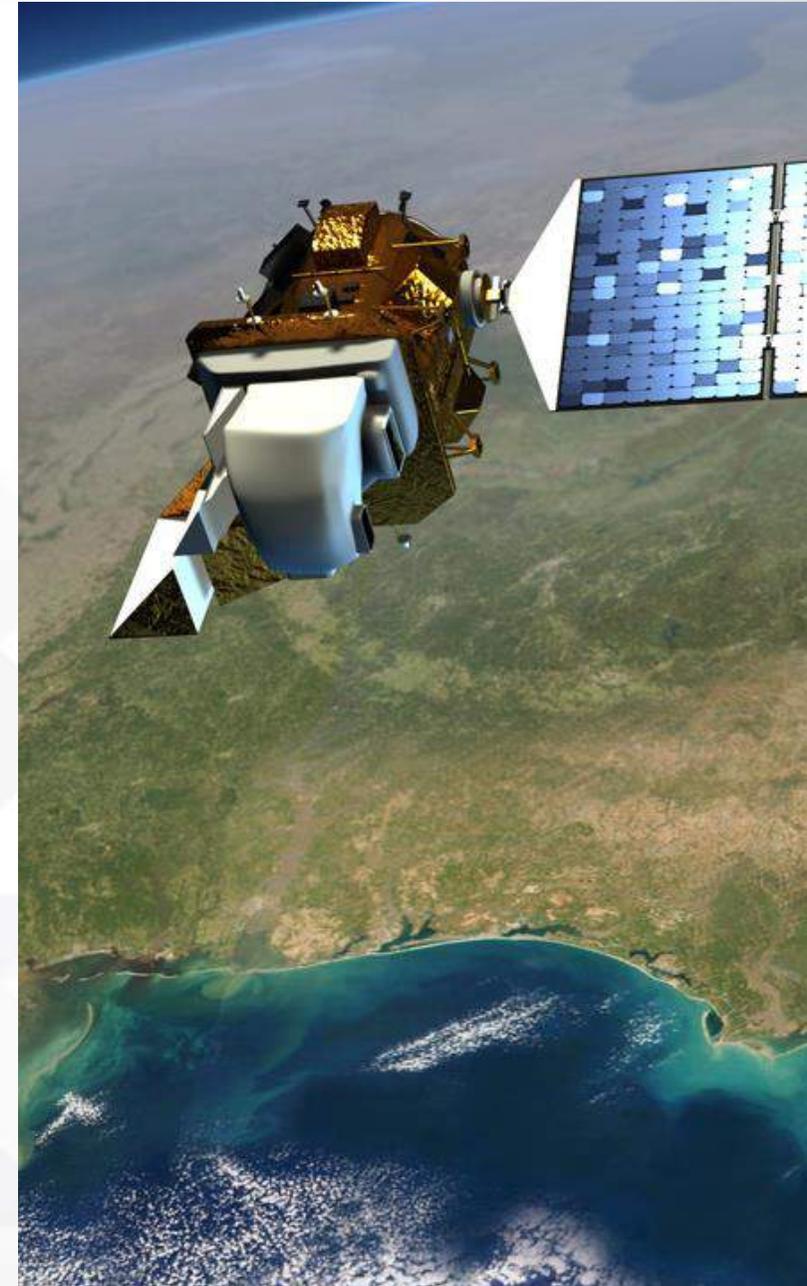


# SATÉLITES E SENSORES

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

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

**São José dos Campos**  
**Julho/2021**



# Roteiro

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

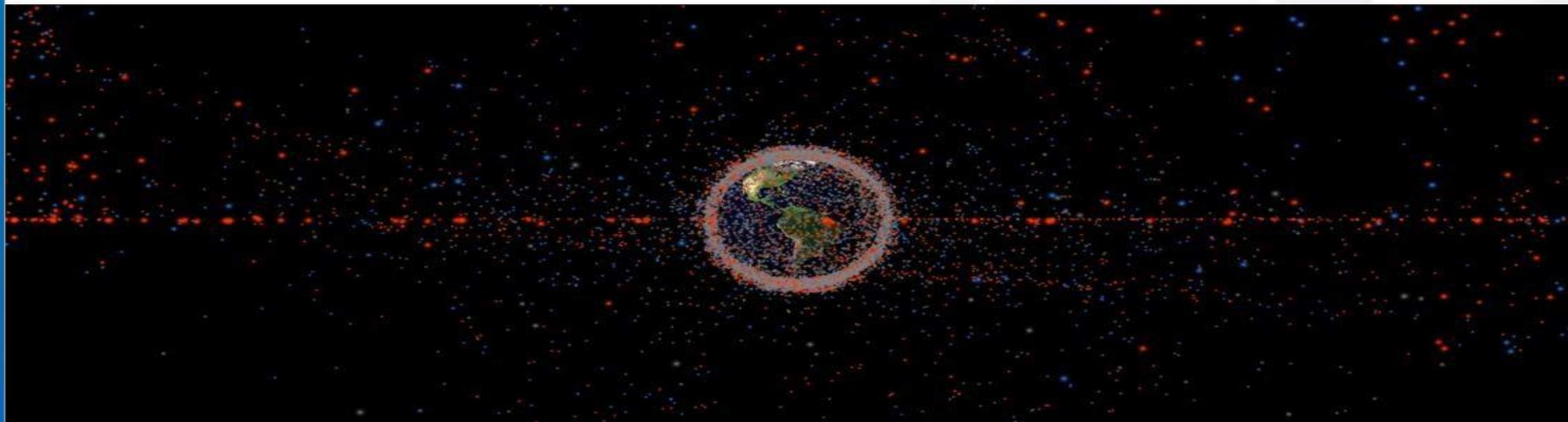
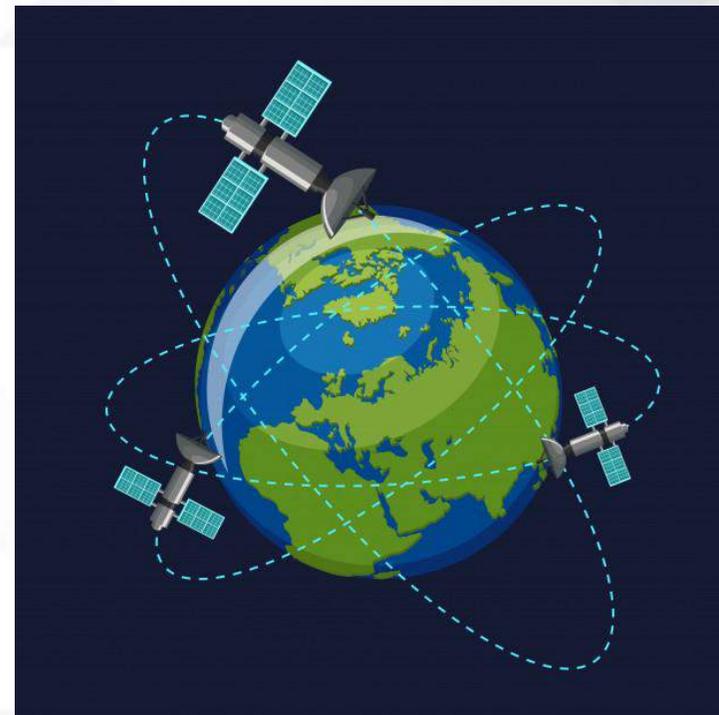


## Quais são os tipos de satélites?

- 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)

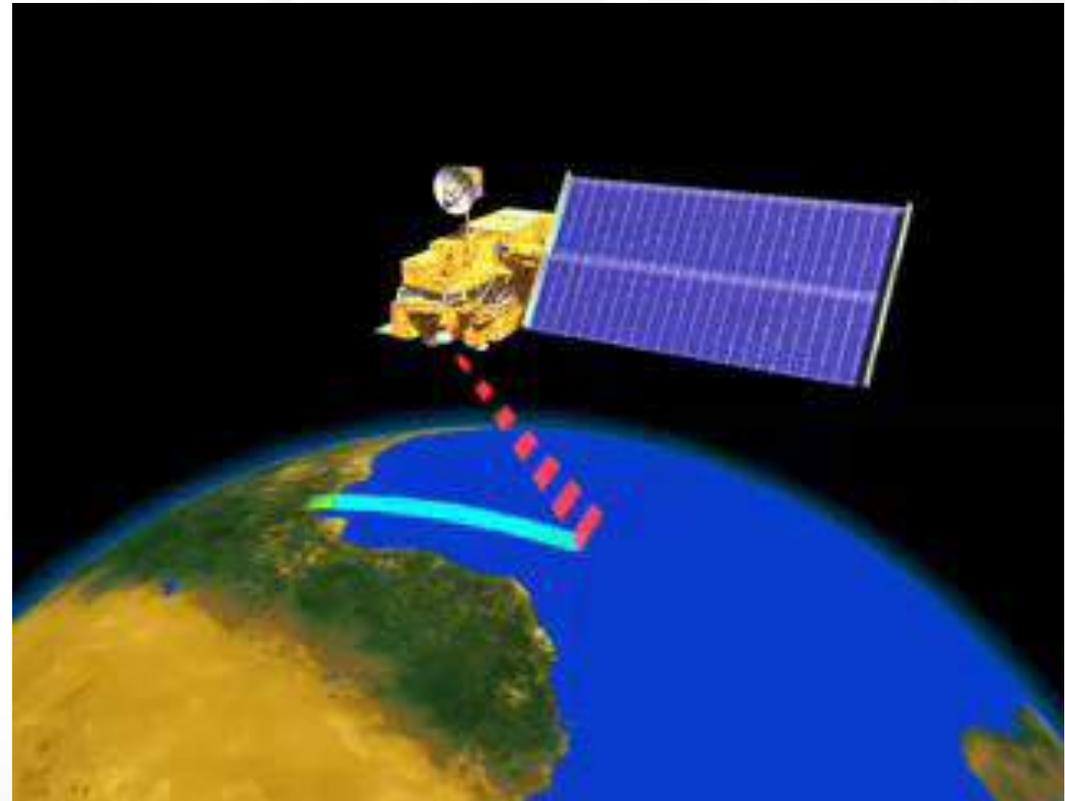
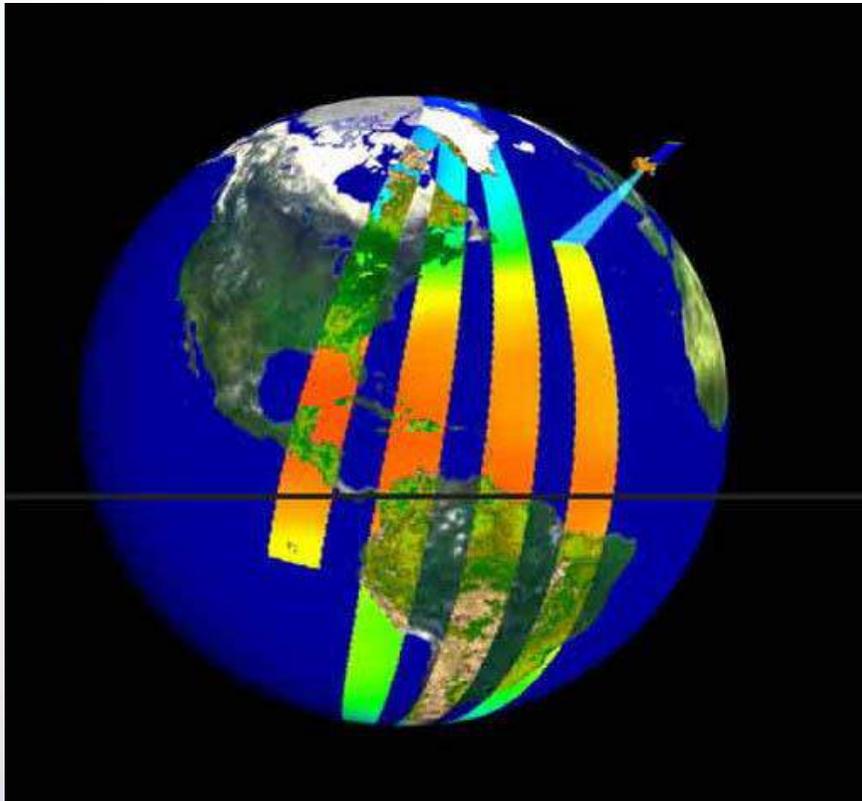


# Tipos de Órbita



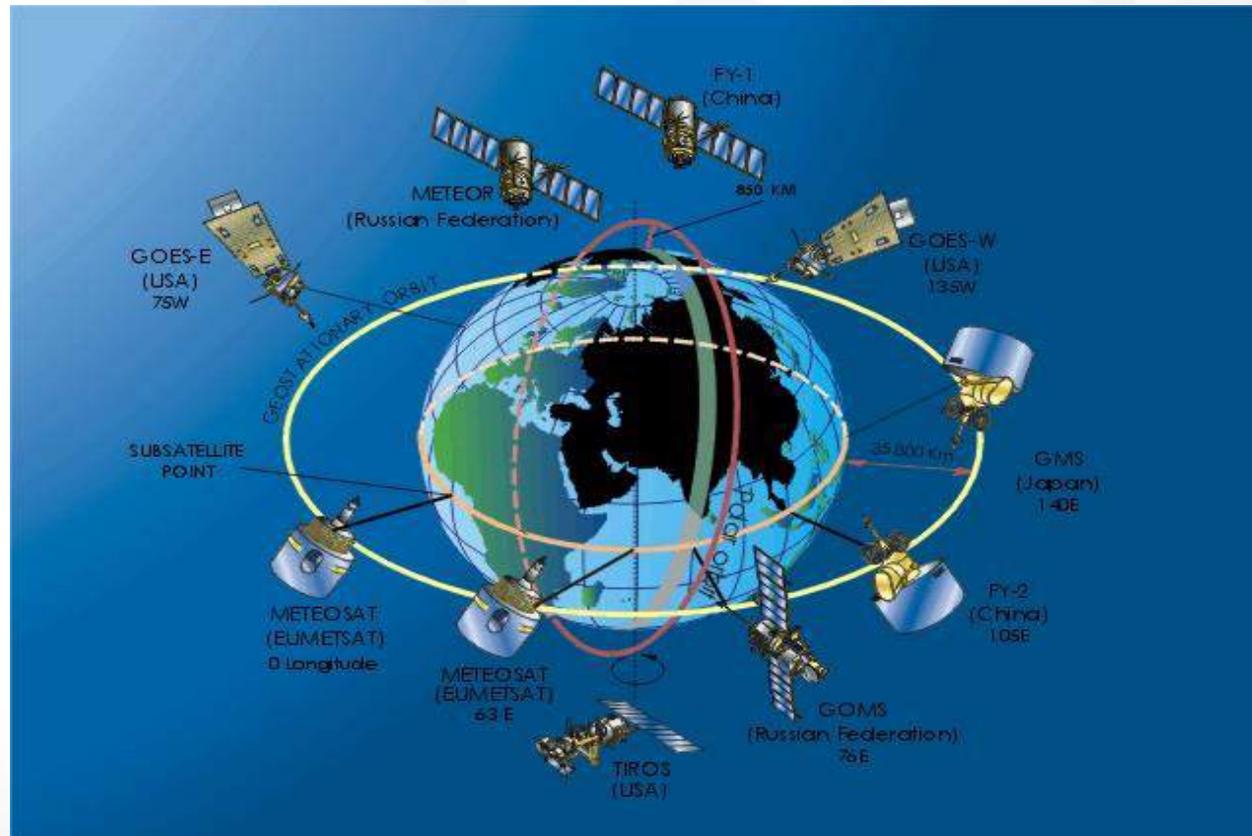
# Órbita Polar

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

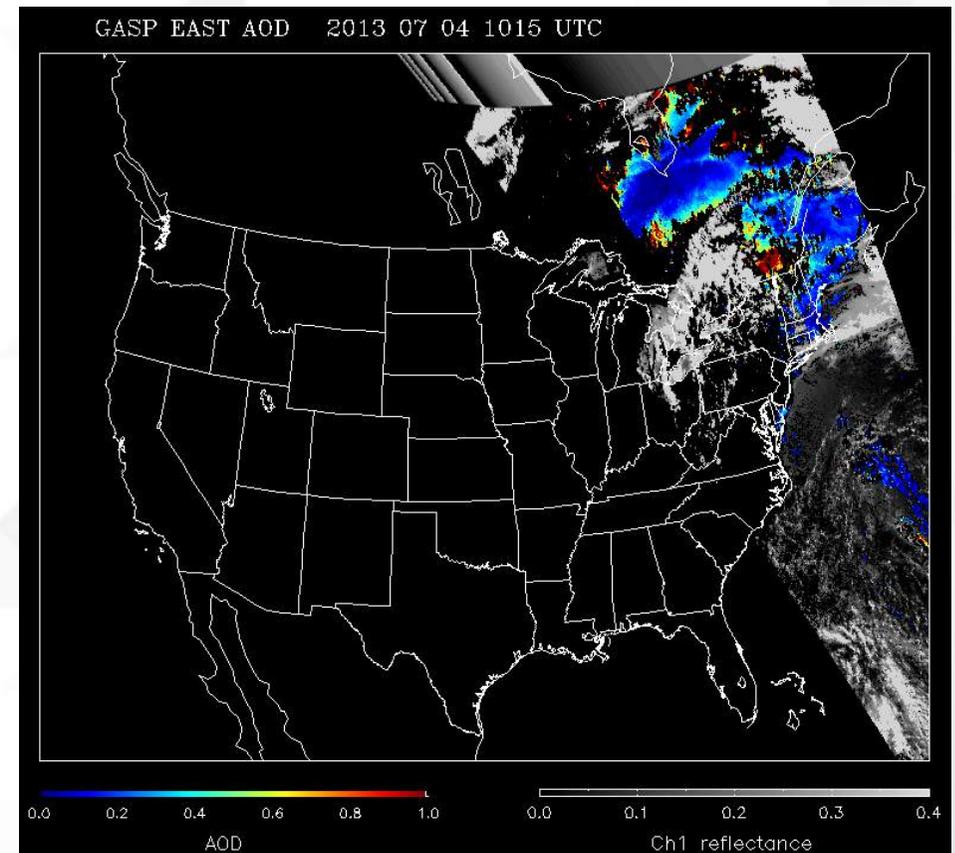
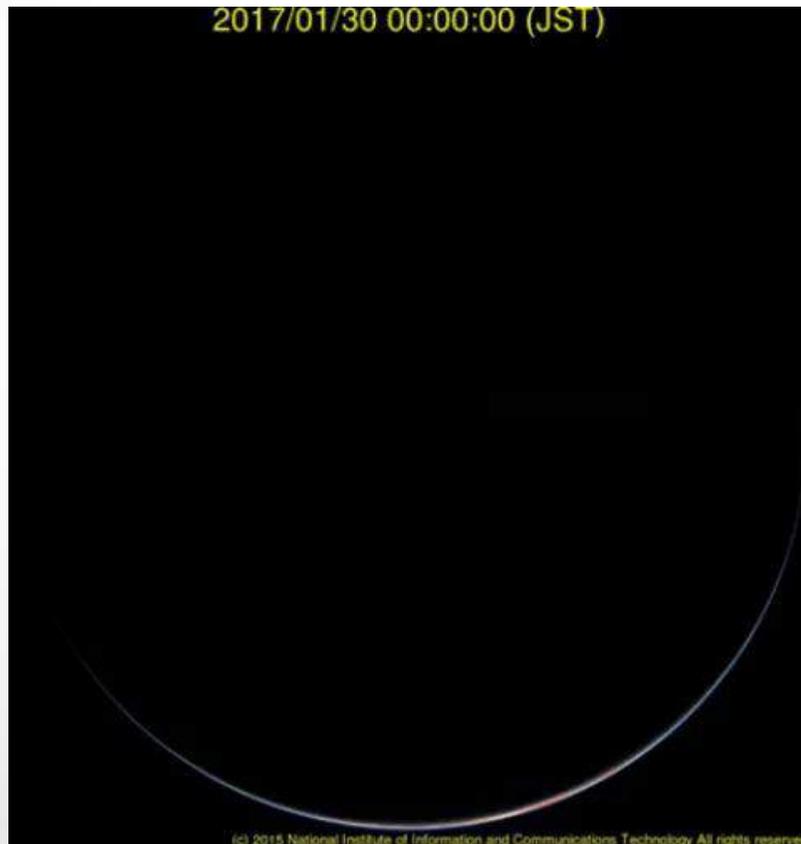


# Órbita Geoestacionária

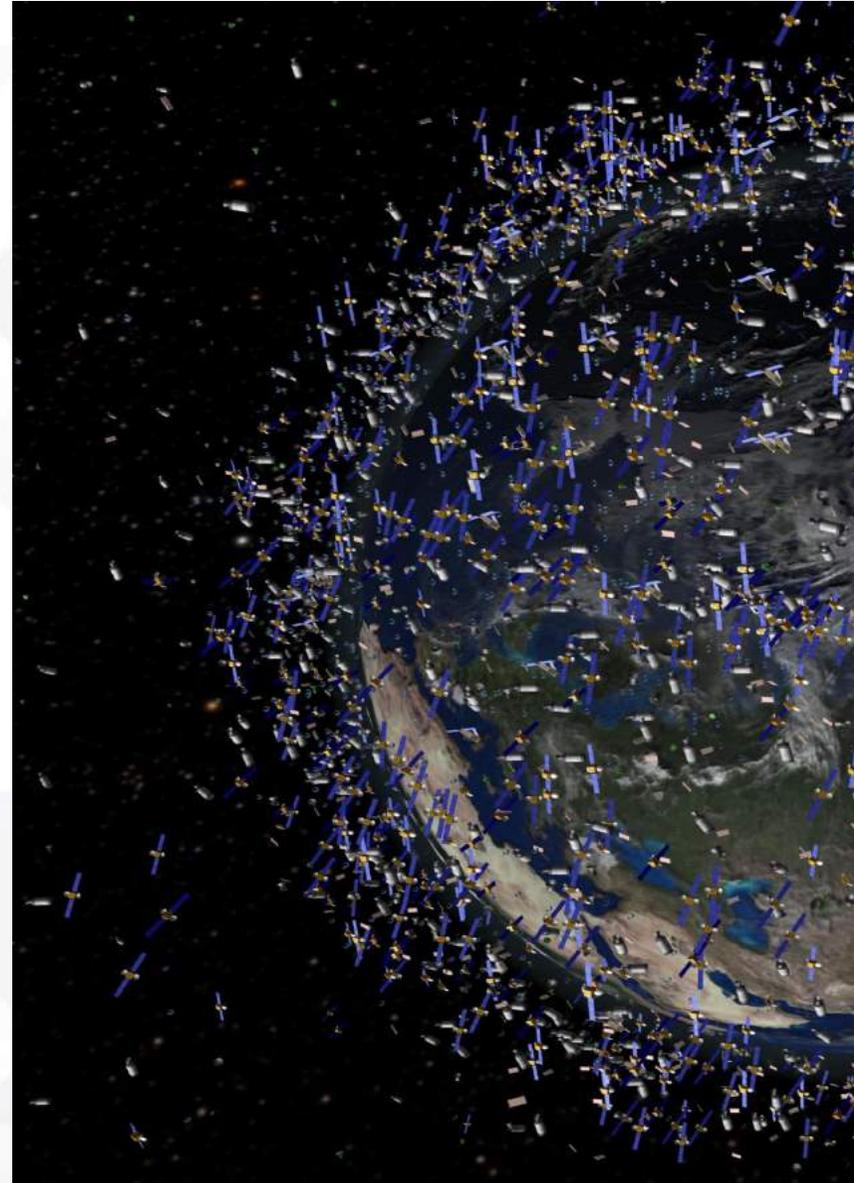
- Seu movimento acompanha o movimento do planeta
- Fixa
- Cerca de 36.000 km de altitude
- Maior resolução temporal

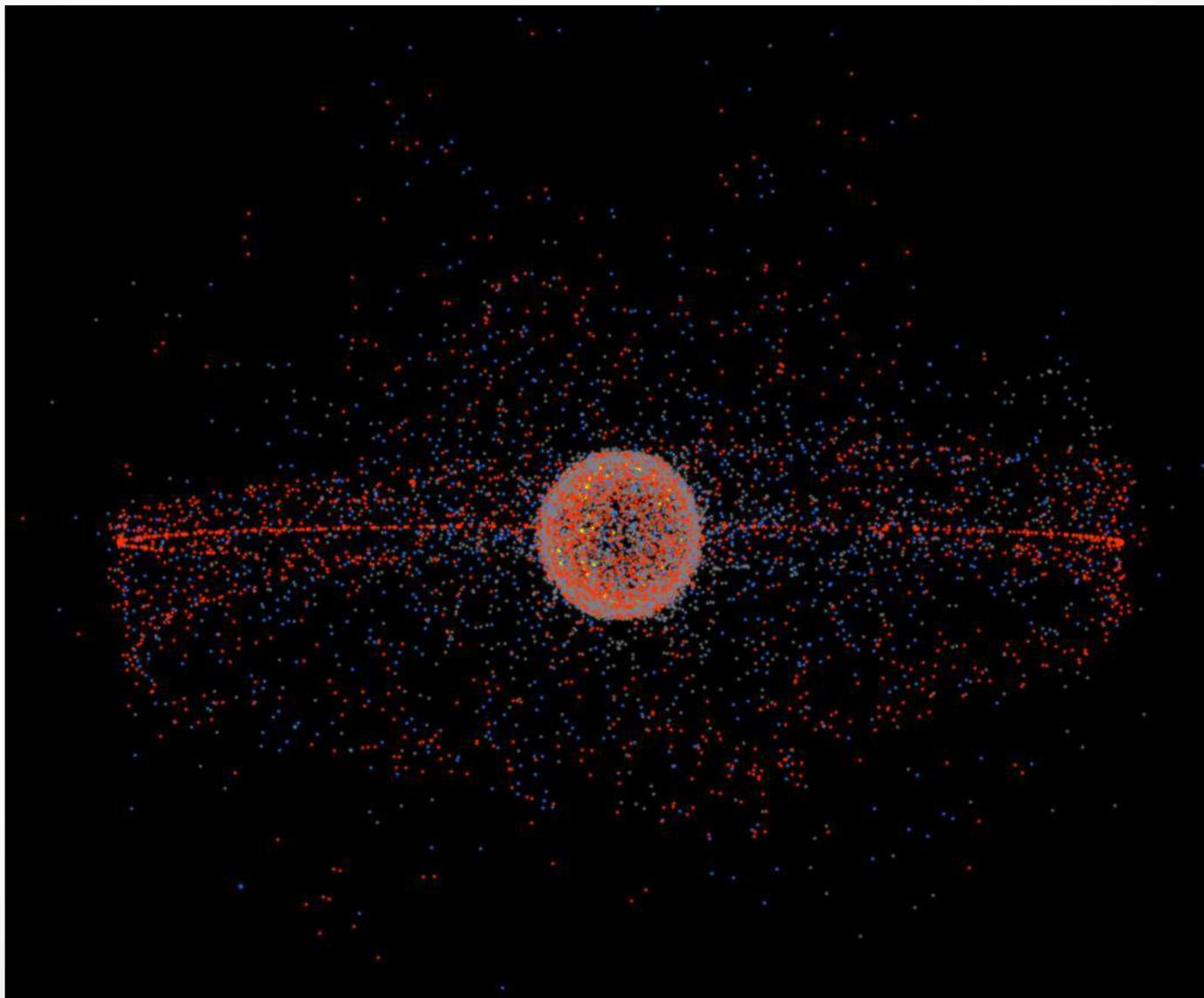


# Órbita Geoestacionária



# Quantos satélites orbitam a Terra?

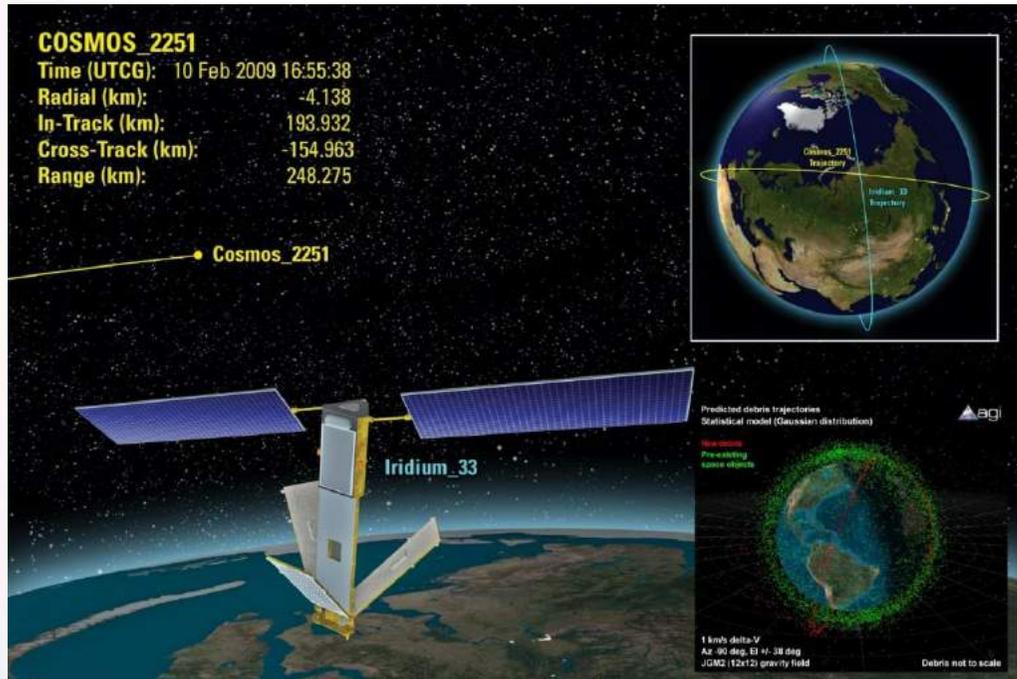




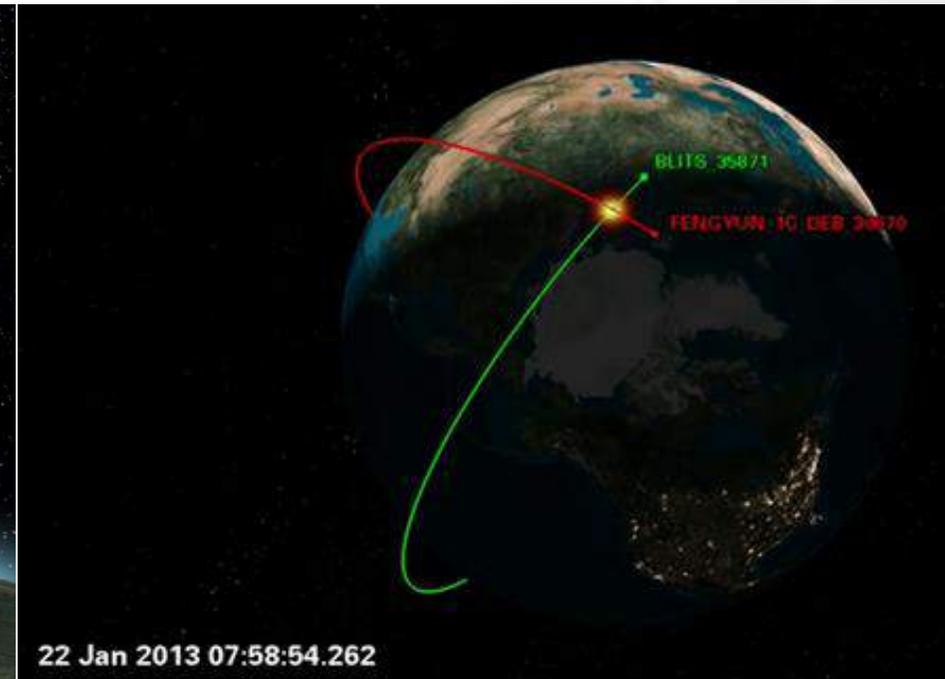
- Até 2020, mais de 9000 satélites foram lançados – 5000 continuavam em órbita, 2600 em operação
- Existem 34 mil resíduos com mais de 10 cm de diâmetro e 170 milhões com menos de 1 mm



## Satélites Cosmos e Iridium\_33 (2009)

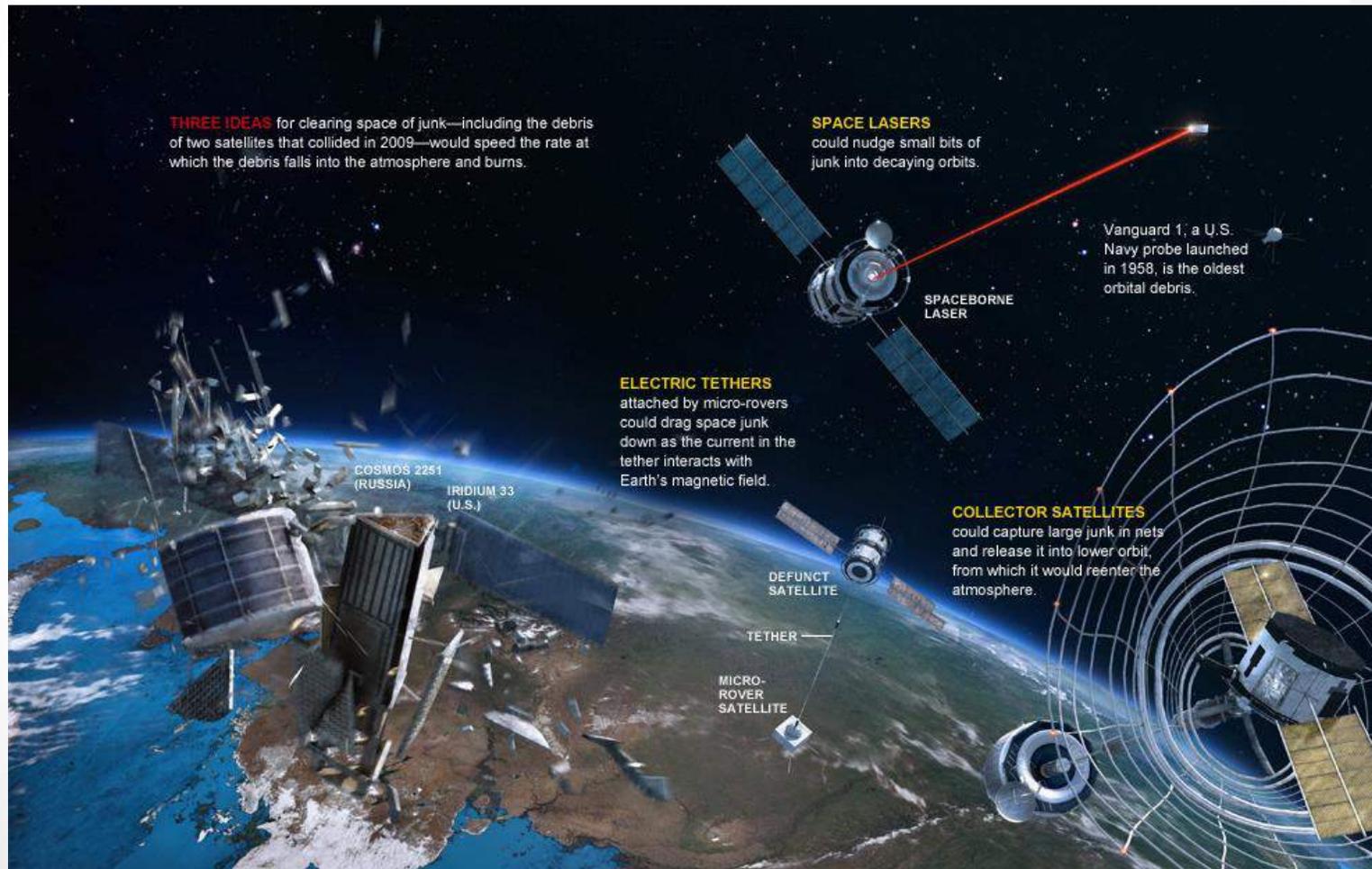


## Satélite russo colide com resíduos de fogete chinês (2013)

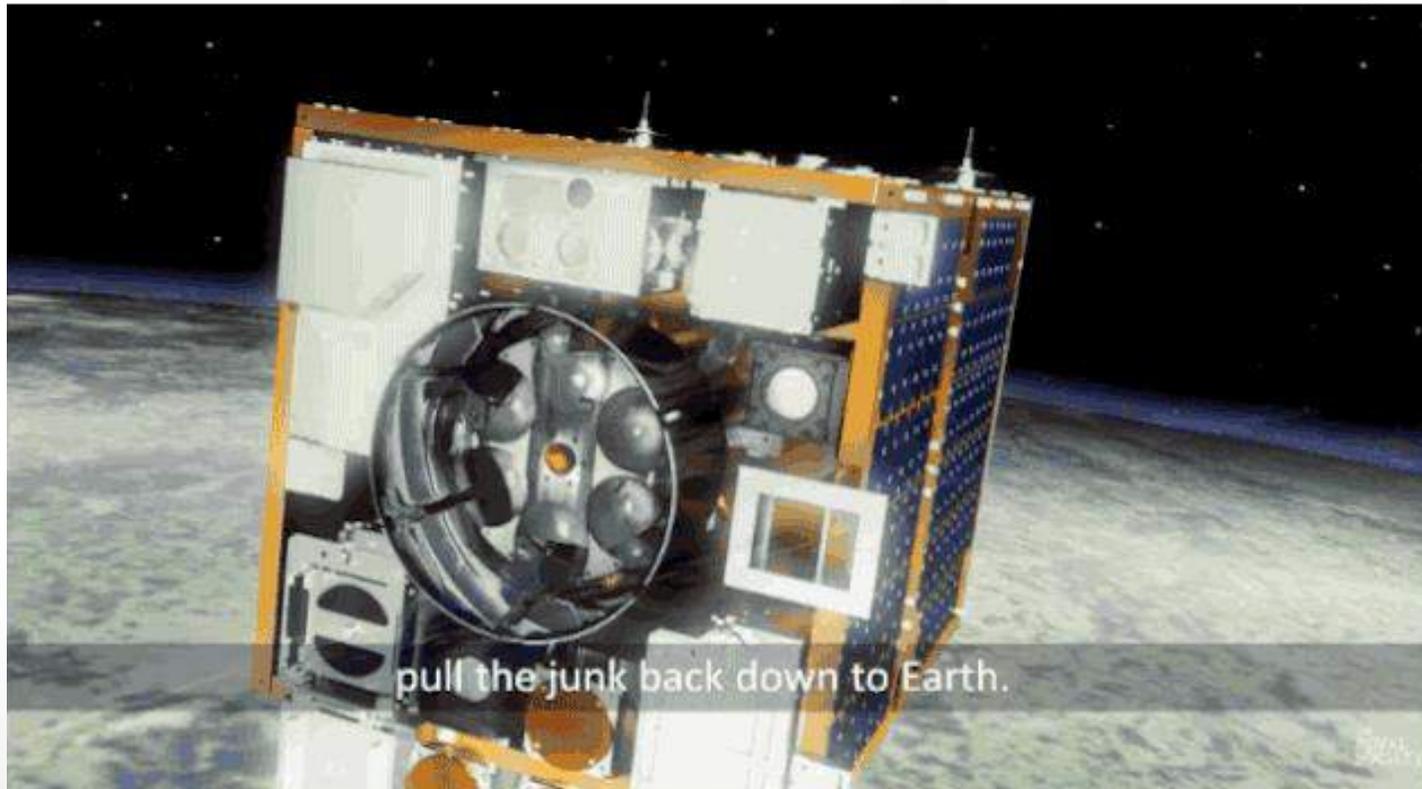


Fonte - <http://www.space.com/20138-russian-satellite-chinese-space-junk.html>

# Satélites e lixo espacial



# Satélites e lixo espacial



# Satélites e lixo espacial



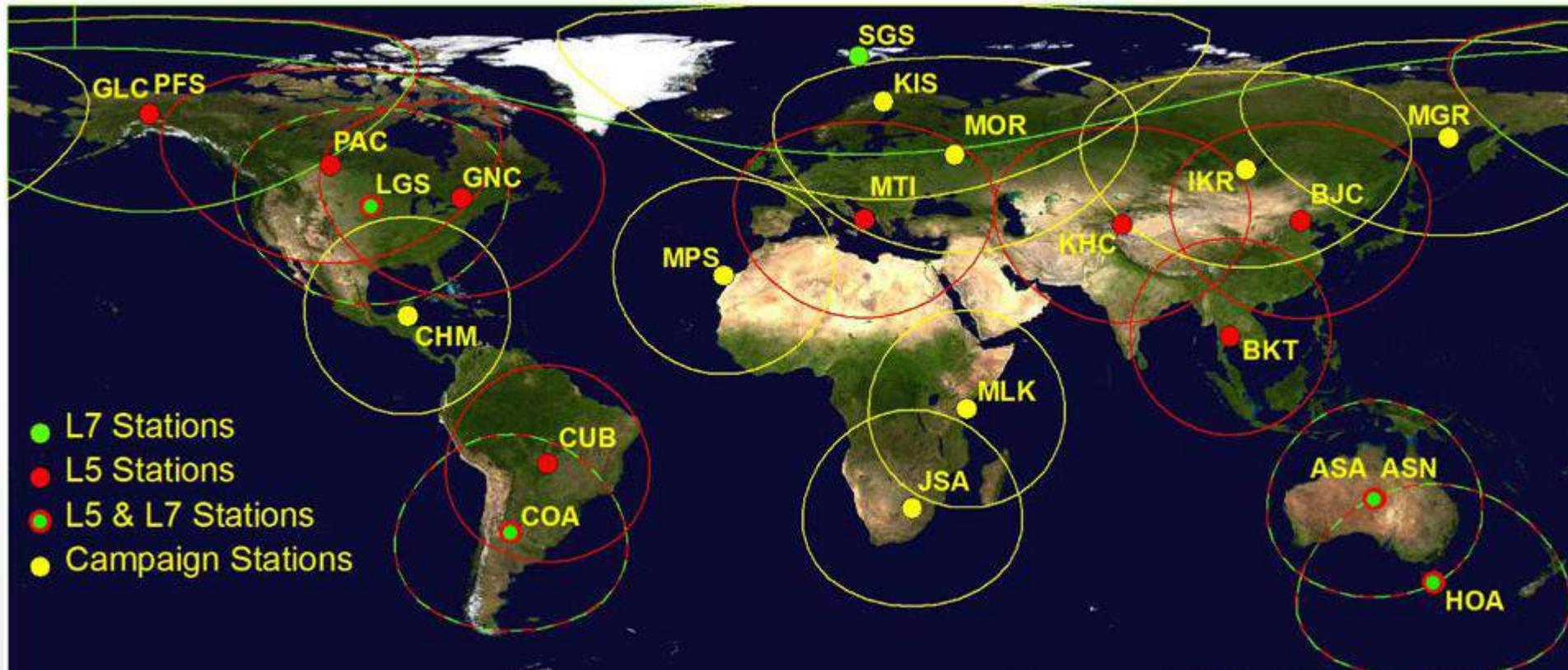
# Satélites e lixo espacial



# 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**

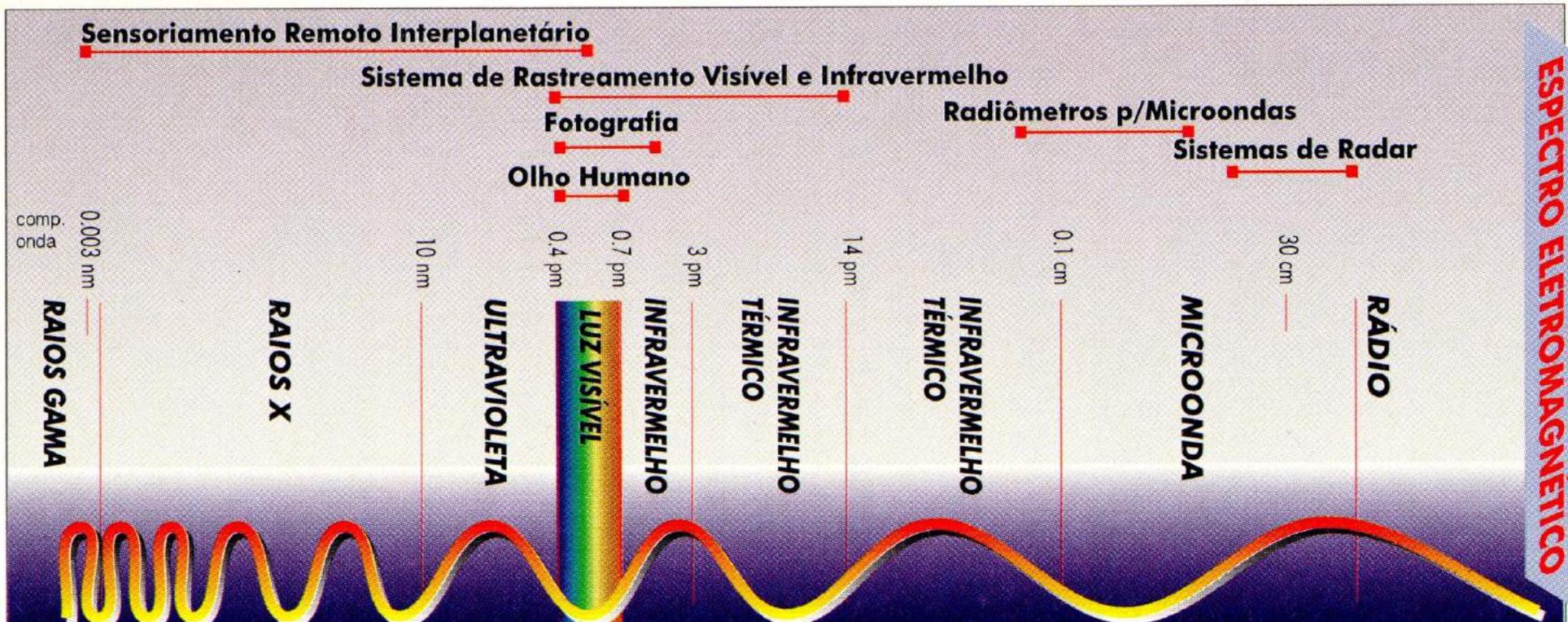


**Ativo**



## O que diferencia um sensor de outro?

### Região do Espectro Eletromagnético



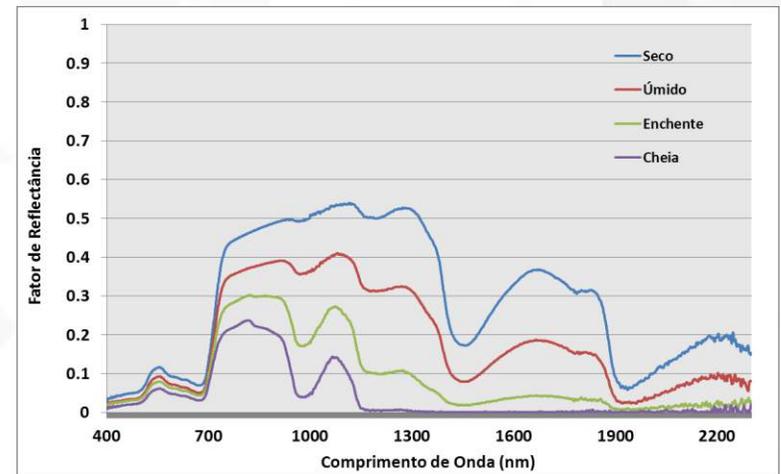
# O que diferencia um sensor de outro?

## Formato do Dado

### Imagem



### Gráfico



## O que diferencia um sensor de outro?

### Resoluções do Sensor

Resolução Espacial

Resolução Temporal

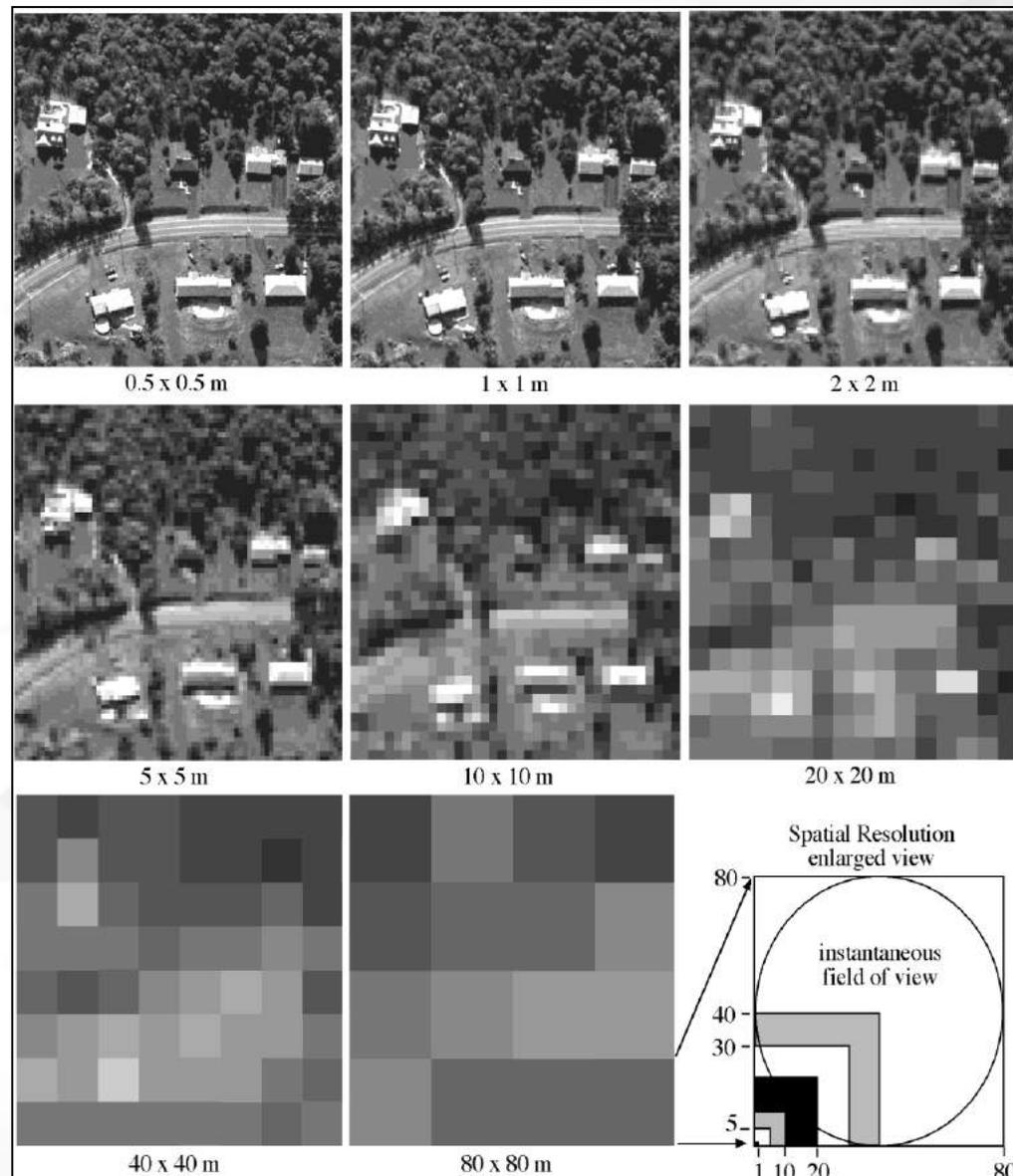
Resolução Espectral

Resolução Radiométrica

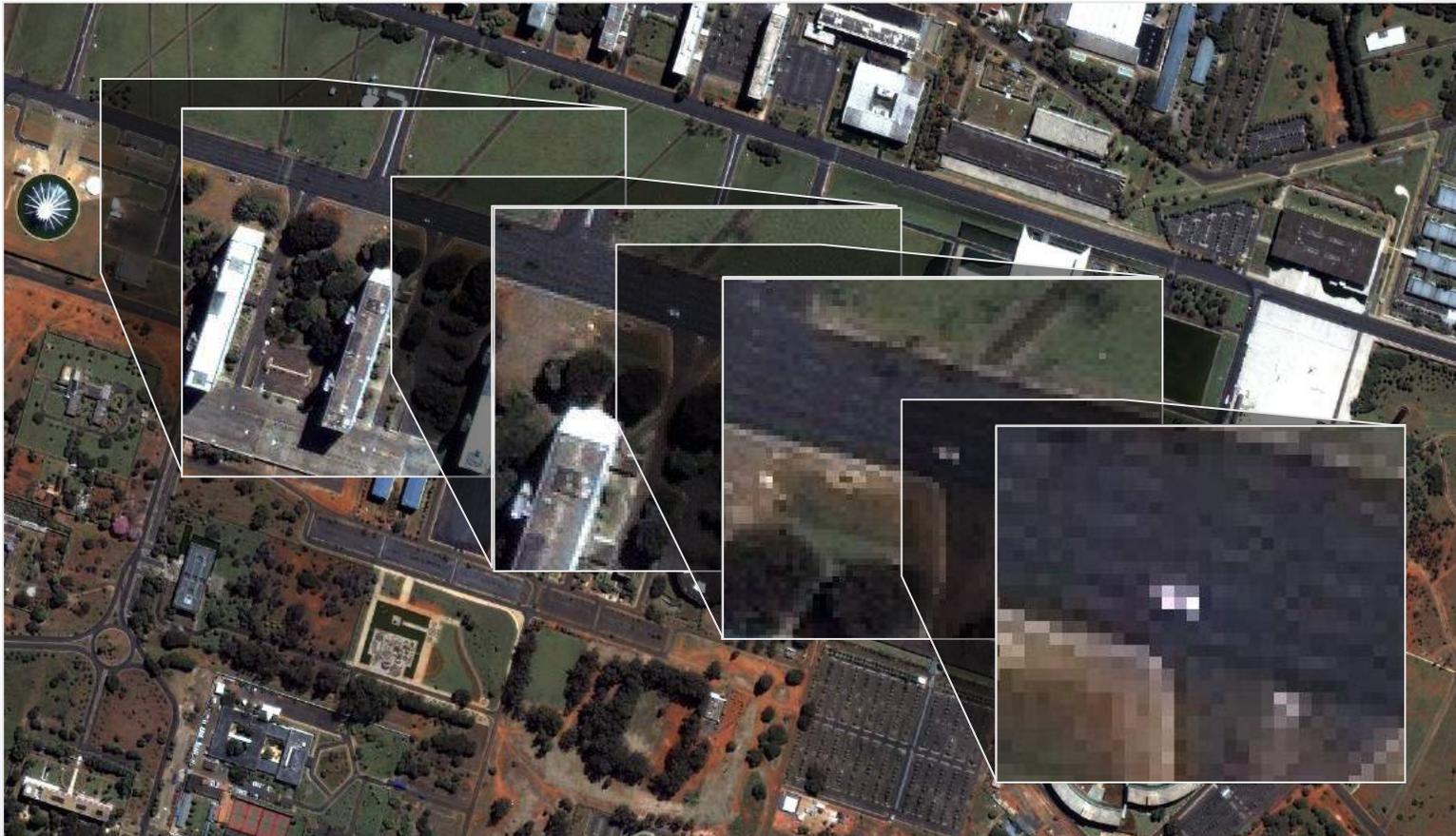


## Resolução Espacial

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

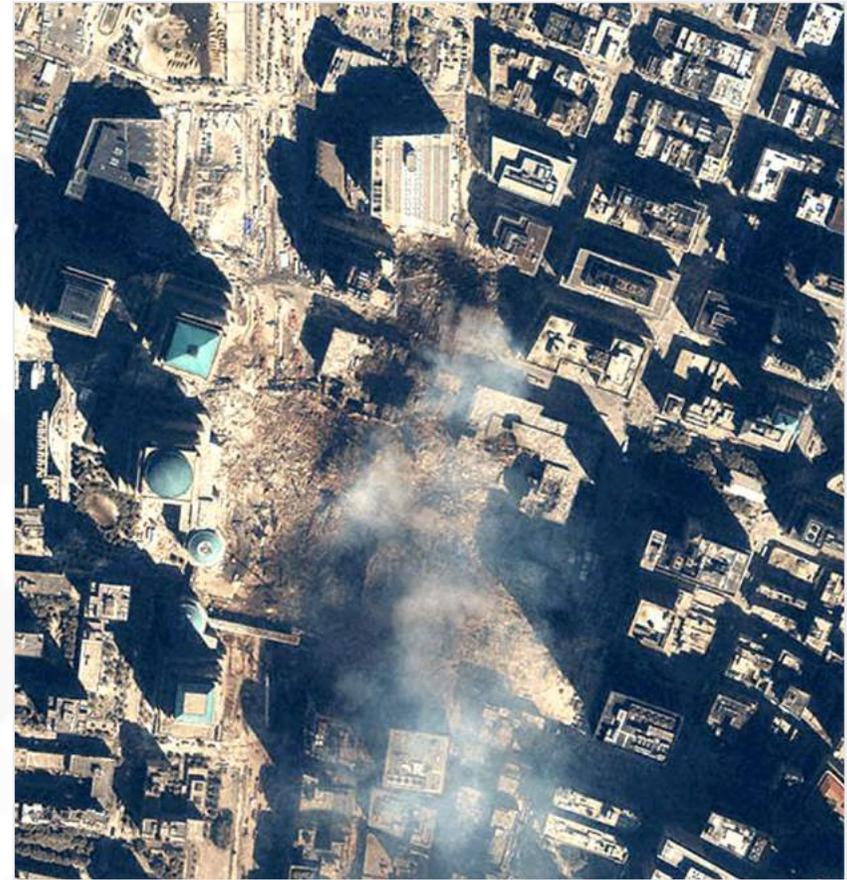
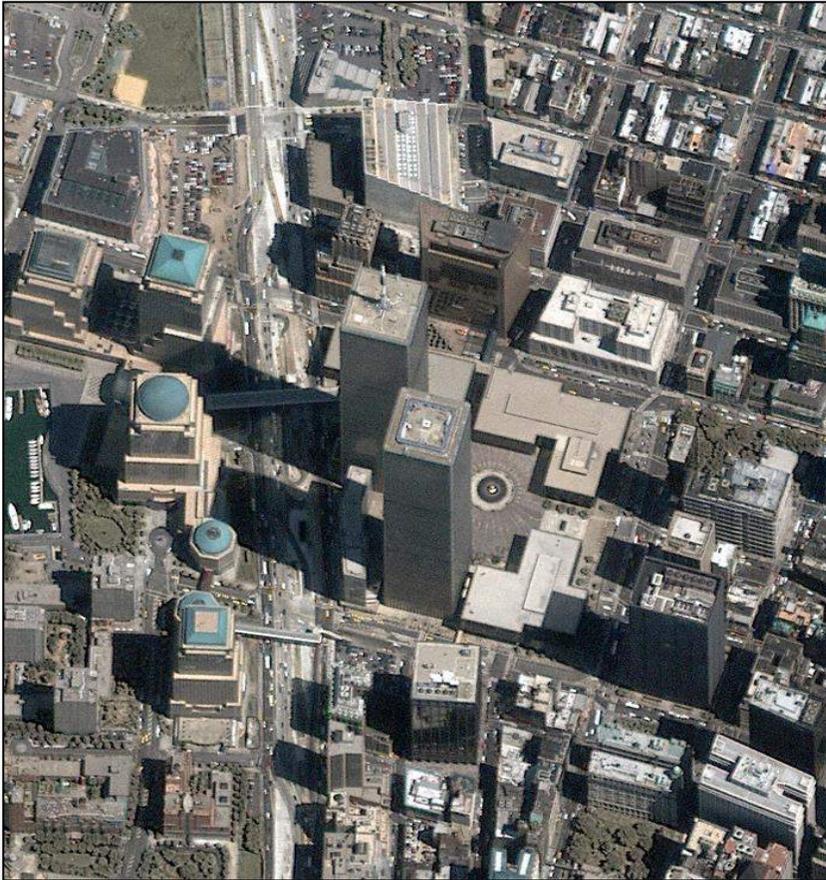


**Resolução Espacial: 1m x 1m**

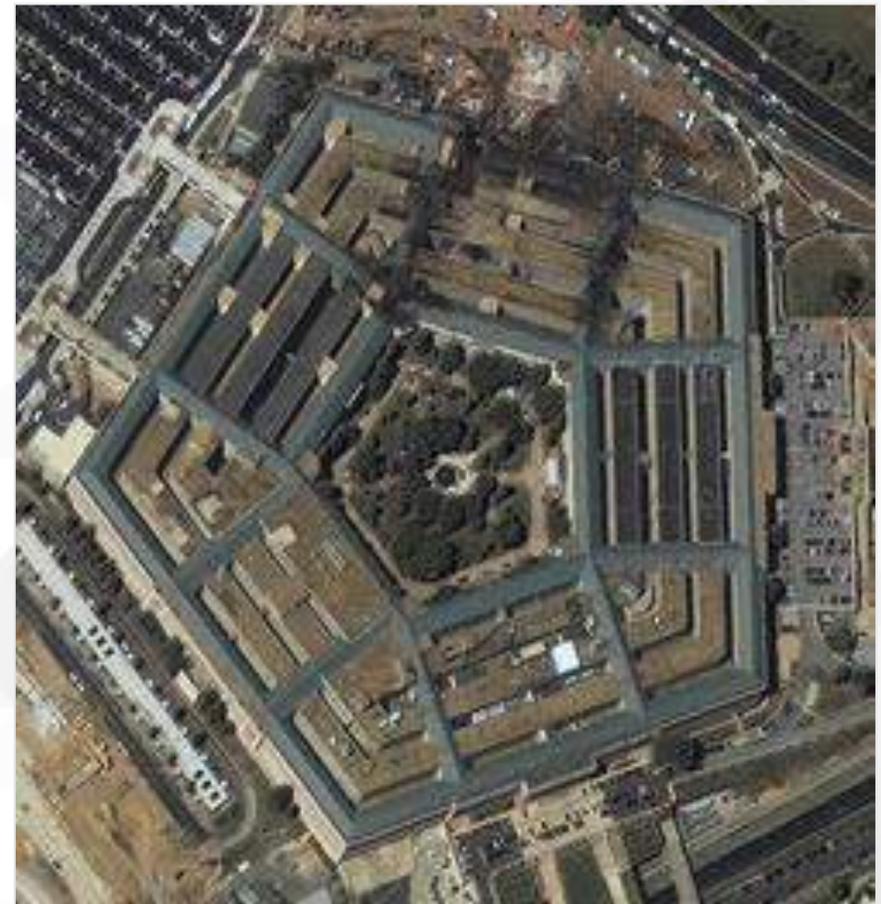
## Resolução Espacial – Alta resolução



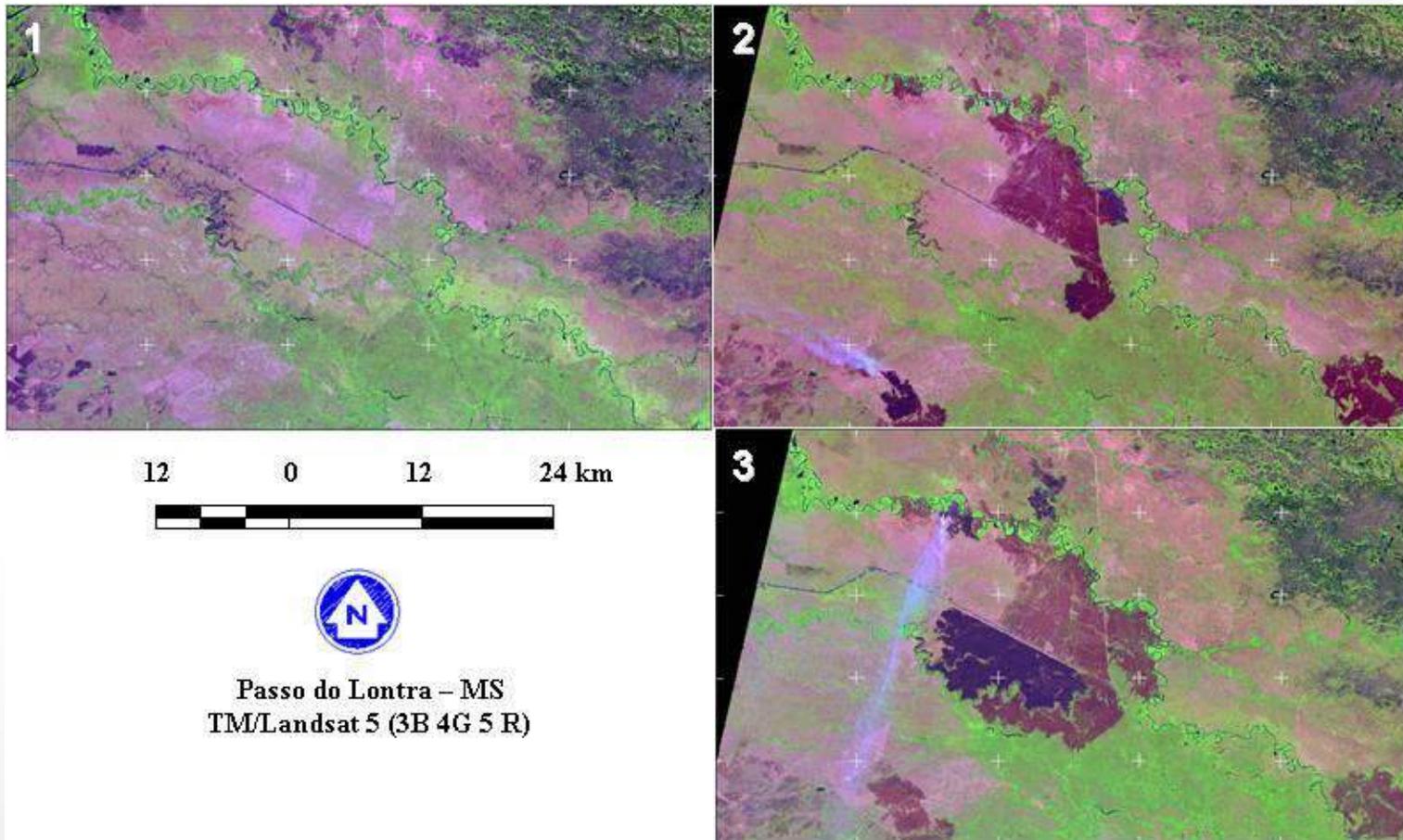
## Resolução Espacial – Alta resolução



## Resolução Espacial – Alta resolução



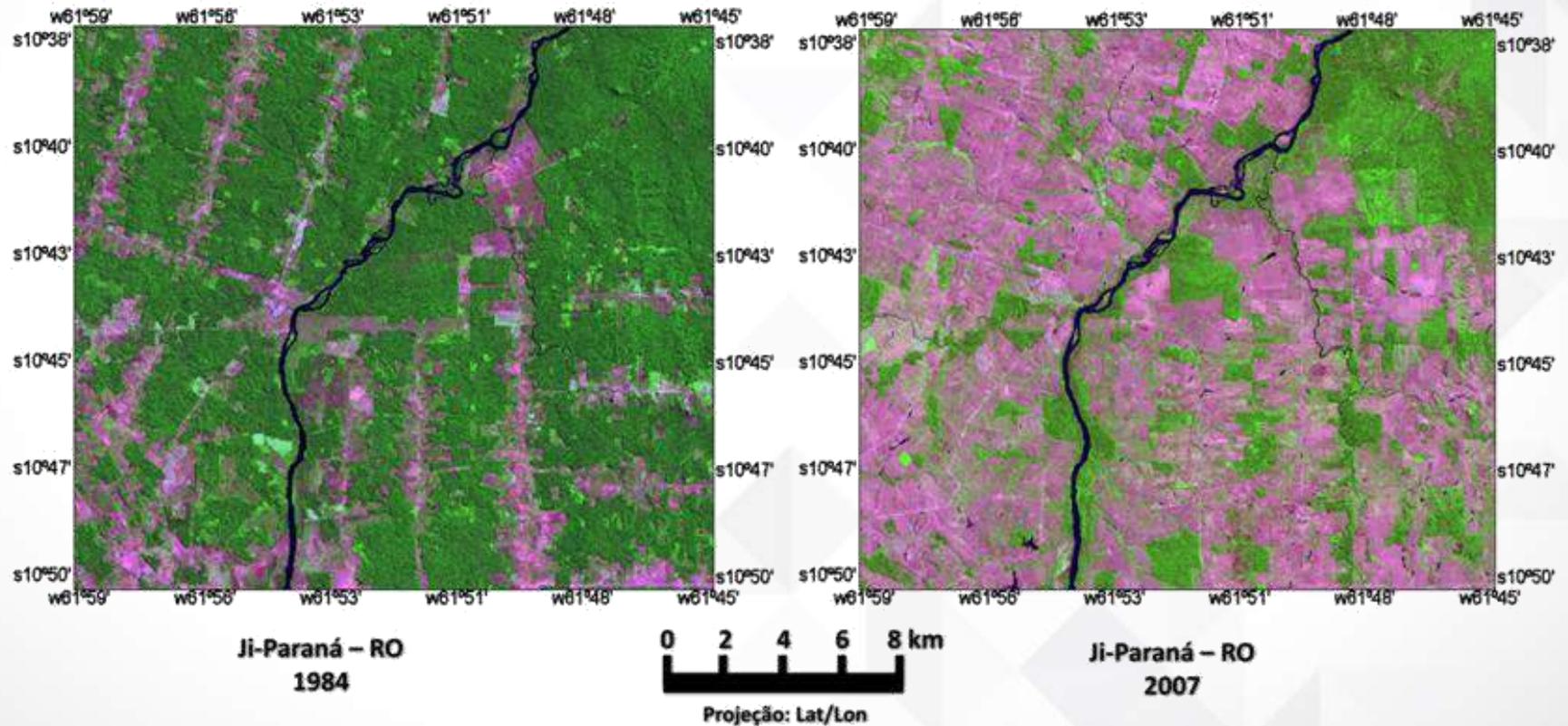
## Resolução Espacial – Média resolução



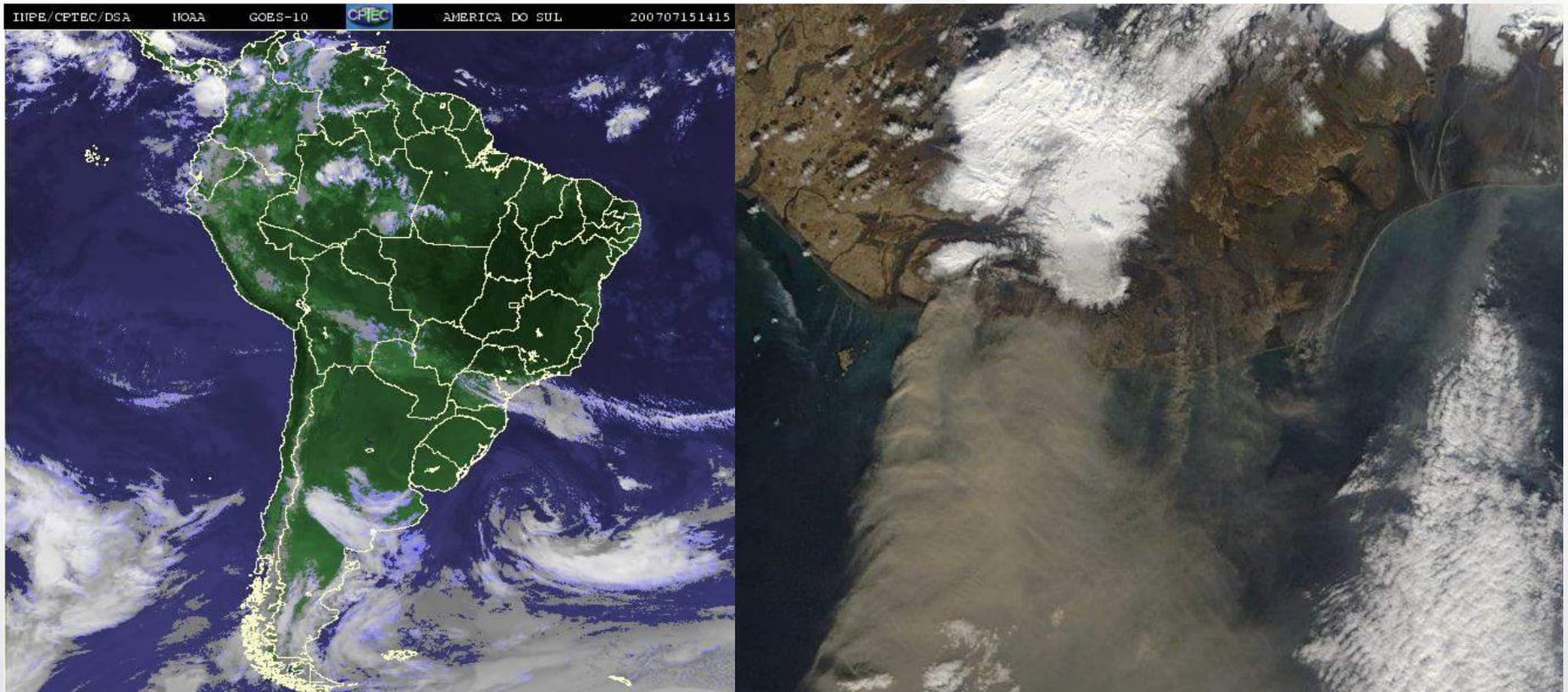
## Resolução Espacial – Média resolução



## Resolução Espacial – Média resolução

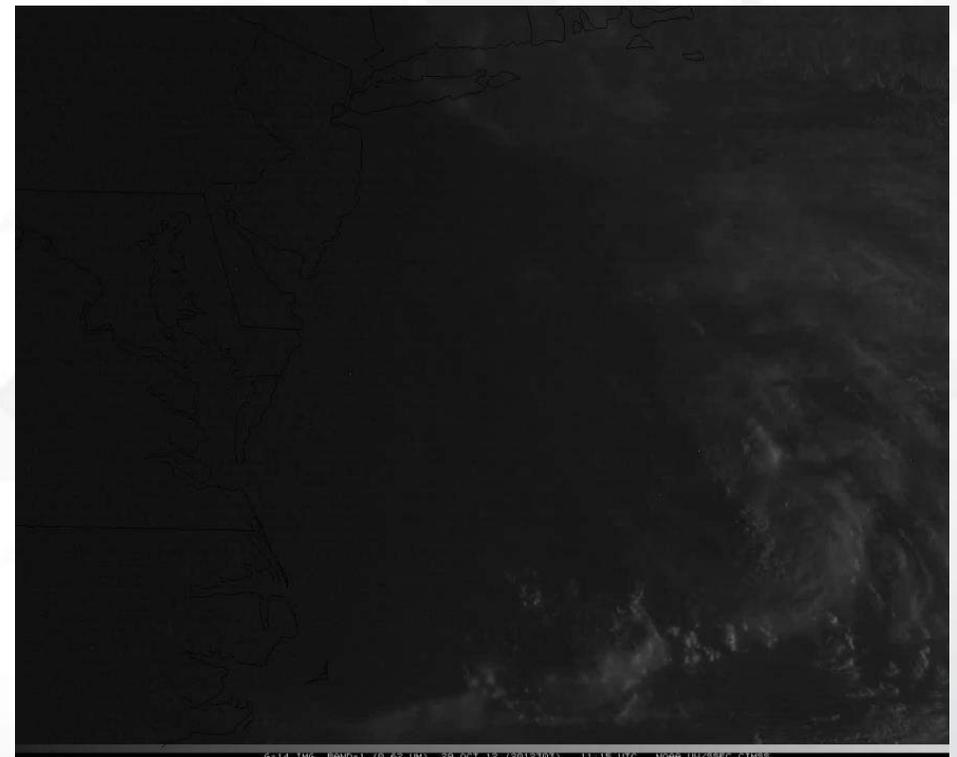
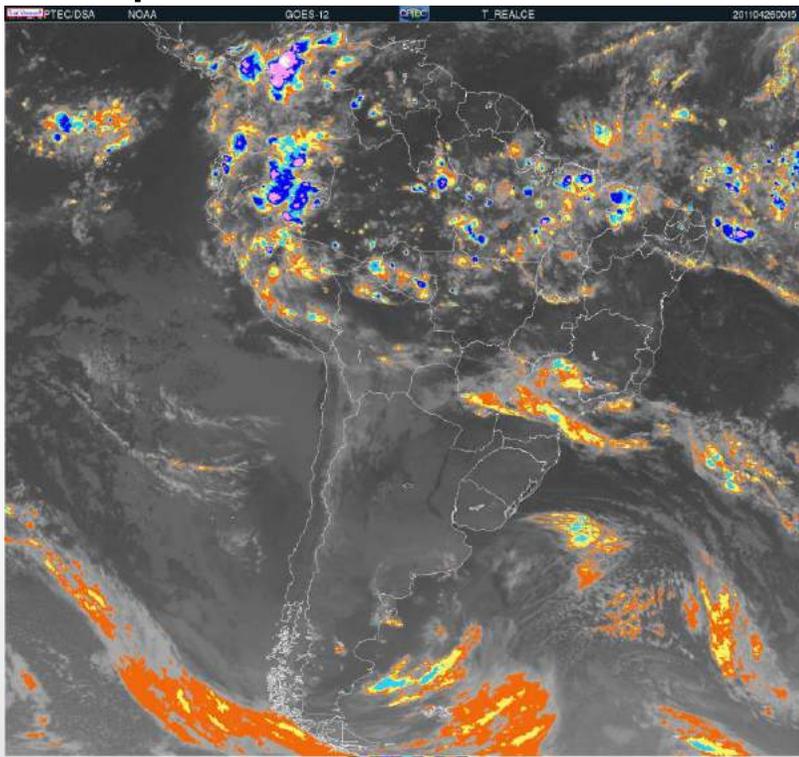


## Resolução Espacial – Baixa resolução



# Resolução Temporal

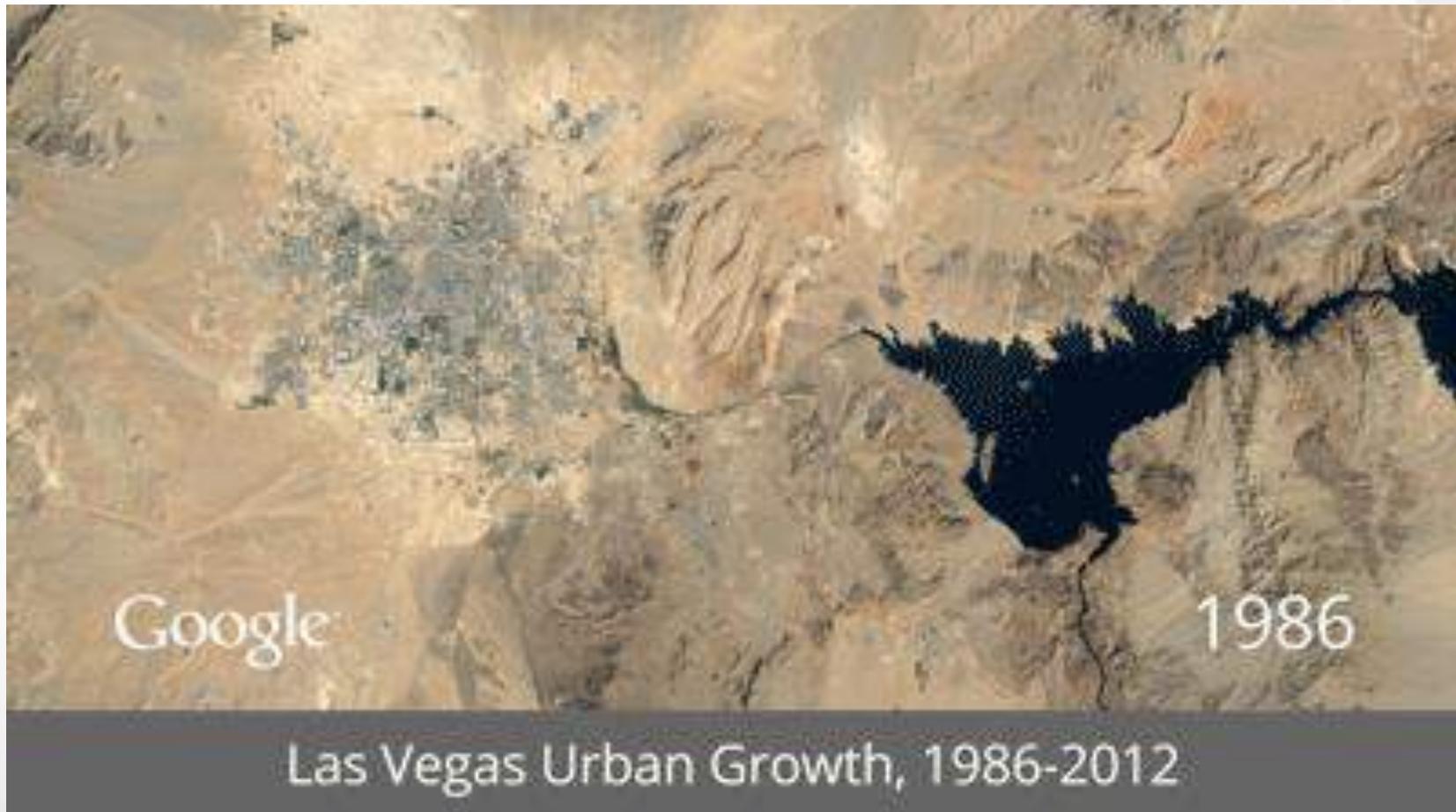
- Relacionada com a revisita
- No geral, resolução espacial e resolução temporal são opostas



# Resolução Temporal



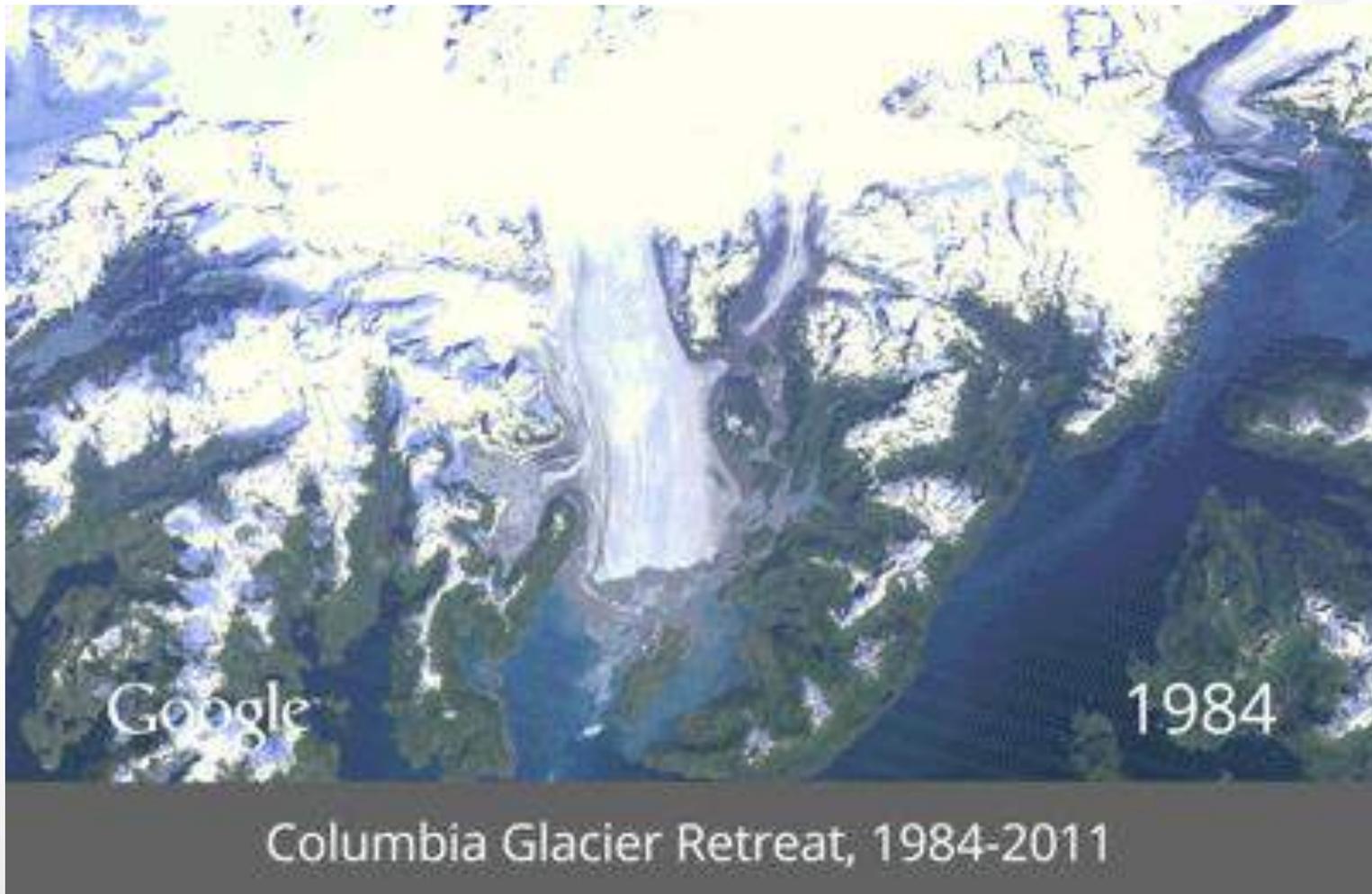
# Resolução Temporal



# Resolução Temporal



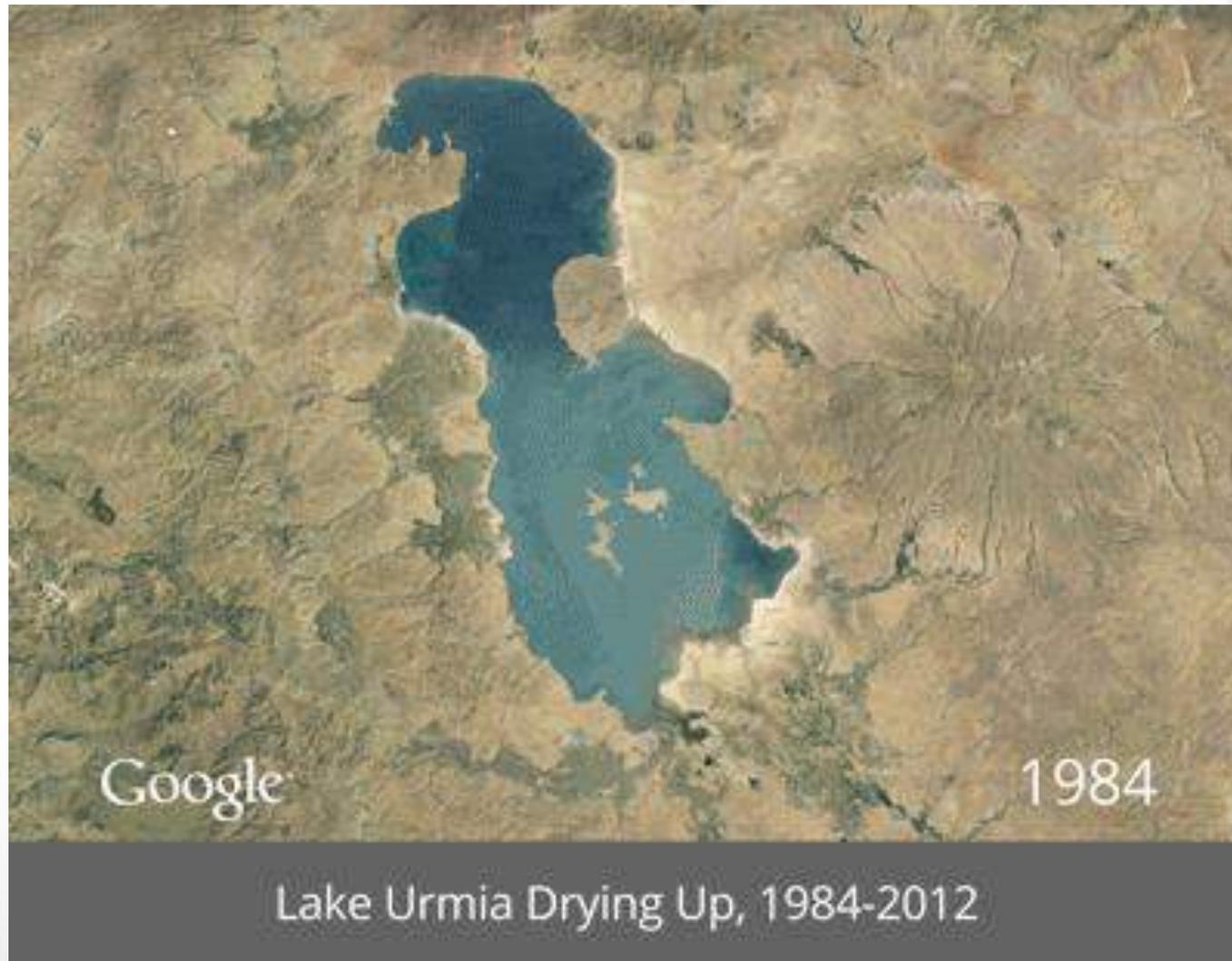
# Resolução Temporal



# Resolução Temporal



# Resolução Temporal

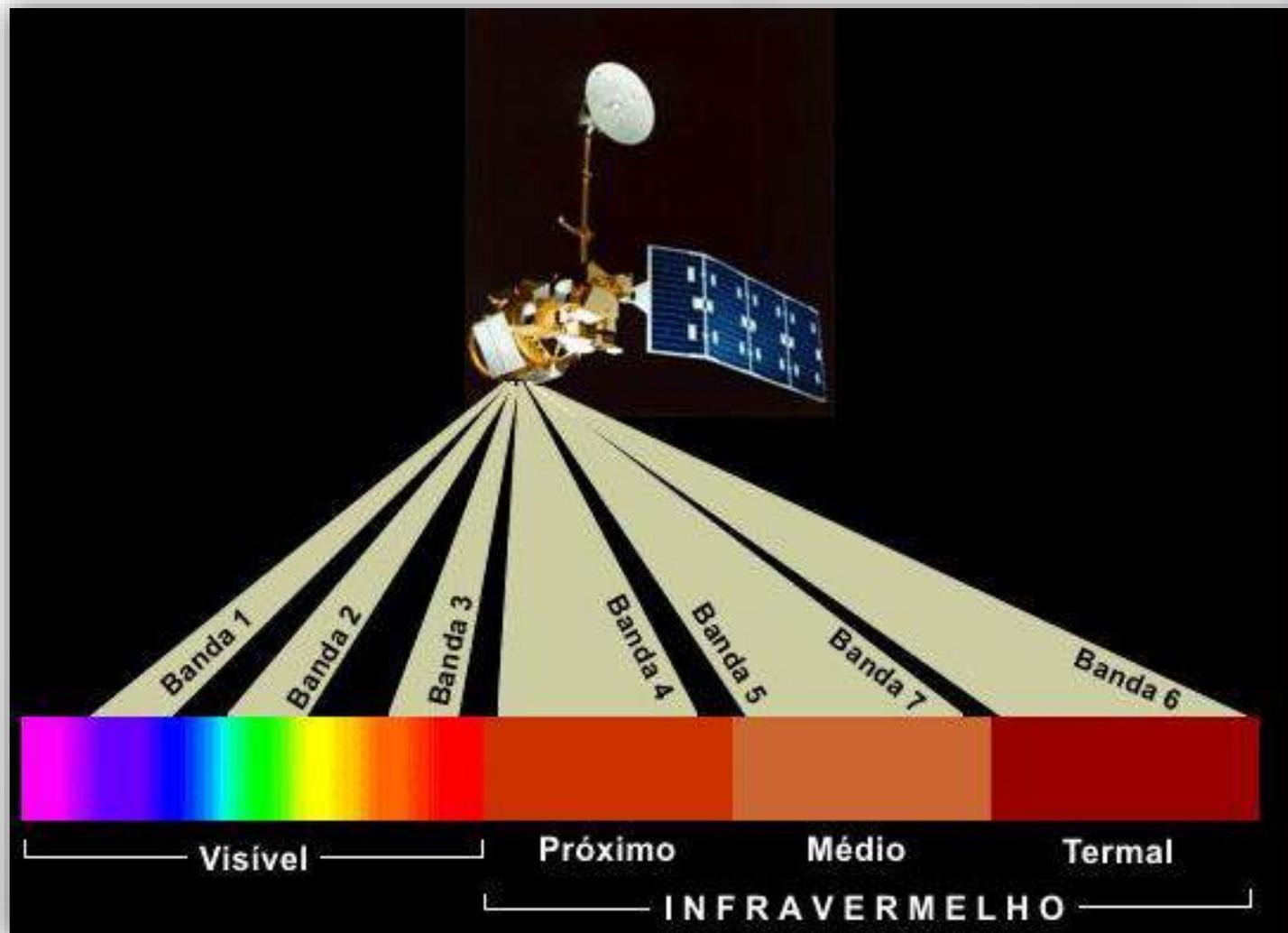


## Resolução Espectral

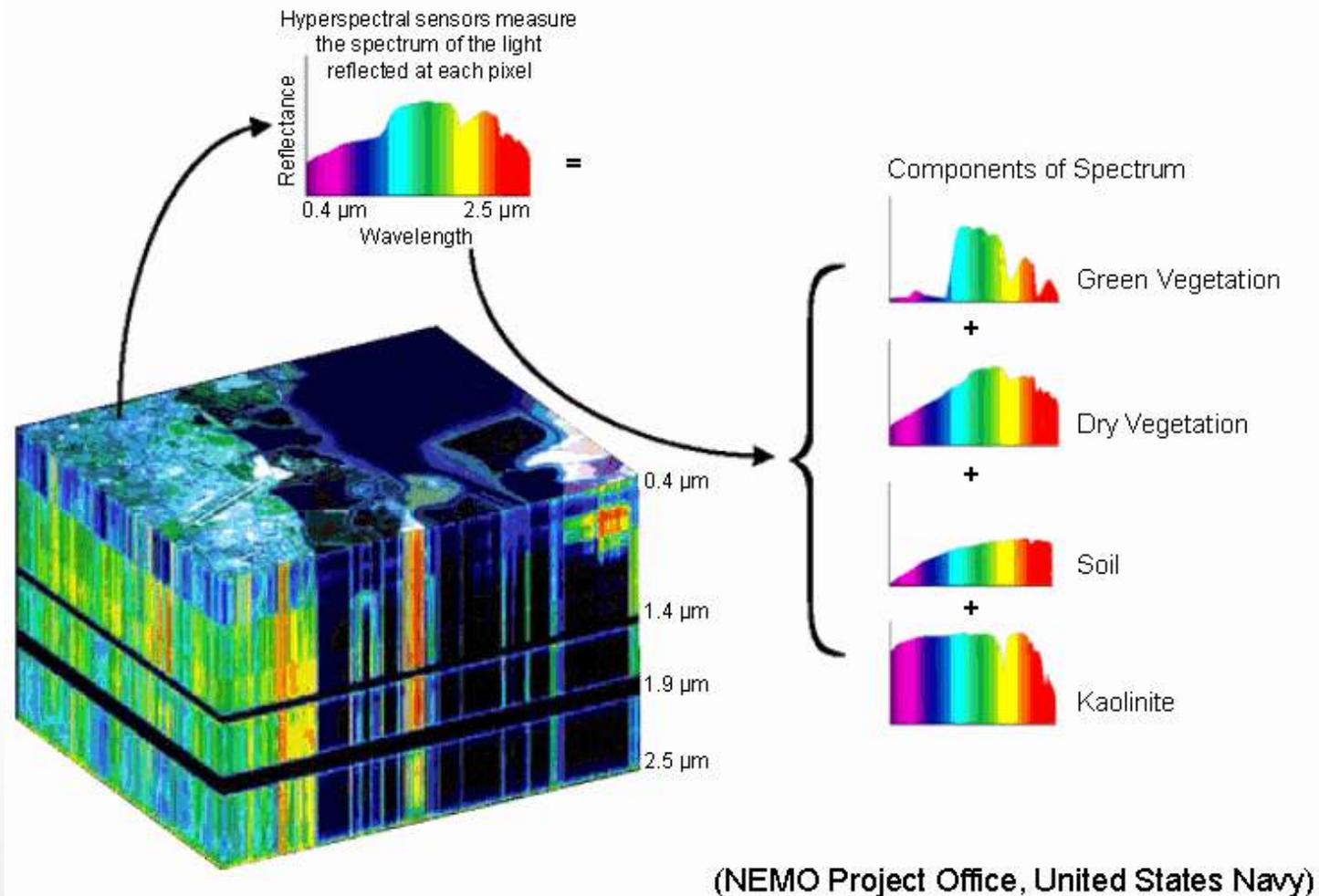
Define a largura espectral das medidas do sensor. Quanto maior número de medidas menor será o intervalo de comprimento de onda (banda espectral).



# 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)

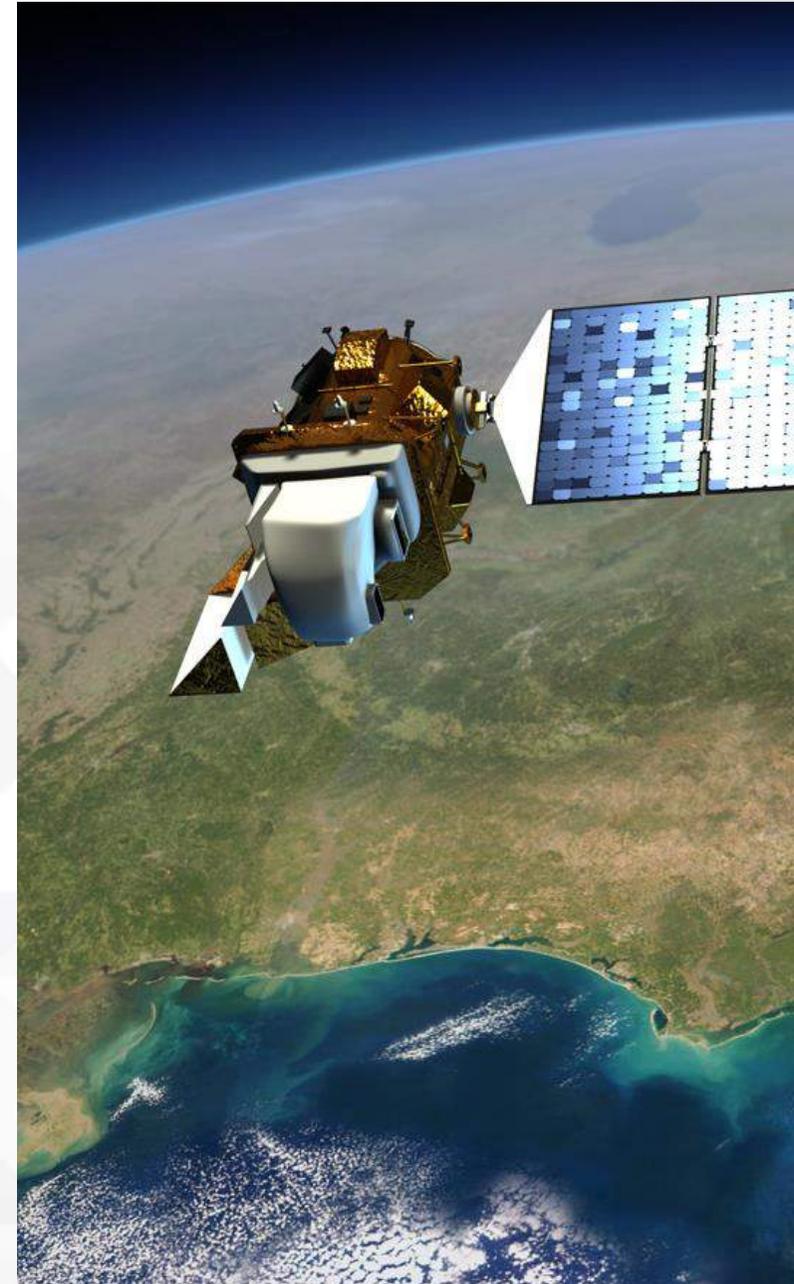


4 (2 bits)



2 (1bit)

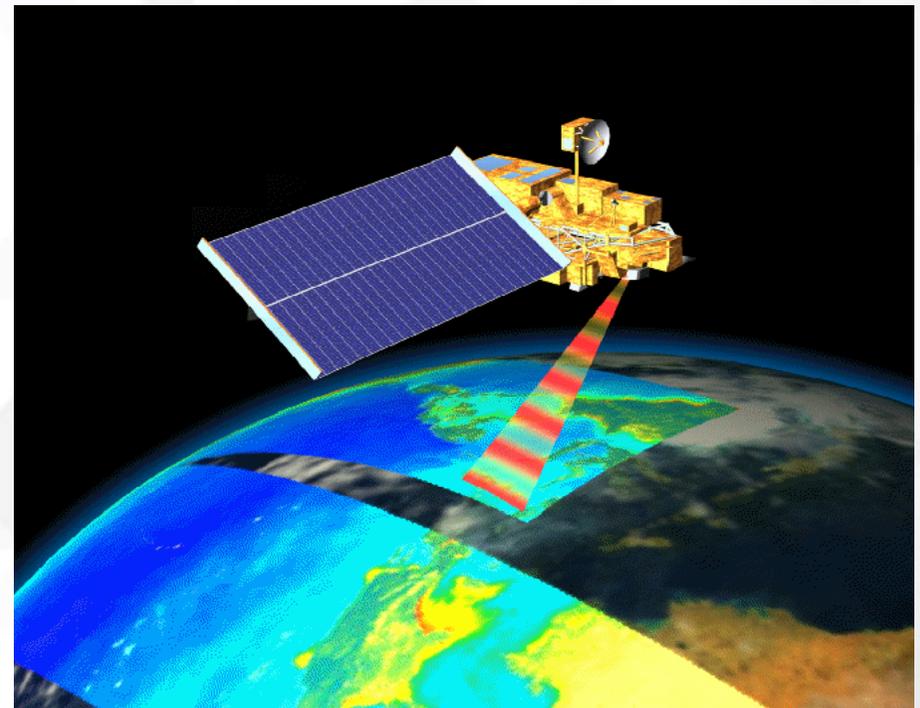
# Principais sensores e produtos orbitais



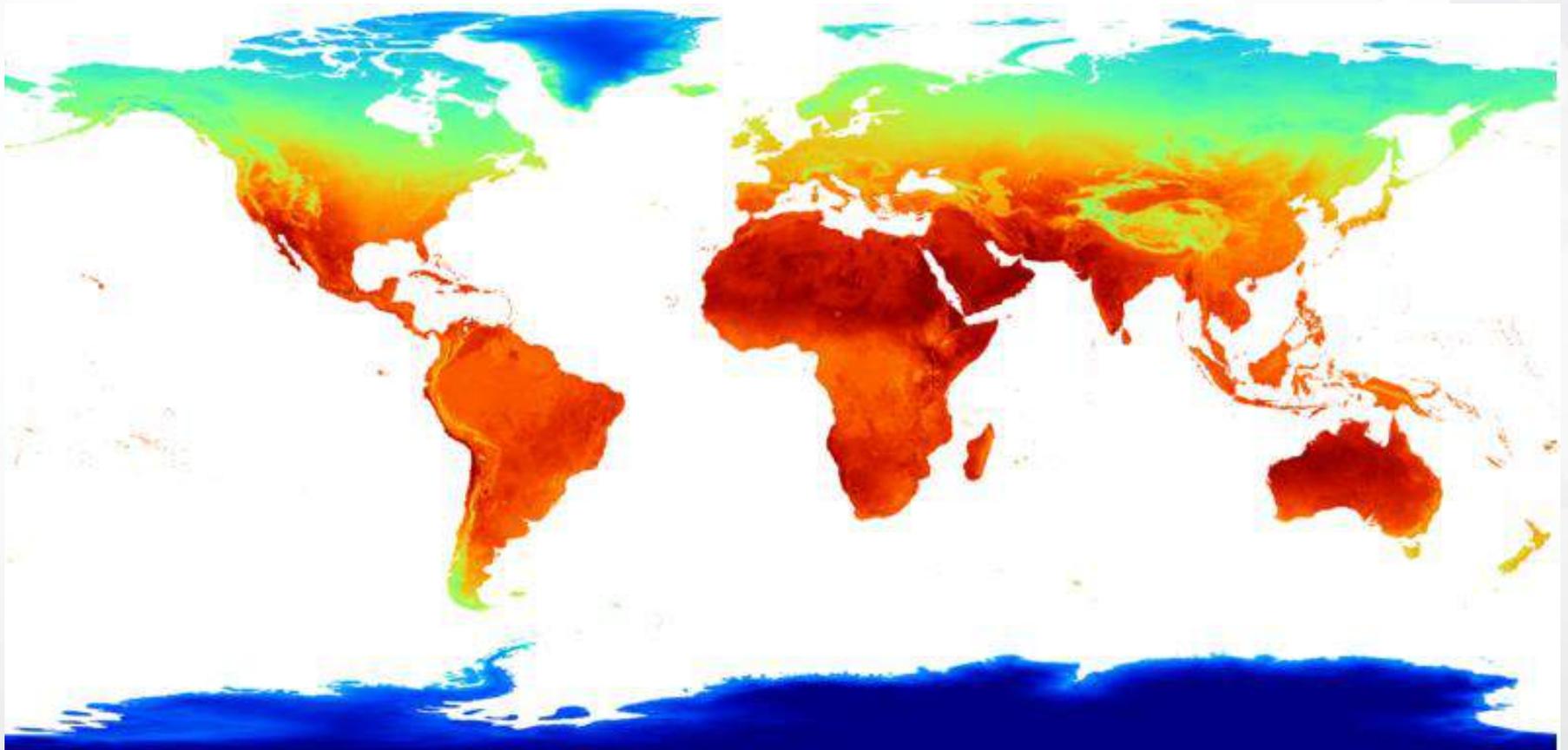
## Sensor MODIS / Terra - Aqua

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

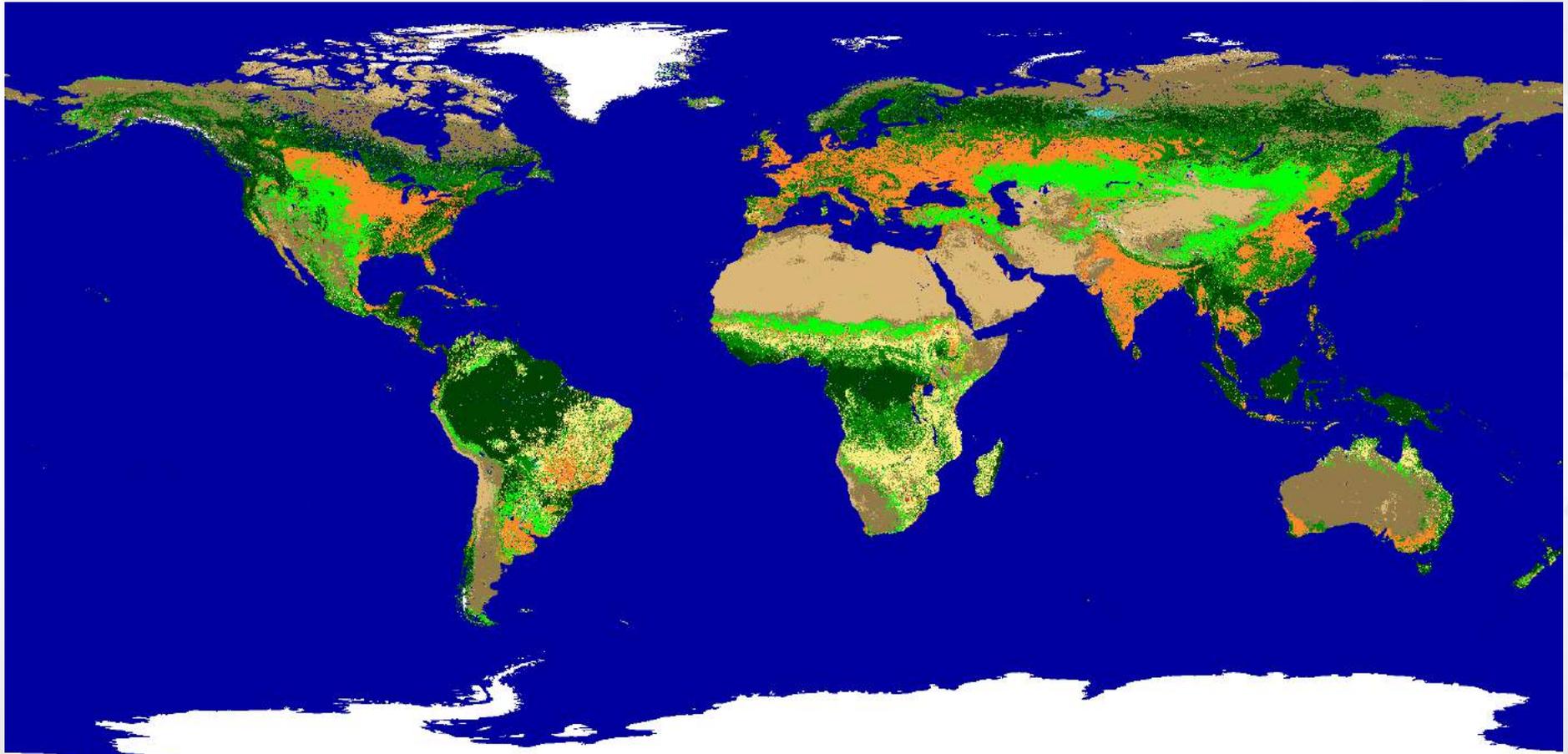
Recobrimento global em 1 ou 2 dias com resolução espacial de até 250 metros



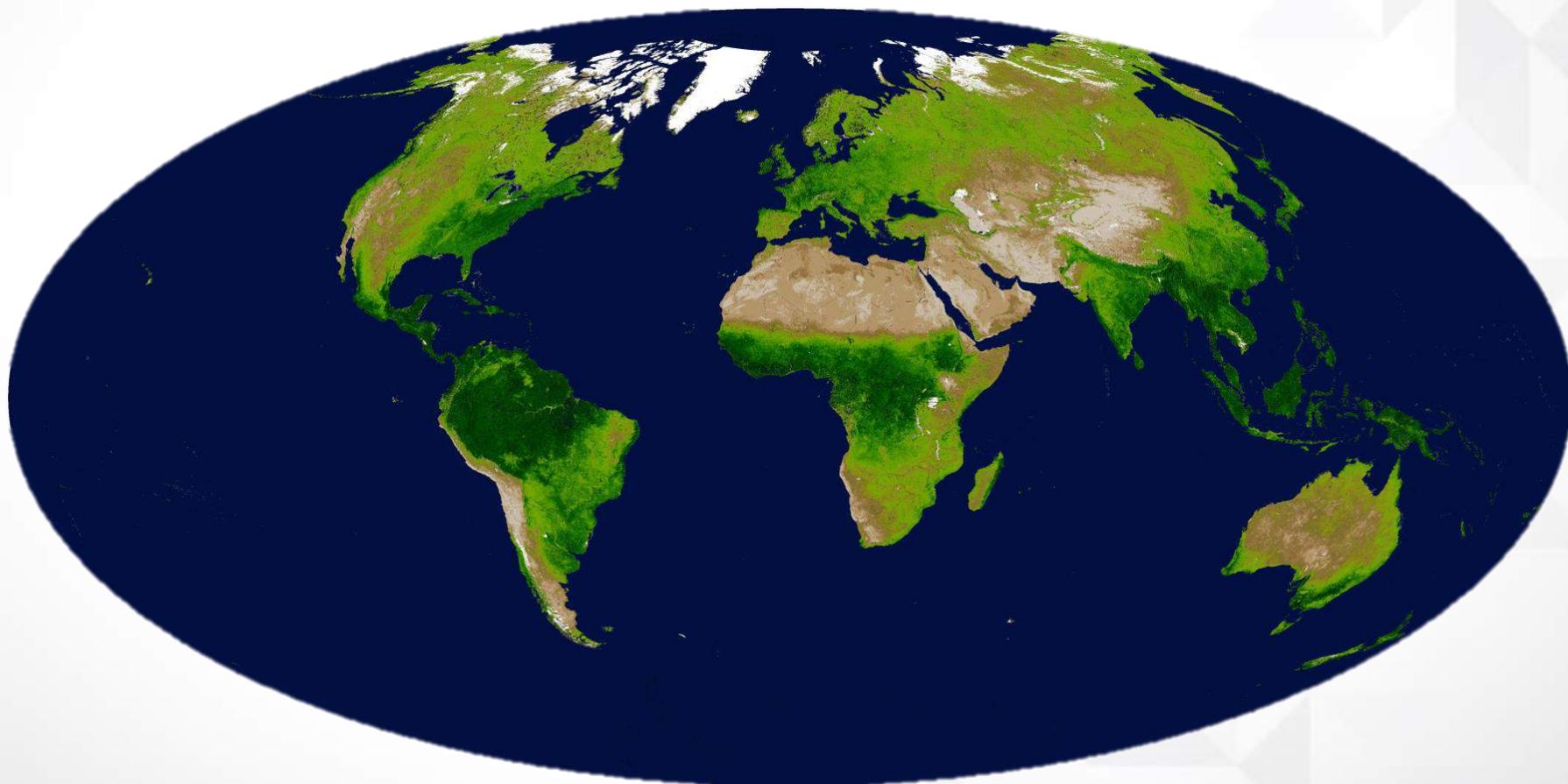
# Temperatura - MODIS



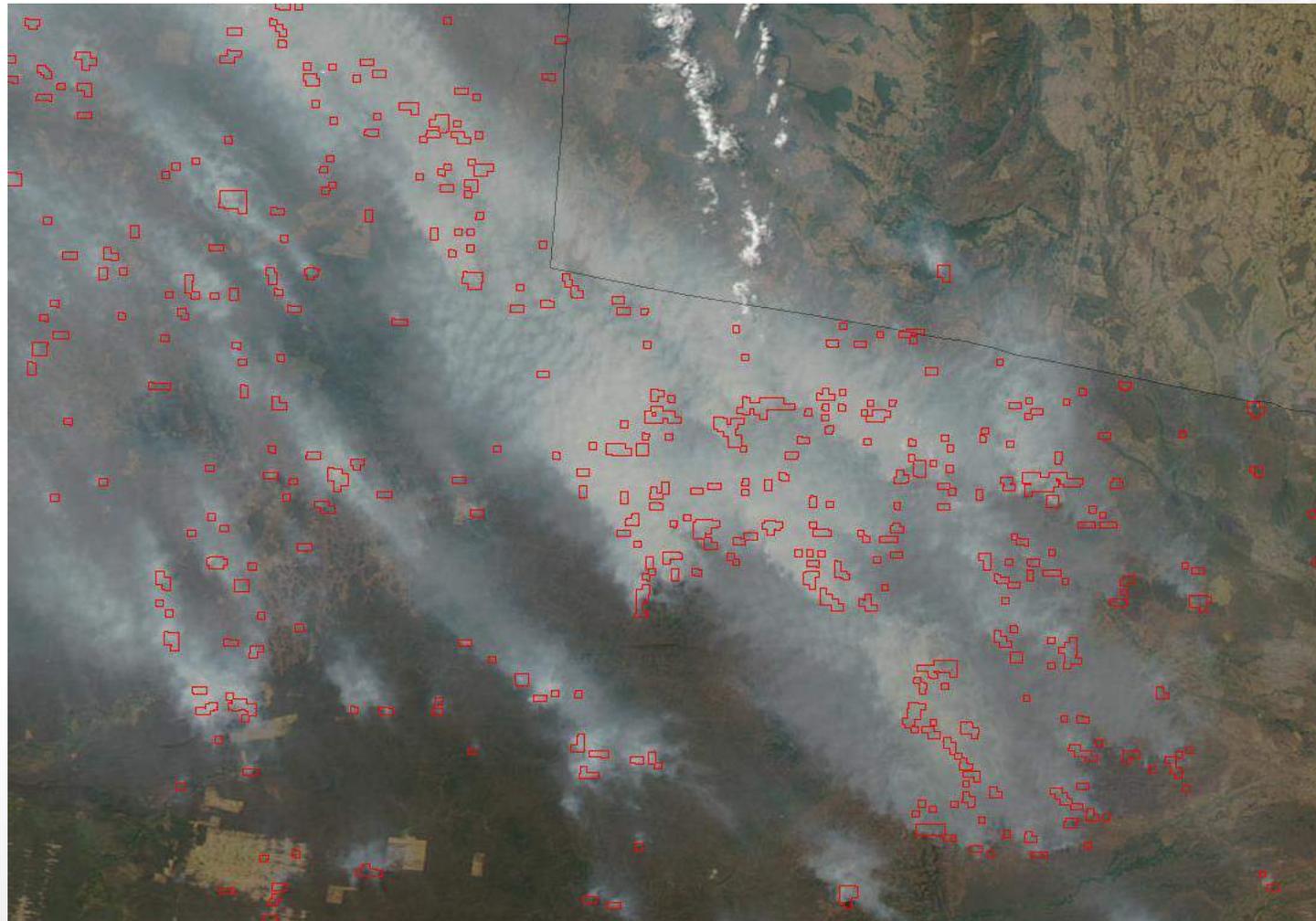
## Uso e Cobertura da Terra - MODIS



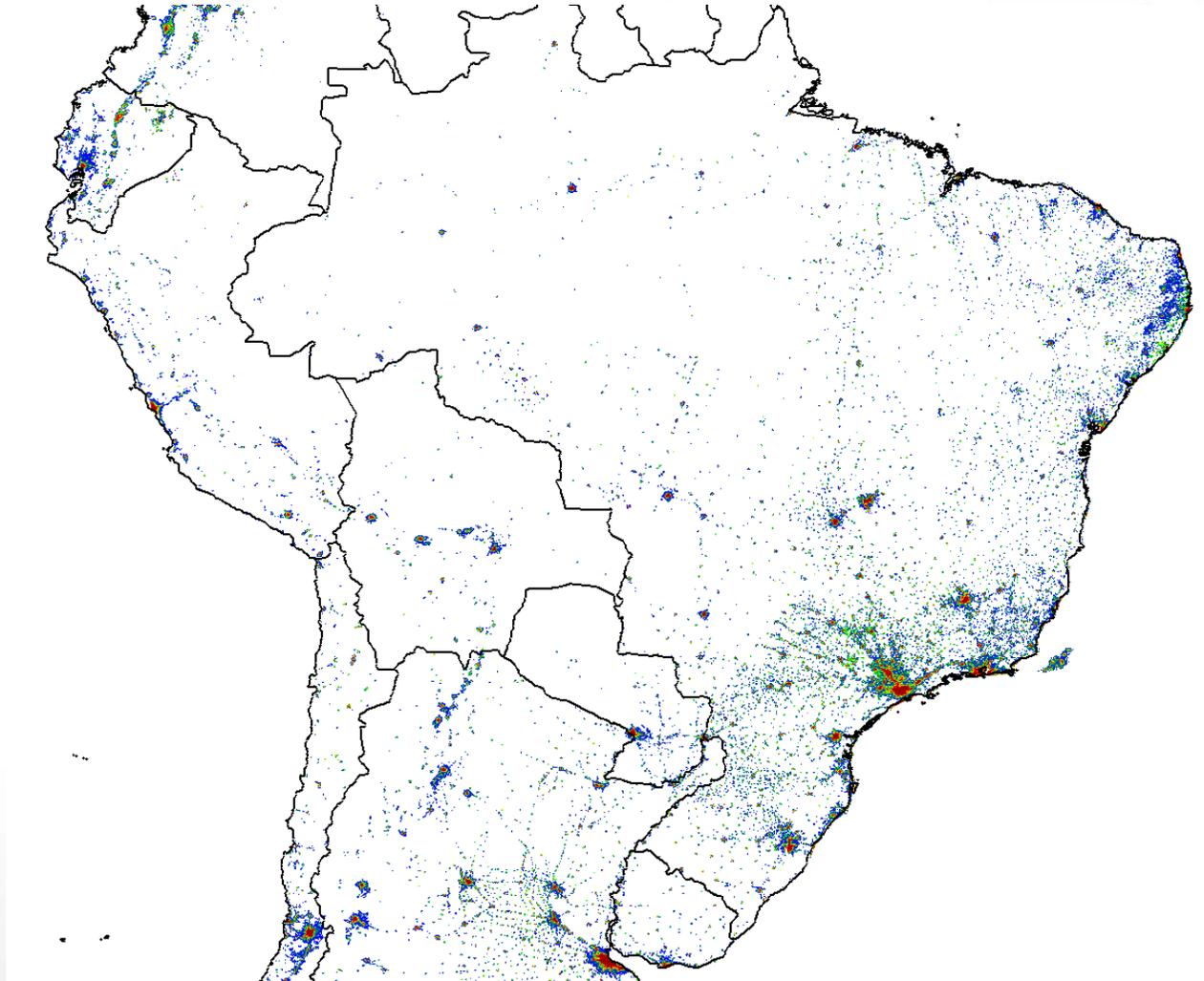
# Índice de Vegetação - MODIS



# Área Queimada - MODIS

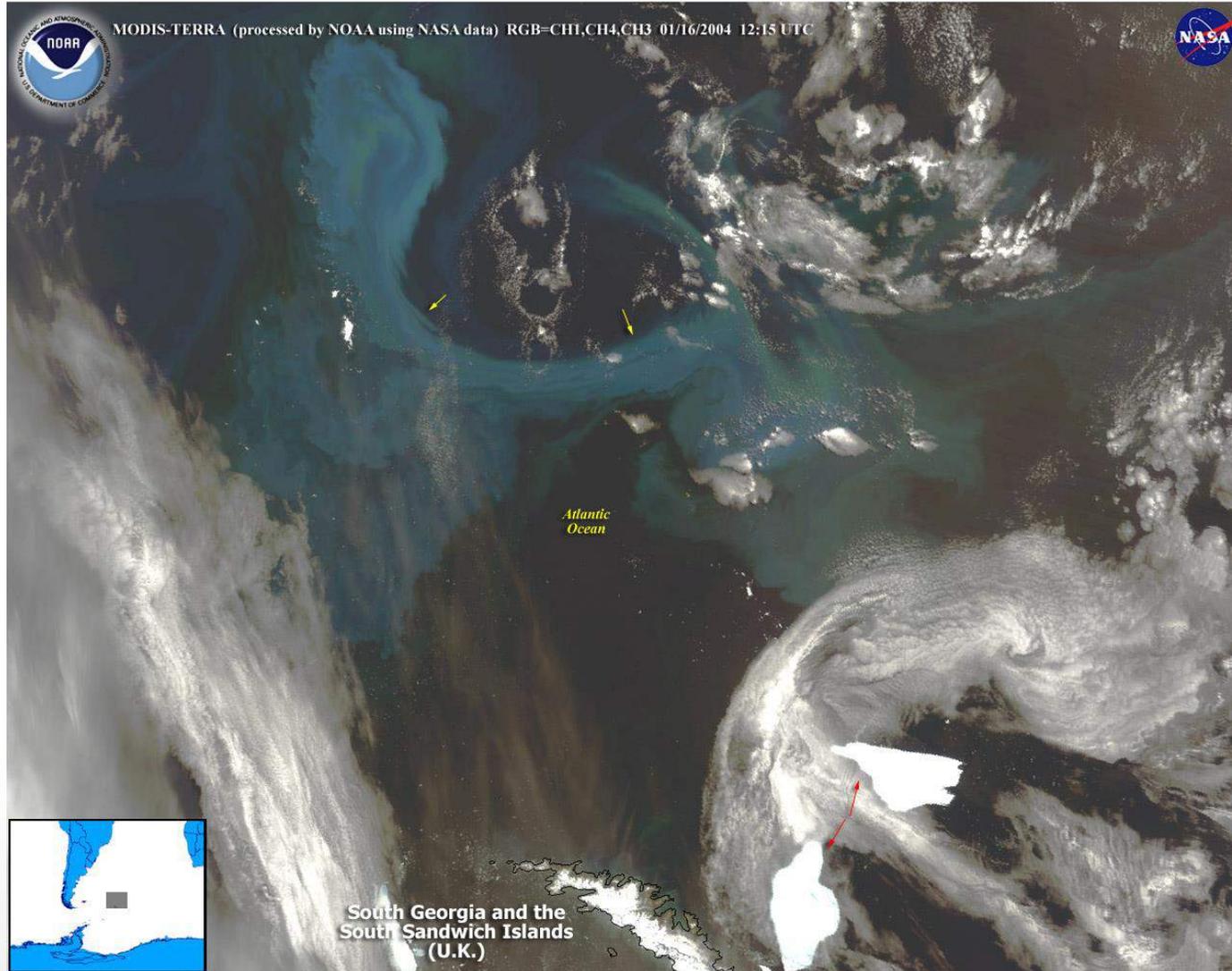


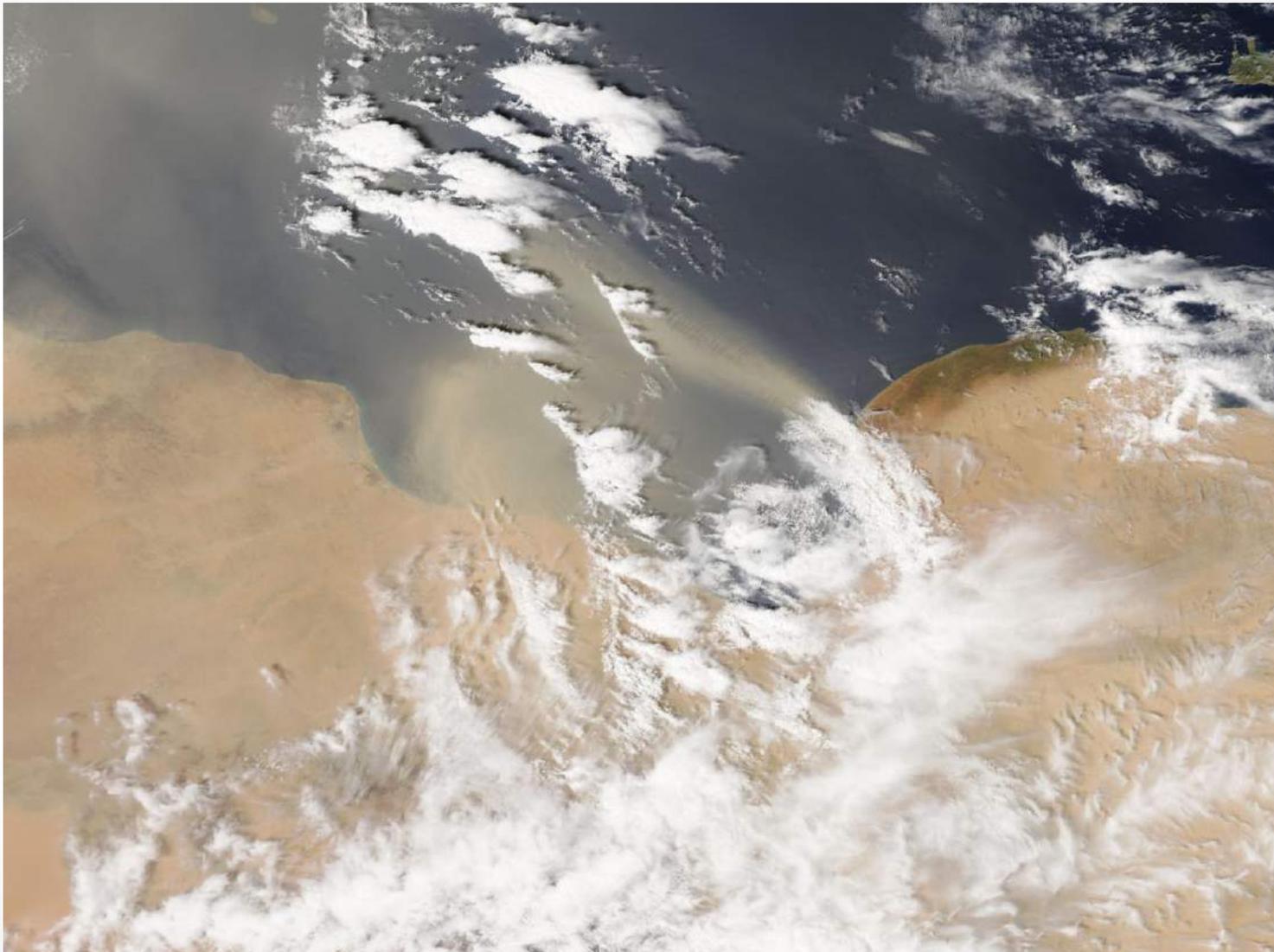
# Luzes



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



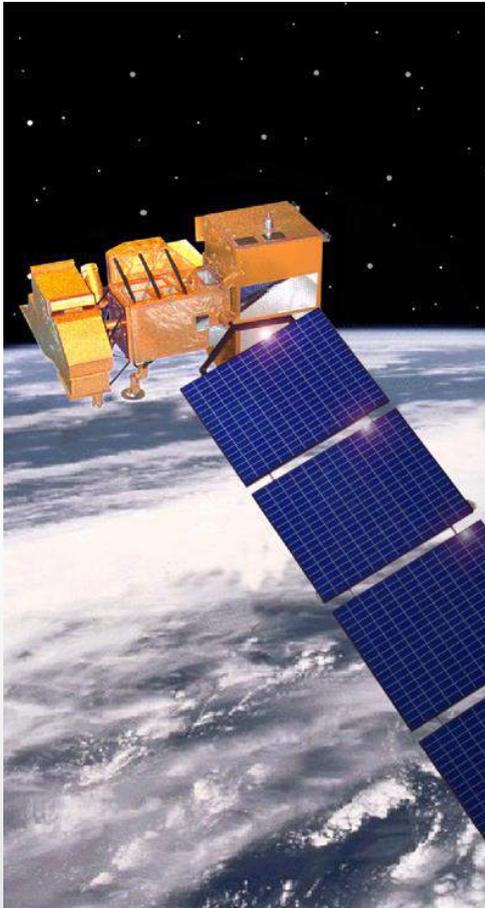


Deserto do Saara



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																																																																																	

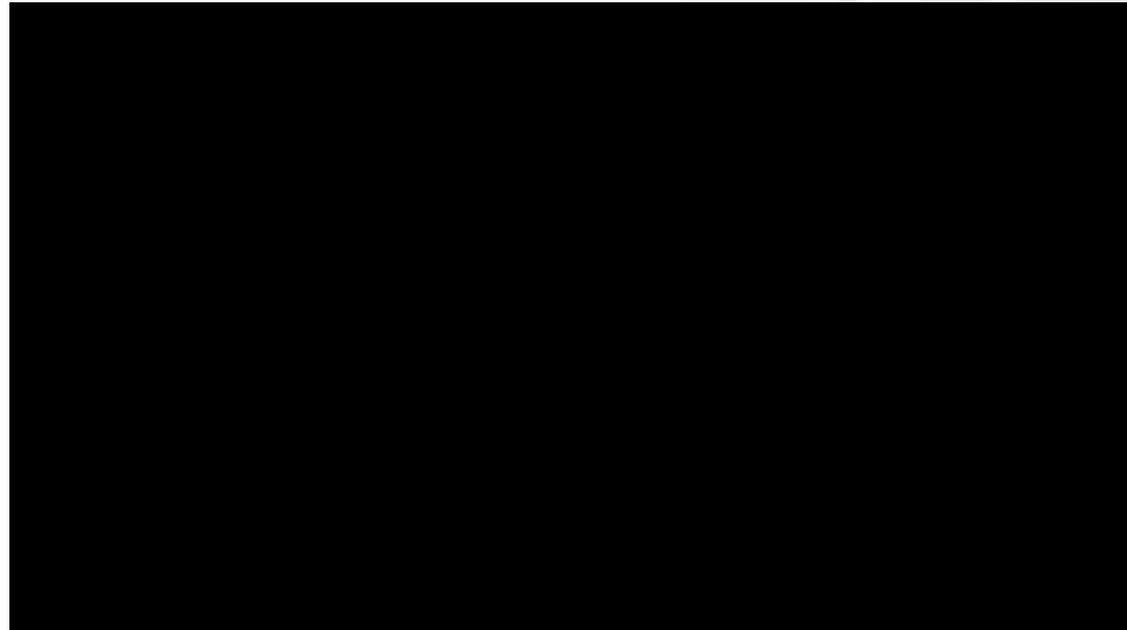
- Lançamento/Operação
- Operação
- Operação/Término
- Falha no Lançamento
- Previsto

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

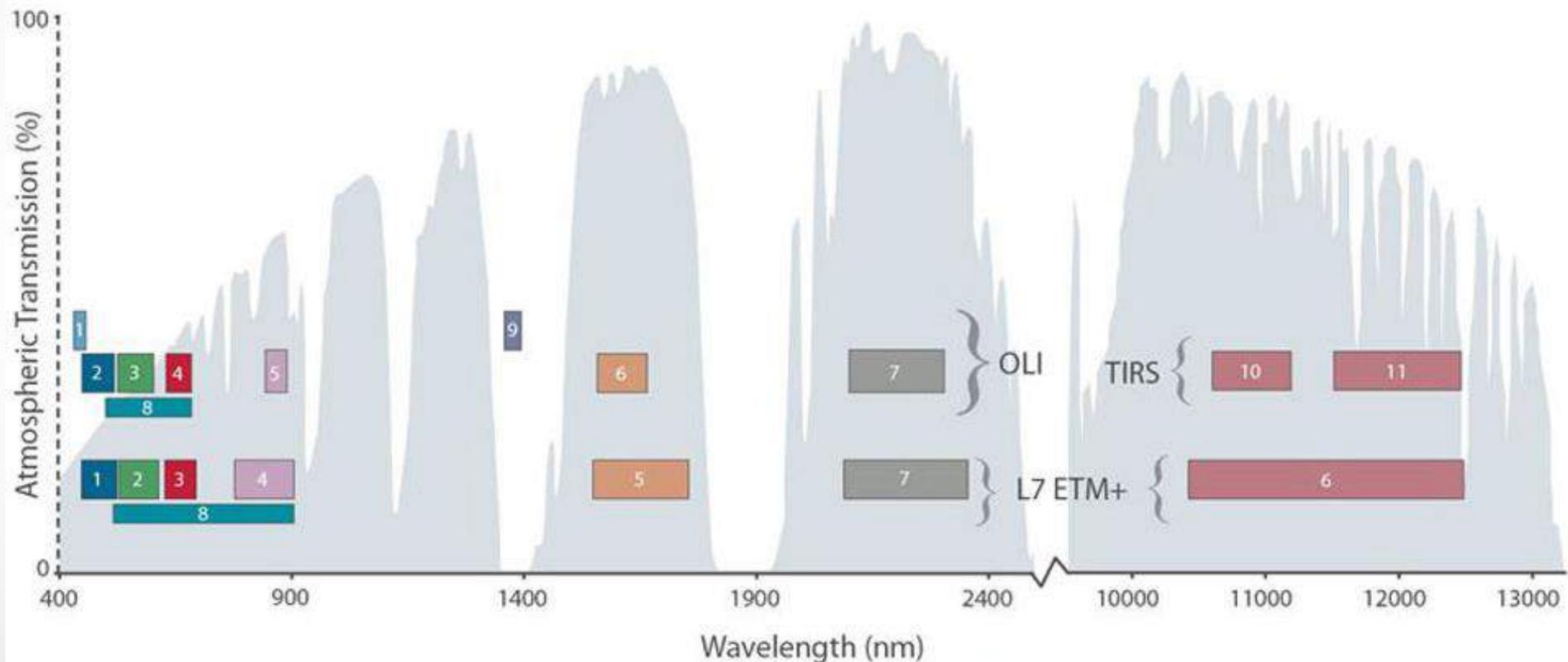
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)	(B1) AZUL	0.45-0.515 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	183 km	8 bits
	(B2) VERDE	0.525-0.605 $\mu\text{m}$				
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 $\mu\text{m}$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

# 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).

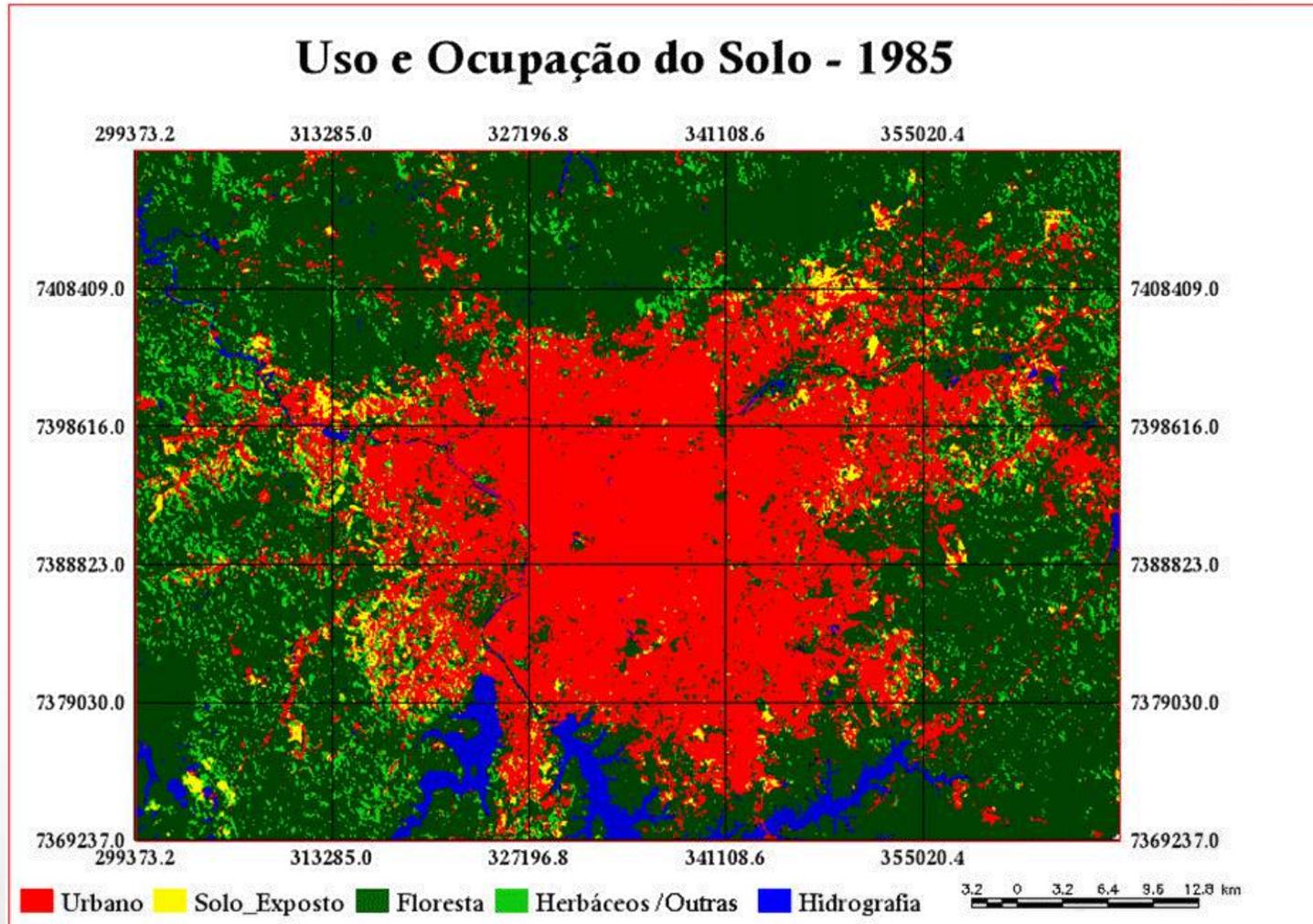
## Exemplos LANDSAT-1 e 5



Mar Aral - Uzbequistão

Fonte: USGS

# Exemplos – Landsat-5

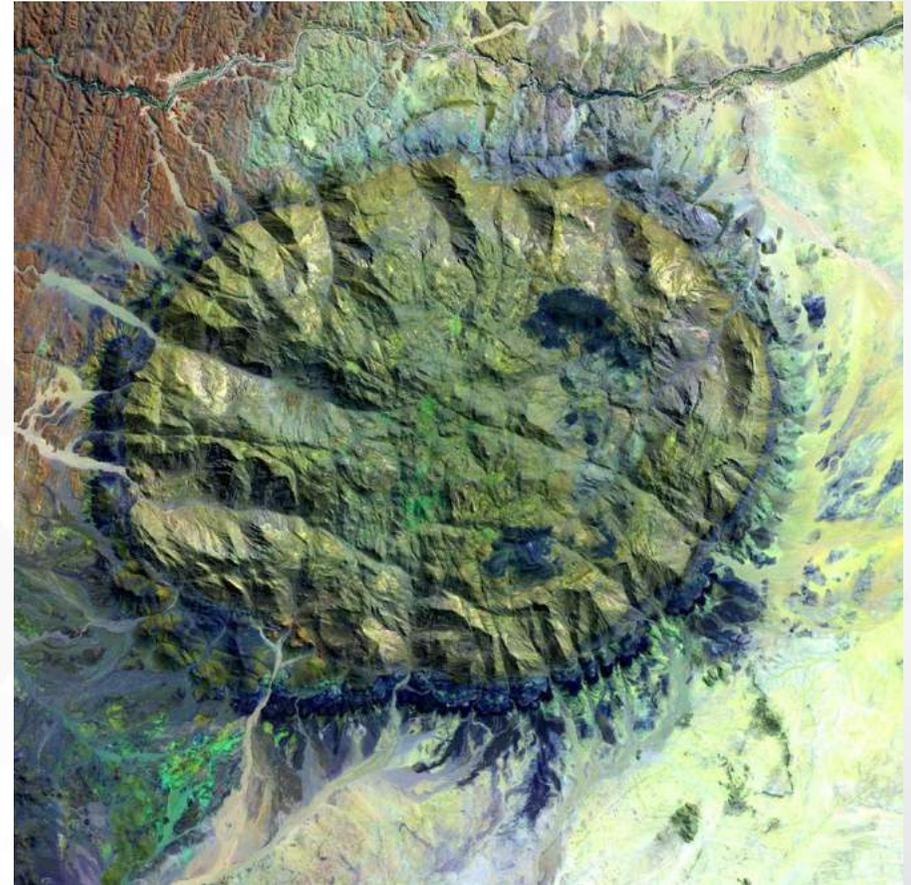


## LANDSAT-5 Sensor TM



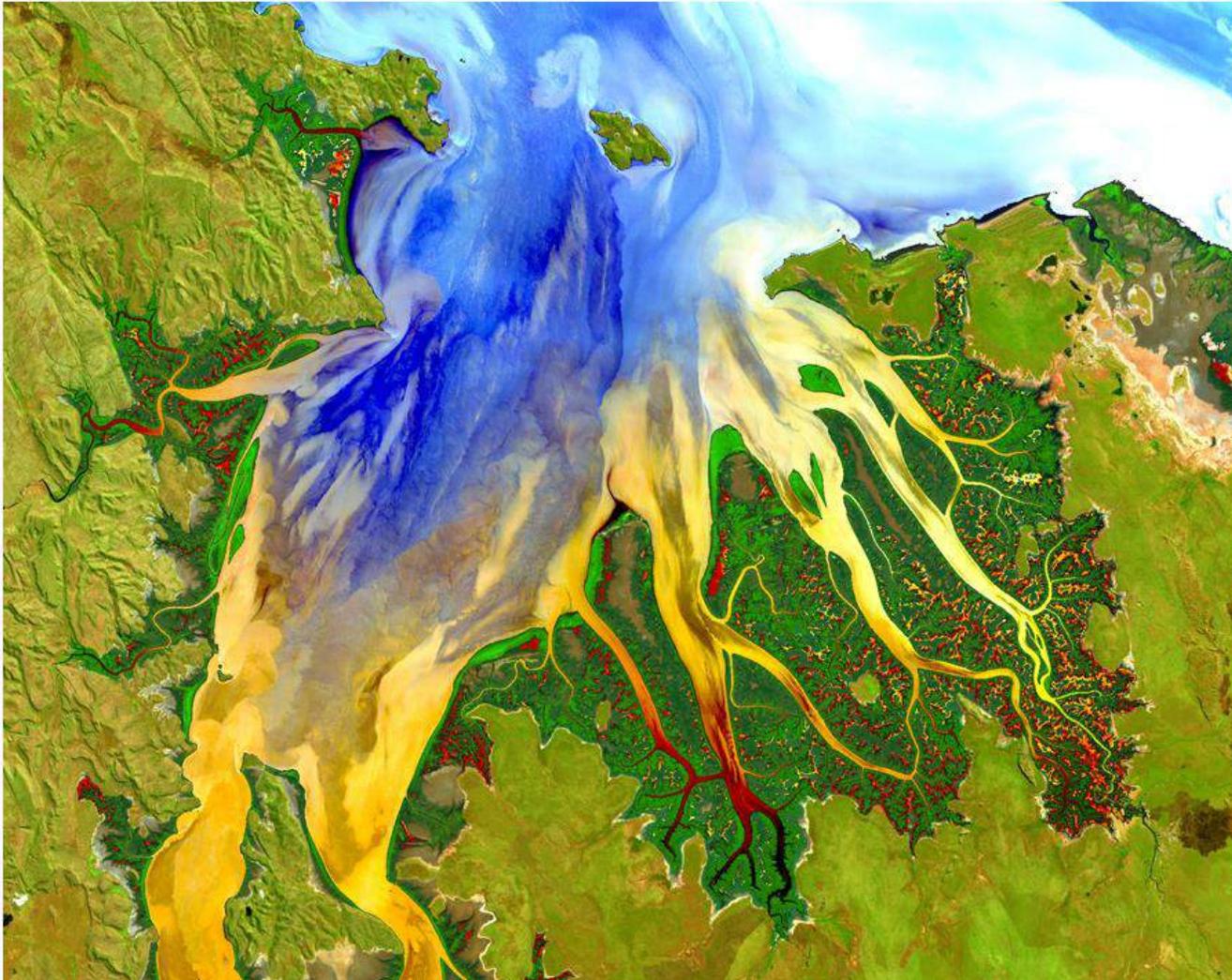
**Delta do Rio Nilo - Egito**

## 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

## 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.

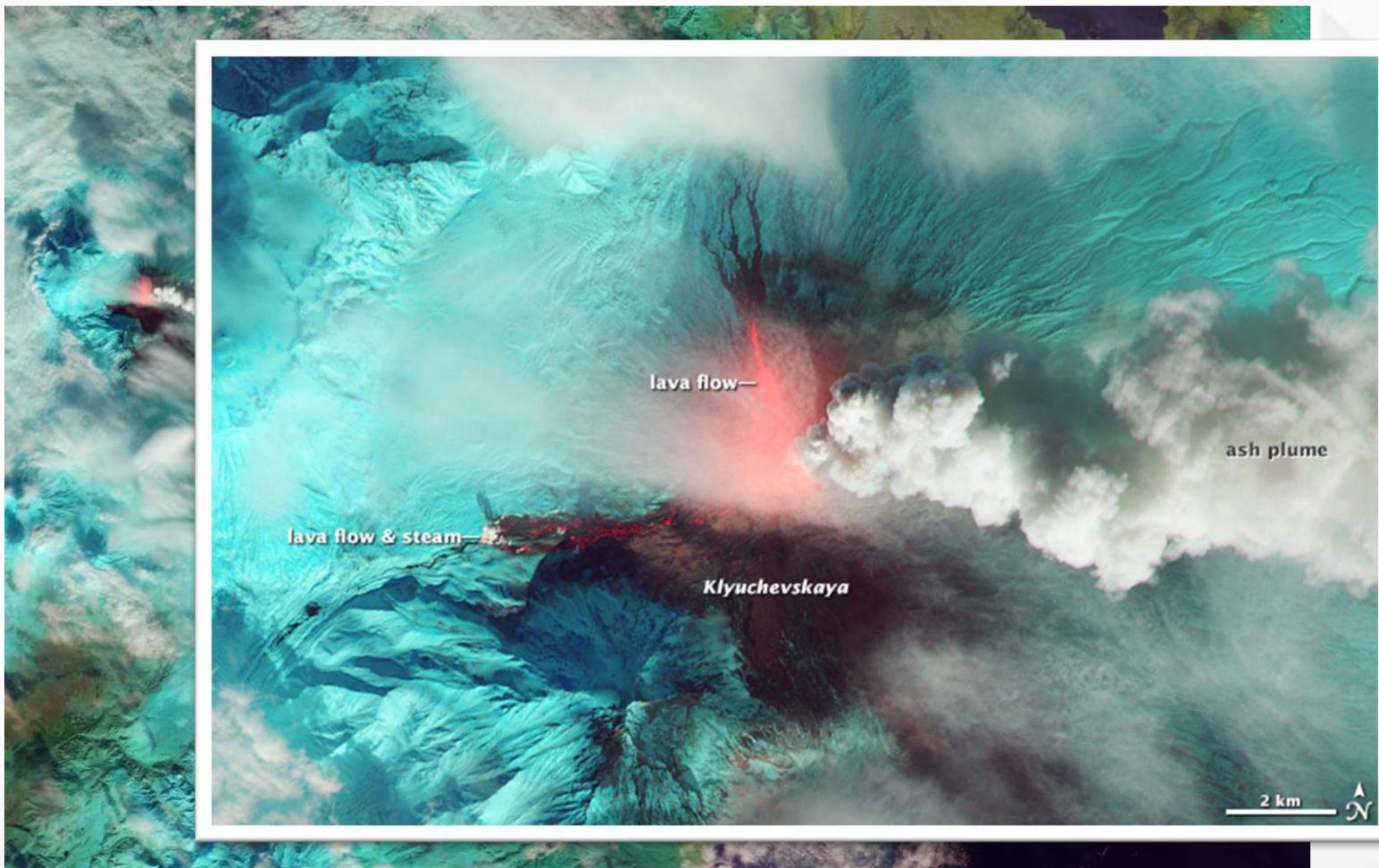


Landsat 8  
May 9, 2014



Landsat 7  
May 17, 2014





Vulcão Klyuchevskaya, Península Kamchatka, Rússia

# Sentinel 2A/B

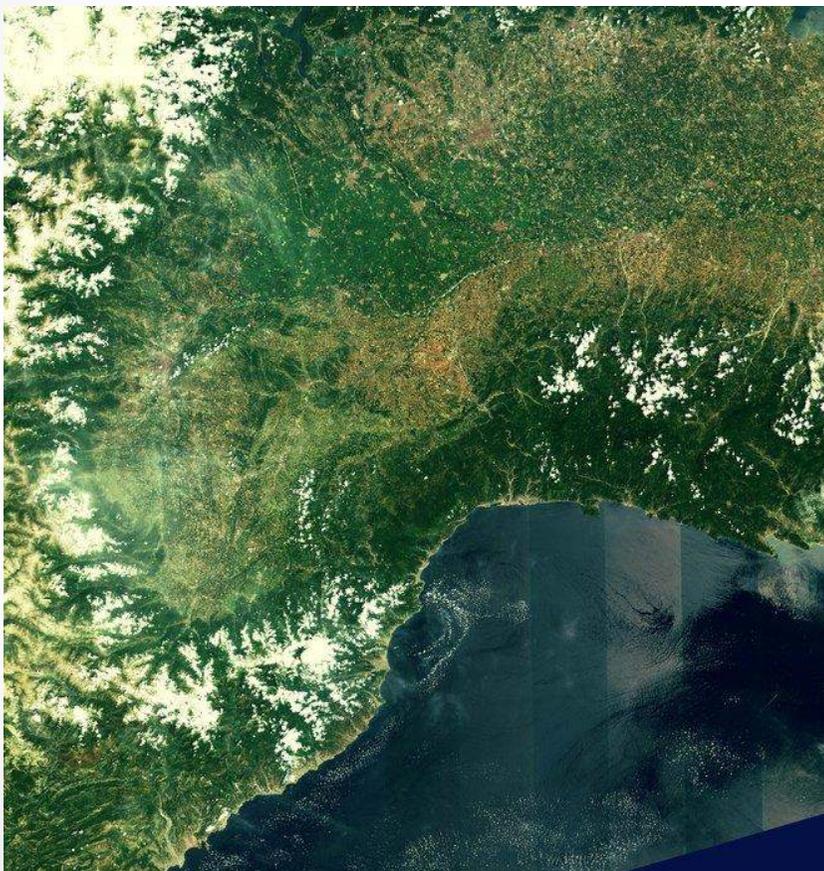
- Órbita polar
- Continuidade aos dados Landsat e SPOT
- 2 satélites em órbita simultaneamente

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](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

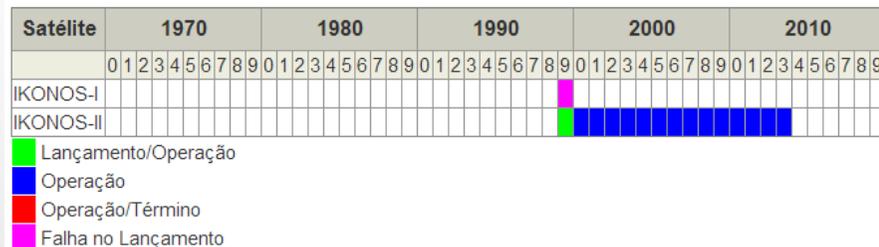


Visível – 10m



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

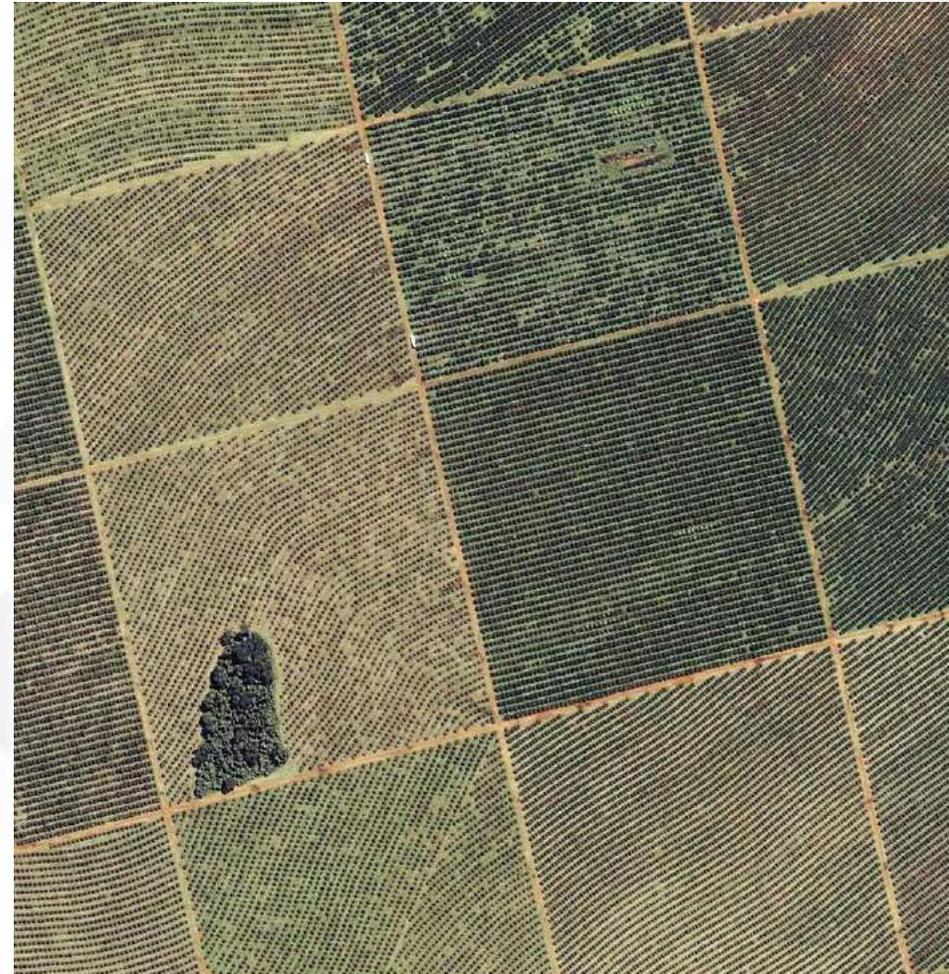
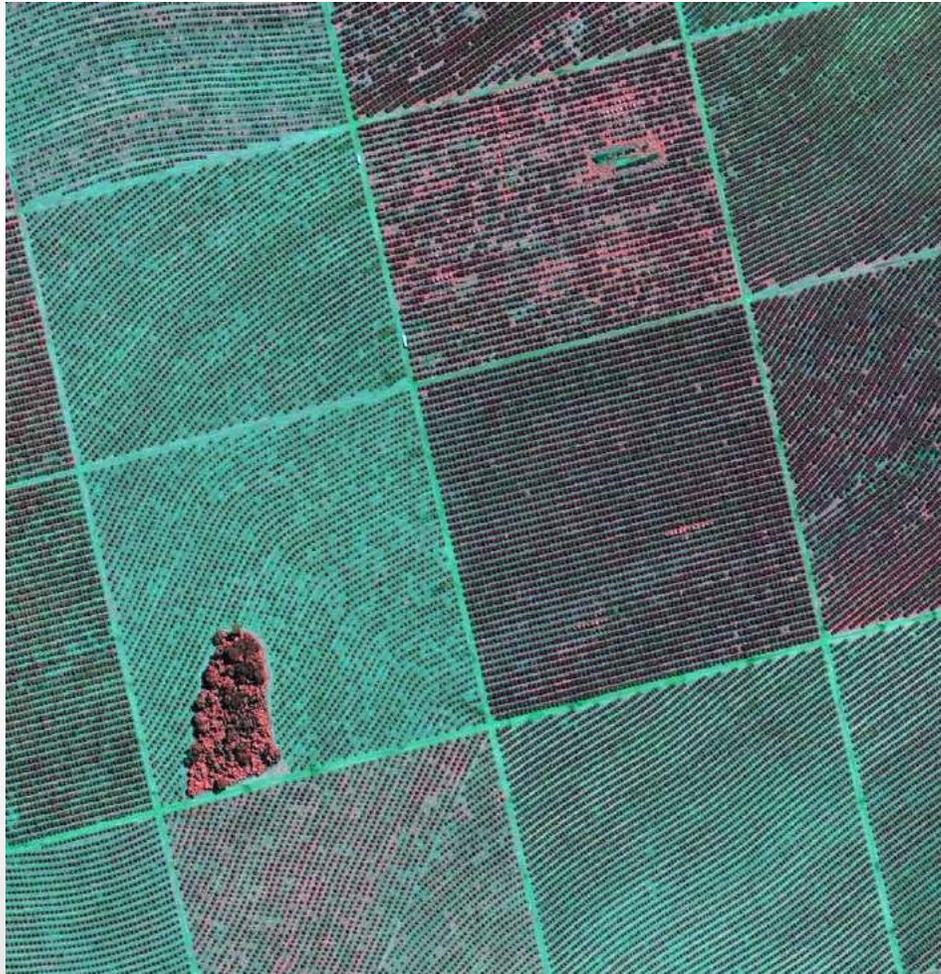


## Principais Aplicações

- 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 $\mu$ m	1 metro	2,9 dias	11 bits	faixas de 11 x 100 km até 11 x 1000km
MS	AZUL	0,45 - 0,52 $\mu$ m	4 metros	1,5 dia		
	VERDE	0,52 - 0,60 $\mu$ m				
	VERMELHO	0,63 - 0,69 $\mu$ m				
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,76 - 0,90 $\mu$ m				

# Alta resolução espacial - IKONOS



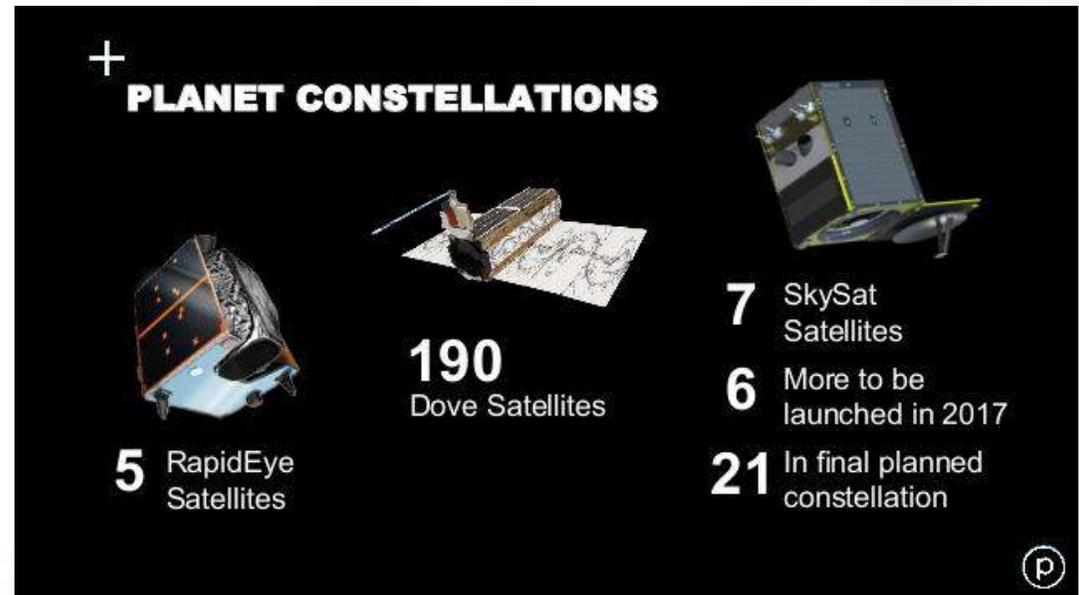
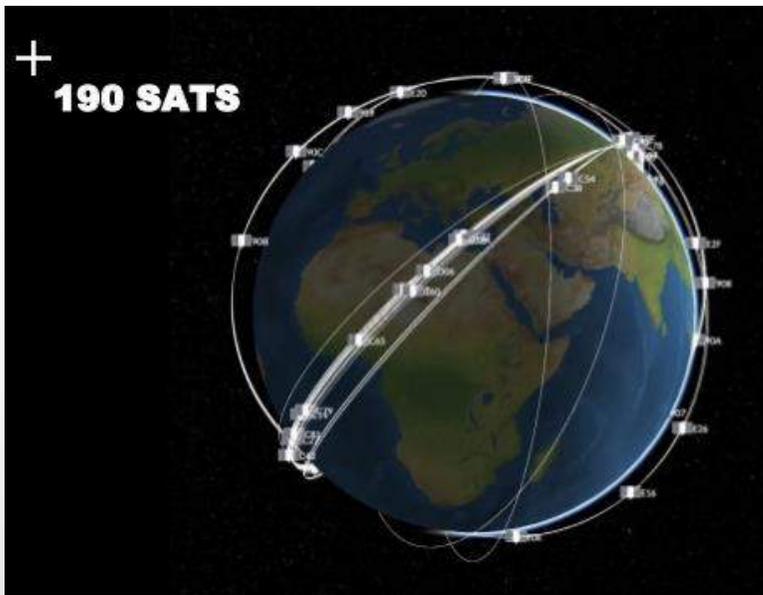
# Alta resolução espacial - IKONOS



# Alta resolução espacial – Planet Labs

## Planet

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



# Alta resolução espacial - Planet

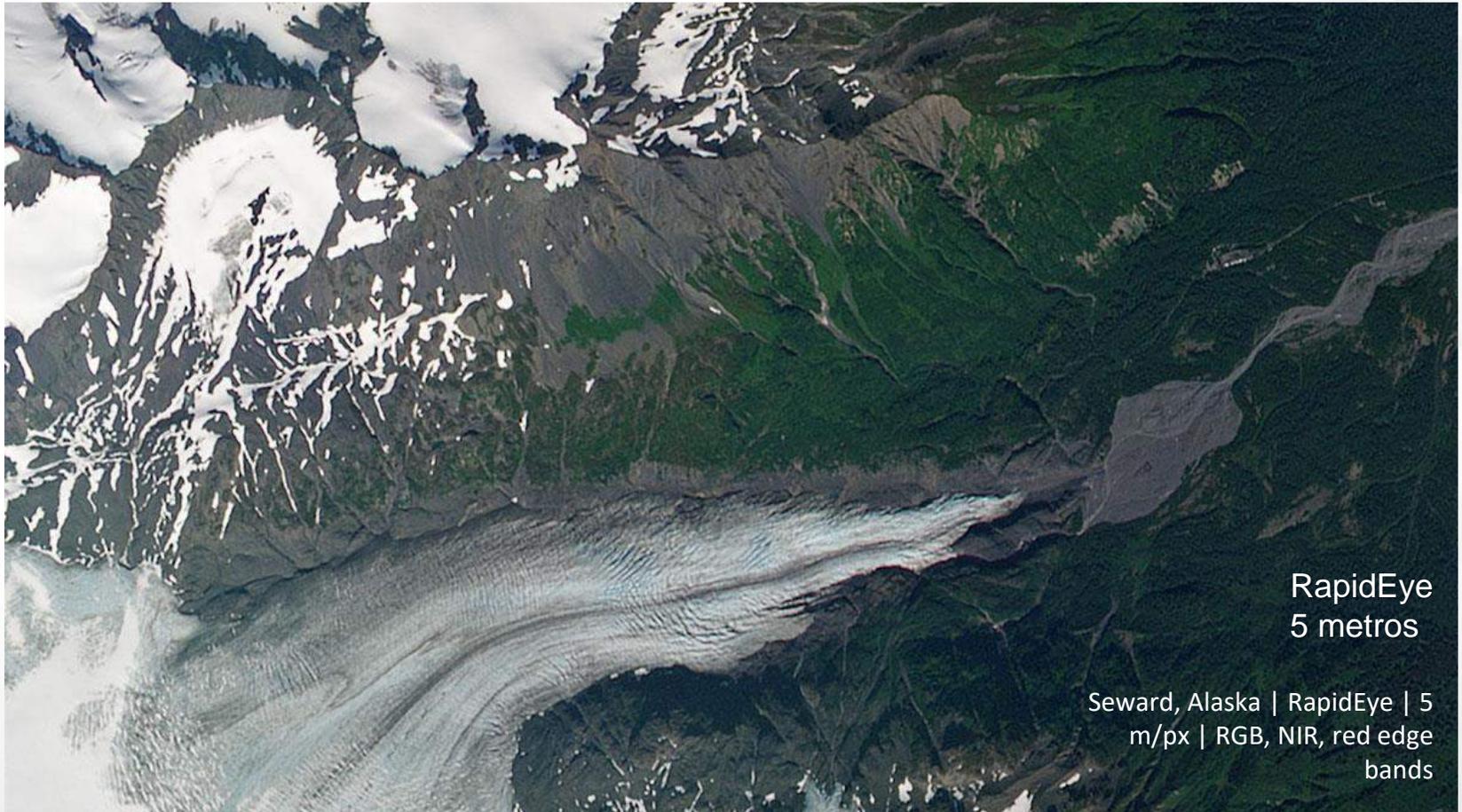


# Alta resolução espacial - Planet



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

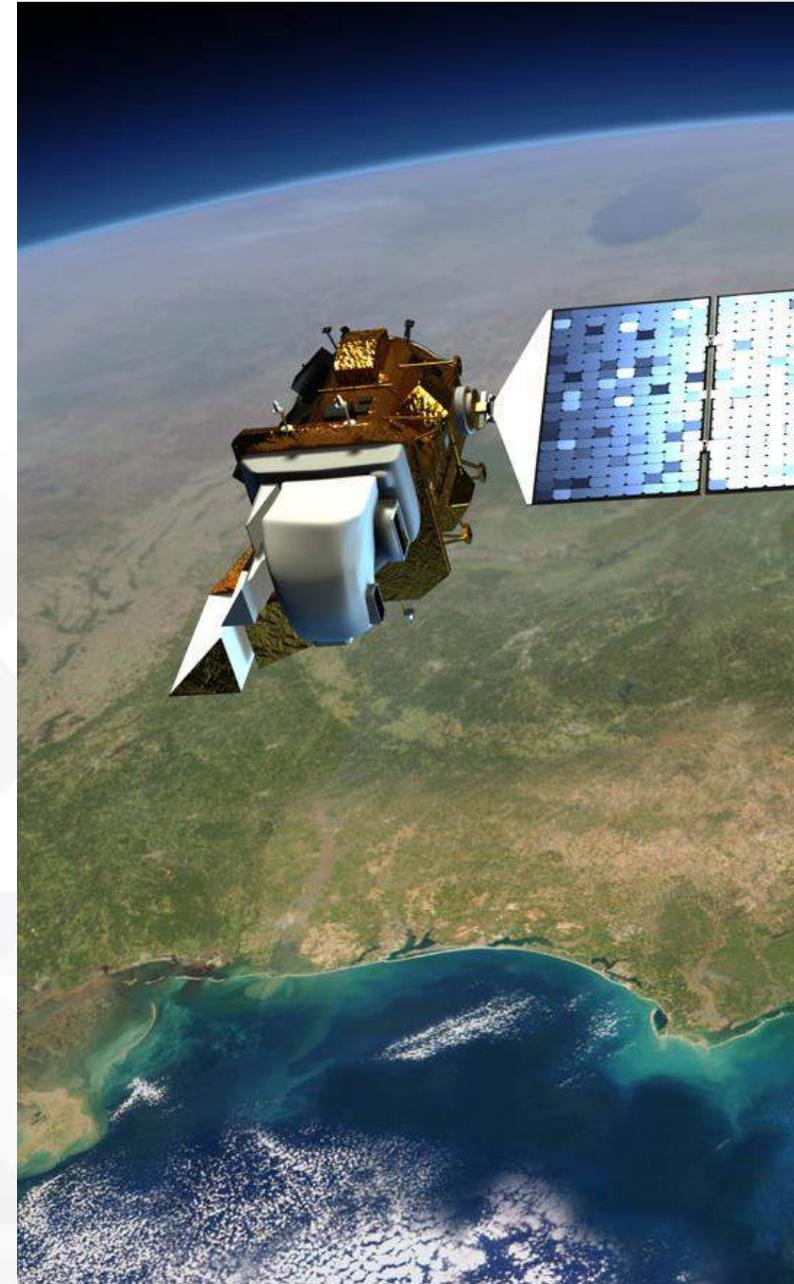
# Alta resolução espacial Planet Labs



# Alta resolução espacial Planet Labs



# Principais Satélites e Sensores Brasileiros



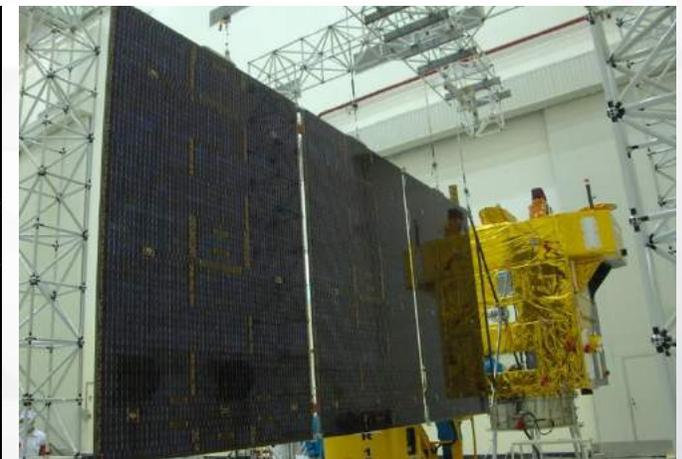
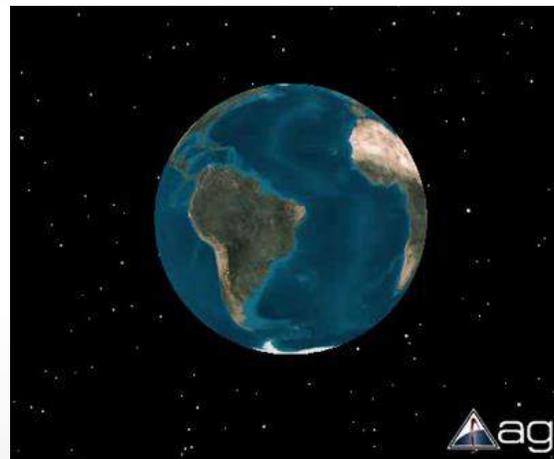
# CBERS

## 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										■	■	■	■	■	■																
CBERS-2														■	■	■	■	■	■	■	■										
CBERS-2B																															
CBERS-3																										■					
CBERS-4																										■	■	■	■	■	■
CBERS-4A																															■

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



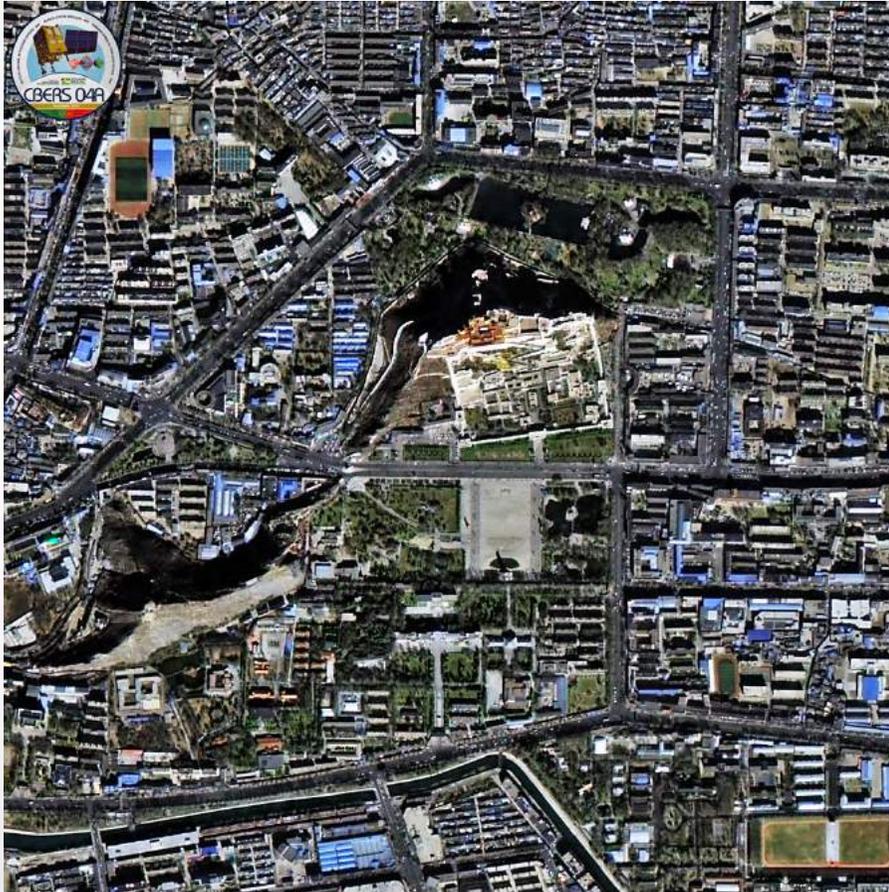
# CBERS – 4A



Características das câmeras do CBERS 04A

Característica	WPM	MUX	WFI
Bandas Espectrais	0,45-0,52 $\mu$ m (B) 0,52-0,59 $\mu$ m (G) 0,63-0,69 $\mu$ m (R) 0,77-0,89 $\mu$ m (NIR) 0,45-0,90 $\mu$ m (PAN)	0,45-0,52 $\mu$ m (B) 0,52-0,59 $\mu$ m (G) 0,63-0,69 $\mu$ m (R) 0,77-0,89 $\mu$ m (NIR)	0,45-0,52 $\mu$ m (B) 0,52-0,59 $\mu$ m (G) 0,63-0,69 $\mu$ m (R) 0,77-0,89 $\mu$ 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 MCTIC UNIDADE DE PESQUISA DO MCTIC



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



AGÊNCIA VINCULADA DO MCTIC UNIDADE DE PESQUISA DO MCTIC



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



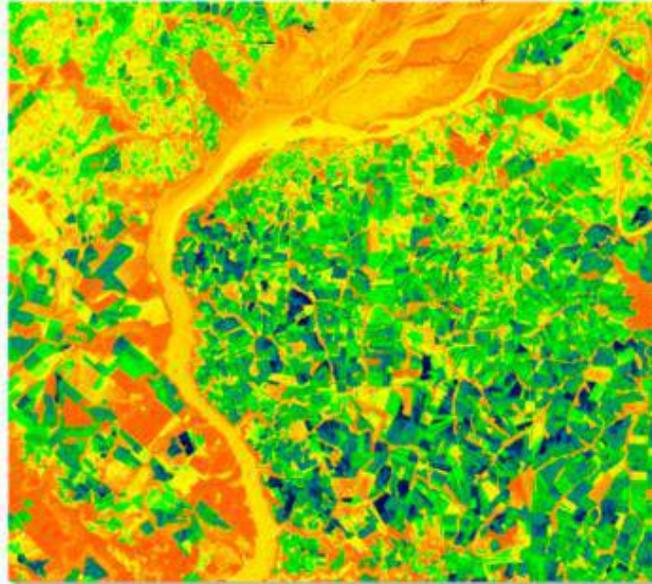
AGÊNCIA VINCULADA DO MCTIC UNIDADE DE PESQUISA DO MCTIC



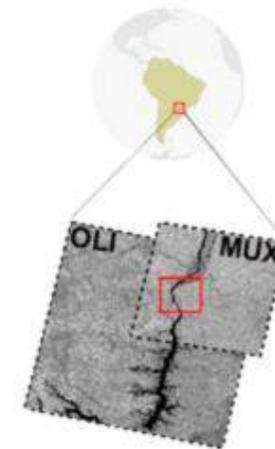
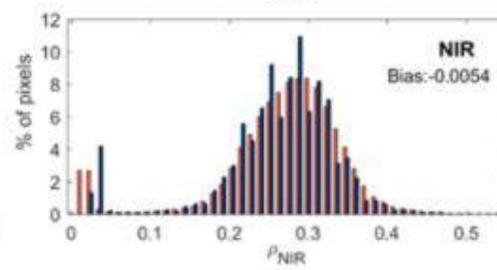
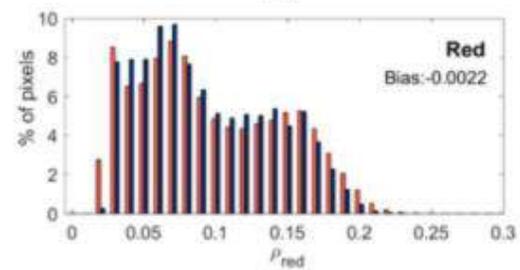
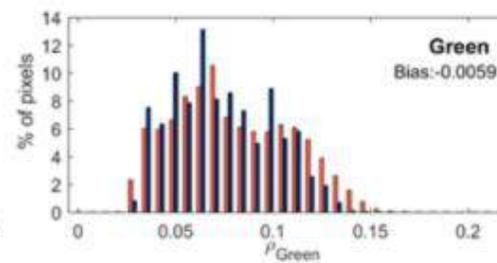
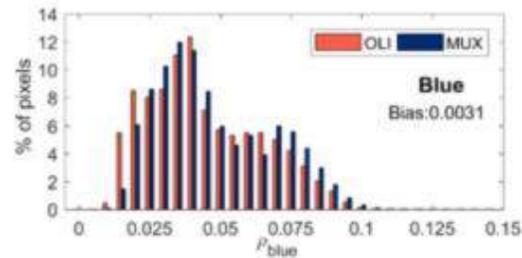
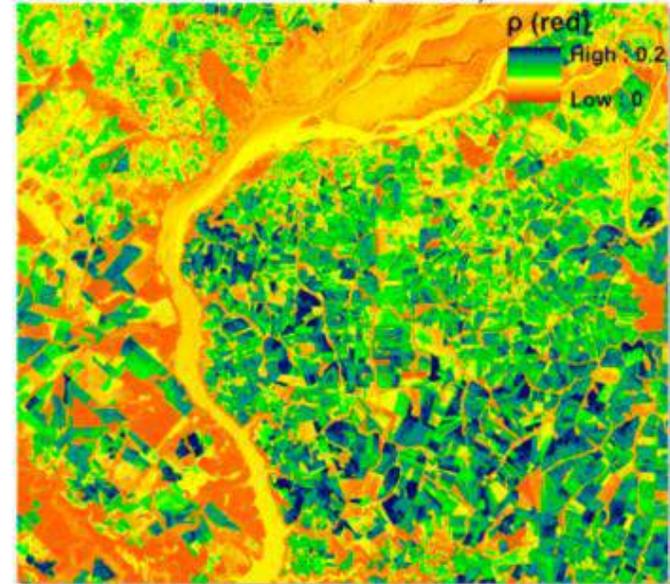
MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

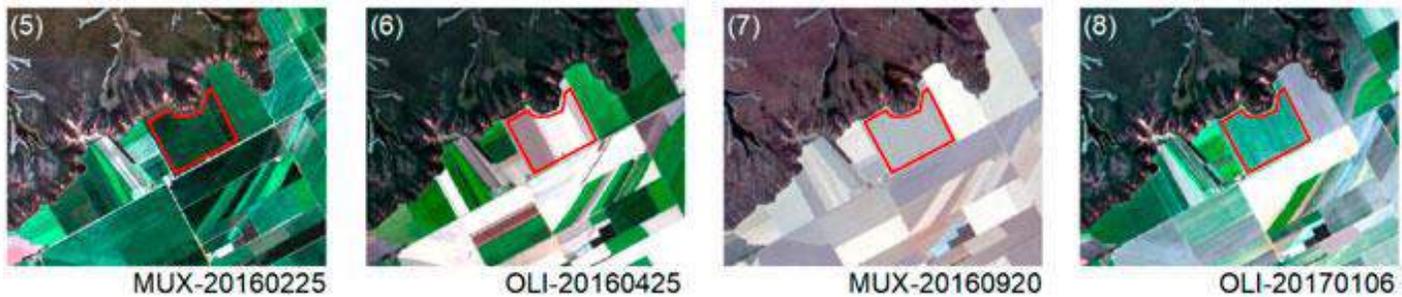
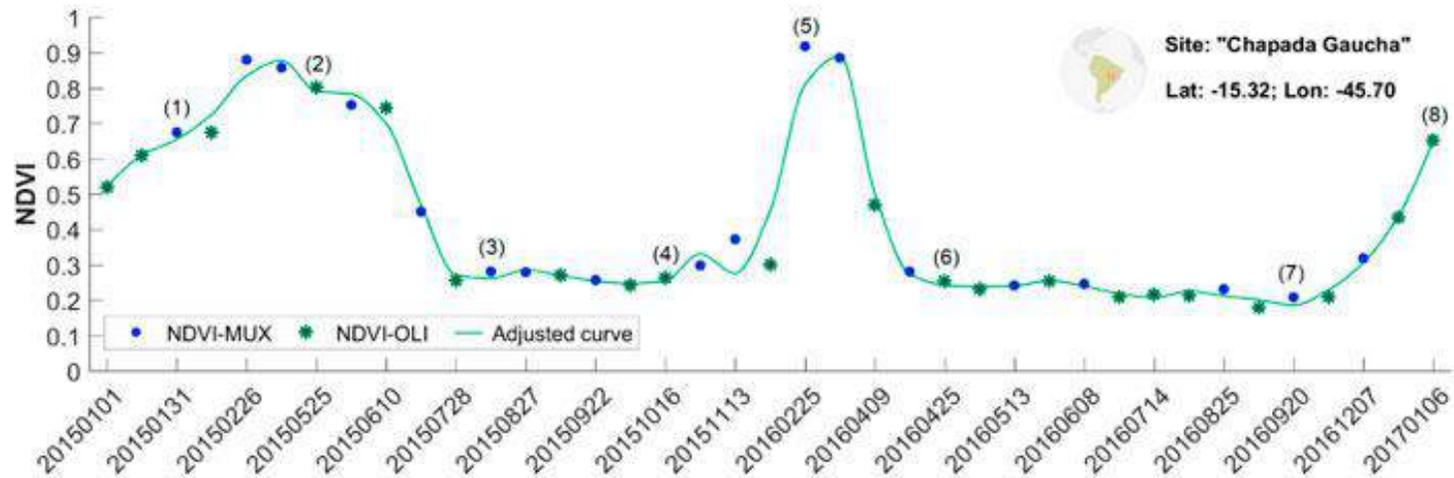
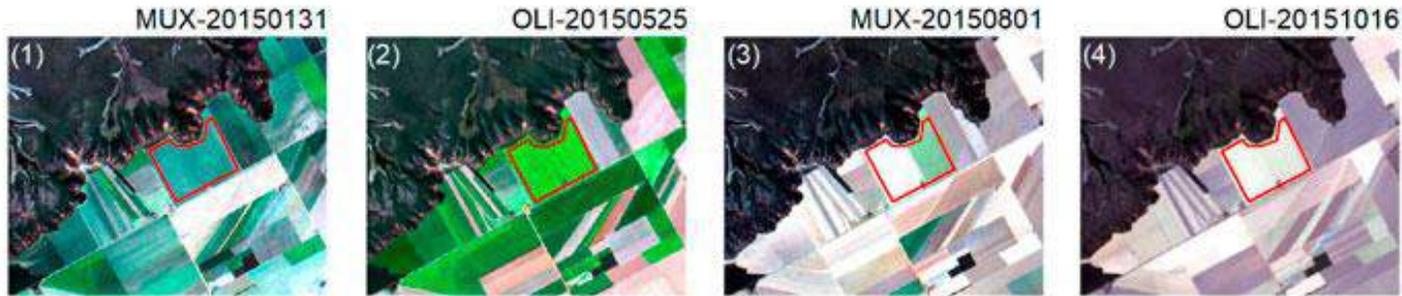


CBERS-4 MUX 2015-08-09 (162/127)



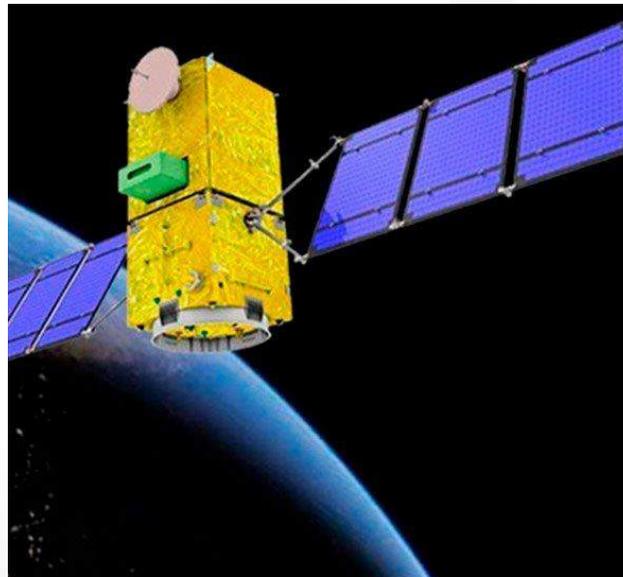
Landsat-8 OLI 2015-08-09 (224/077)





# 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)



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

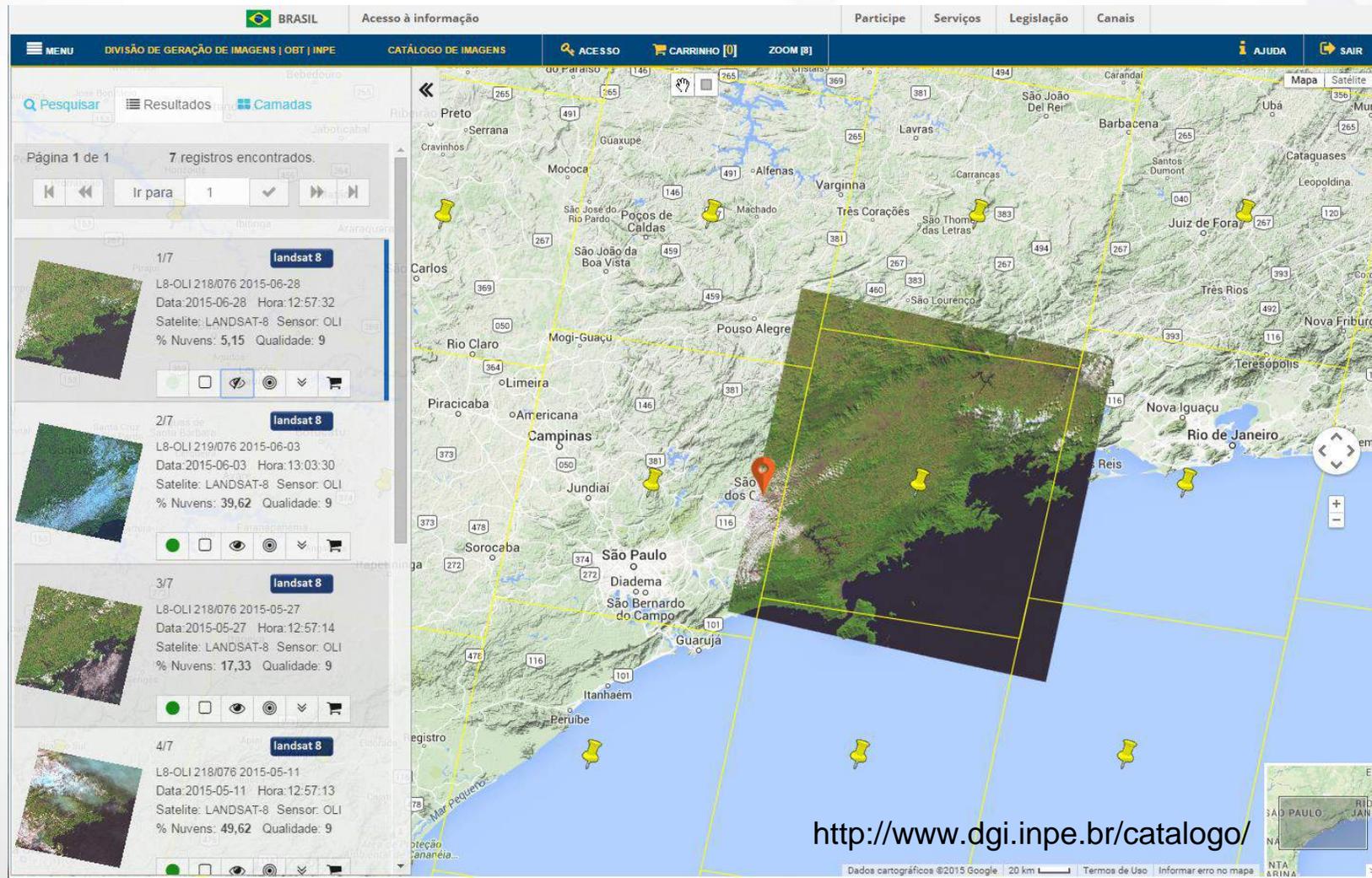
Data / Date: 27-03-2021 / 2021-27-03

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 | OBT | 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 bottom right corner contains the URL <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/> and a small inset map of Brazil.

**BRASIL** Acesso à informação Participe Serviços Legislação Canais

MENU DIVISÃO DE GERAÇÃO DE IMAGENS | OBT | INPE CATÁLOGO DE IMAGENS ACESSO CARRINHO [0] ZOOM [8] AJUDA SAIR

Pesquisar Resultados Camadas

Página 1 de 1 7 registros encontrados.

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

<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>

Dados cartográficos ©2015 Google 20 km Termos de Uso Informar erro no mapa

# 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**  
**Julho/2021**

