

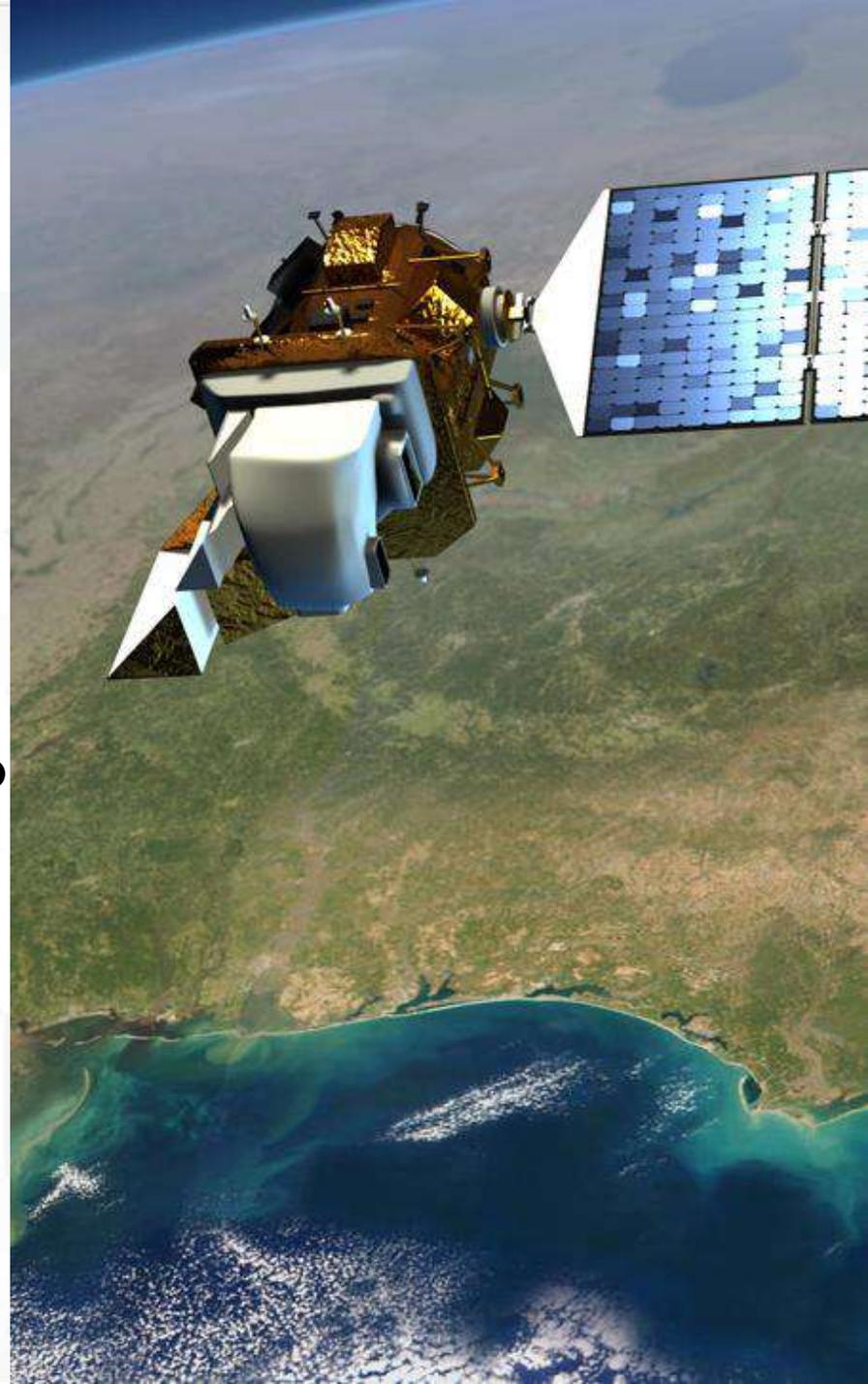


SATÉLITES E SENSORES

**Curso de Uso Escolar de Sensoriamento
Remoto no Estudo do Meio Ambiente**

Guilherme Mataveli
guilherme.mataveli@inpe.br

São José dos Campos
JULHO/2022



Roteiro

- Tipos de Órbita
- Satélites e Lixo Espacial
- Tipos de Resolução
- Principais Satélites e Sensores

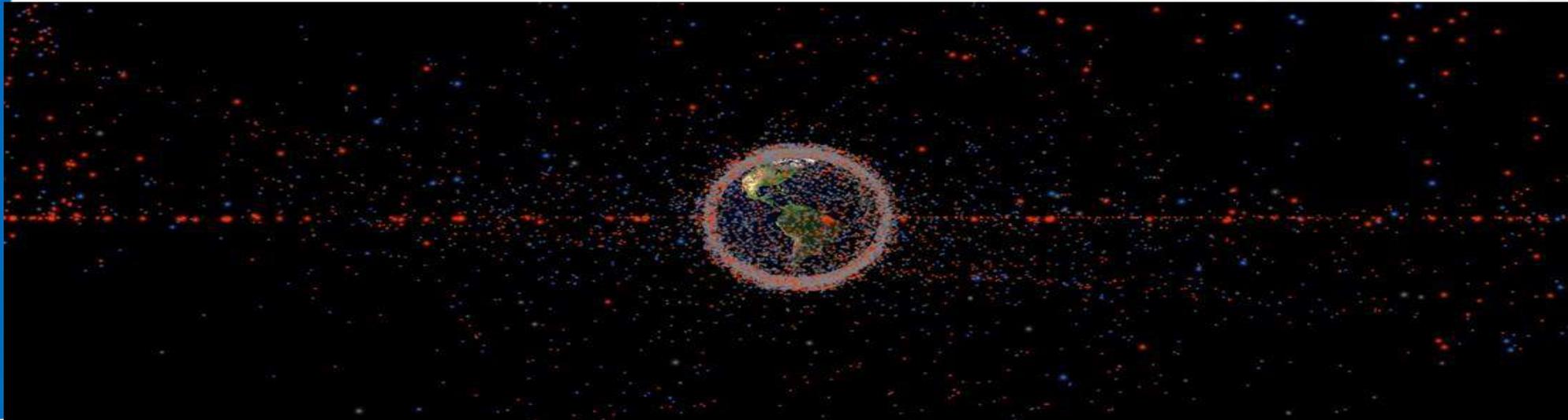
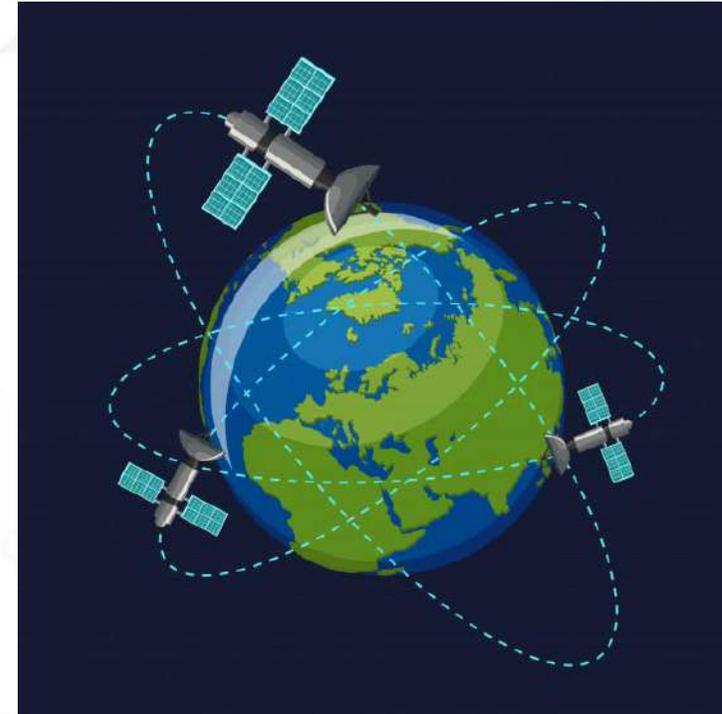


Quais são os tipos de satélites?

- Comunicação - Distribui sinais de telefonia, internet e televisão
- Navegação - Pode ser utilizado por todos aqueles que têm um aparelho receptor, detectando sua posição na Terra (GPS)
- Meteorológico - Monitorar o tempo e o clima da Terra
- Militar – Fins não civis
- Exploração do Universo - Telescópios e instrumentos para observar o espaço (Hubble)
- Observação da Terra - Monitorar a superfície terrestre (CBERS e Amazônia)

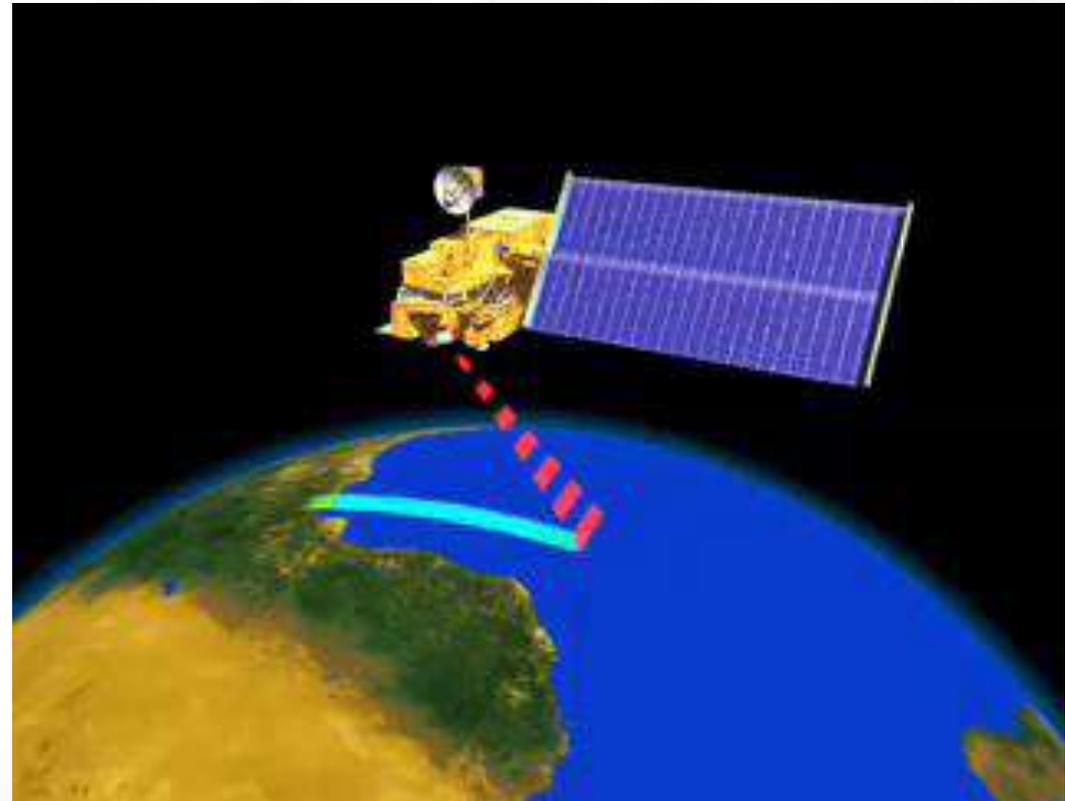
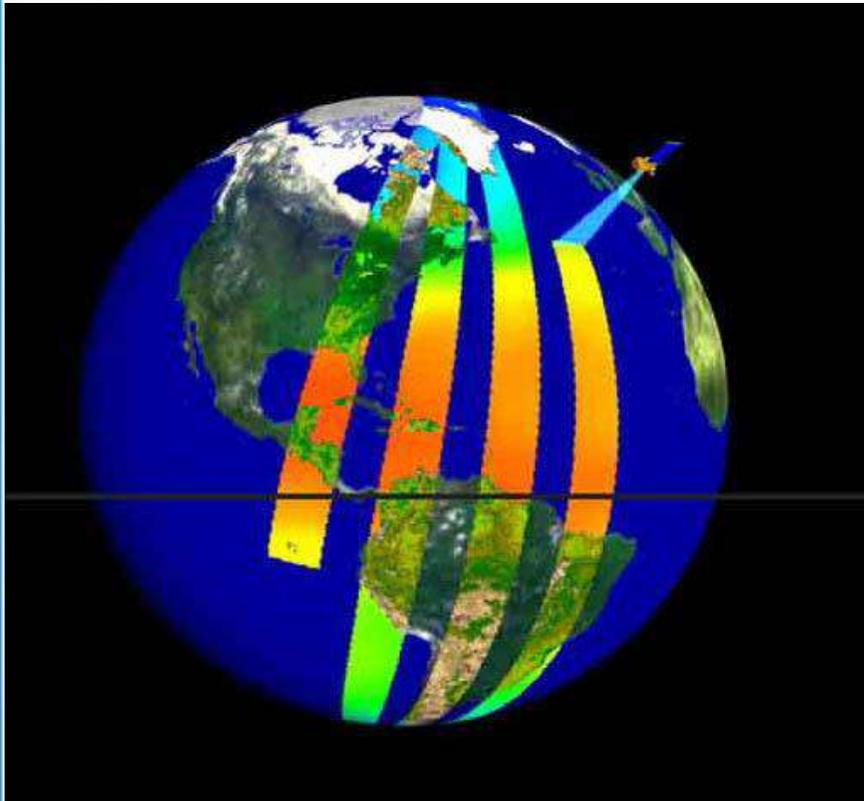


Tipos de Órbita

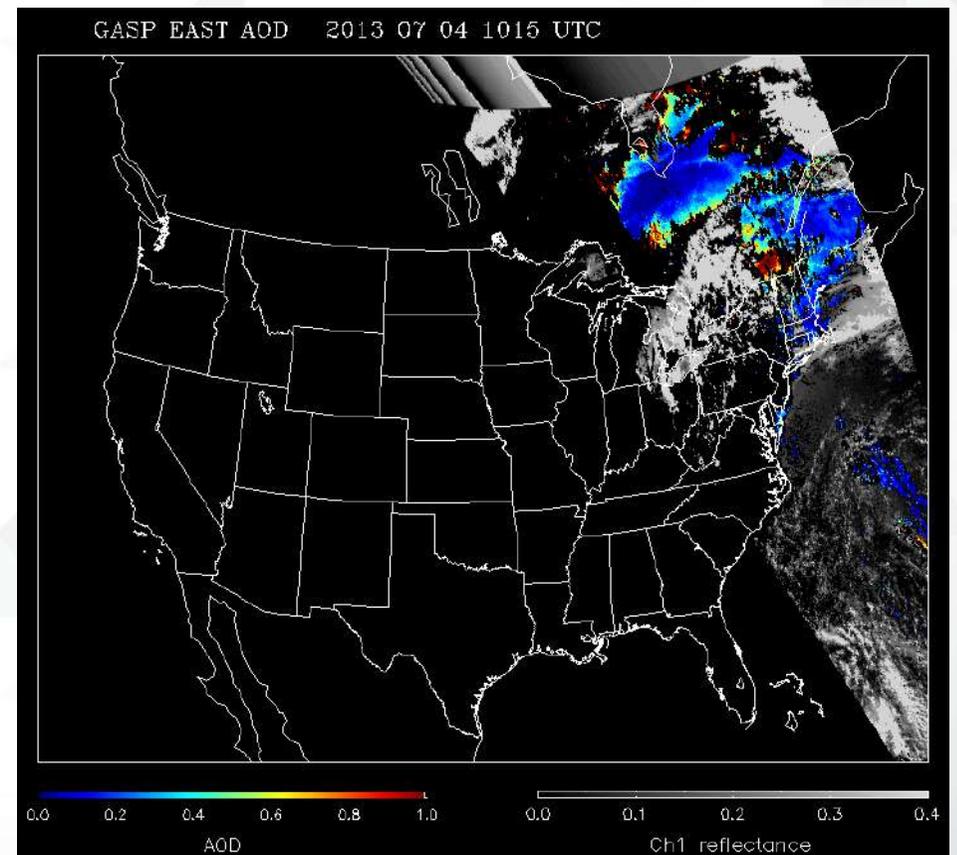
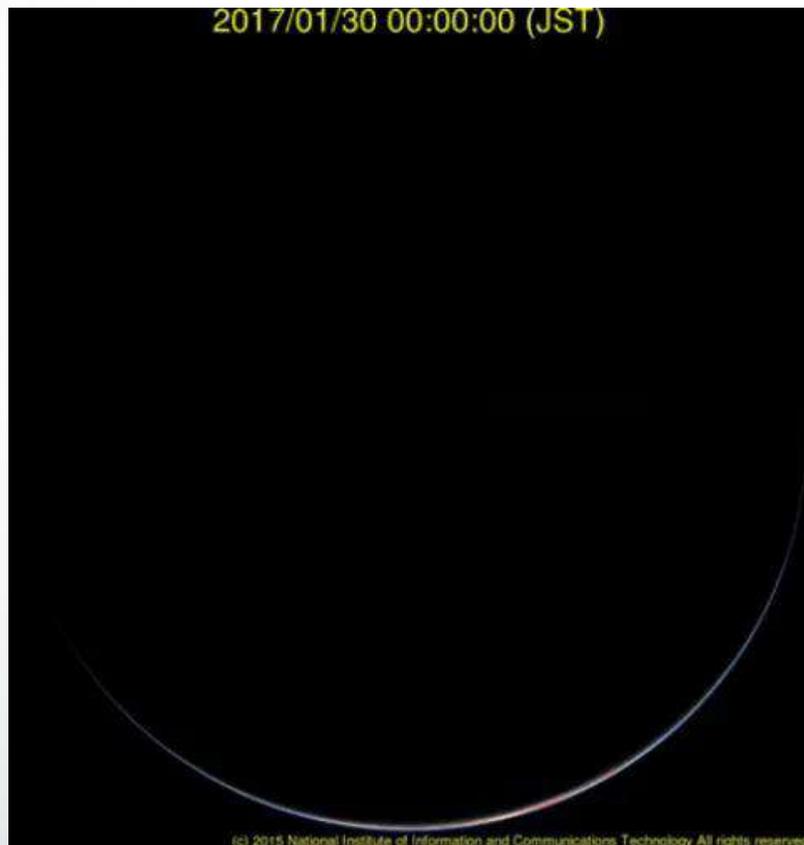


Órbita Polar

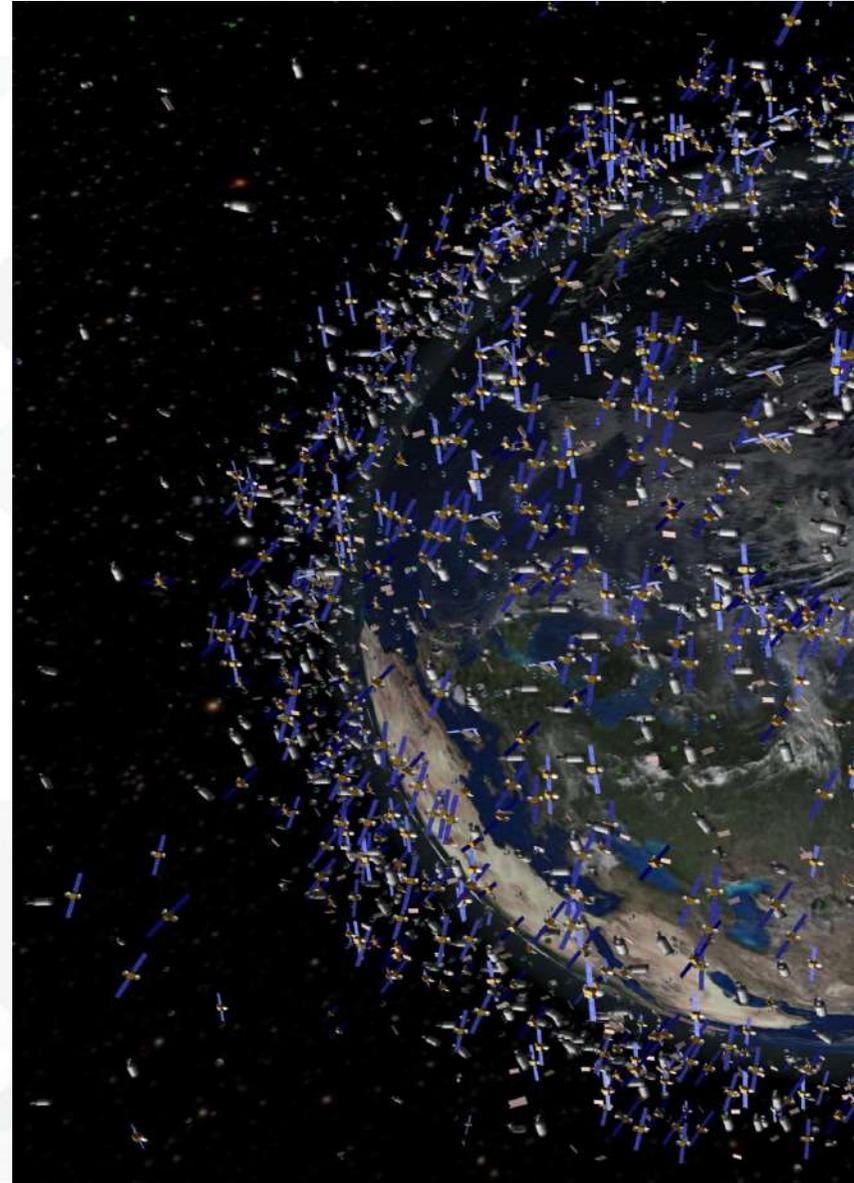
- Varrem a superfície de polo a polo
- Cíclica
- Heliossíncrona (sempre alinhada à posição do sol)
- Entre 200 km e 1000 km de altitude

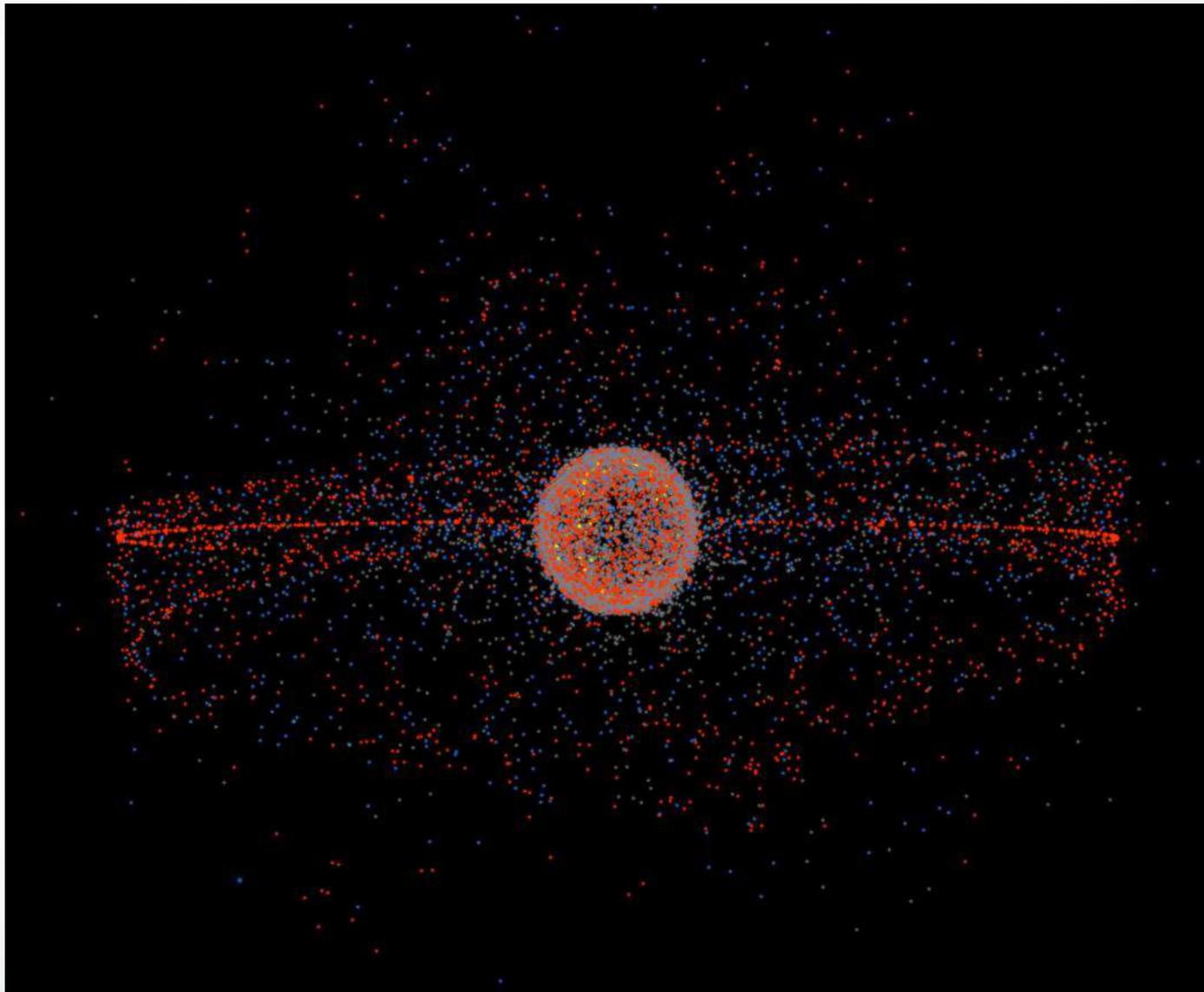


Órbita Geoestacionária

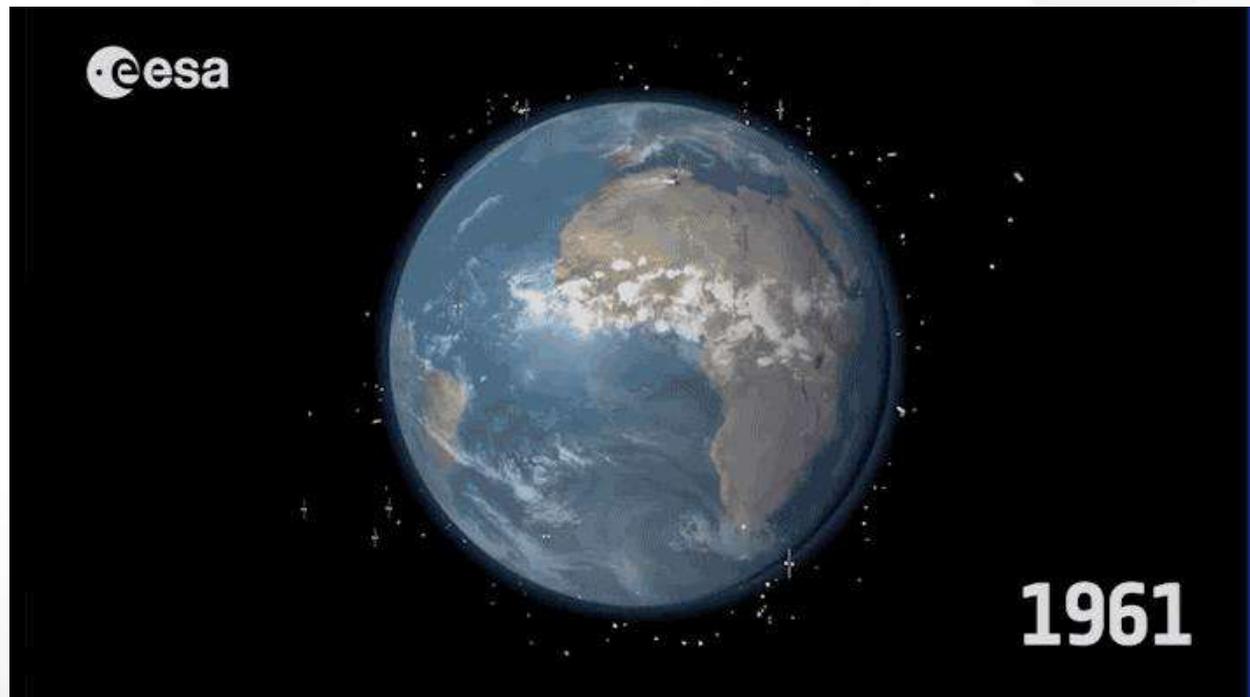


Quantos satélites orbitam a Terra?

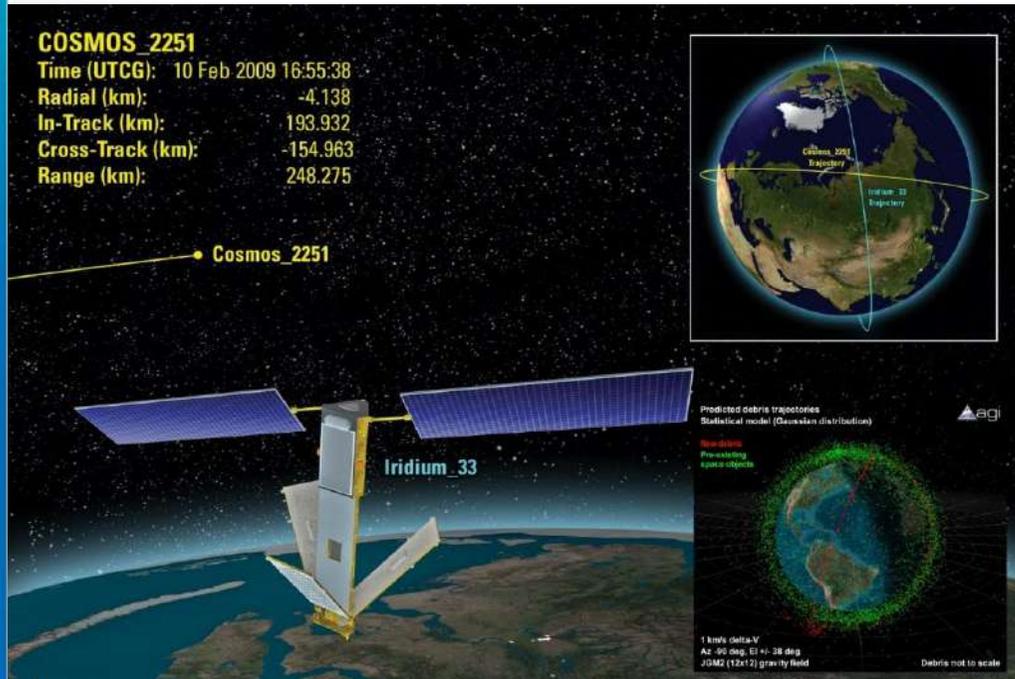




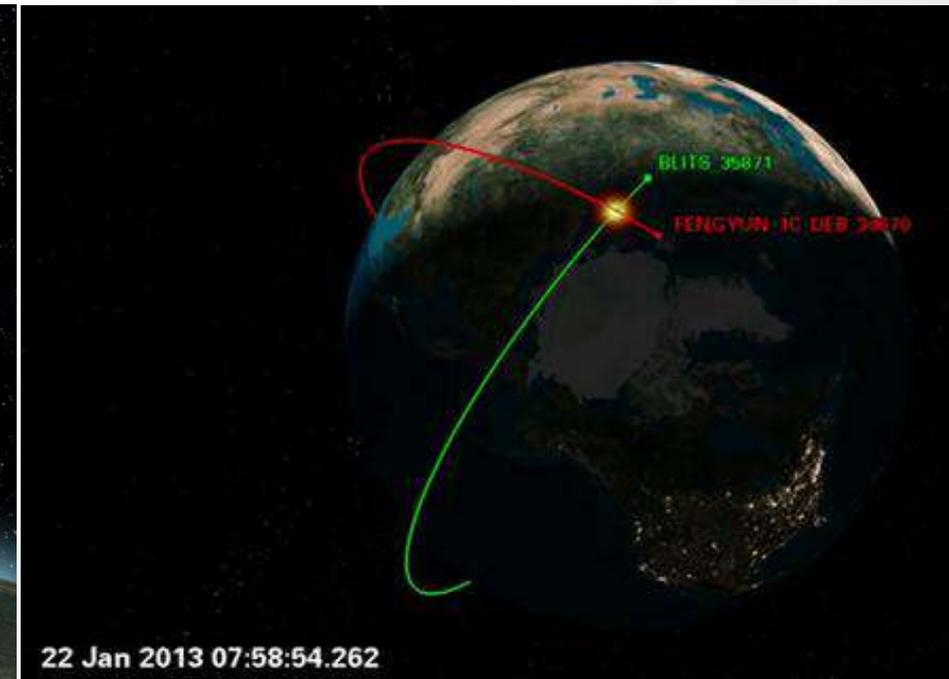
- Até 2020, mais de 9000 satélites foram lançados – 5000 continuavam em órbita, 2600 em operação
- Existem 34 mil resíduos com mais de 10 cm de diâmetro e 170 milhões com menos de 1 mm



Satélites Cosmos e Iridium_33 (2009)

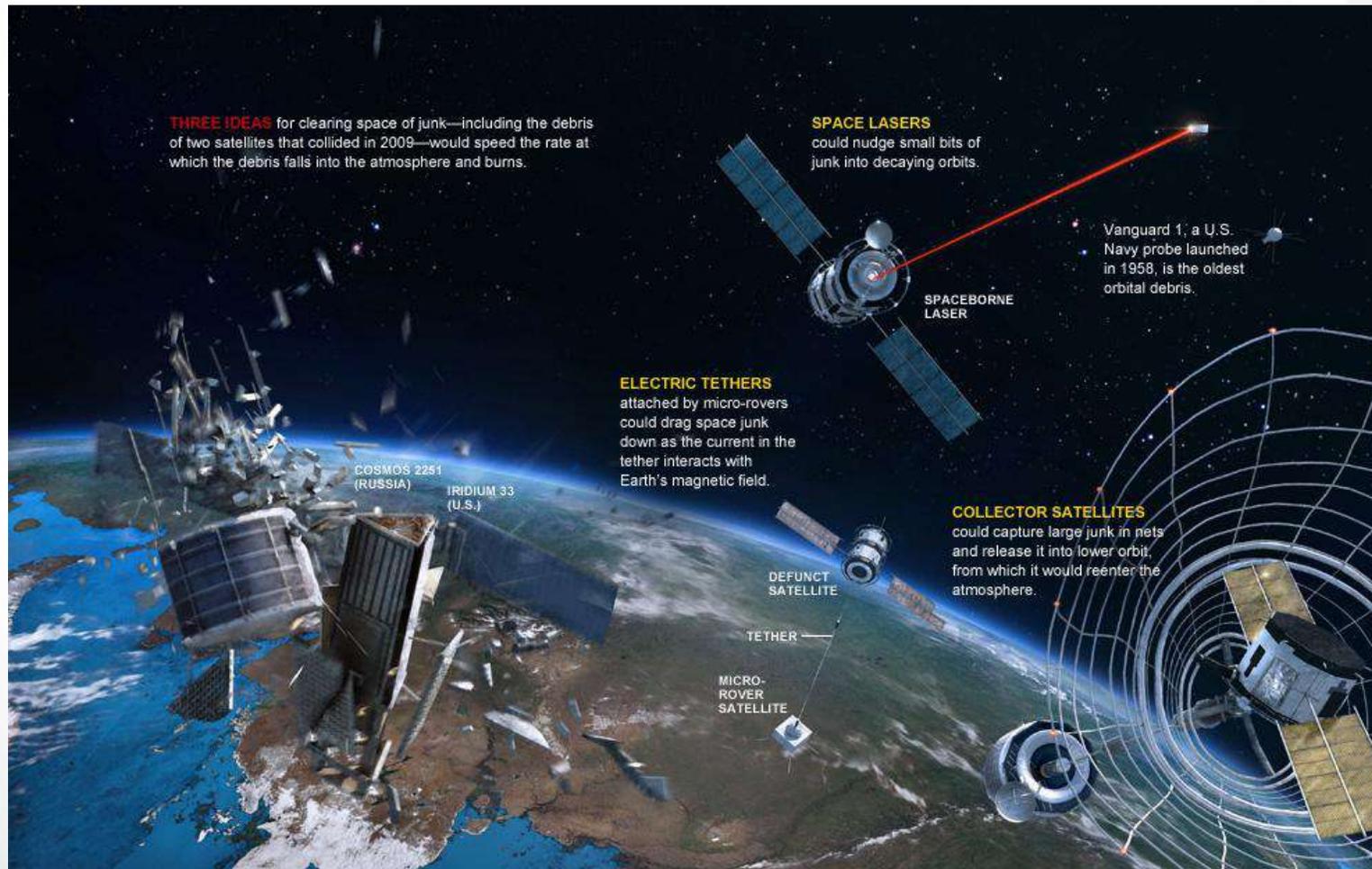


Satélite russo colide com resíduos de foguete chinês (2013)



Fonte - <http://www.space.com/20138-russian-satellite-chinese-space-junk.html>

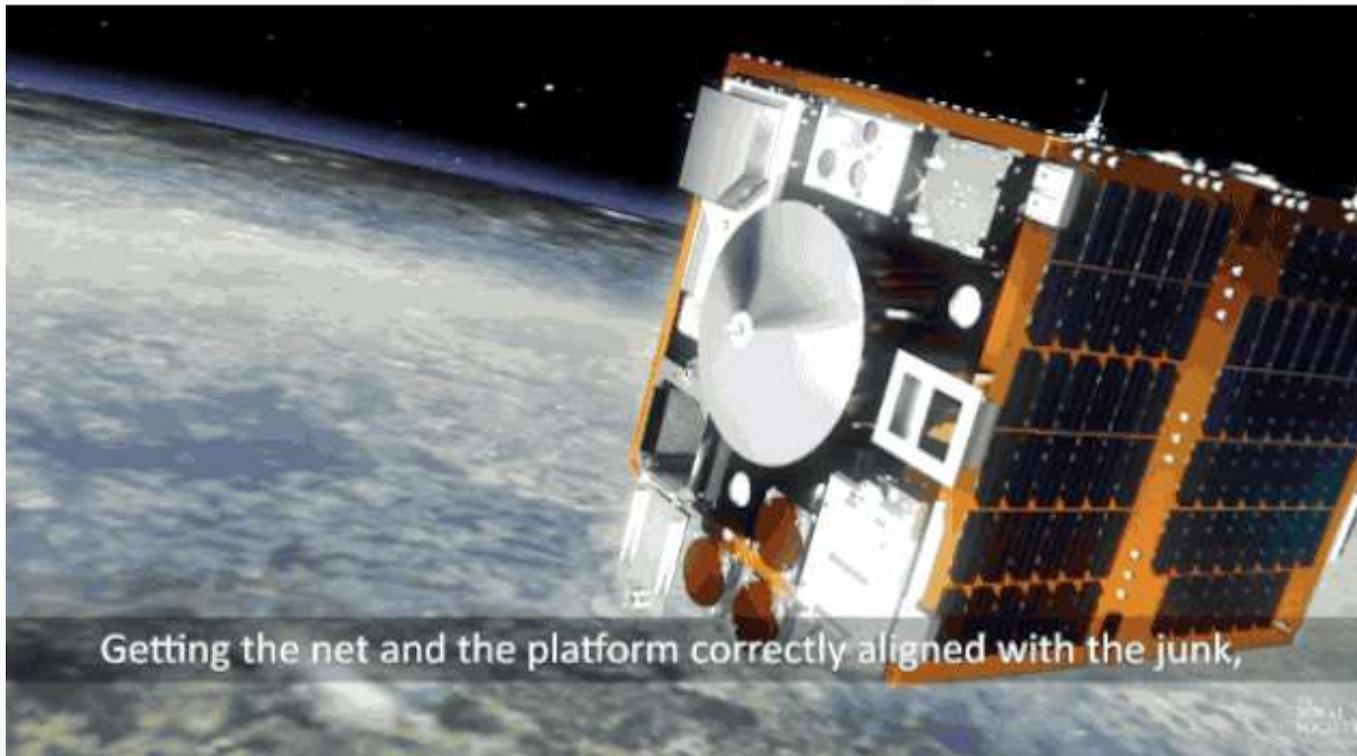
Satélites e lixo espacial



Satélites e lixo espacial



Satélites e lixo espacial



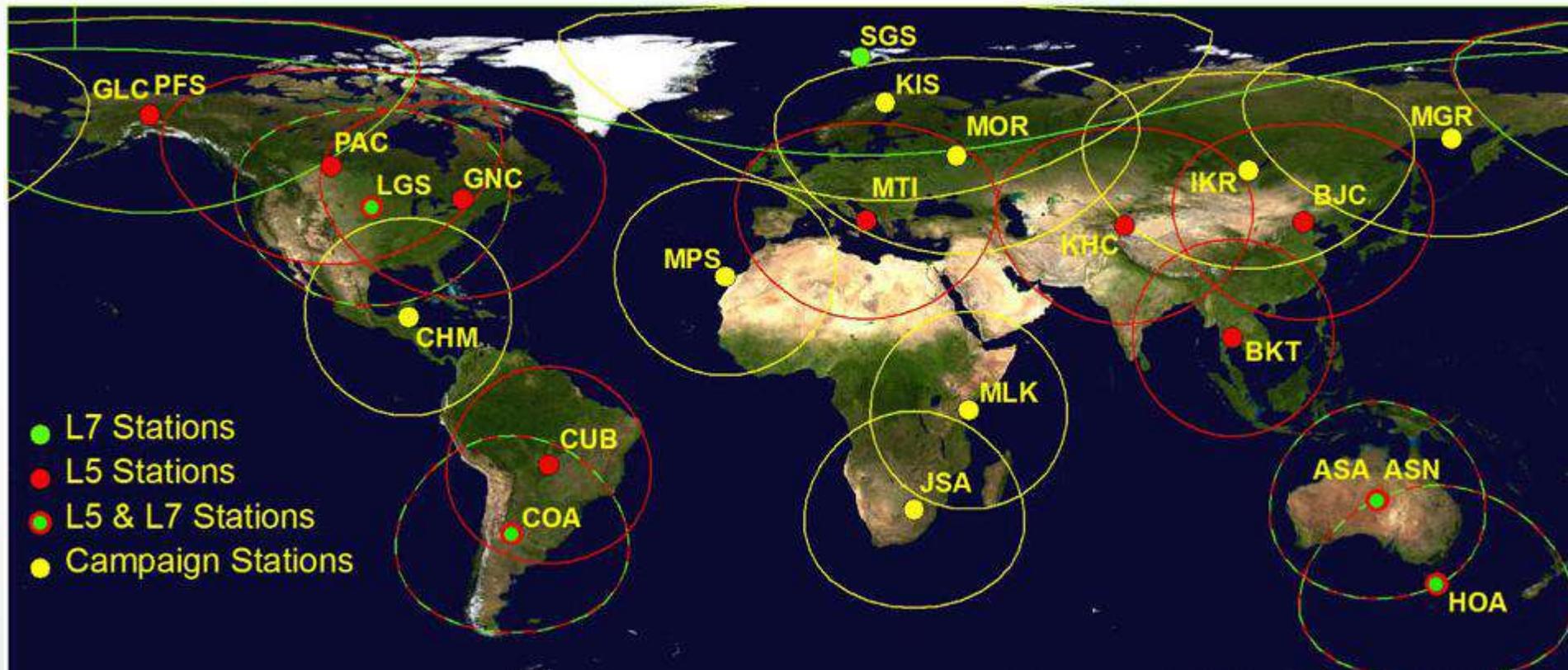
Satélites e lixo espacial



Recepção e transmissão



Active Landsat Ground Stations



Sensores

São dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética, em determinada faixa do espectro eletromagnético, e gerar dados que possam ser transformados em um produto passível de interpretação



O que diferencia um sensor de outro?

- Fonte de energia
- Região do espectro eletromagnético
- Formato do dado produzido
- Resoluções do sensor



O que diferencia um sensor de outro?

Fonte de energia

Passivo

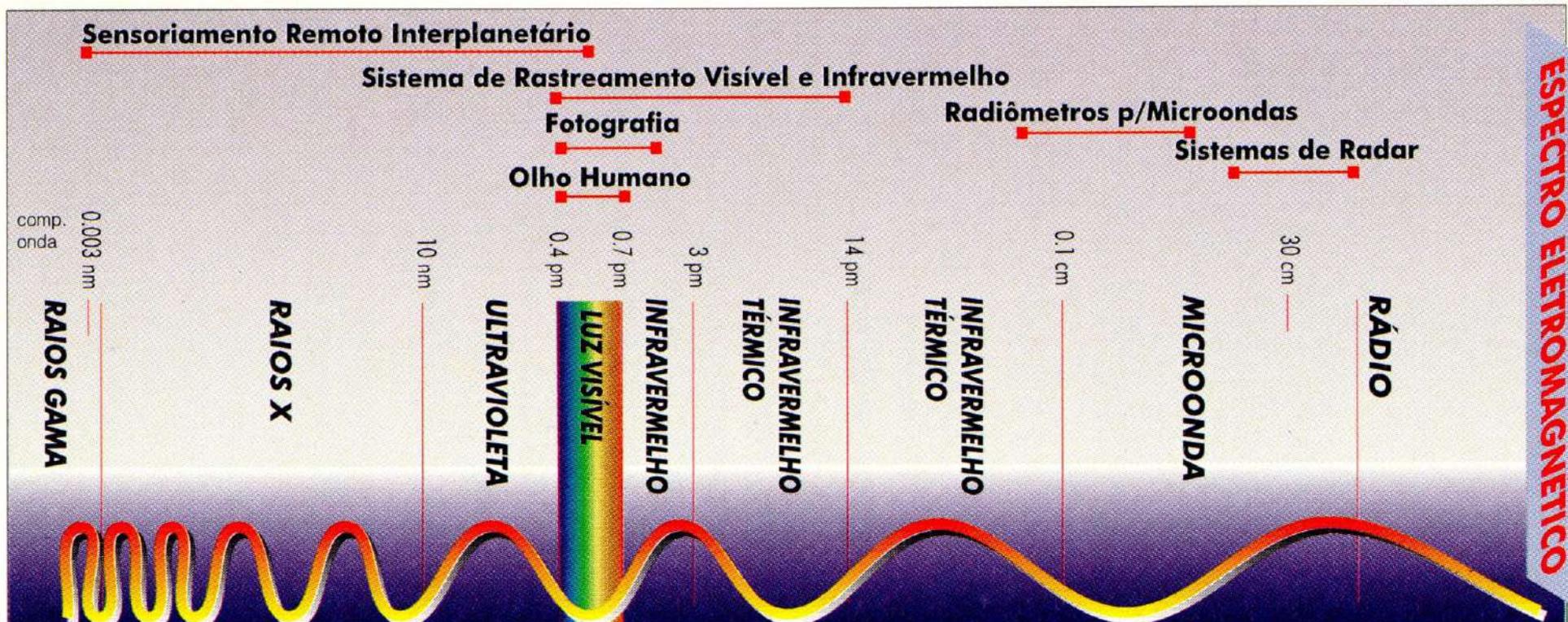


Ativo



O que diferencia um sensor de outro?

Região do Espectro Eletromagnético



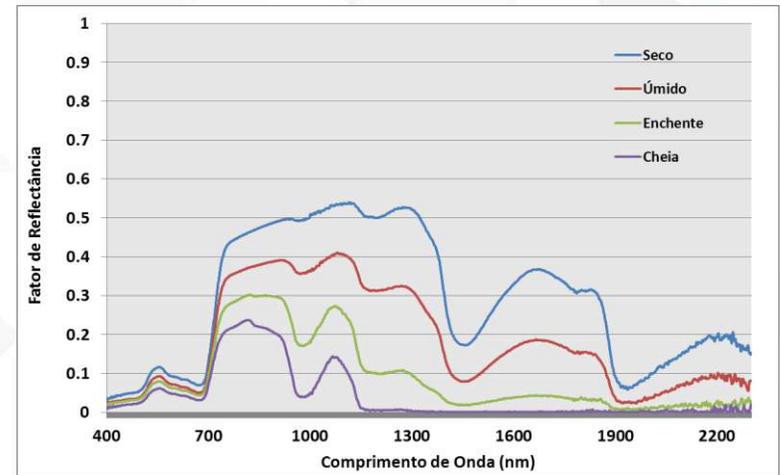
O que diferencia um sensor de outro?

Formato do Dado

Imagem



Gráfico



O que diferencia um sensor de outro?

Resoluções do Sensor

Resolução Espacial

Resolução Temporal

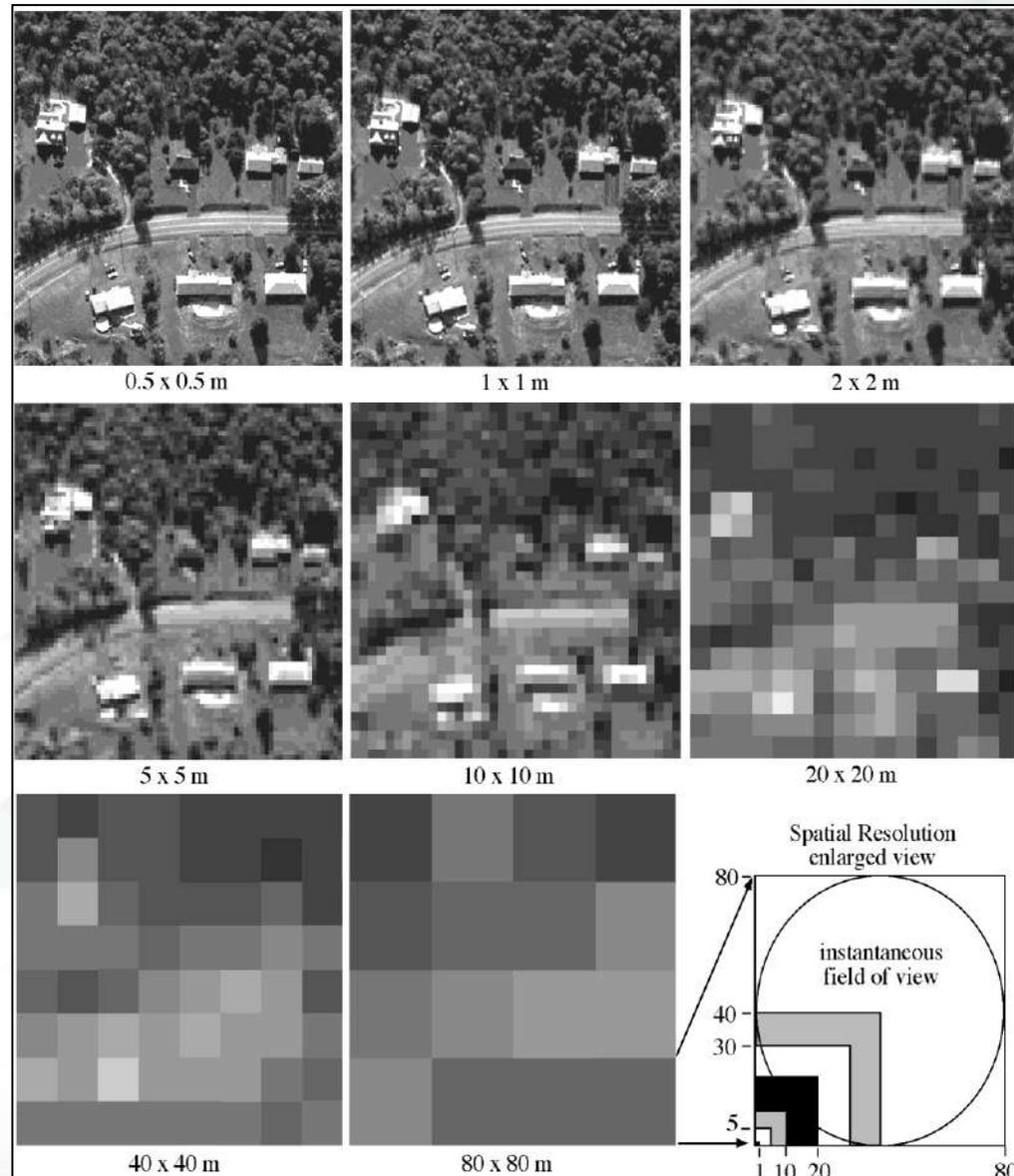
Resolução Espectral

Resolução Radiométrica



Resolução Espacial

Está relacionada com a capacidade de cada sensor em detectar os objetos da superfície terrestre. Desta forma, quanto melhor a resolução espacial, menor o objeto distinguível pelo sensor.

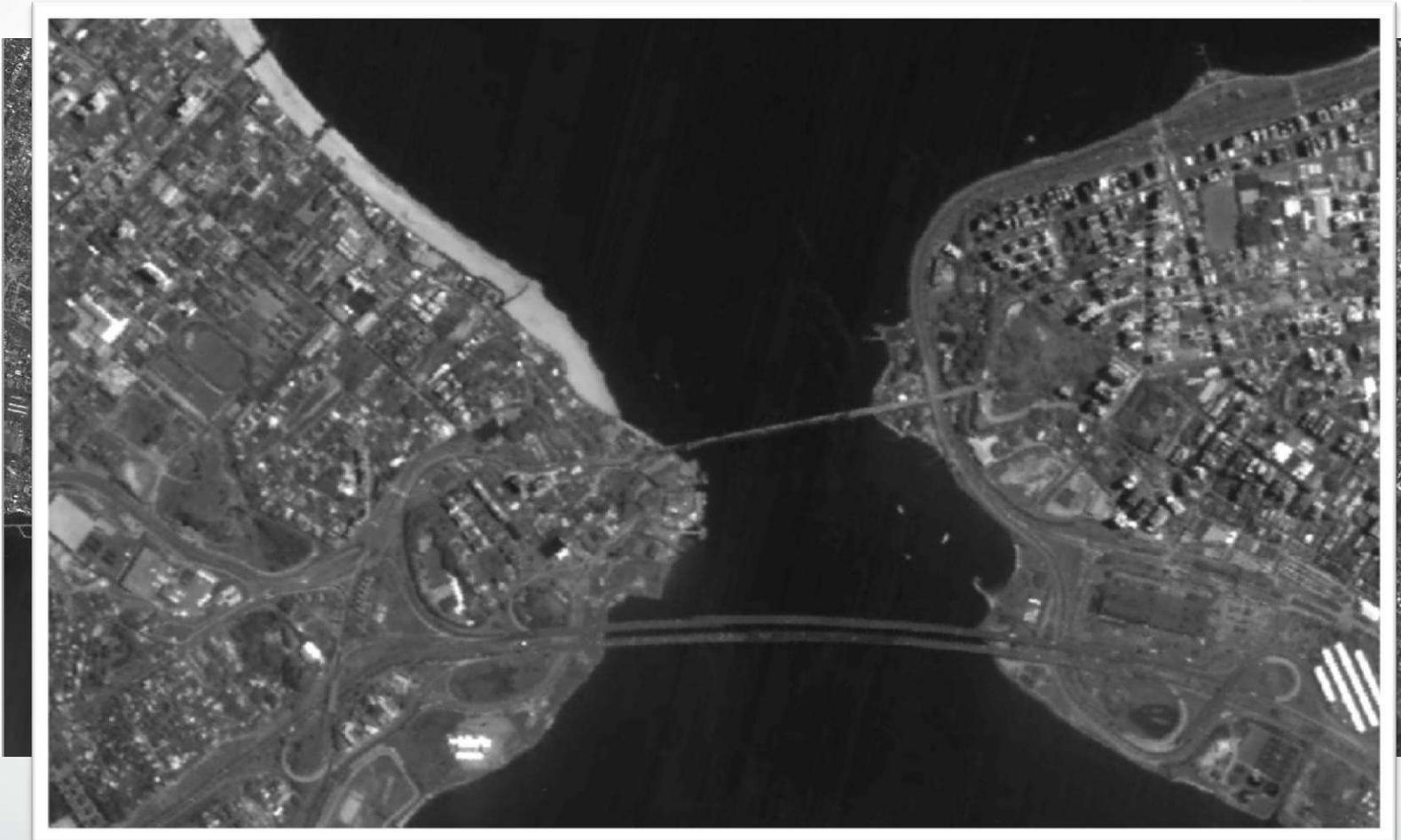


Resolução Espacial – Alta resolução

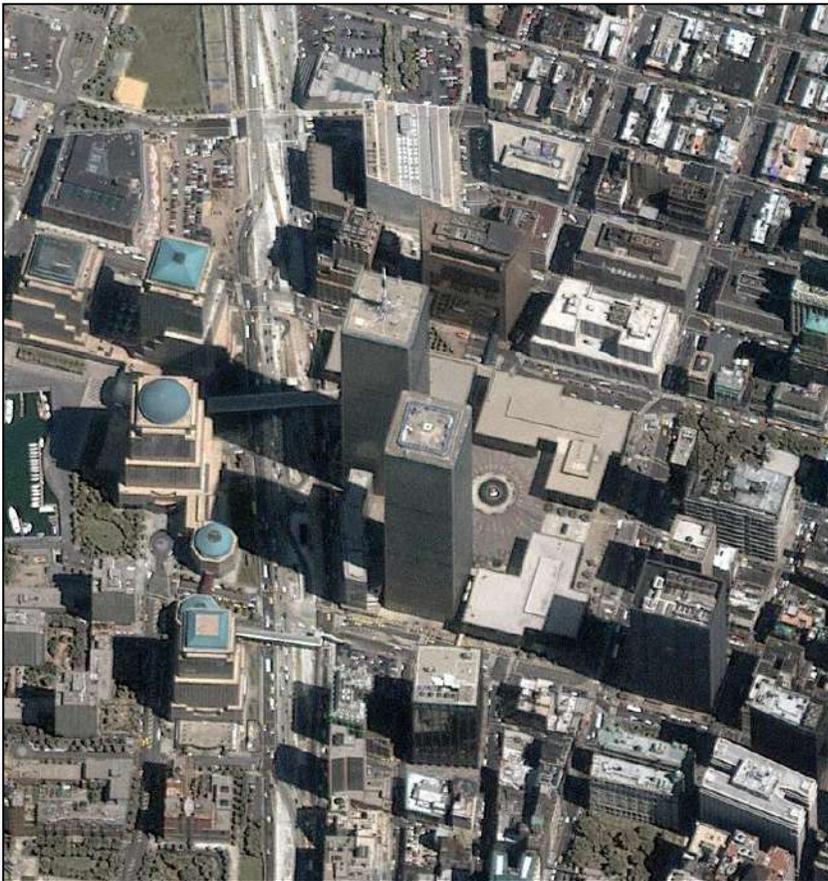


Resolução Espacial: 1m x 1m

Resolução Espacial – Alta resolução



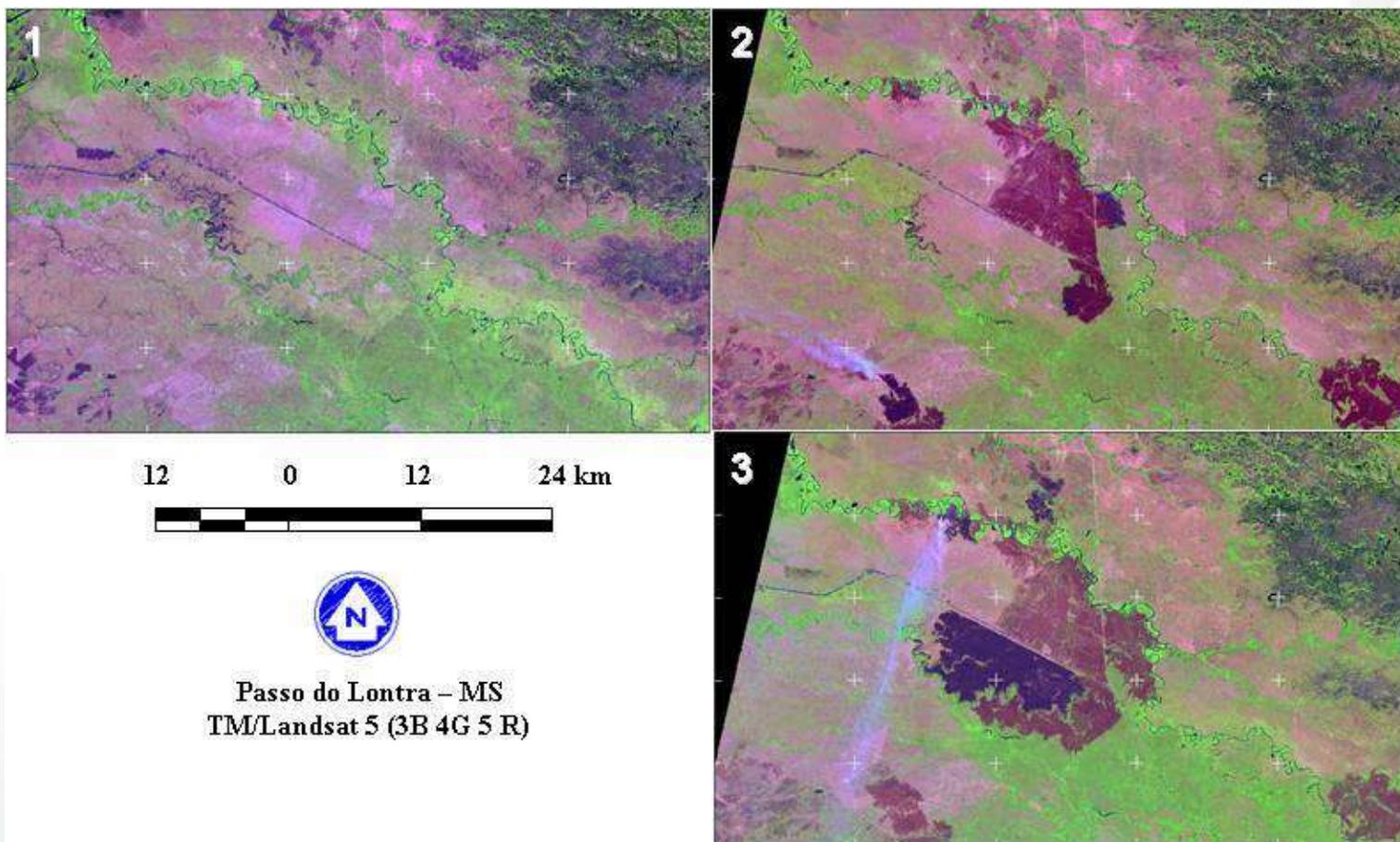
Resolução Espacial – Alta resolução



Resolução Espacial – Alta resolução



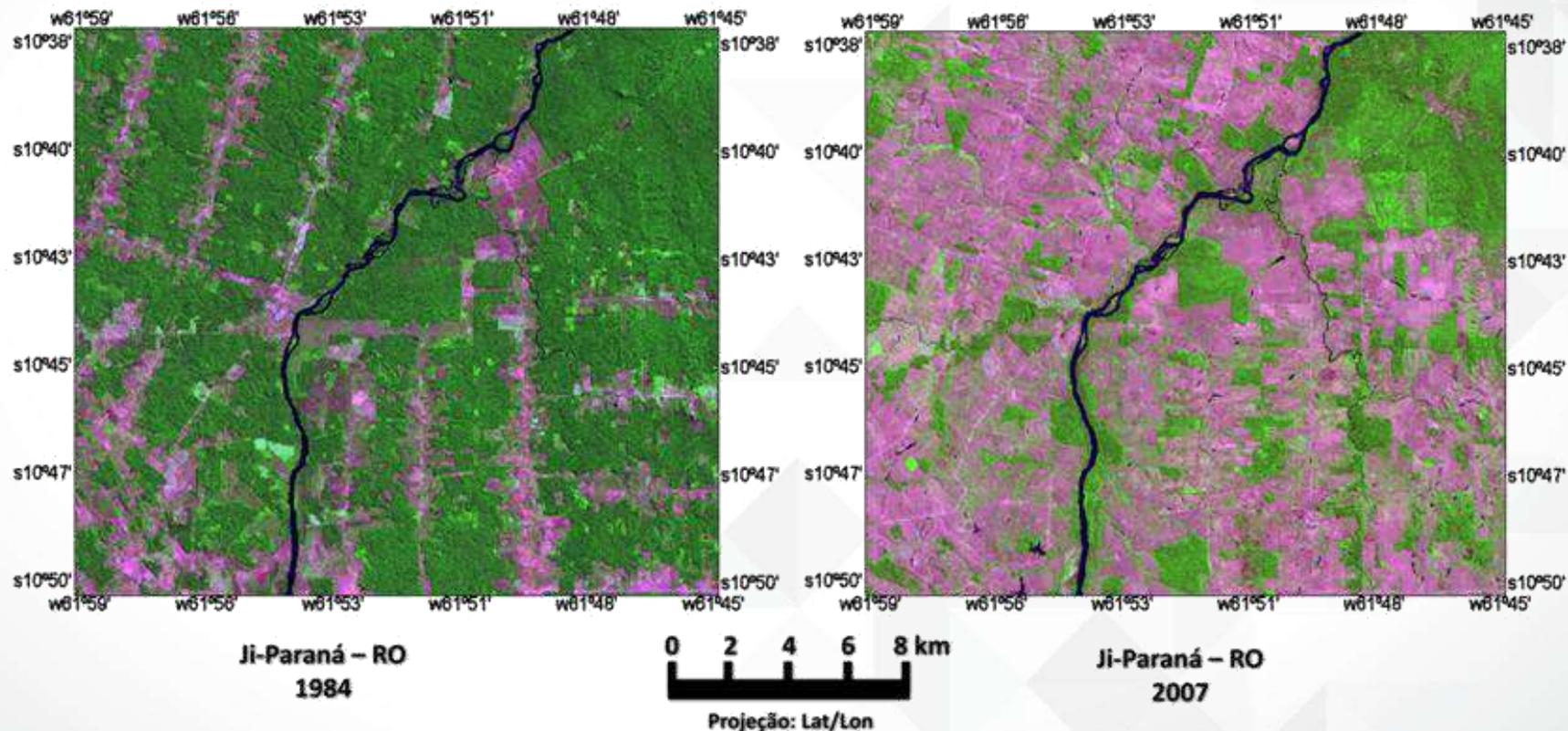
Resolução Espacial – Média resolução



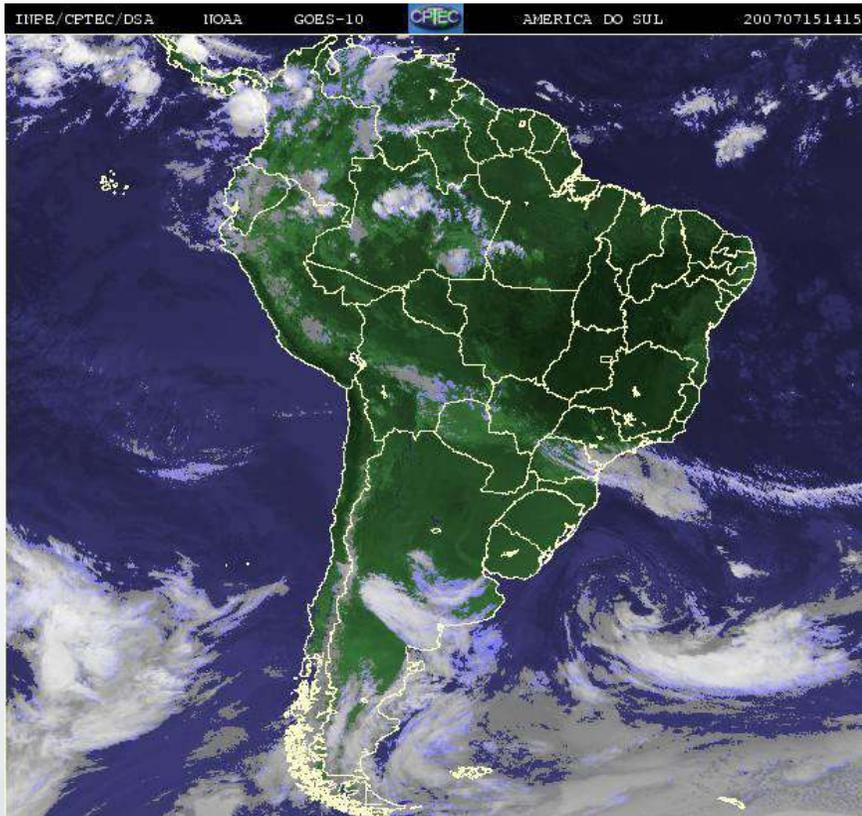
Resolução Espacial – Média resolução



Resolução Espacial – Média resolução

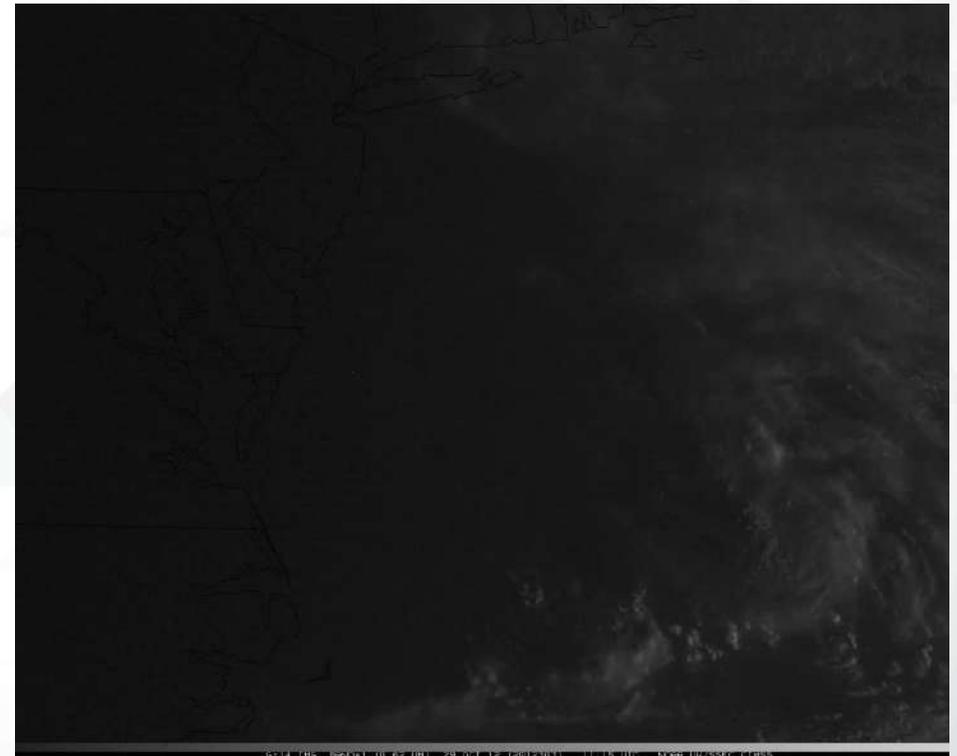
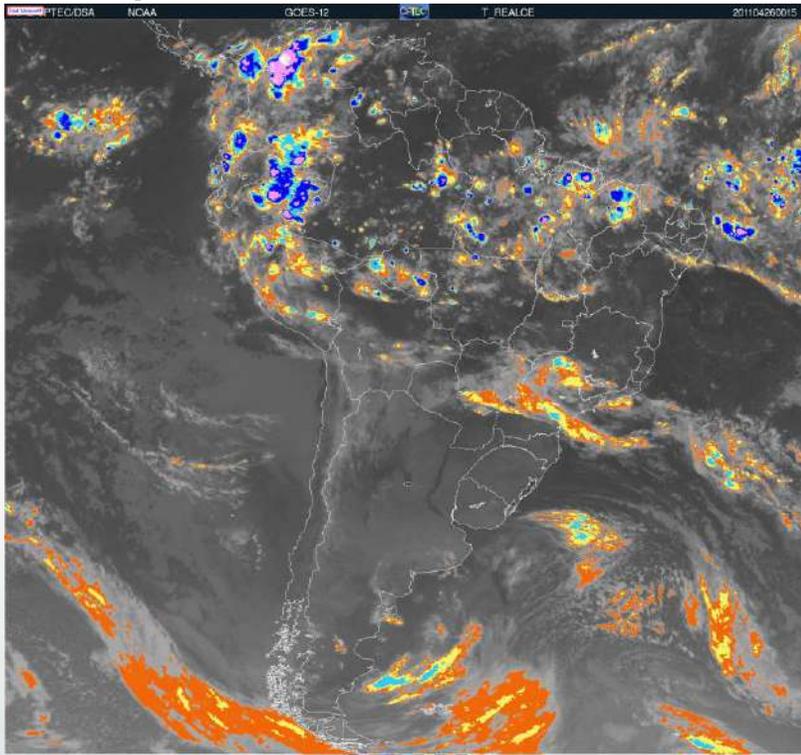


Resolução Espacial – Baixa resolução



Resolução Temporal

- Relacionada com a revisita
- No geral, resolução espacial e resolução temporal são opostas



Resolução Temporal



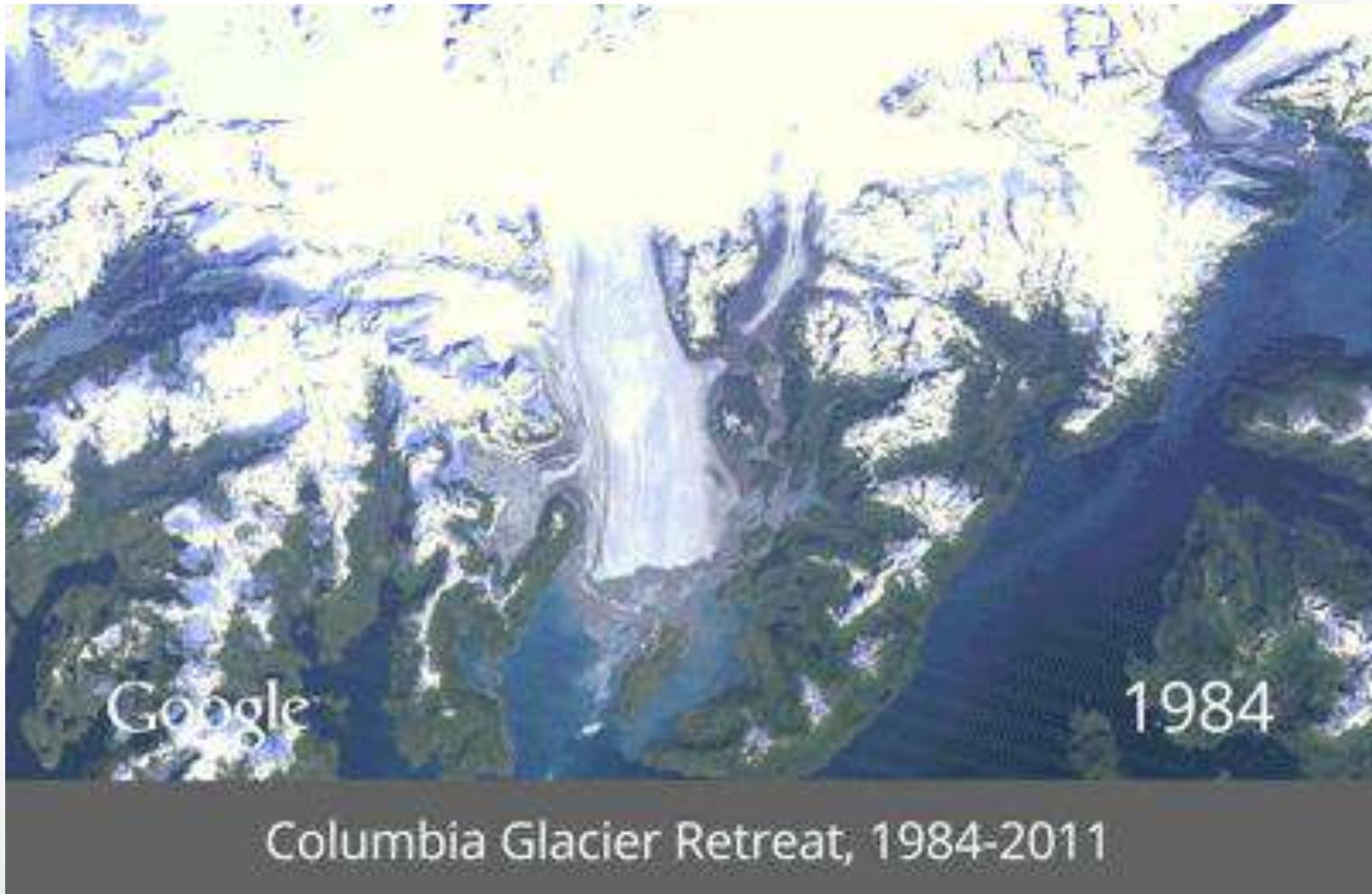
Resolução Temporal



Resolução Temporal



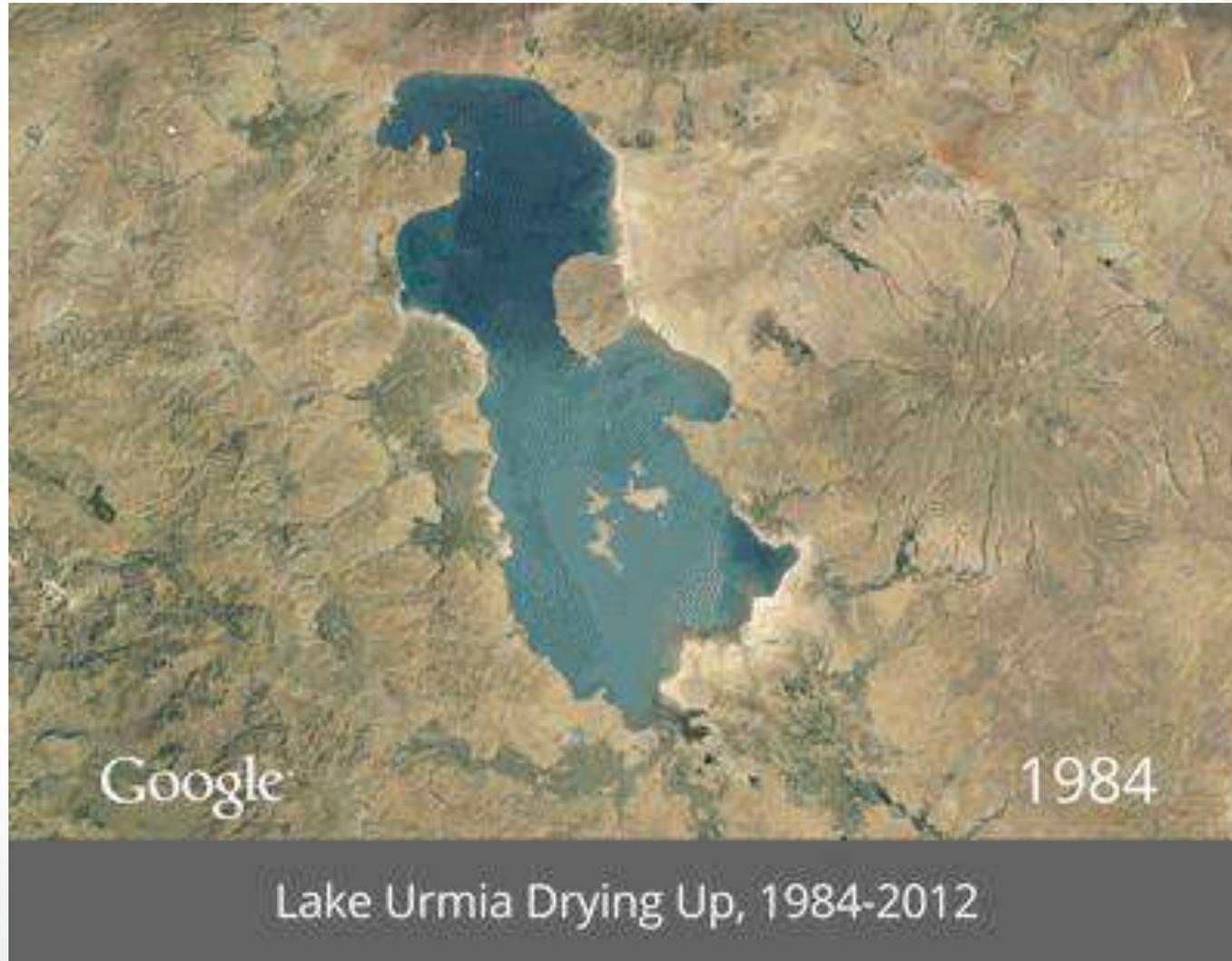
Resolução Temporal



Resolução Temporal

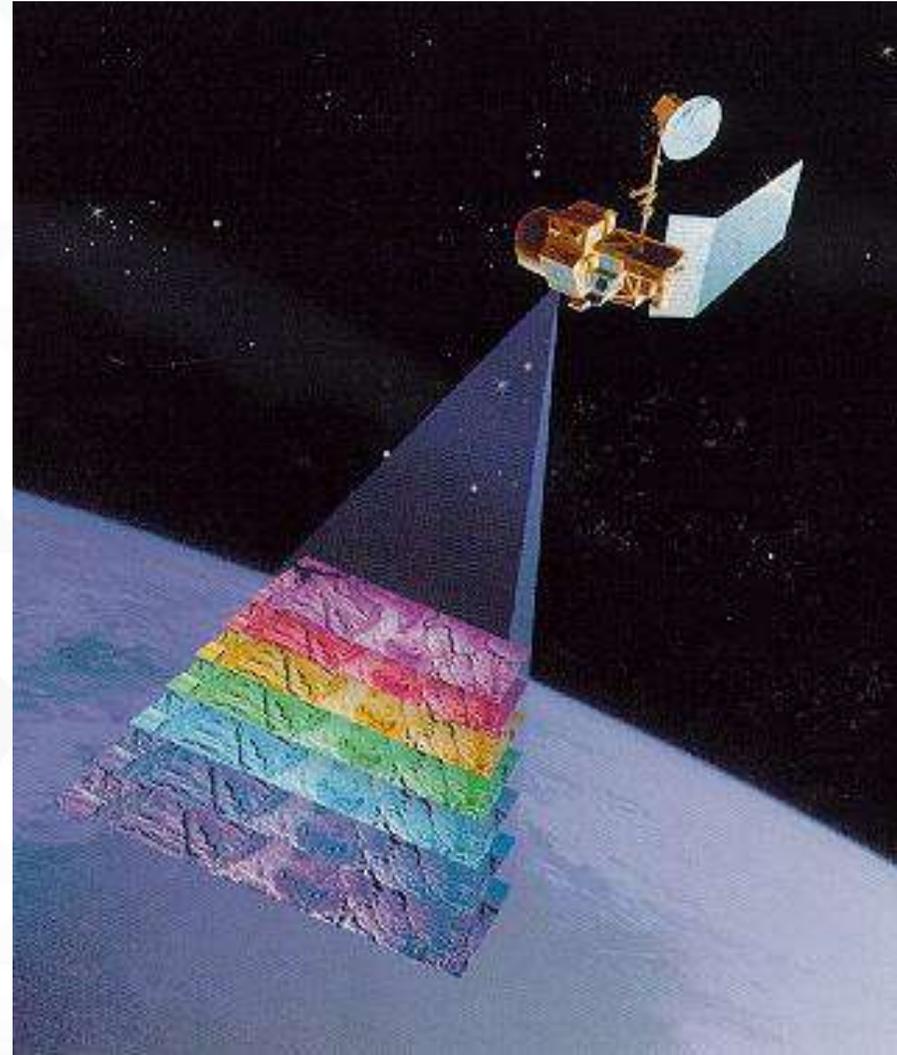


Resolução Temporal

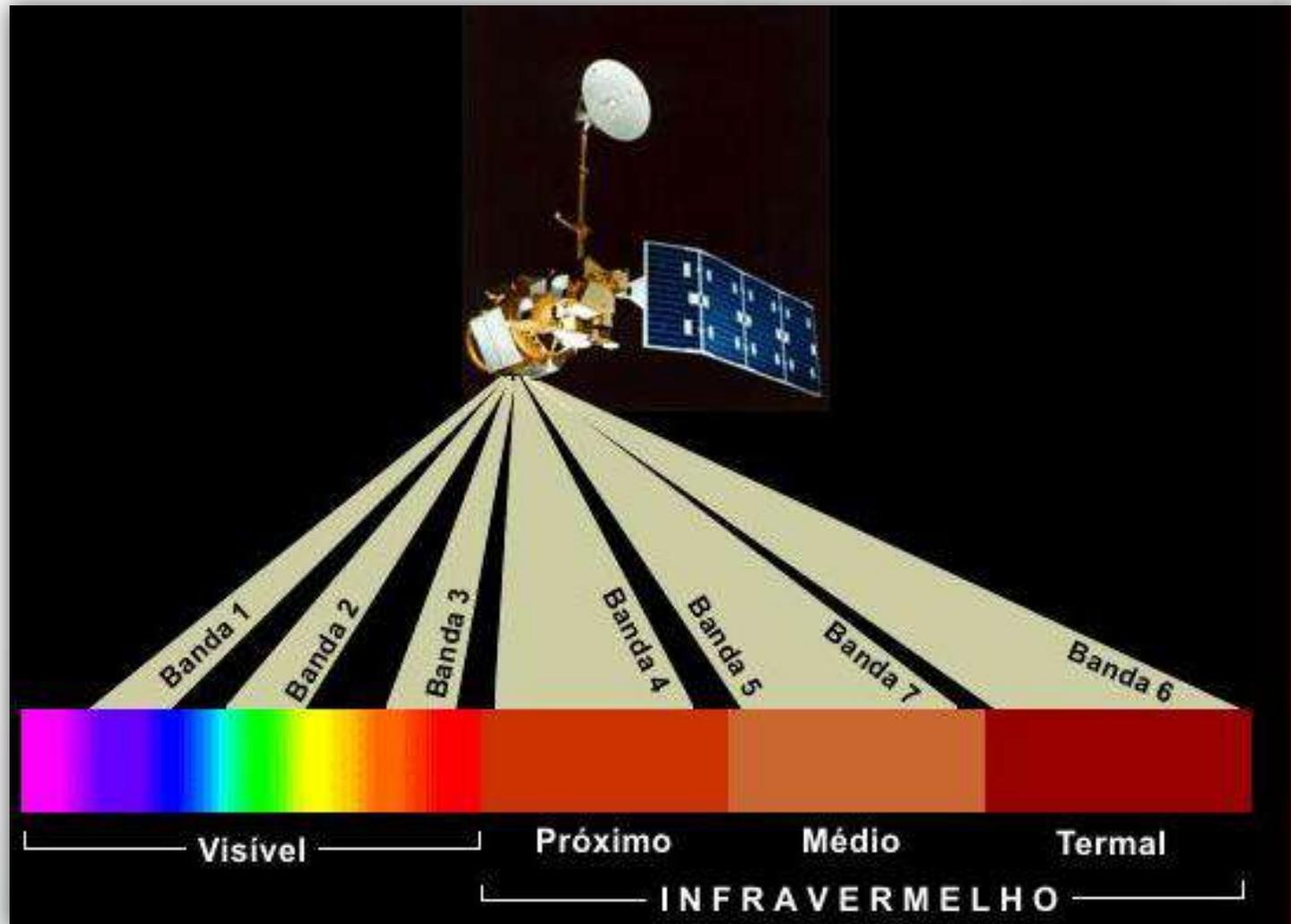


Resolução Espectral

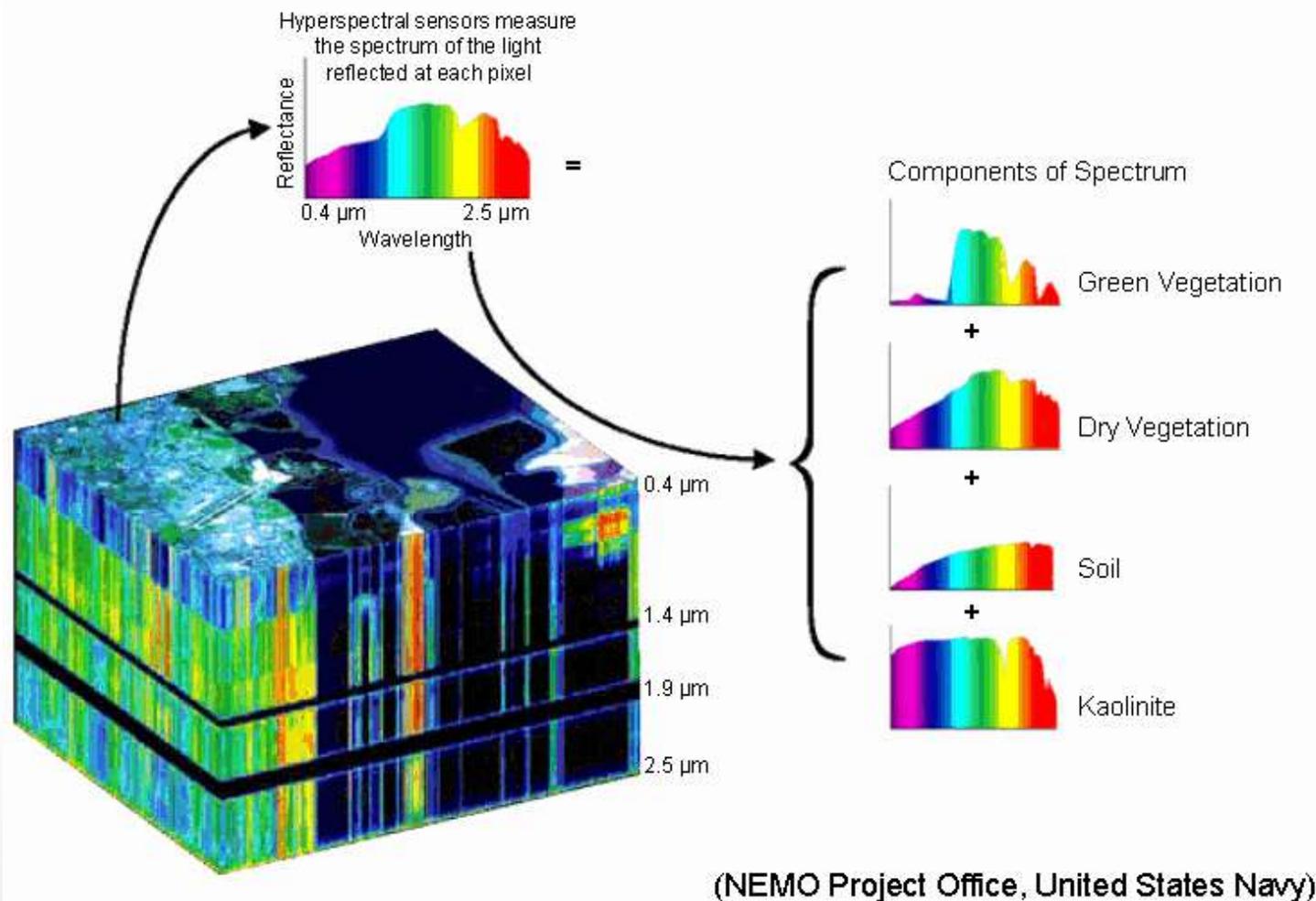
Define a largura espectral das medidas do sensor. Quanto maior número de medidas menor será o intervalo de comprimento de onda (banda espectral).



Resolução Espectral



Resolução Espectral



Resolução Radiométrica:

- Capacidade do sistema em detectar pequenos sinais

8-Bit



11-Bit



Resolução Radiométrica



2048 (11 bits)



256 (8 bits)



128 (7 bits)



16 (4 bits)

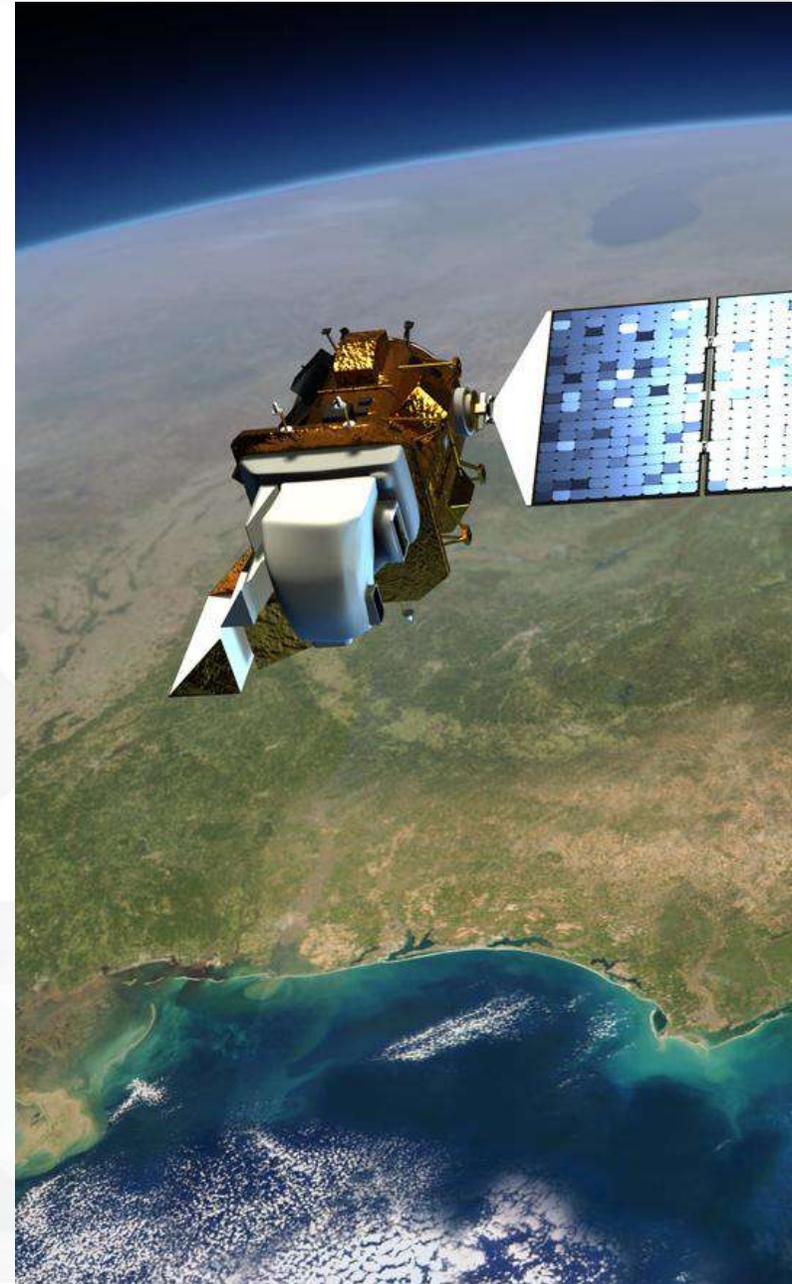


4 (2 bits)



2 (1bit)

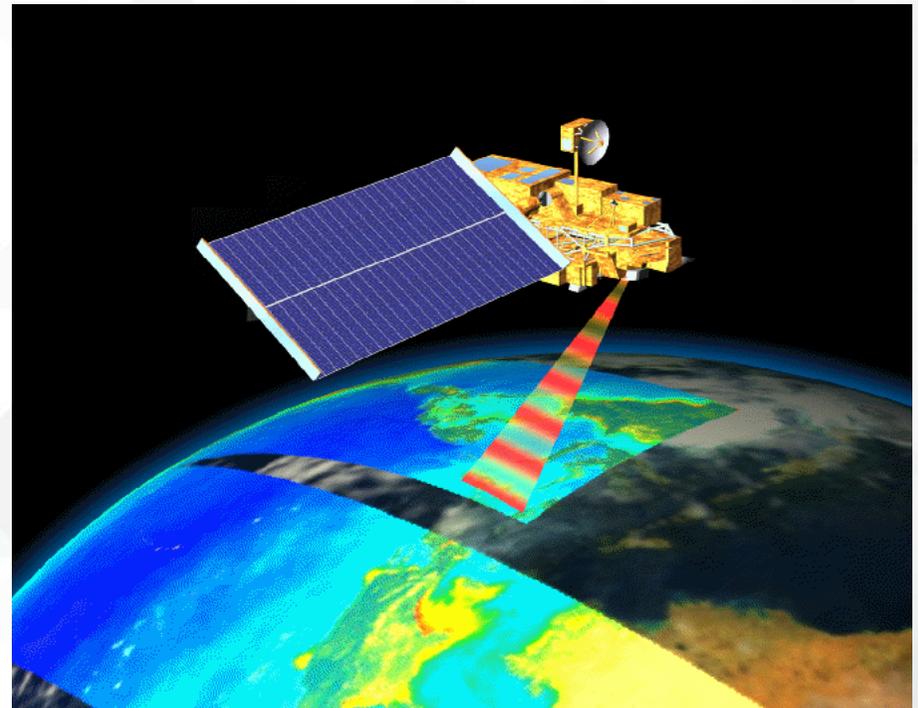
Principais sensores e produtos orbitais



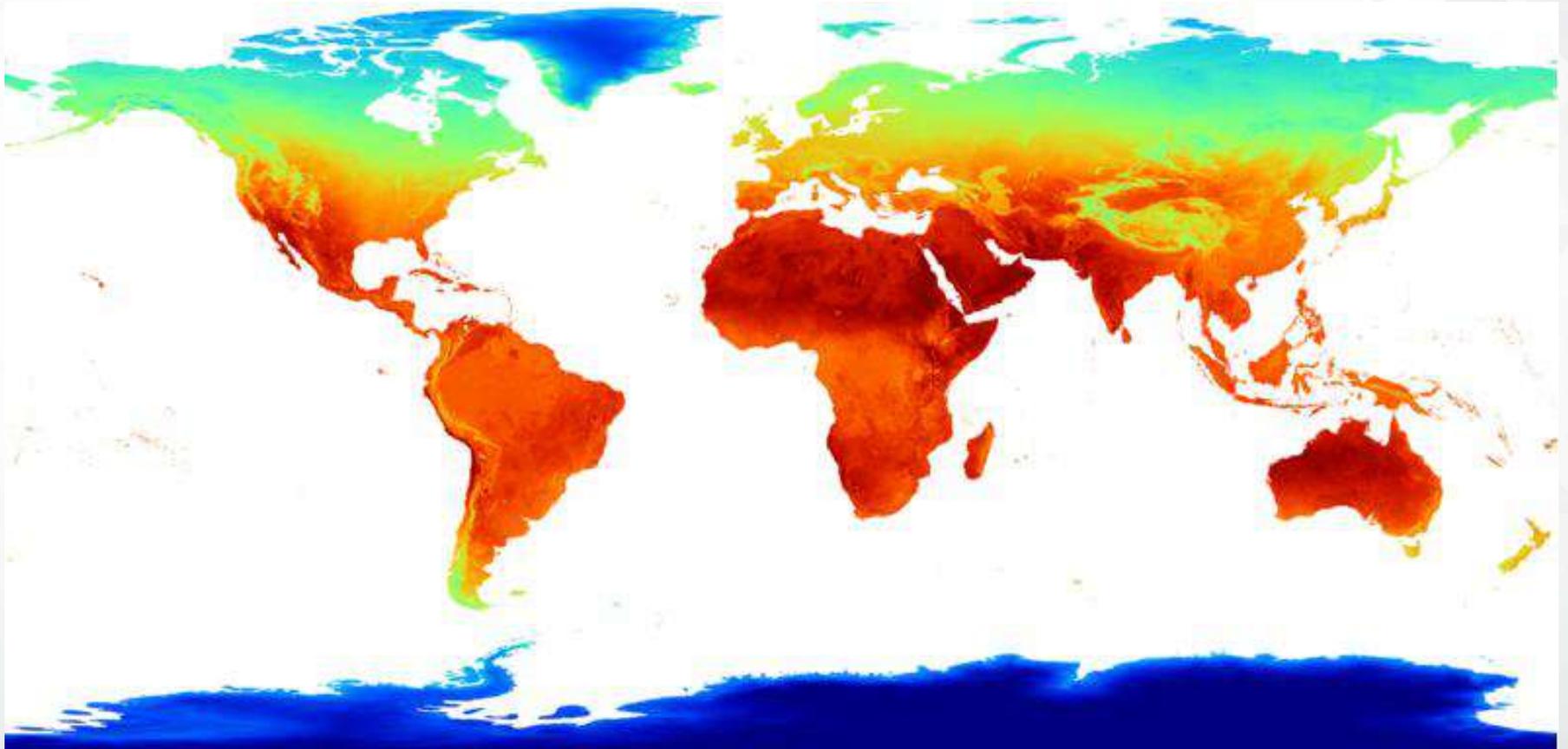
Sensor MODIS / Terra - Aqua

Altitude 700 km, ângulo de imageamento de $\pm 55^\circ$ e faixa imageada de 2330 km

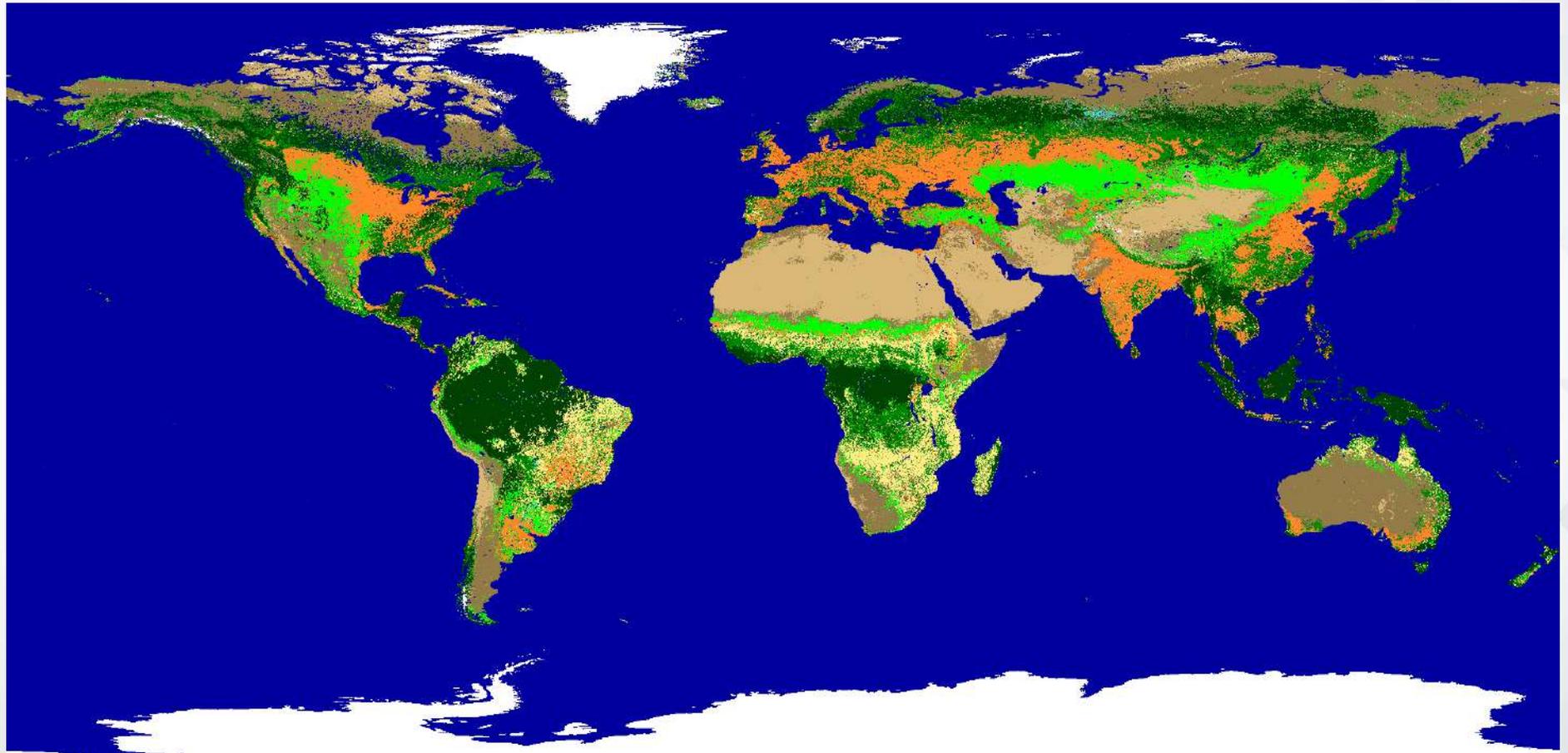
Recobrimento global em 1 ou 2 dias com resolução espacial de até 250 metros



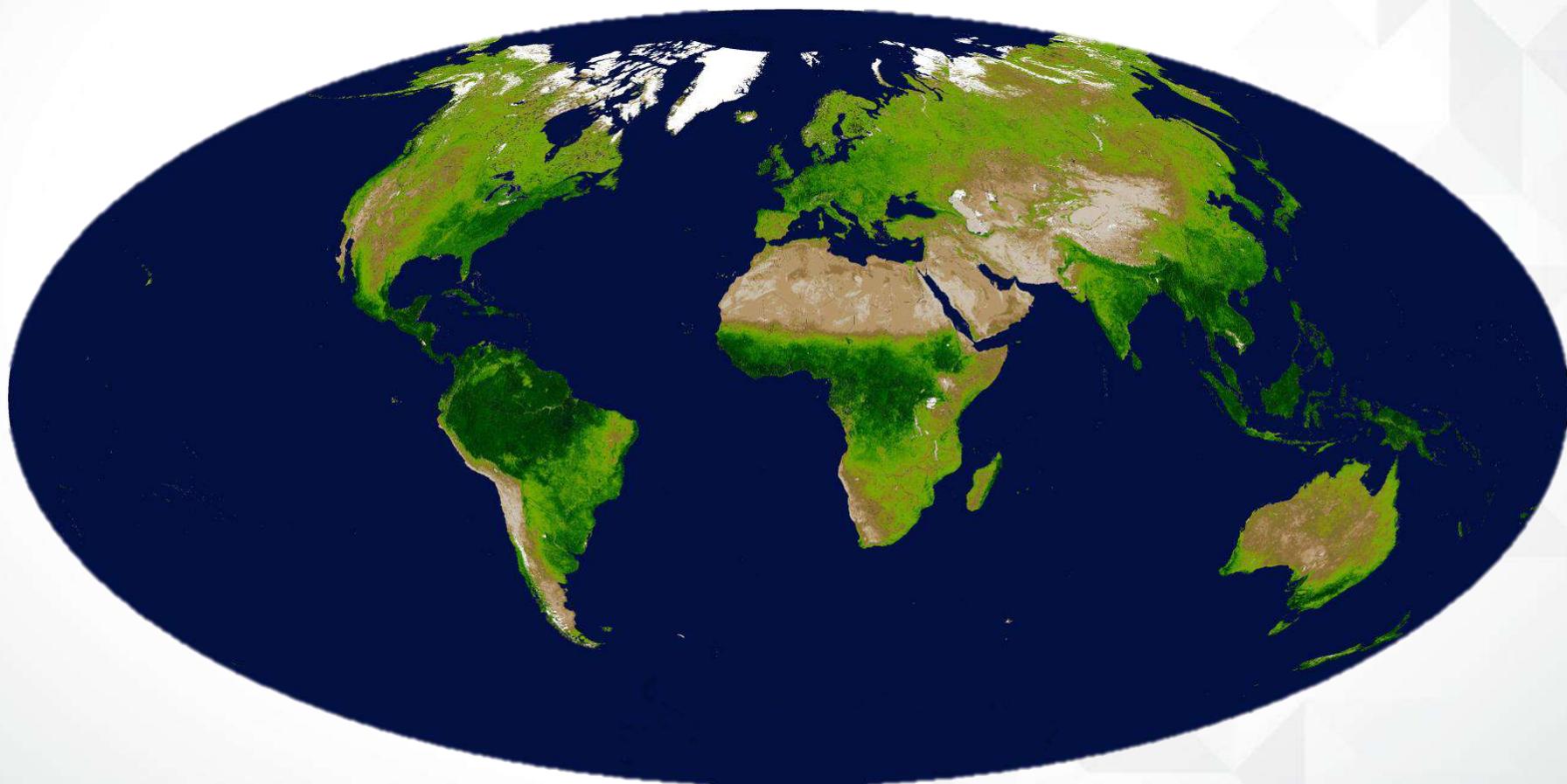
Temperatura - MODIS



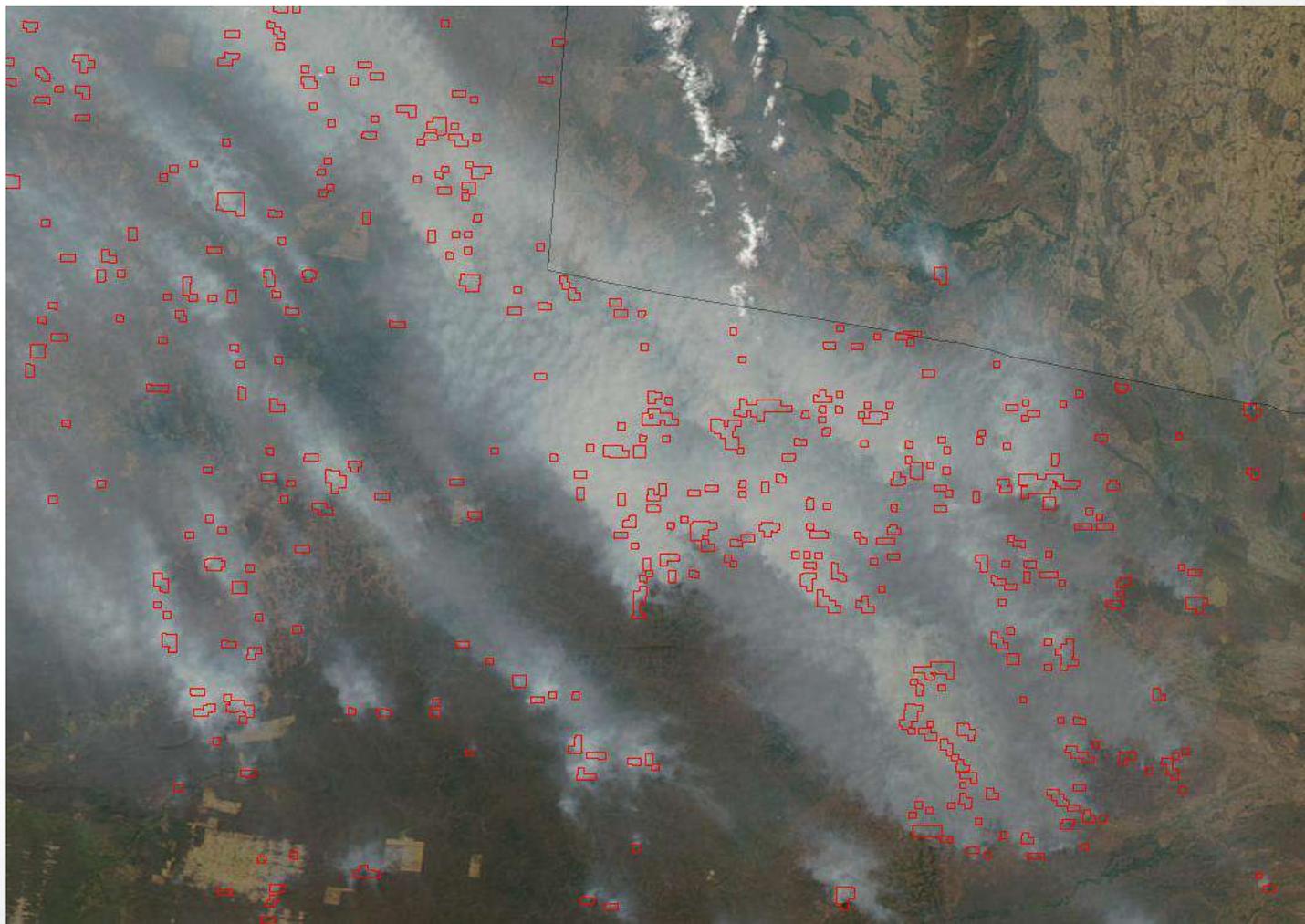
Uso e Cobertura da Terra - MODIS



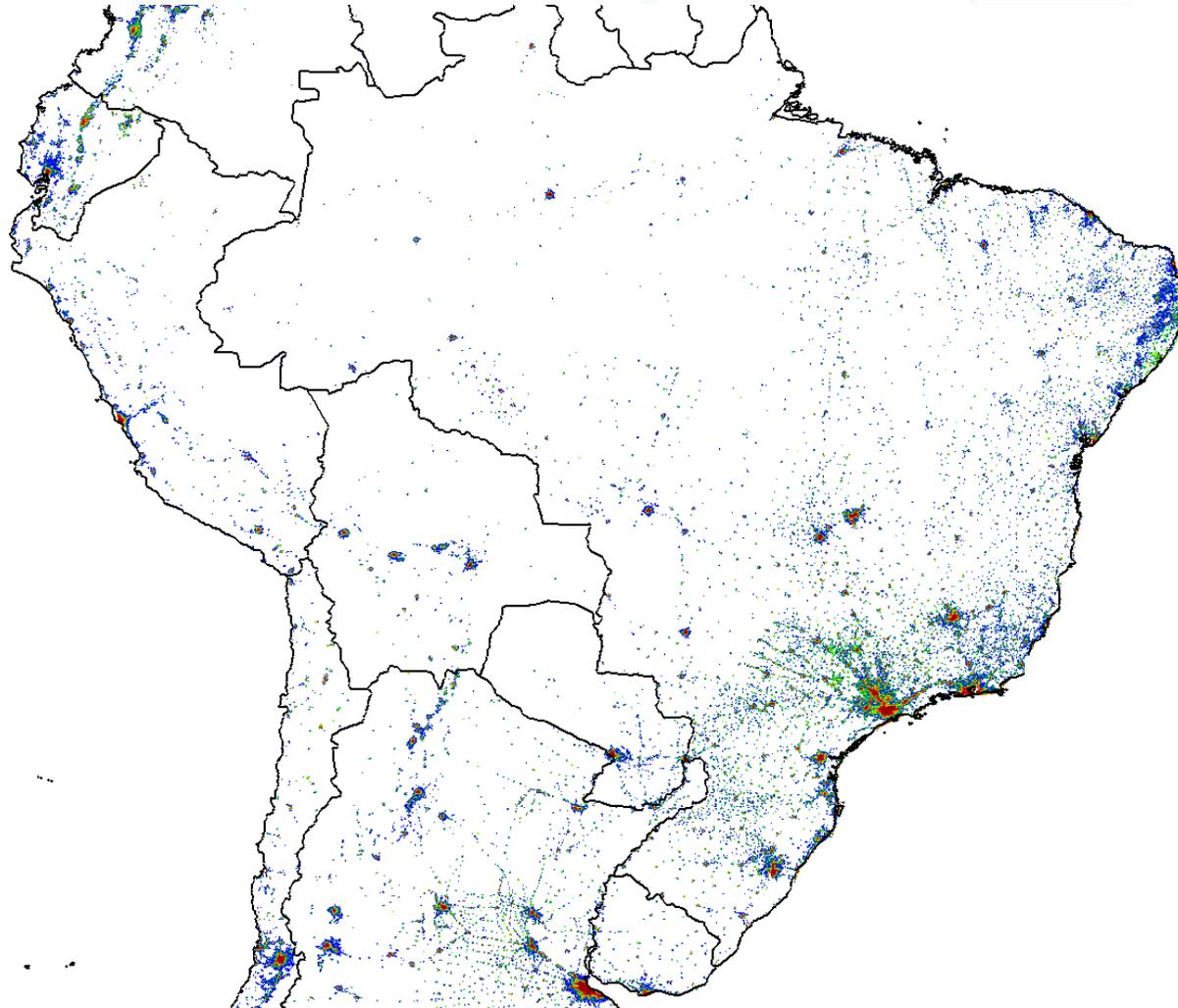
Índice de Vegetação - MODIS



Área Queimada - MODIS



Luzes

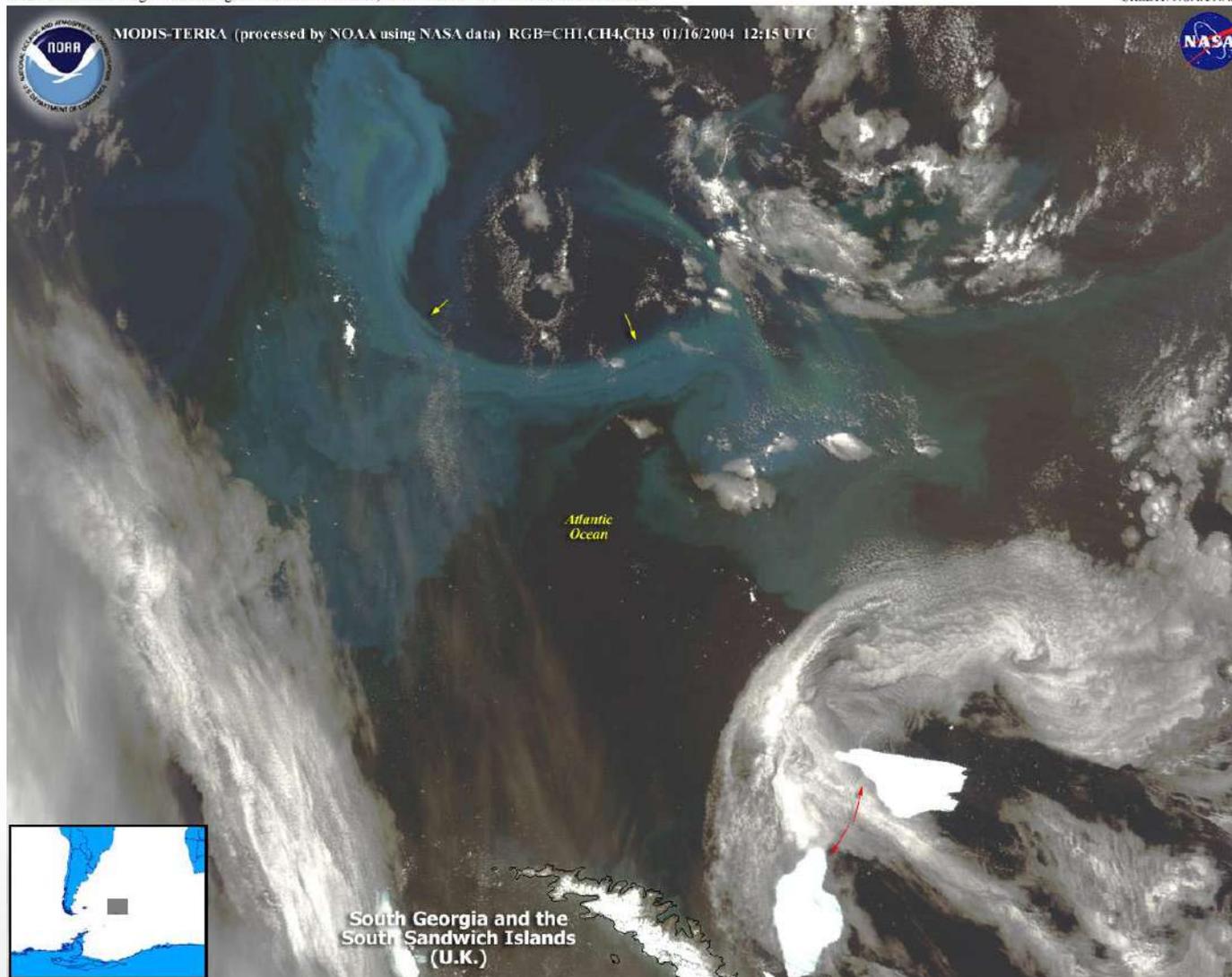


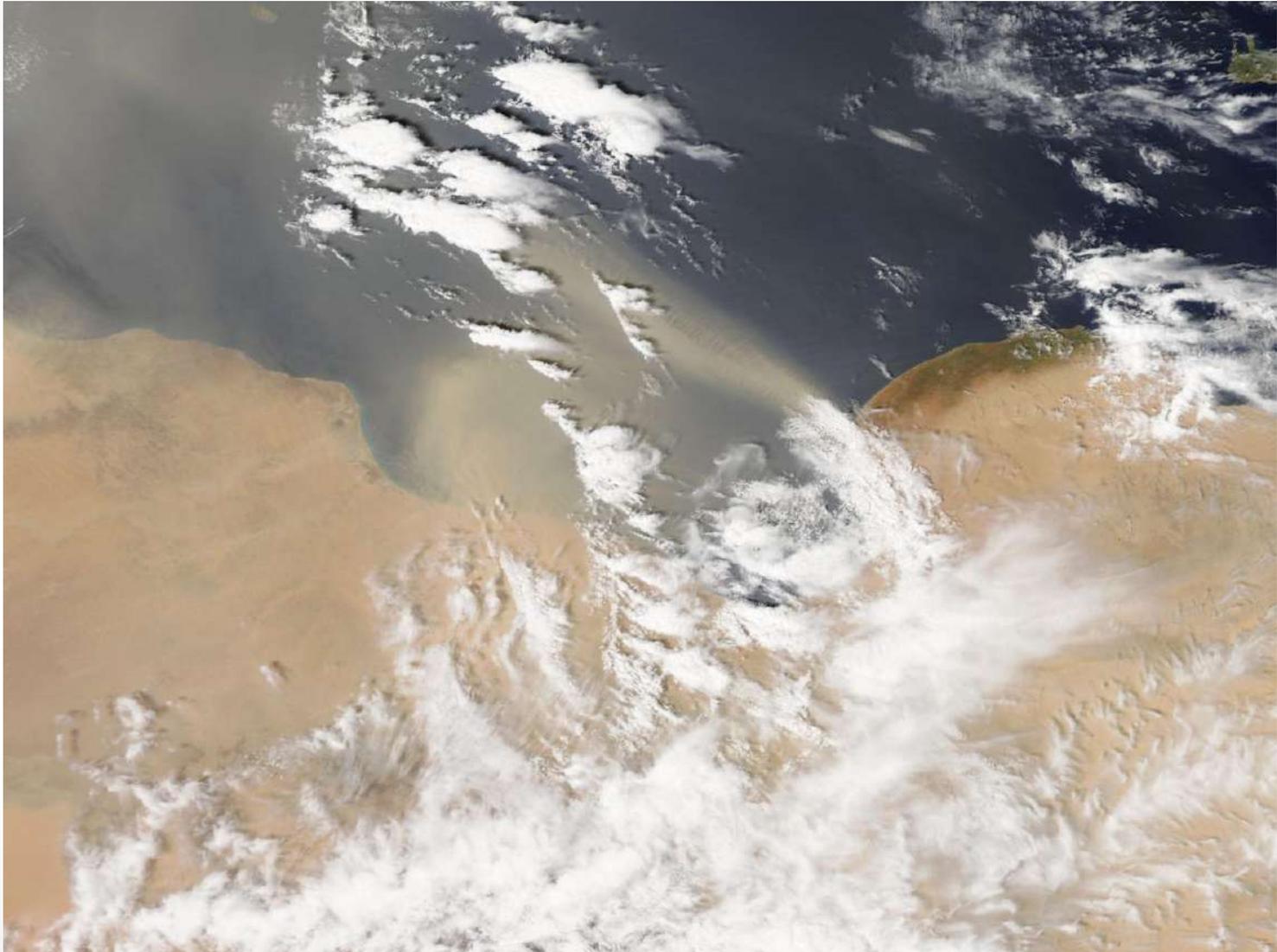


UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI

This MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) image from the Terra satellite shows extremely light blue and green color waters swirling north of South Georgia, likely indicating the presence of microscopic marine plants called phytoplankton. These plants thrive in the cold, nutrient-rich water near the southern tip of South America, located just 1340 miles west of South Georgia Island. Icebergs (indicated by the red arrows) are also visible in the image. The icebergs drifted from Antarctica, which is about 1000 miles south of the island.

CREDIT: NOAA/NASA



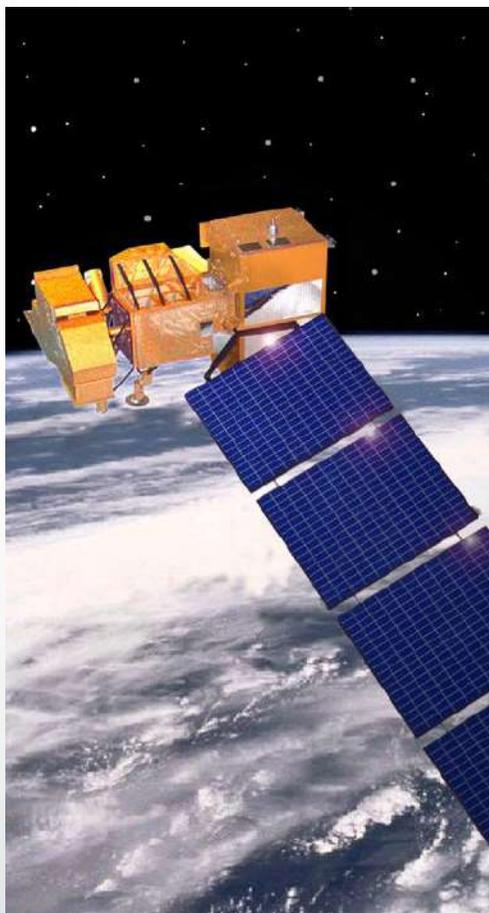


Deserto do Saara



Óleo no Golfo Do México - EUA

Série Landsat



Satélite	1970									1980									1990									2000									2010																																														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																	
LANDSAT-1																																																																																			
LANDSAT-2																																																																																			
LANDSAT-3																																																																																			
LANDSAT-4																																																																																			
LANDSAT-5																																																																																			
LANDSAT-6																																																																																			
LANDSAT-7																																																																																			
LANDSAT-8																																																																																			

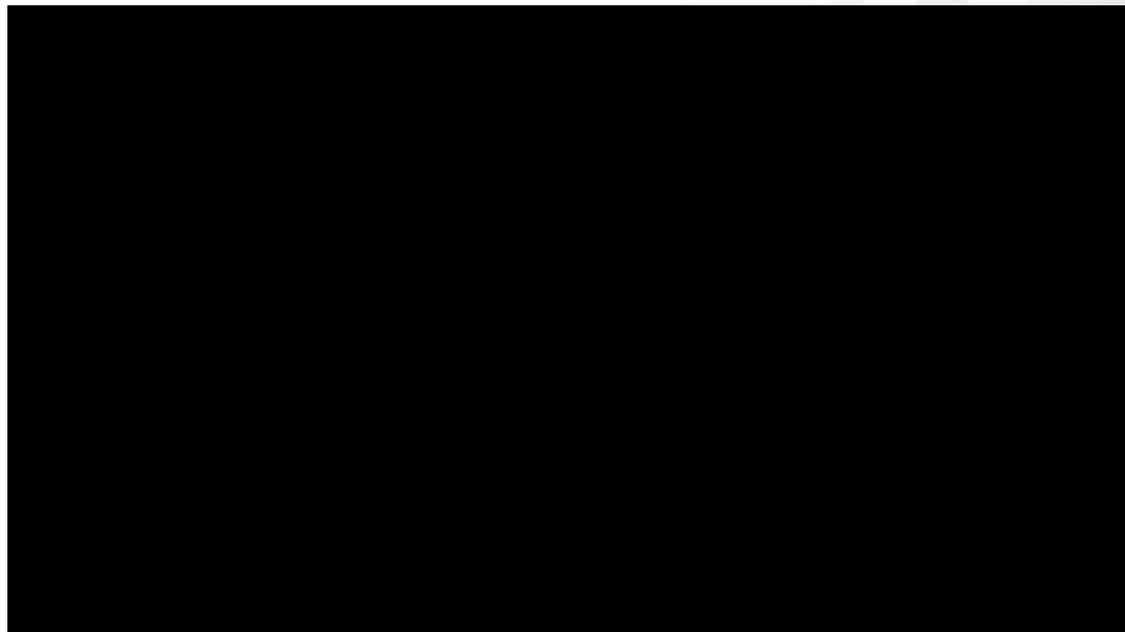
- Lançamento/Operação
- Operação
- Operação/Término
- Falha no Lançamento
- Previsto

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
TM (Thematic Mapper)	(B1) AZUL	0.45 - 0.52 μm	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B2) VERDE	0.50 - 0.60 μm				
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 μm				
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 μm	120 m			
	(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 μm	30 m			
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.08 - 2.35 μm				

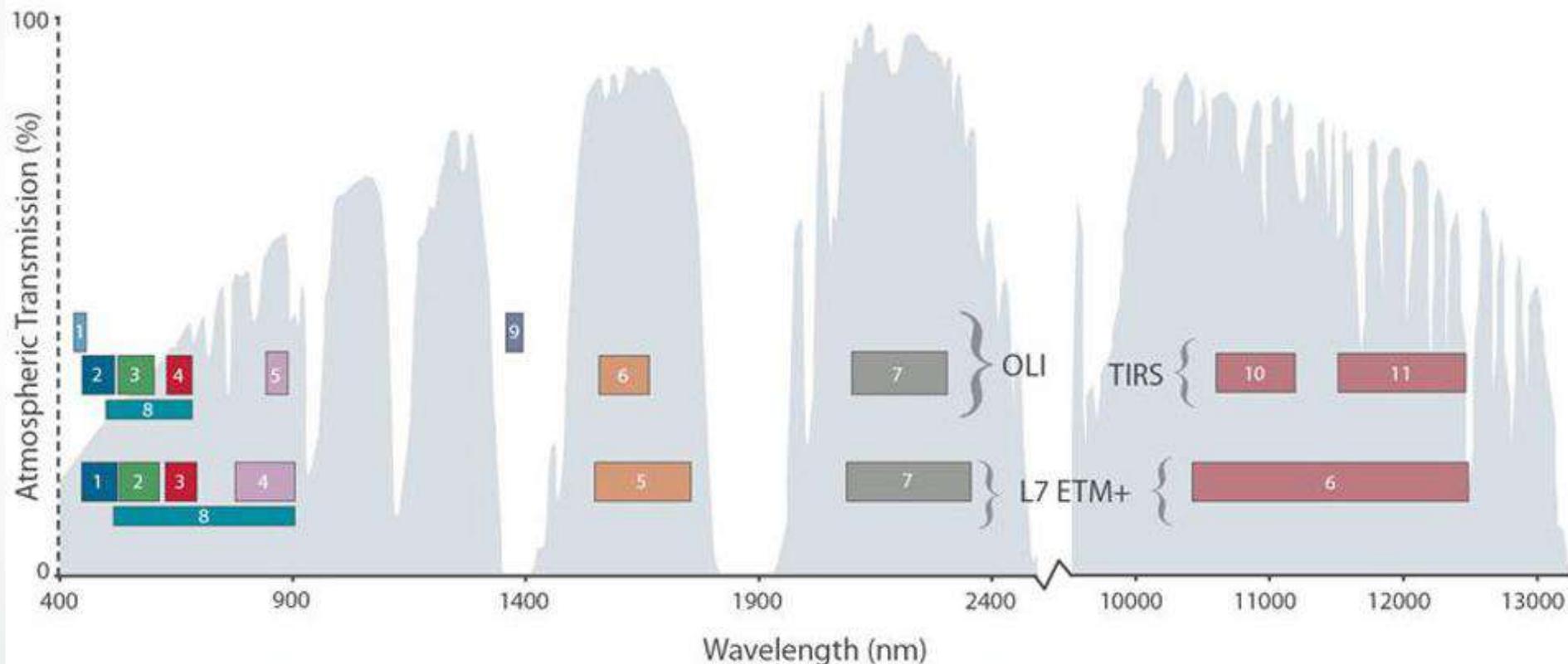
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)	(B1) AZUL	0.45-0.515 μm	30 m	16 dias	183 km	8 bits
	(B2) VERDE	0.525-0.605 μm				
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 μm				
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 μm	60 m			
	(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 μm	30 m			
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.09 - 2.35 μm				
	(B8) PANCROMÁTICO	0.52 - 0.90 μm				

LANDSAT-8

- Órbita polar a uma altitude de 705 km
- Órbita semelhante a dos Landsat-5 e -7:
233 órbitas para cobrir todo o globo
- Revisita a cada **16 dias**
- Sensores: Operational Land Imager (**OLI**) e Thermal Infrared Sensor (**TIRS**)



LANDSAT-8



Bandpass wavelengths for Landsat 8 OLI and TIRS sensor, compared to Landsat 7 ETM+ sensor

Note: atmospheric transmission values for this graphic were calculated using MODTRAN for a summertime mid-latitude hazy atmosphere (circa 5 km visibility).

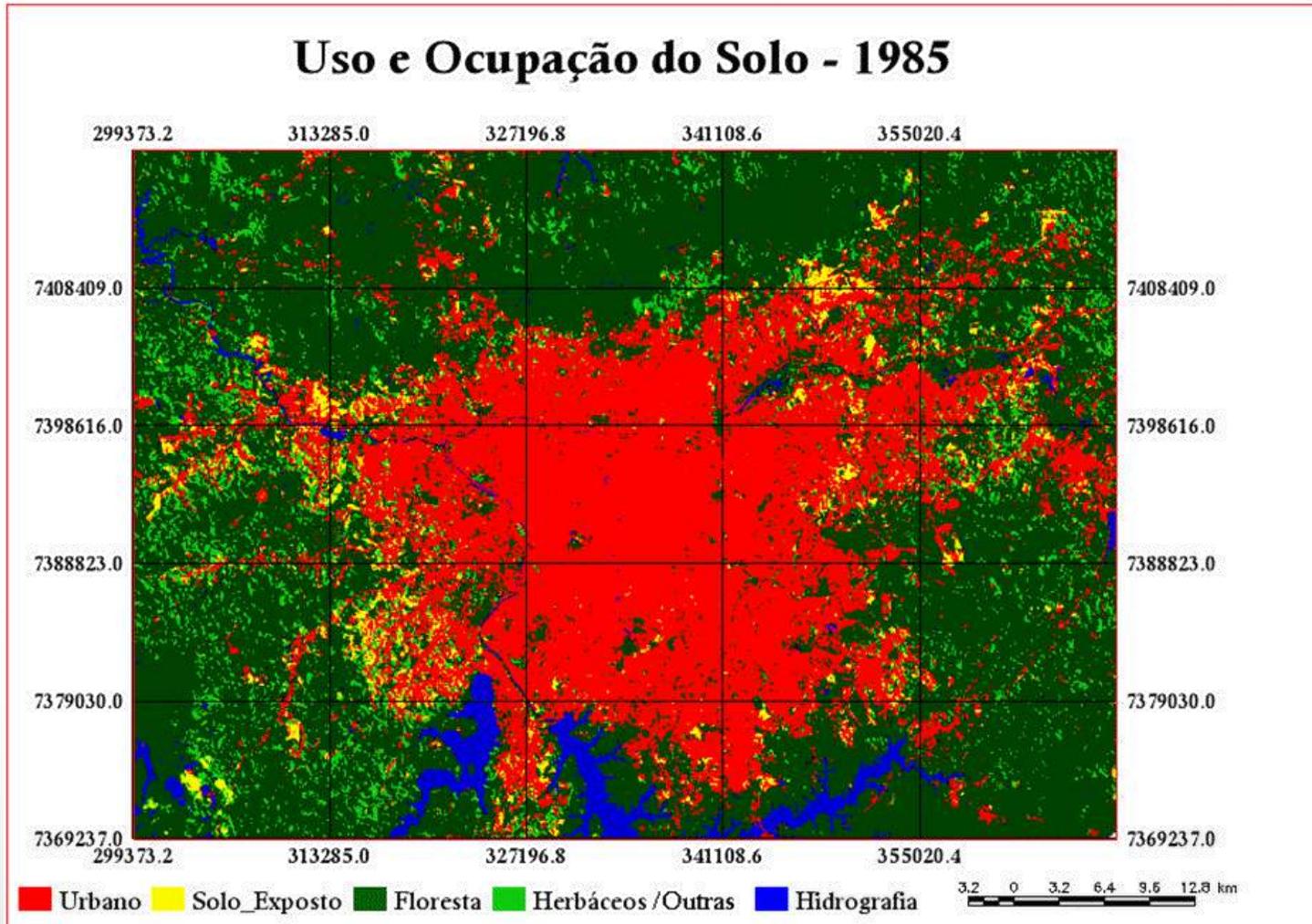
Exemplos LANDSAT-1 e 5



Mar Aral - Uzbequistão

Fonte: USGS

Exemplos – Landsat-5



LANDSAT-5 Sensor TM



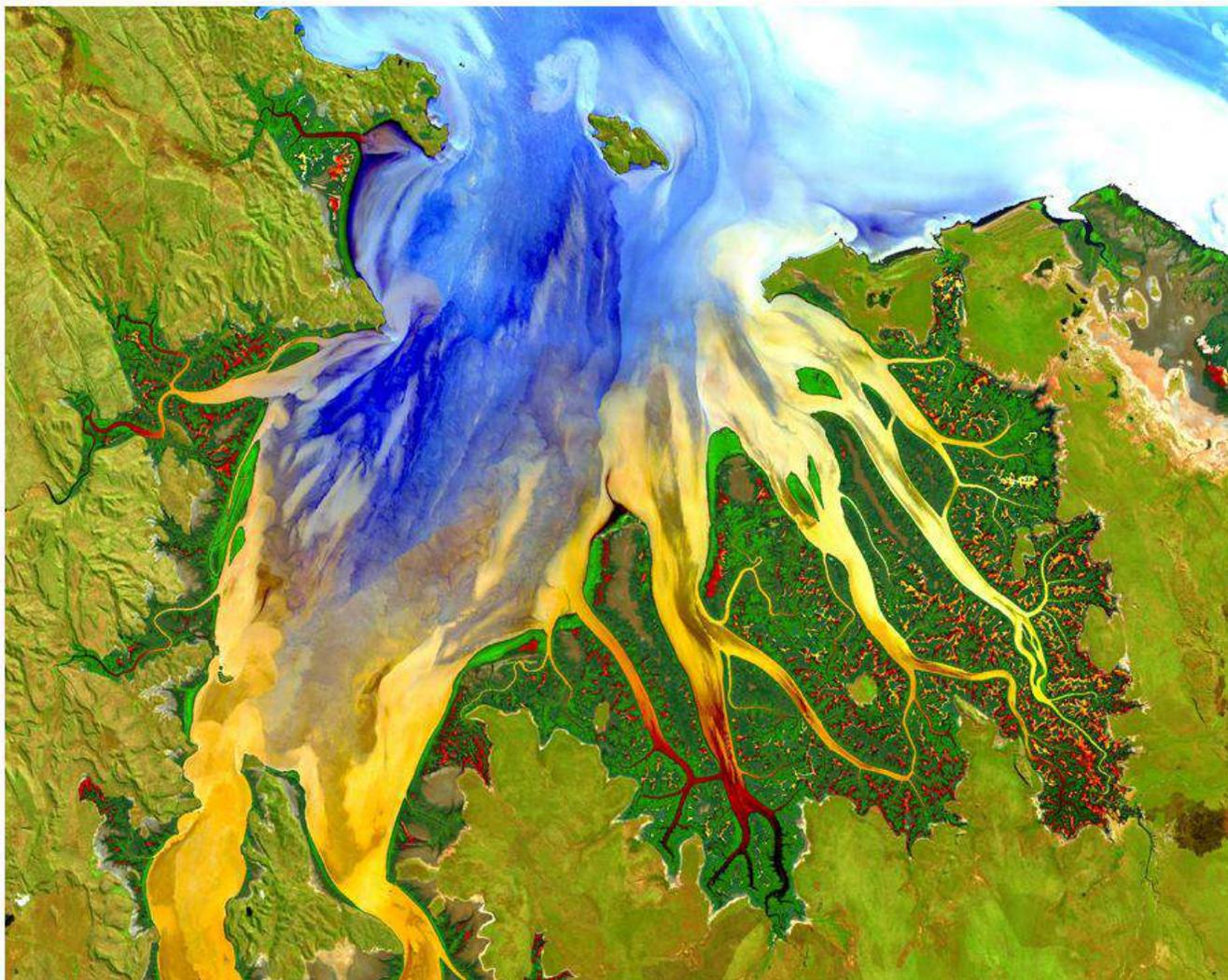
Delta do Rio Nilo - Egito

LANDSAT-7 Sensor ETM+



Intrusão de Granito - Namíbia

Exemplos – Landsat-8



- Oeste da Austrália (12/05/2013) – Órbita 107; Pontos 70-71
- **Água**- RGB com as bandas do vermelho, azul e ultra azul (4, 2, 1)
- **Terra** – RGB com as bandas IVM, IVP e verde (6, 5, 3)
- A imagem resultante mostra a distribuição de sedimentos e nutrientes na área de estuário, além dos padrões e a condição da vegetação



UNIDADE DE PESQUISA DO INCT



Landsat 8
May 9, 2014



Landsat 7
May 17, 2014

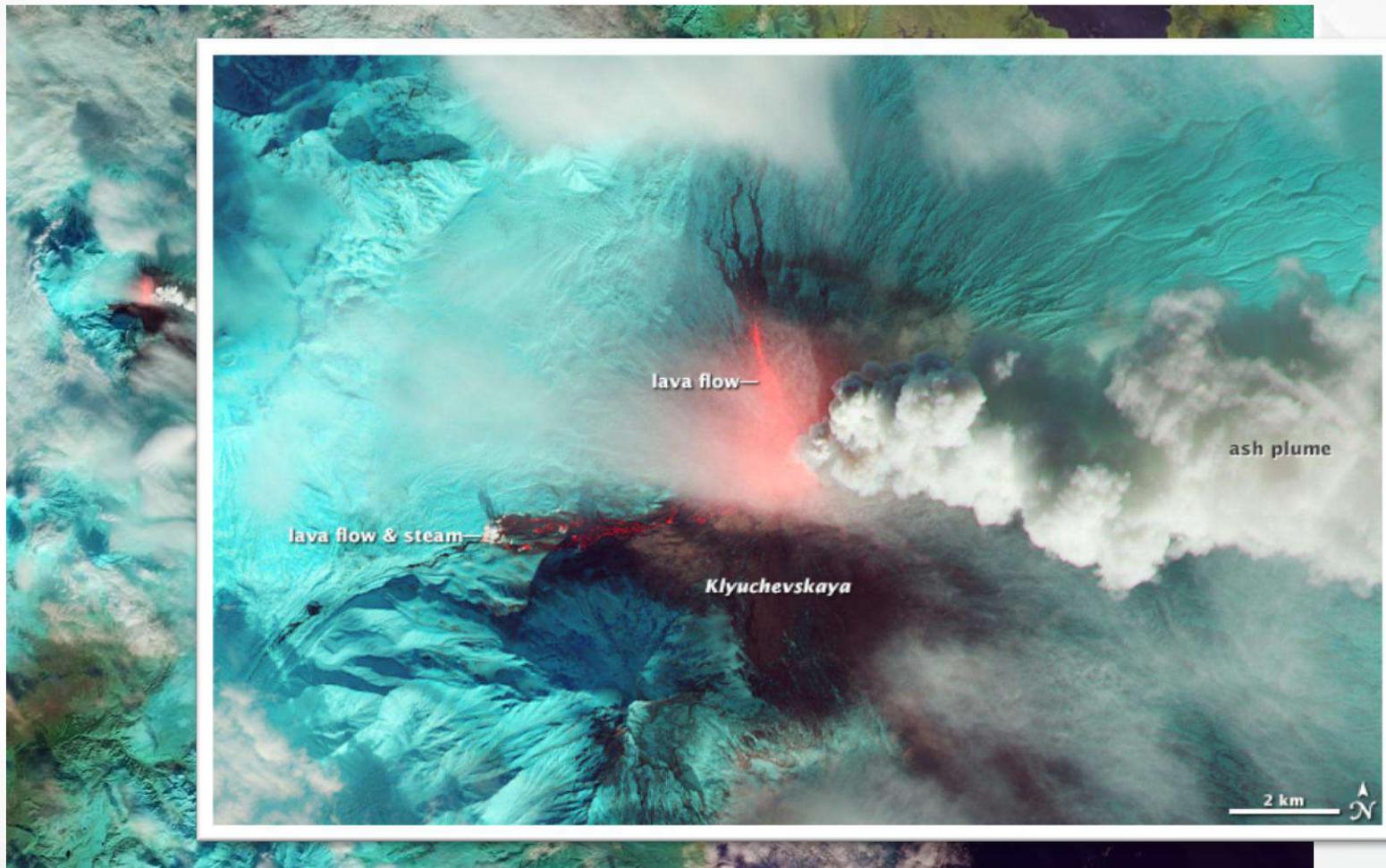
Fires in California, USA

A series of wildfires erupted along the coastal region north of San Diego, California, in mid-May 2014. The first wildfire (Bernardo Fire) began on May 13, followed by several additional fires that occurred over the following days. At one point, firefighters were battling at least eight active wildfires and over 175,000 evacuation notices were issued.

The Landsat 8 image (left) was acquired on May 9, 2014, and shows the area before the fires began. The Landsat 7 image (right) was acquired eight days later. The red tones show numerous areas that were burned as of May 17, 2014.

The repetitive imagery provided by the Landsat satellites allows officials to evaluate the destructive impacts and monitor future recovery after disaster events such as these wildfires.





Vulcão Klyuchevskaya, Península Kamchatka, Rússia

Sentinel 2A/B

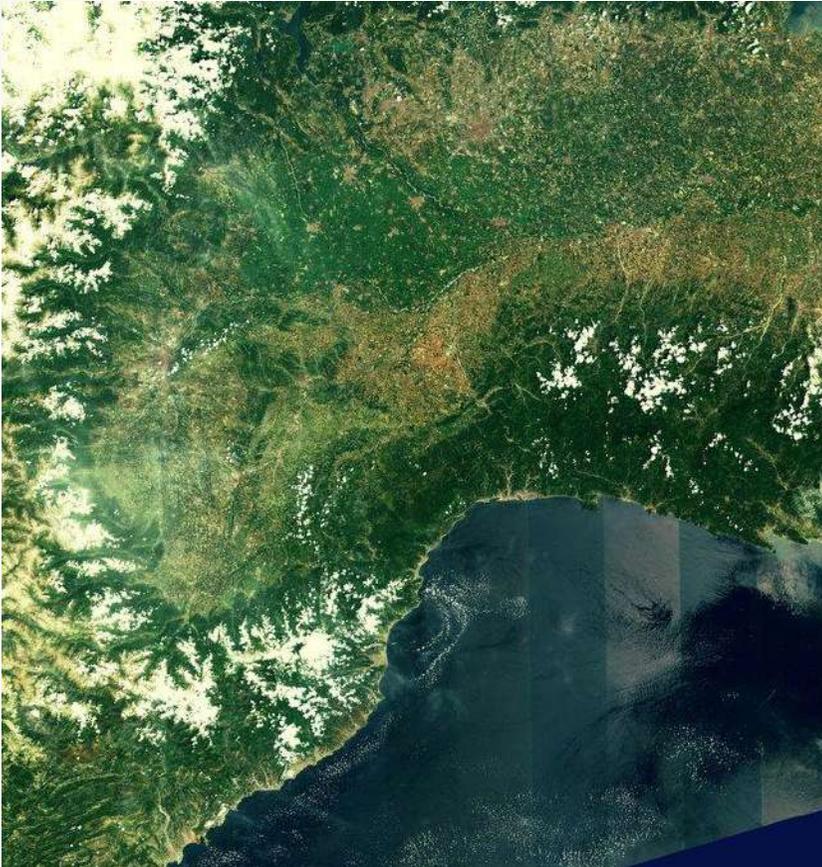
- Órbita polar
- Continuidade aos dados Landsat e SPOT
- 2 satélites em órbita simultaneamente

Sentinel-2A/B	
Sensor	MSI (<i>multi-spectral instrument</i>)
Res. Espacial	10m (4 bandas VNIR), 20m (6 bandas), 60m (3 bandas)
Res. Temporal	5 dias (equador) 2-3 dias (méd. latitude)
Swath	290 km



Fonte:
http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2

Sentinel 2A /B



Primeira imagem do Sentinel-2A
Noroeste da Itália e Sul da França



Milão, Itália

Sentinel 2A /B

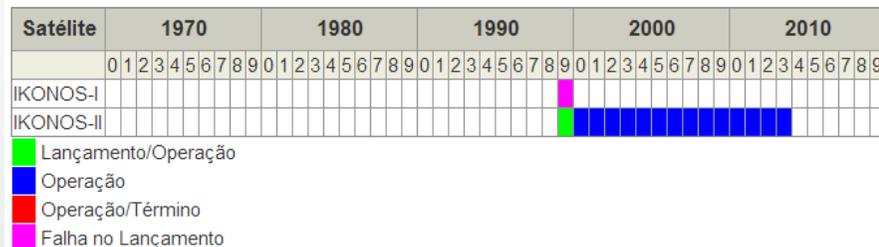


Visível – 10m



Infravermelho – 20m

Alta resolução espacial - IKONOS



IKONOS		
Instituições Responsáveis	GeoEye	
País/Região	Estados Unidos	
Satélite	IKONOS-I	IKONOS-II
Lançamento	27/4/1999	24/09/1999
Local de Lançamento	Base da Força Aérea de Vandenberg	
Veículo Lançador	Athena	Athena
Situação Atual	Falha no Lançamento	ativo
Órbita	Polar, circular, heliossíncrona	
Altitude	681 km	
Inclinação	98,1°	
Tempo de Duração da Órbita	98 min	
Horário de Passagem	10:30 A.M.	
Período de Revisita	3 dias	
Tempo de Vida Projetado	8,5 anos	
Instrumentos Sensores	PAN e MS	

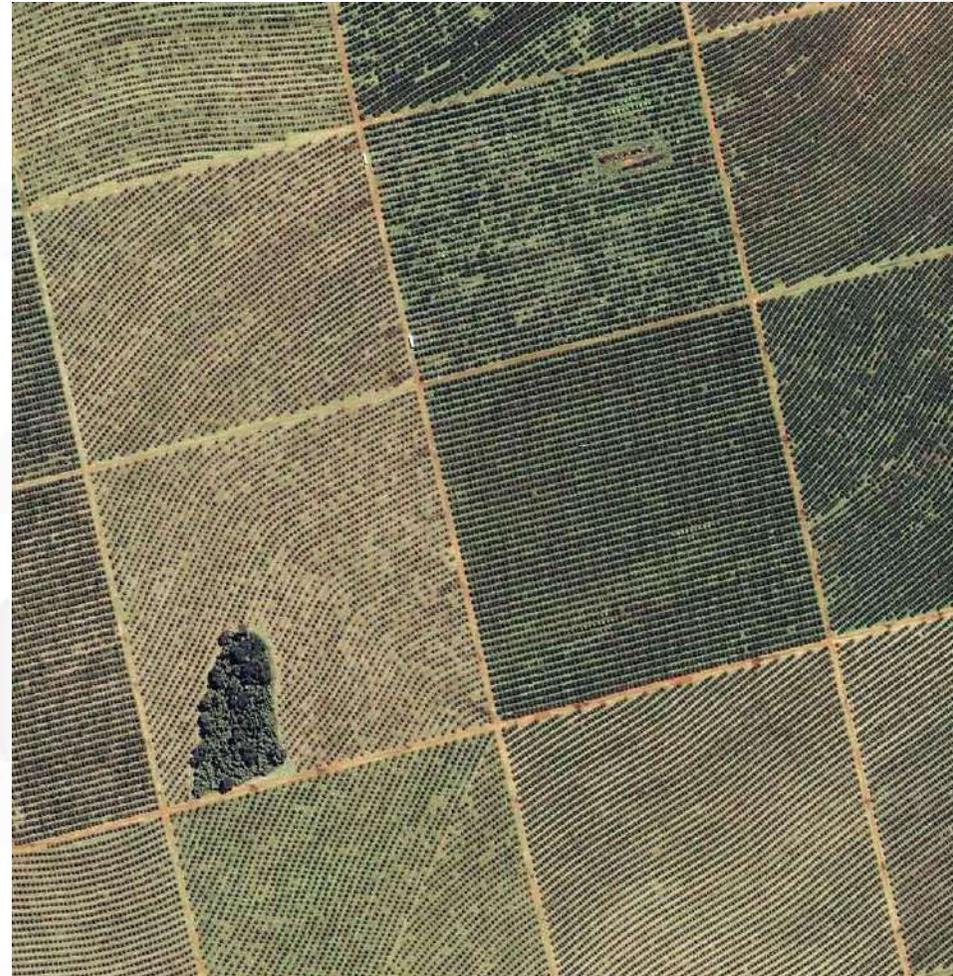
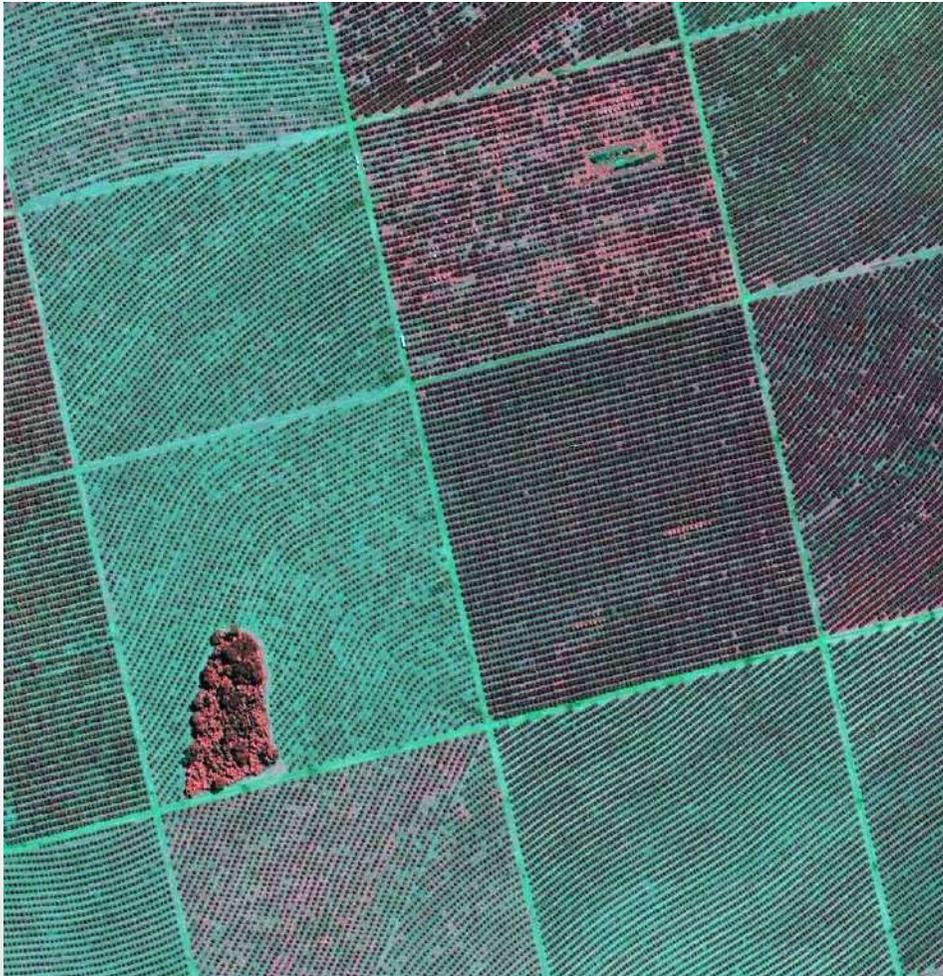


Principais Aplicações

- Cartografia de precisão
- Planejamento urbano e regional
- Monitoramento de desastres naturais
- Levantamento de recursos naturais
- Mapeamento de uso e cobertura da terra

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica	Área Imageada
PAN	PAN	0,45 - 0,90 μ m	1 metro	2,9 dias	11 bits	faixas de 11 x 100 km até 11 x 1000km
MS	AZUL	0,45 - 0,52 μ m	4 metros	1,5 dia		
	VERDE	0,52 - 0,60 μ m				
	VERMELHO	0,63 - 0,69 μ m				
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,76 - 0,90 μ m				

Alta resolução espacial - IKONOS



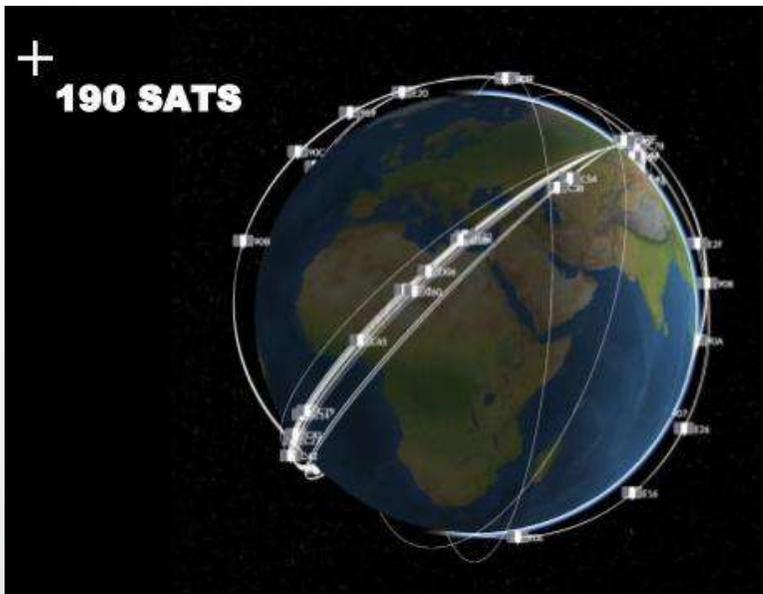
Alta resolução espacial - IKONOS



Alta resolução espacial – Planet Labs

Planet

- Cobertura global
- Revisita diária
- Resolução espacial de até 72 cm



+ PLANET CONSTELLATIONS



Three satellite models are shown: RapidEye (left), Dove (middle), and SkySat (right). The text '+ PLANET CONSTELLATIONS' is displayed in the top left corner.

5 RapidEye Satellites	190 Dove Satellites	7 SkySat Satellites
		6 More to be launched in 2017
		21 In final planned constellation



Alta resolução espacial - Planet

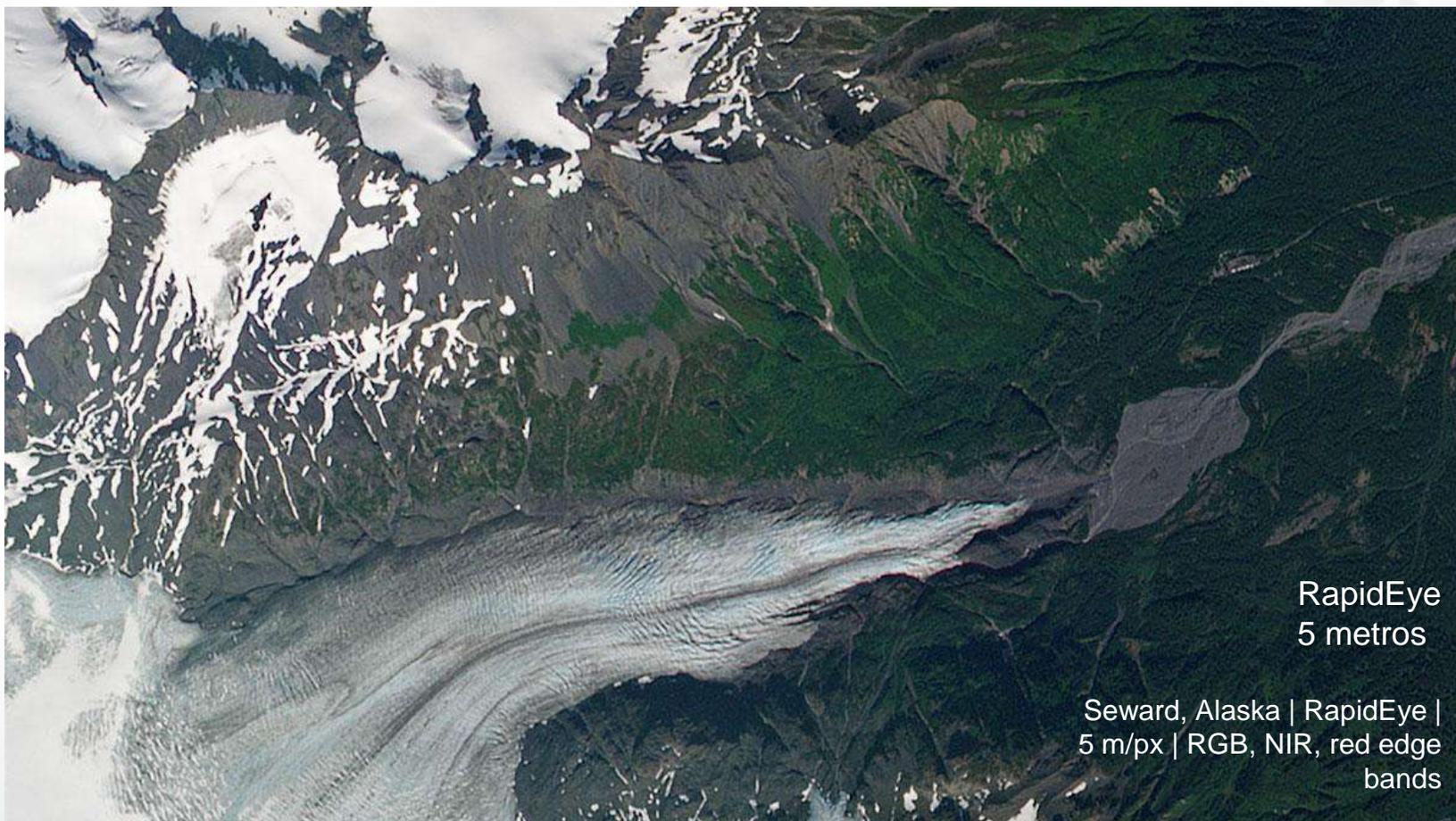


Alta resolução espacial - Planet



San Francisco, California | PlanetScope | 3 m/px | RGB, NIR bands

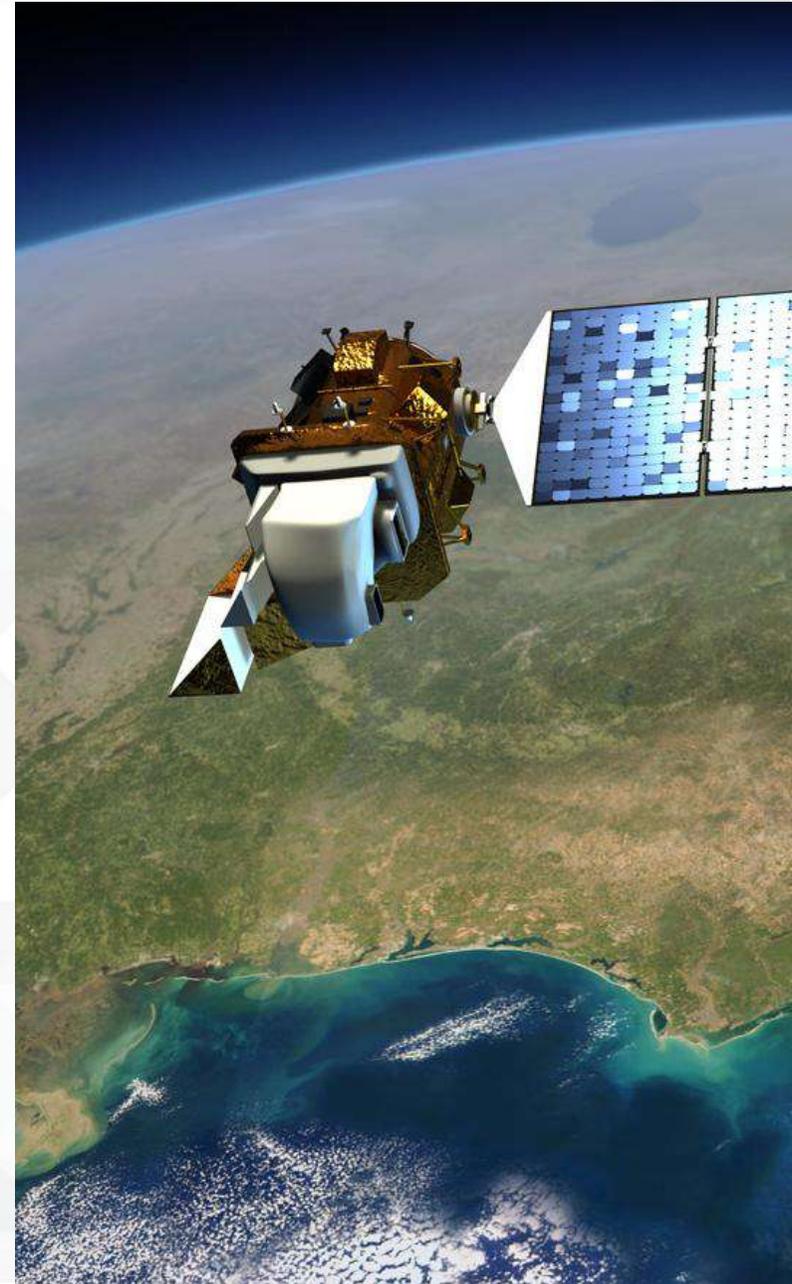
Alta resolução espacial Planet Labs



Alta resolução espacial Planet Labs



Principais Satélites e Sensores Brasileiros



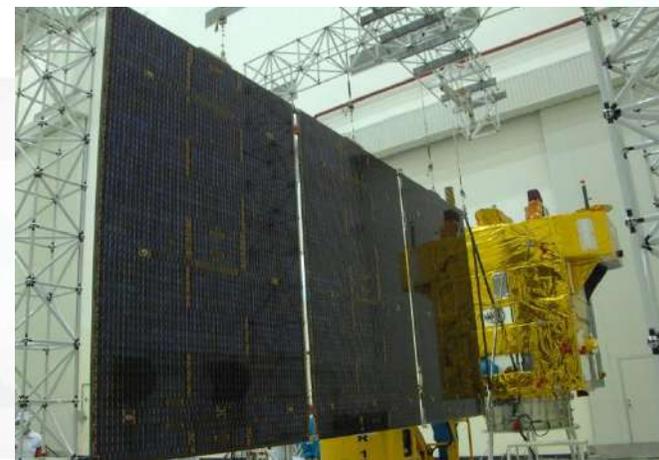
CBERS

Parceria entre INPE e CAST



	1990									2000									2010													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
CBERS-1										Green	Blue	Blue	Blue	Red																		
CBERS-2													Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red											
CBERS-2B																						Red										
CBERS-3																																
CBERS-4																																
CBERS-4A																																

- Lançamento / Operação
- Operação
- Operação / Término
- Falha no lançamento



CBERS – 4A



Características das câmeras do CBERS 04A

Característica	WPM	MUX	WFI
Bandas Espectrais	0,45-0,52 μ m (B) 0,52-0,59 μ m (G) 0,63-0,69 μ m (R) 0,77-0,89 μ m (NIR) 0,45-0,90 μ m (PAN)	0,45-0,52 μ m (B) 0,52-0,59 μ m (G) 0,63-0,69 μ m (R) 0,77-0,89 μ m (NIR)	0,45-0,52 μ m (B) 0,52-0,59 μ m (G) 0,63-0,69 μ m (R) 0,77-0,89 μ m (NIR)
Resolução	2 m 8 m	16,5 m	55 m
Largura da Faixa Imageada	92 km	95 km	684 km
Visada Lateral de Espelho	não	não	não
Revisita	31 dias	31 dias	5 dias
Quantização	10 bits	8 bits	10 bits
Taxa de Dados Bruta	1800.8 Mbps 450.2 Mbps	65 Mbps	50 Mbps

CBERS - 4A



AGÊNCIA VINCULADA DO MCTI UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



AGÊNCIA VINCULADA DO MCTI UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



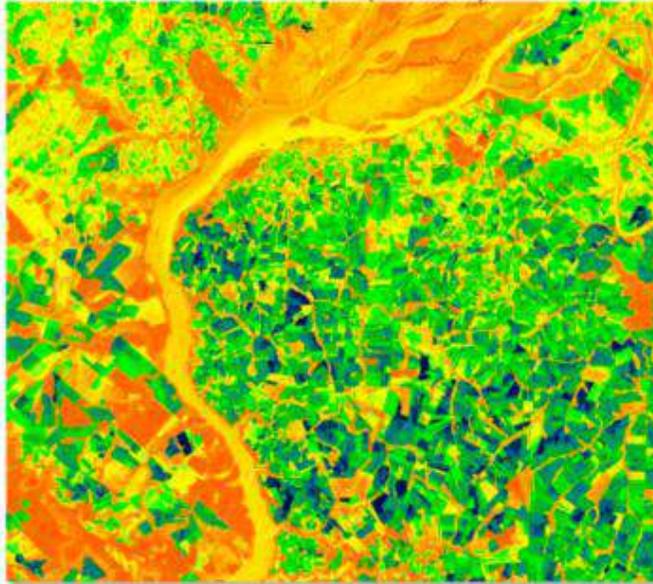
AGÊNCIA VINCULADA DO MCTI UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI



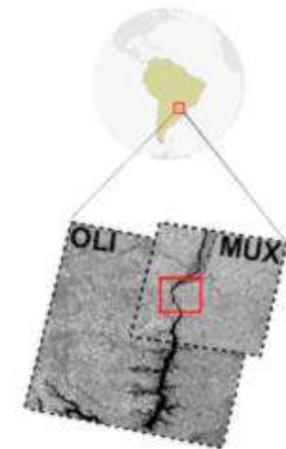
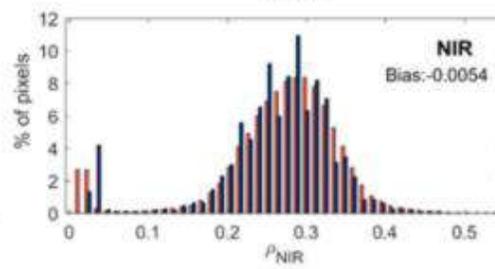
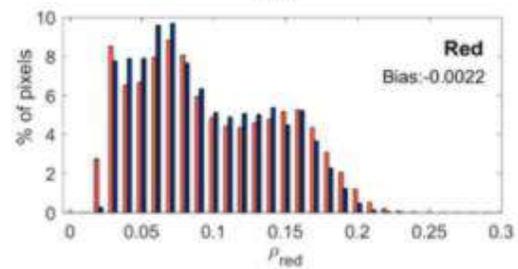
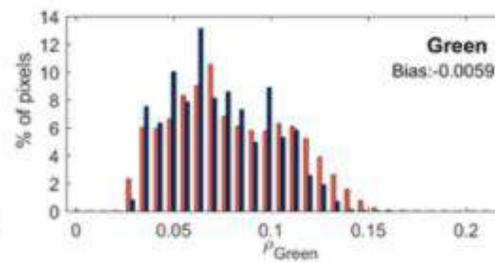
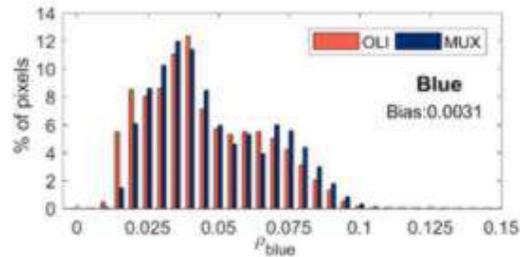
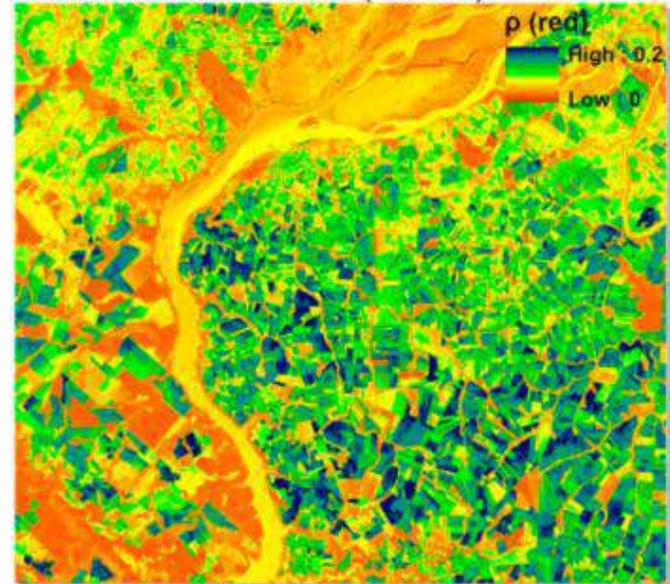
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

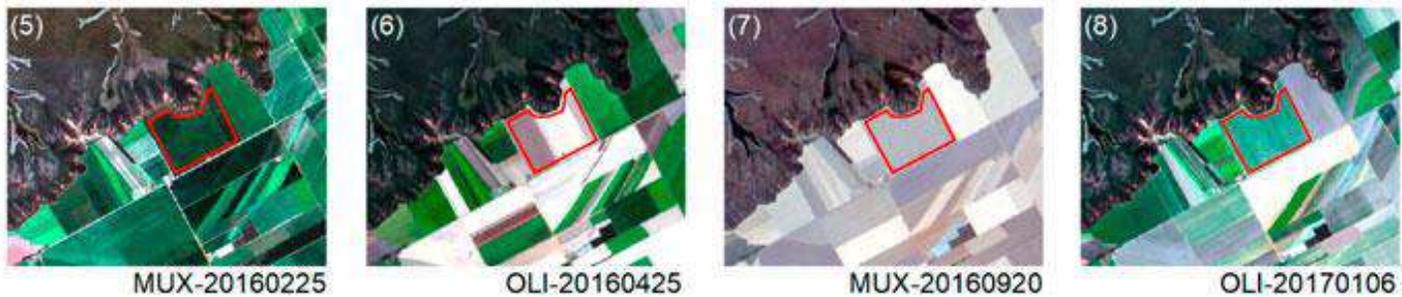
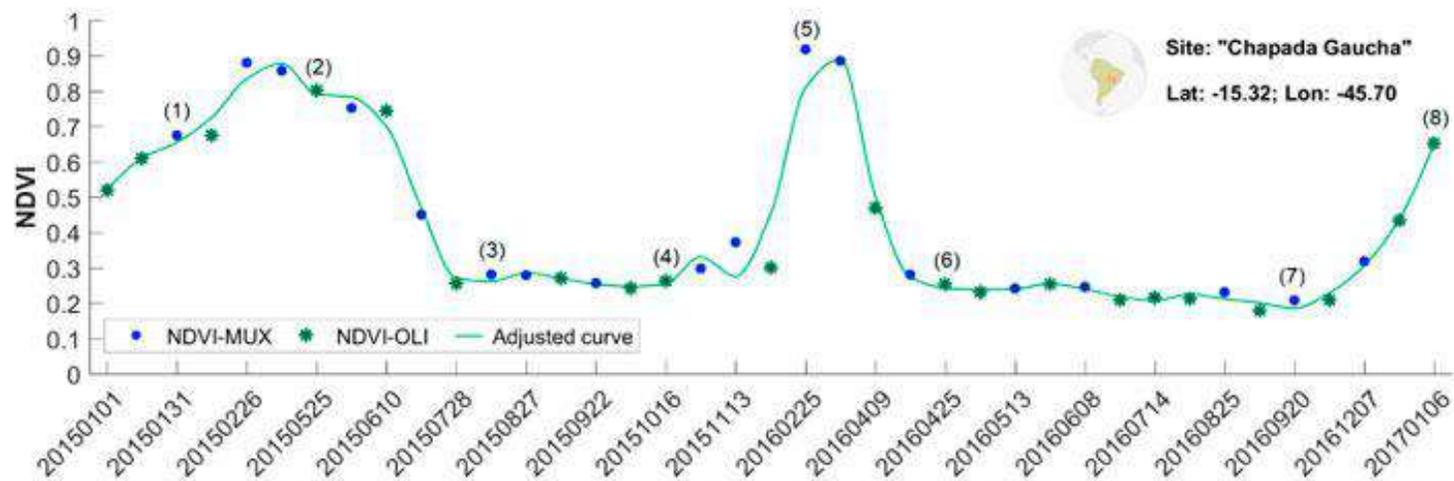
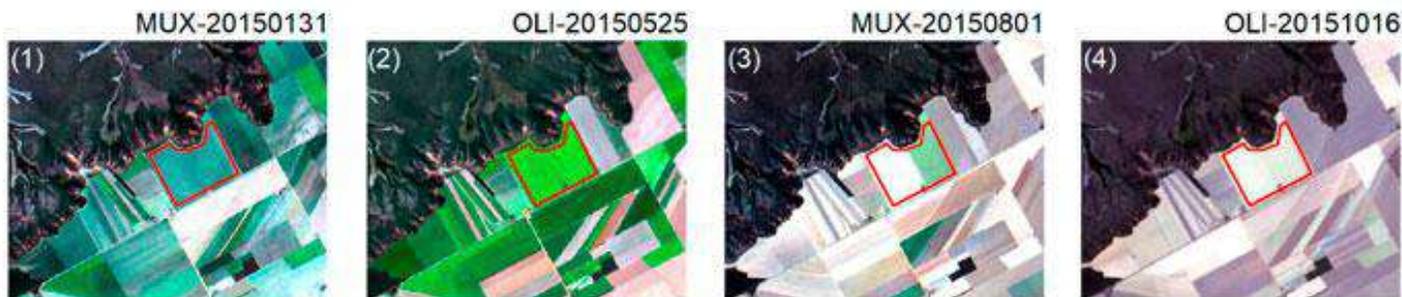


CBERS-4 MUX 2015-08-09 (162/127)



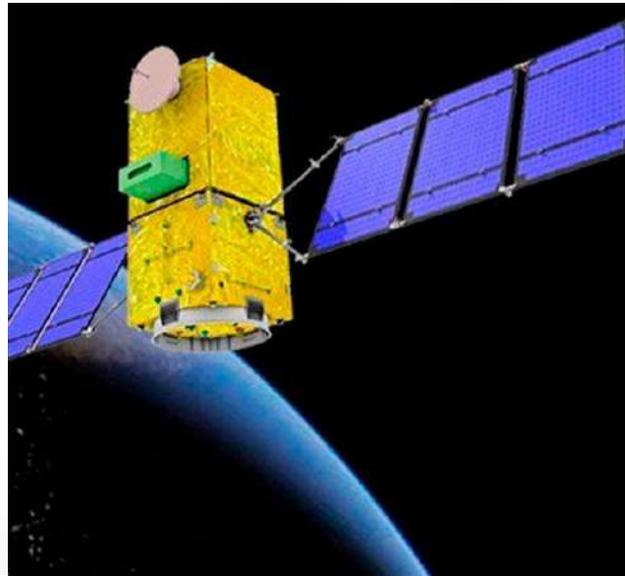
Landsat-8 OLI 2015-08-09 (224/077)

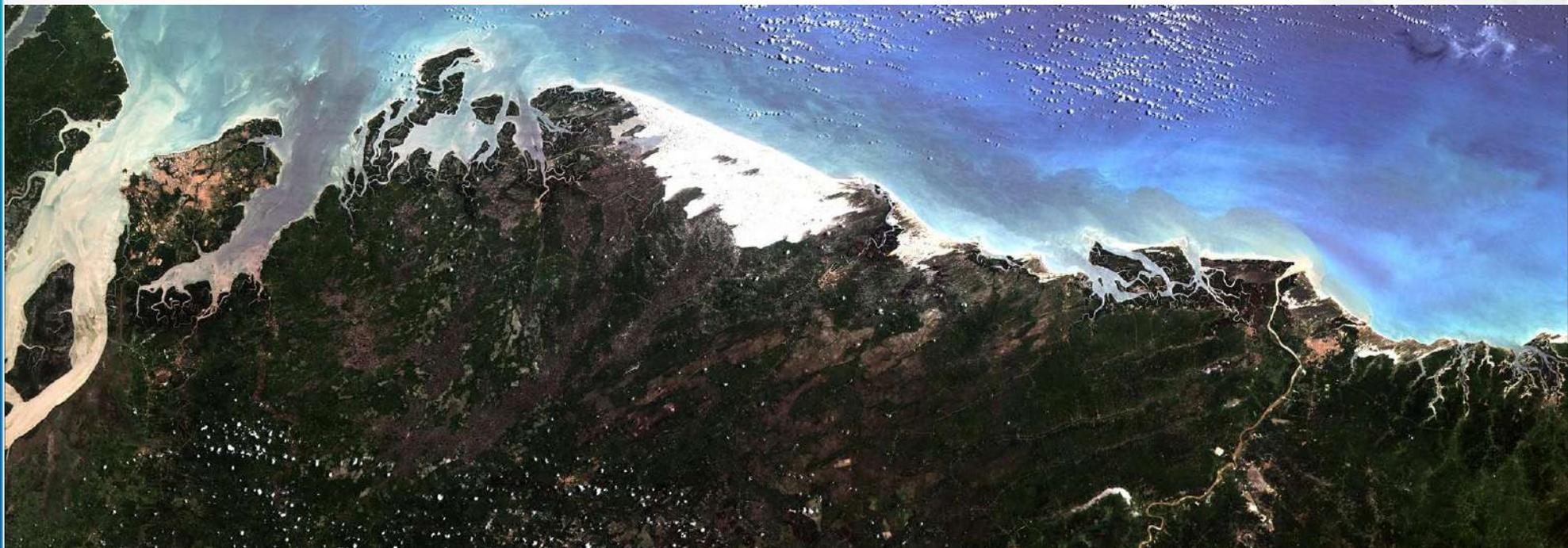




Amazônia-1

- Primeiro 100% nacional
- Lançado em Fevereiro/2021
- Órbita Polar (850 km de altitude)
- Sensor WFI (3 bandas no visível + 1 banda no NIR)
- Média Resolução espacial (64 metros)
- Resolução Temporal 5 dias





Lençóis Maranhenses pelo Amazonia-1

Imagem / Image: WFI/Amazonia-1 Lençóis Maranhenses, Parque Nacional/MA

Data / Date: 06-04-2021 / 2021-06-04

RGB 3 2 1 (Cor verdadeira / True color)

Cena / Scene: 035 / 015

Autor / Author: Emiliano Castejon (DIOTG/INPE)



UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI



Brasília/DF pelo Amazonia-1

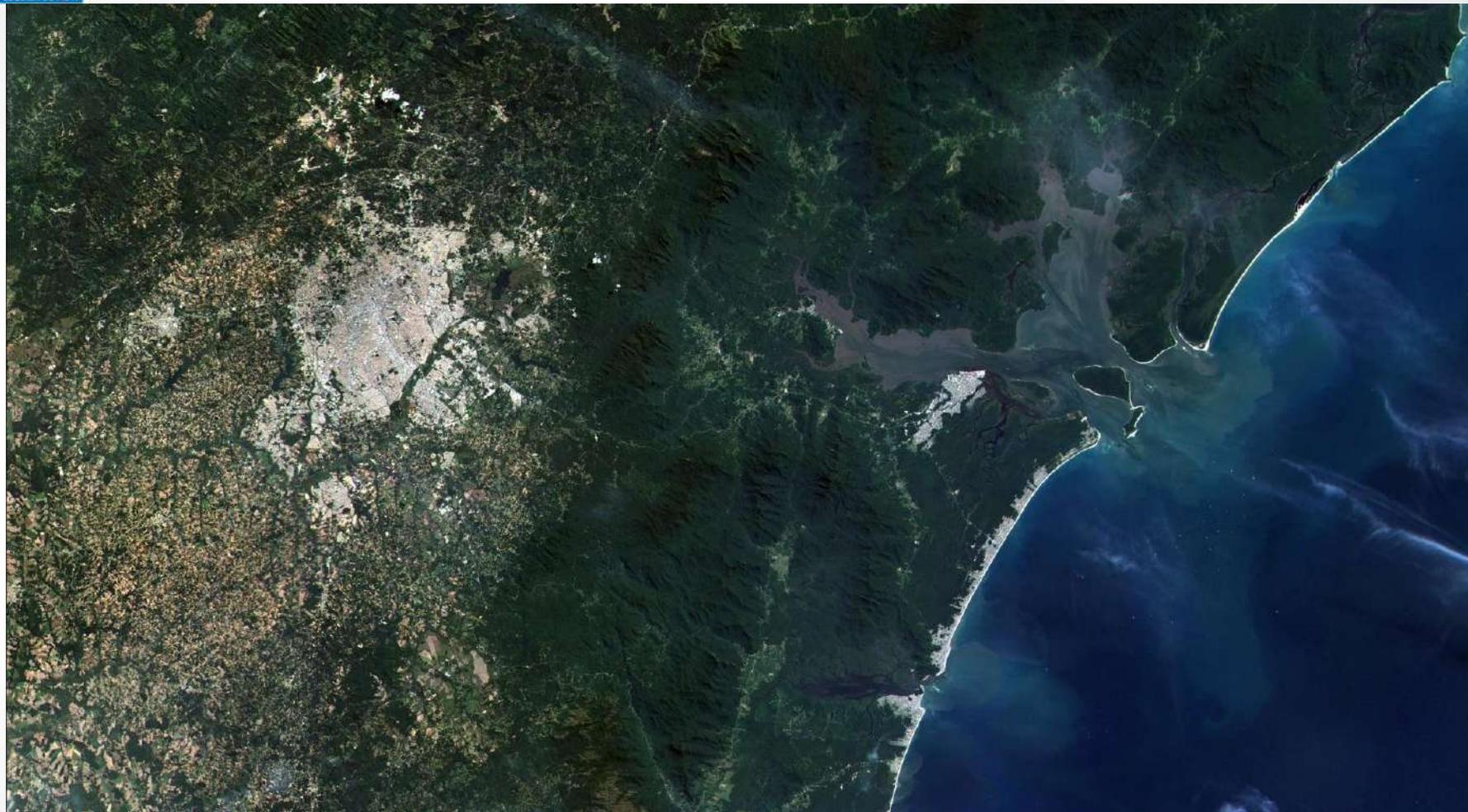
Imagem: WFI/Amazonia-1

Data: 11-04-2021

RGB 3 2 1 (Cor Verdadeira / True color)

Cena: 035 / 018

Autor: Emiliano Castejon
(DIOTG/INPE)



Curitiba e Ilha do Mel pelo Amazonia-1
Imagem / Image: WFI/Amazonia-1 Curitiba e Ilha do Mel/PR
Data / Date: 11-04-2021 / 2021-11-04
RGB 3 2 1 (Cor verdadeira / True color)
Cena / Scene: 035 / 019
Autor / Author: Emiliano Castejon (DIOTG/INPE)



Rio São Francisco/BA pelo Amazonia-1
Imagem / Image: WFI/Amazonia-1 Rio São Francisco/BA
Data / Date: 03-03-2021
RGB 3 2 1 (Cor verdadeira / True color)
Cena / Scene: 217 / 017

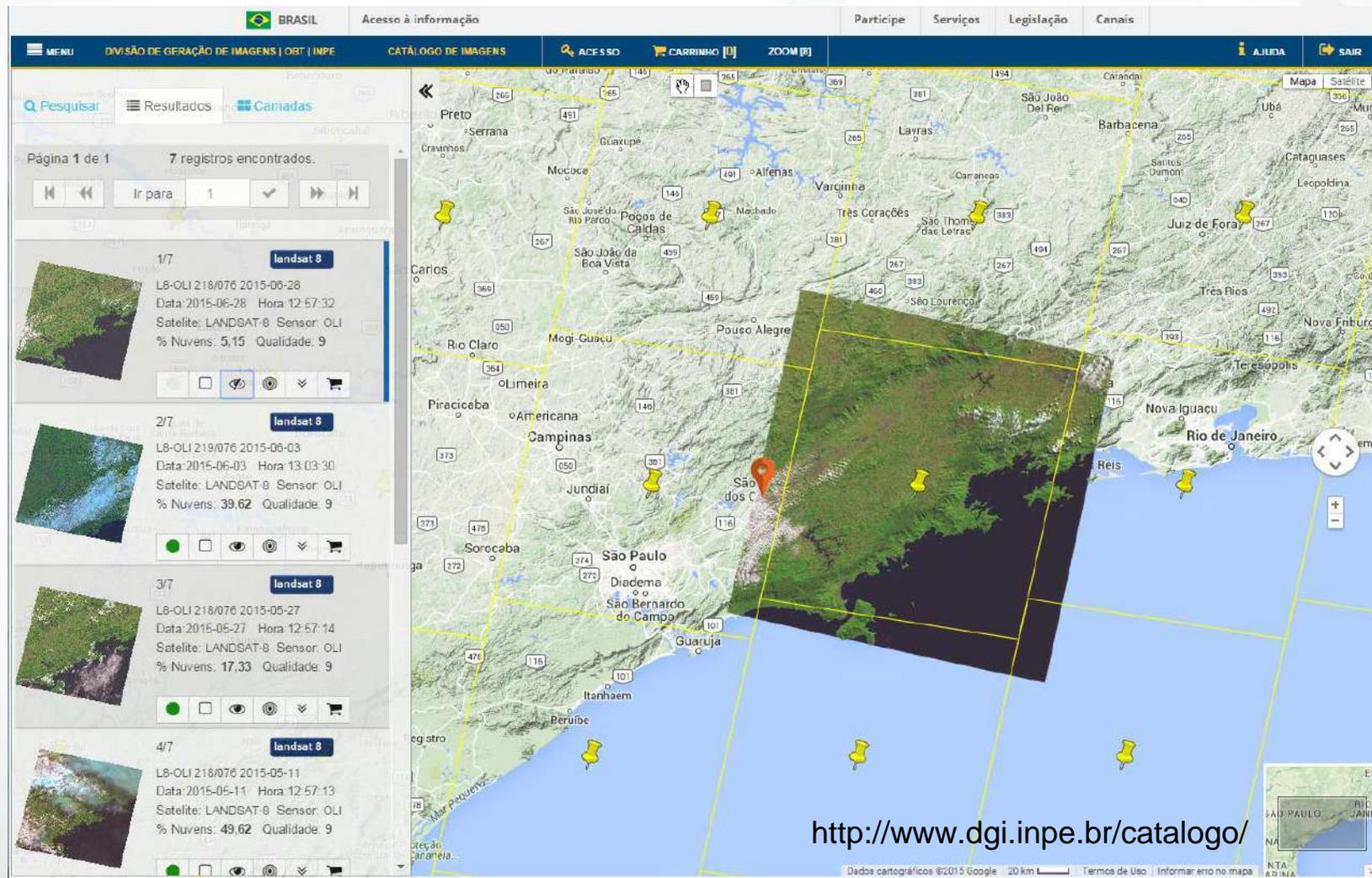
Autor / Author: Emiliano Castejon (DIOTG/INPE)



Luiz Eduardo Magalhães/BA pelo Amazonia-1
Imagem / Image: WFI/Amazonia-1 Luiz Eduardo Magalhães/BA
Data / Date: 27-03-2021 / 2021-27-03
RGB 3 2 1 (Cor verdadeira / True color)
Cena / Scene: 035 / 017

Autor / Author: Emiliano Castejon (DIOTG/INPE)

Como obter imagens de satélite?



The screenshot shows the INPE satellite image catalog interface. The top navigation bar includes 'BRASIL', 'Acesso à informação', 'Participe', 'Serviços', 'Legislação', and 'Canais'. The main header contains 'MENU', 'DIVISÃO DE GERAÇÃO DE IMAGENS | ORT | INPE', 'CATÁLOGO DE IMAGENS', 'ACESSO', 'CARRINHO [0]', 'ZOOM [8]', 'AJUDA', and 'SAIR'. The left sidebar features a search bar, 'Resultados', 'Camadas', and a list of 7 search results. The main area displays a map of southeastern Brazil with a large satellite image overlay. The search results list includes:

- 1/7 **landsat 8**
L8-OLI 218/076 2015-06-28
Data: 2015-06-28 Hora: 12:57:32
Satelite: LANDSAT-8 Sensor: OLI
% Nuvens: 5,15 Qualidade: 9
- 2/7 **landsat 8**
L8-OLI 219/076 2015-06-03
Data: 2015-06-03 Hora: 13:03:30
Satelite: LANDSAT-8 Sensor: OLI
% Nuvens: 39,62 Qualidade: 9
- 3/7 **landsat 8**
L8-OLI 218/076 2015-05-27
Data: 2015-05-27 Hora: 12:57:14
Satelite: LANDSAT-8 Sensor: OLI
% Nuvens: 17,33 Qualidade: 9
- 4/7 **landsat 8**
L8-OLI 218/076 2015-05-11
Data: 2015-05-11 Hora: 12:57:13
Satelite: LANDSAT-8 Sensor: OLI
% Nuvens: 49,62 Qualidade: 9

The map shows a large satellite image overlay over the state of São Paulo, with a red location pin near São Paulo. The bottom right corner contains the URL <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/> and a scale bar indicating 20 km.



SATÉLITES E SENSORES

**Curso de Uso Escolar de Sensoriamento
Remoto no Estudo do Meio Ambiente**

OBRIGADO!!!

**Guilherme Mataveli
guilherme.mataveli@inpe.br**

**São José dos Campos
Novembro/2021**

