
Componente 40	4000
Componente 41	4100
Componente 42	4200
Componente 43	4300
Componente 44	4400
Componente 45	4500
Componente 46	4600
Componente 47	4700
Componente 48	4800
Componente 49	4900
Componente 50	5000
Componente 51	5100
Componente 52	5200
Componente 53	5300
Componente 54	5400
Componente 55	5500
Componente 56	5600
Componente 57	5700
Componente 58	5800
Componente 59	5900
Componente 60	6000
Componente 61	6100
Componente 62	6200
Componente 63	6300
Componente 64	6400
Componente 65	6500
Componente 66	6600
Componente 67	6700
Componente 68	6800
Componente 69	6900
Componente 70	7000
Componente 71	7100
Componente 72	7200
Componente 73	7300
Componente 74	7400
Componente 75	7500
Componente 76	7600
Componente 77	7700
Componente 78	7800
Componente 79	7900
Componente 80	8000
Componente 81	8100
Componente 82	8200
Componente 83	8300
Componente 84	8400
Componente 85	8500
Componente 86	8600
Componente 87	8700
Componente 88	8800
Componente 89	8900
Componente 90	9000
Componente 91	9100
Componente 92	9200
Componente 93	9300
Componente 94	9400
Componente 95	9500
Componente 96	9600
Componente 97	9700
Componente 98	9800
Componente 99	9900
Componente 100	10000



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

[sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/05.16.17.22-TDI](http://sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/05.16.17.22-TDI)

## UMA METODOLOGIA PARA RE-ENGENHARIA DE SISTEMAS ESPACIAIS APLICADA A UM PICOSSATÉLITE

Auro Tikami



# Floripa Sat



<https://github.com/floripasat>

- O Floripa Sat surgiu de forma independente, inspirado em outros projetos experimentais do Centro Tecnológico (CTC) — como o BAJA SAE, do curso de Engenharia Mecânica, que se destina a produzir protótipos de veículos automotivos off-road.

- “Existe aqui na UFSC o BAJA; o barco elétrico; o carro elétrico. São vários projetos. Pensamos então em propor o desenvolvimento de um satélite para que os alunos se interessassem e se motivassem também pela área aeroespacial”, explica o professor Eduardo Bezerra, do Departamento de Engenharia Elétrica e um dos coordenadores do projeto.

- O curso da UFSC foi criado em 2009 e é uma das únicas seis graduações em Engenharia Aeroespacial em todo o país.



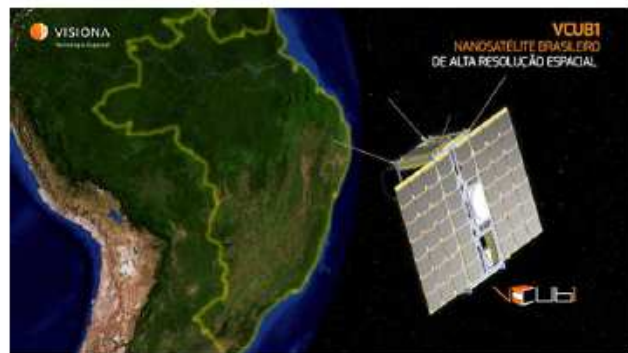
<http://ciencia.ufsc.br/2015/12/11/missao-espacial/>

# Nanossatélite VCUB1 - Visiona

O nanossatélite VCUB baseia-se numa plataforma cubesat 6U de 10 kg com dimensões de 30 x 20 x 10 cm.

Segundo a Visiona, a missão permitirá o desenvolvimento e validação de tecnologias espaciais e incorpora uma arquitetura de sistemas modular e escalável, que poderá ser utilizada no futuro em satélites de maior porte.

[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=4839](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4839)



Conceição artística do nanossatélite VCUB1



Constelação virtual de 30 sensores de observação da terra

<https://www.infodefensa.com/latam/2018/08/02/noticia-agencia-espacial-brasileira-projeto.html>



# **CBrAVIC – XLI Congresso Brasileiro de Aplicações de Vácuo na Indústria e na Ciência**

**09 – 11 de dezembro de 2020 – Foz do Iguaçu-PR**

Obrigado!!!