



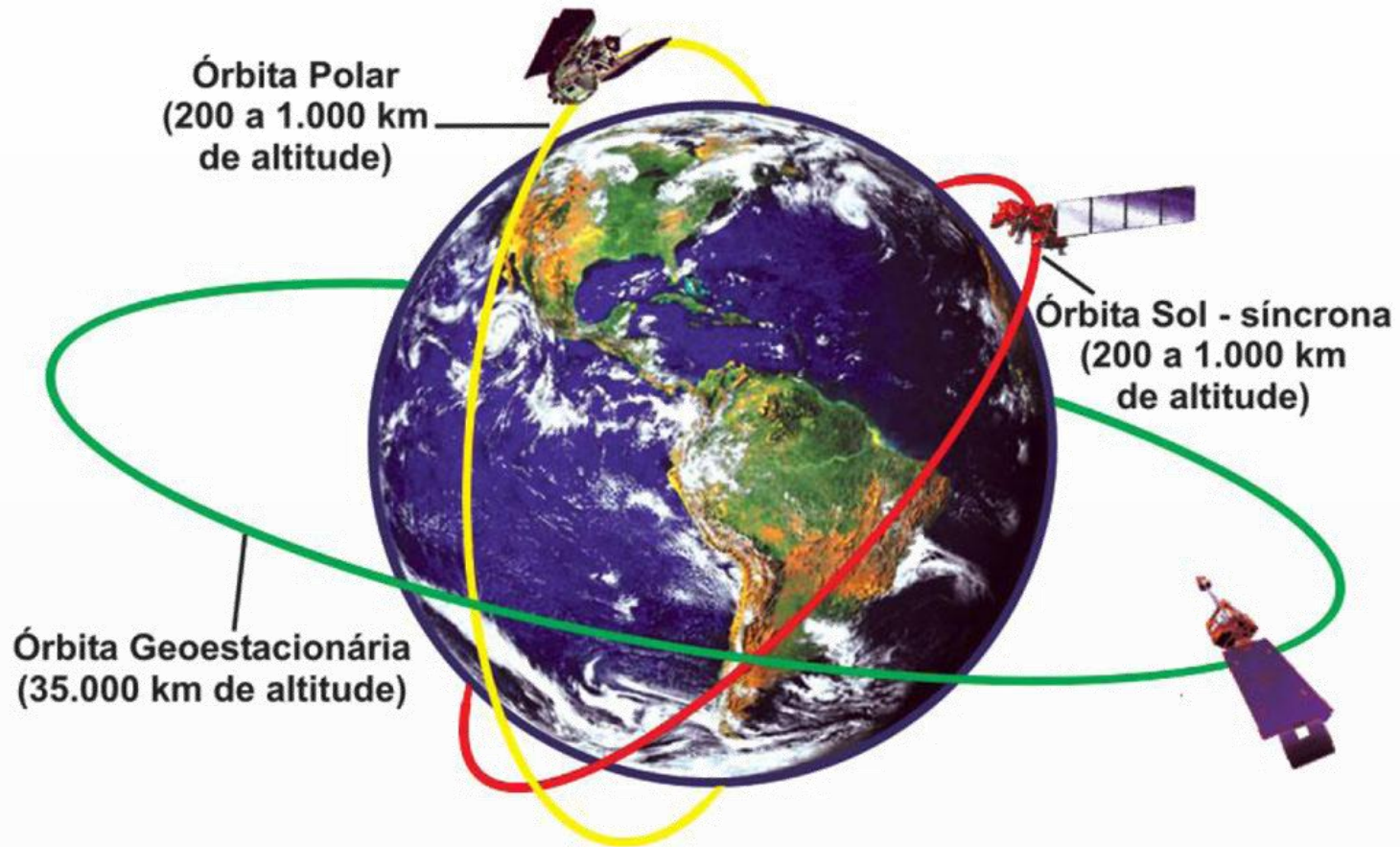
Satélites e Sensores

Bruno Silva Oliveira

São José dos Campos - SP
Julho/2017

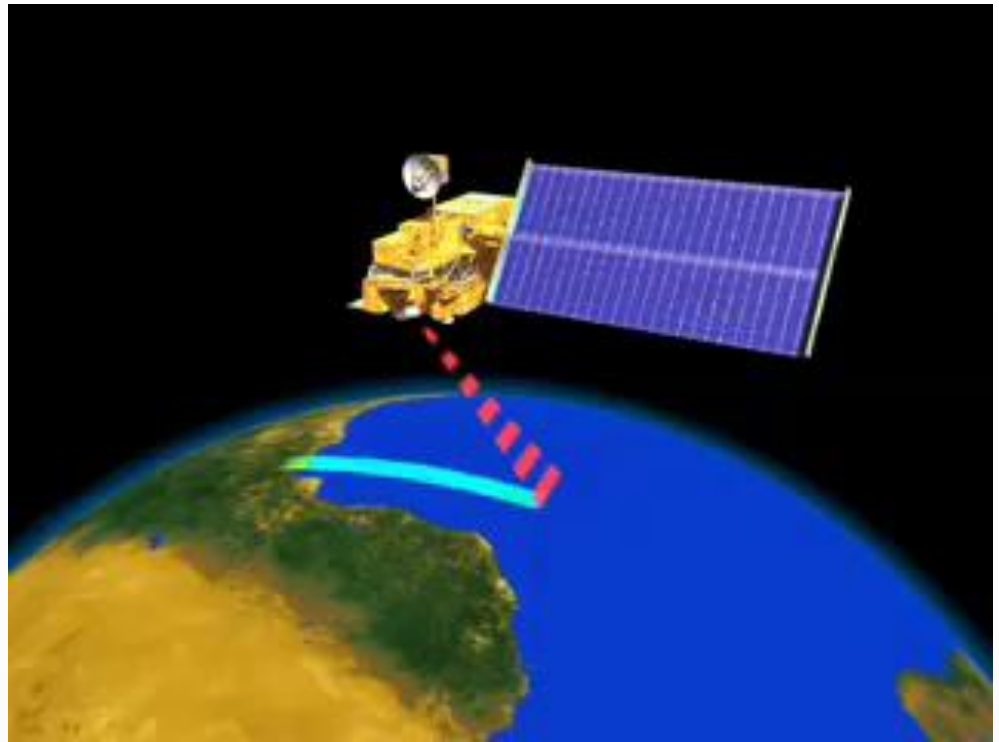
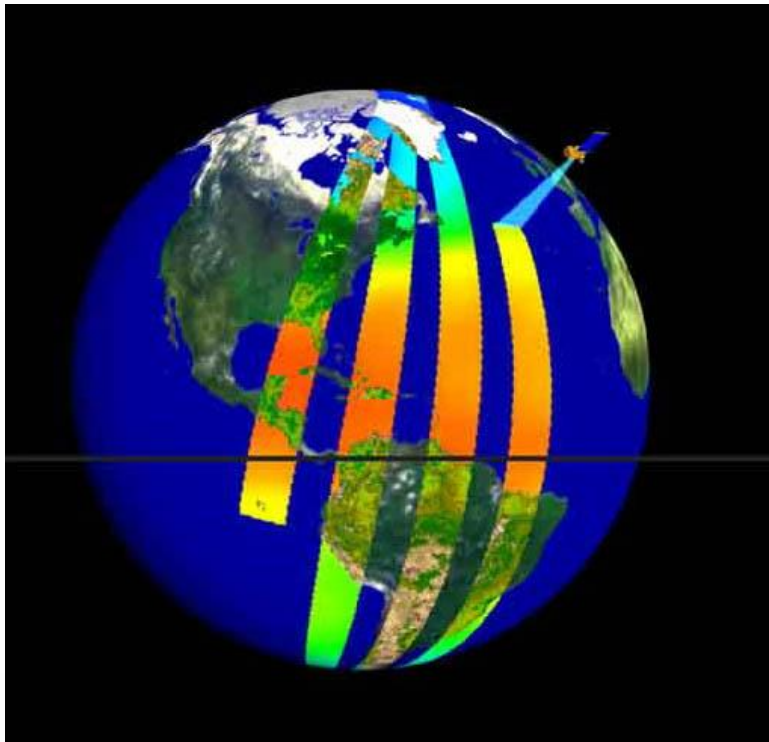


Tipos de órbita



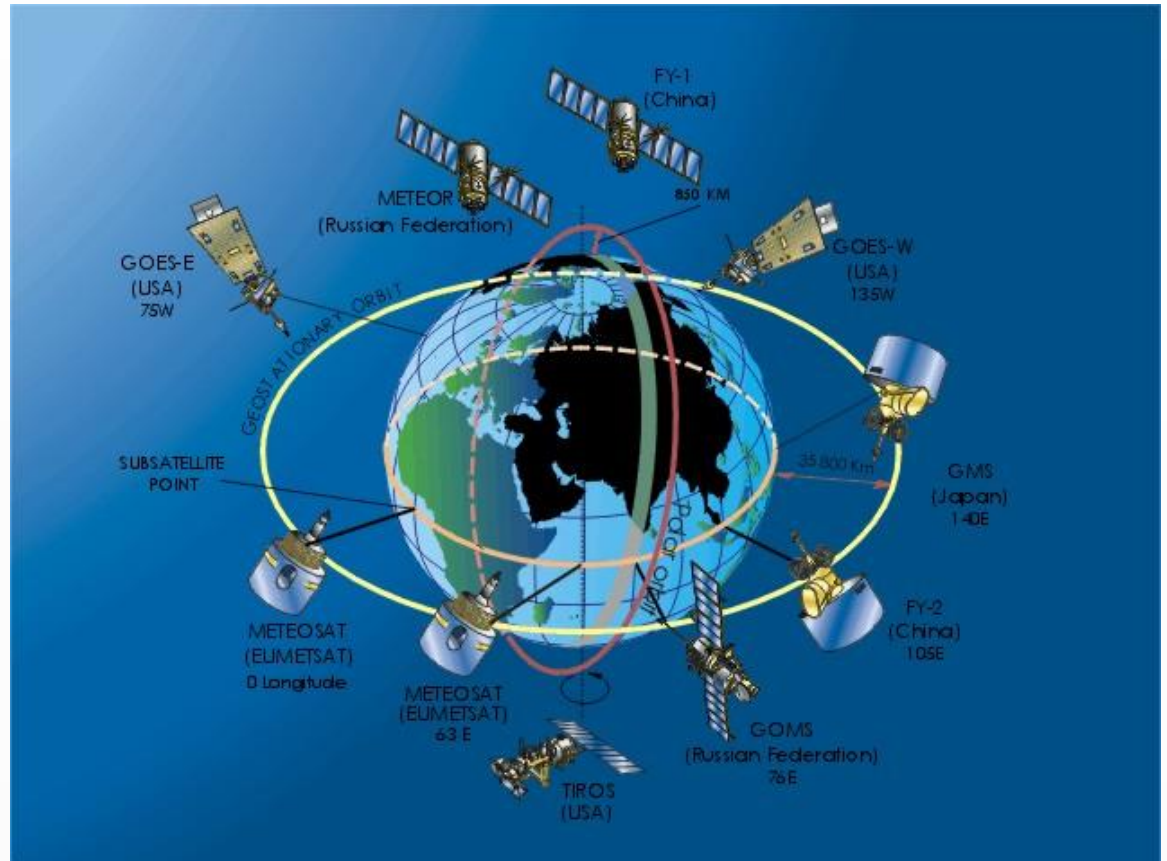
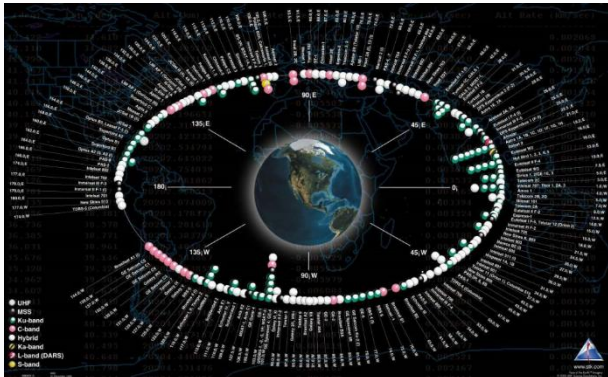
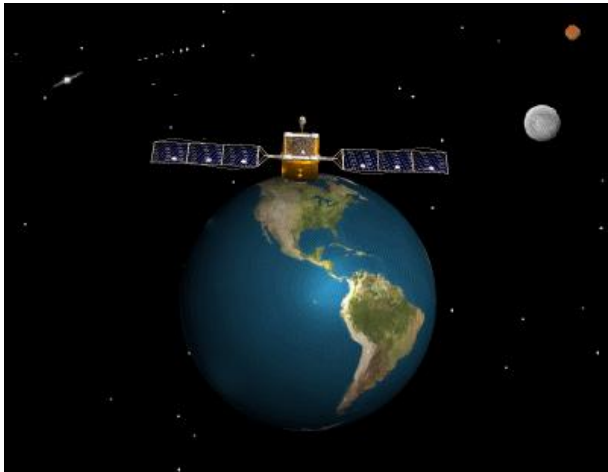
Tipos de órbita

- Órbita Polar
 - Cíclica, heliosíncrona



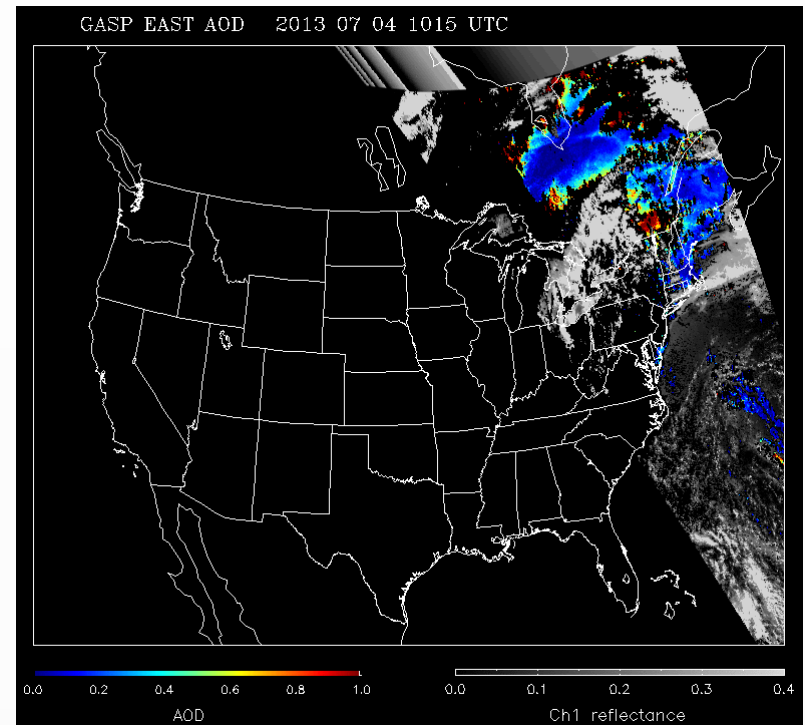
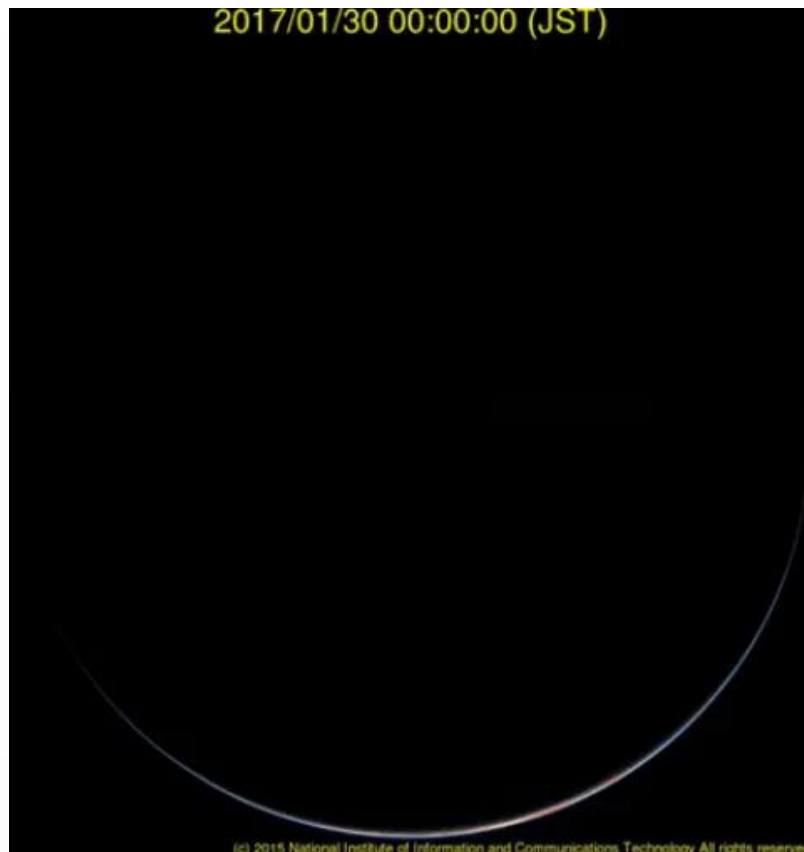
Tipos de órbita

- Órbita Geoestacionária



Tipos de órbita

- Órbita Geoestacionária

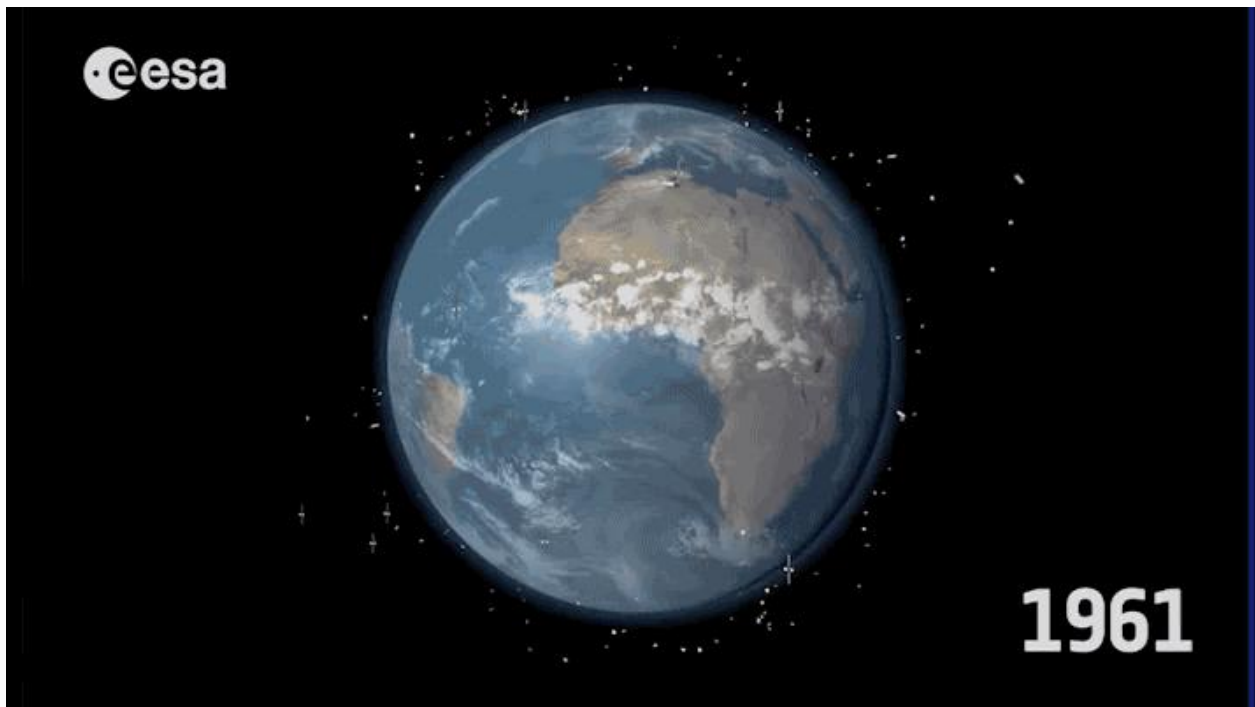


Quanto
satélites
orbitam a
Terra?



Satélites orbitando a Terra

- Em 50 anos de atividade no espaço, 6600 satélites foram lançados – 3600 continuam em órbita, 1000 ativos
- Existem 29 mil resíduos maiores que 10cm, 670 mil maiores que 1cm e mais de 170 milhões maiores que 1mm, com velocidade de até 35 mil milhas por hora



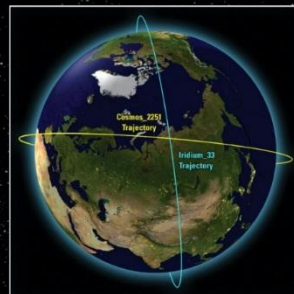
Satélites e lixo espacial

Satélites Cosmos e Iridium_33 (2009)

COSMOS 2251

Time (UTCG): 10 Feb 2009 16:55:38
Radial (km): -4.138
In-Track (km): 193.932
Cross-Track (km): -154.963
Range (km): 248.275

• Cosmos 2251



Predicted debris trajectories
Statistical model (Gaussian distribution)

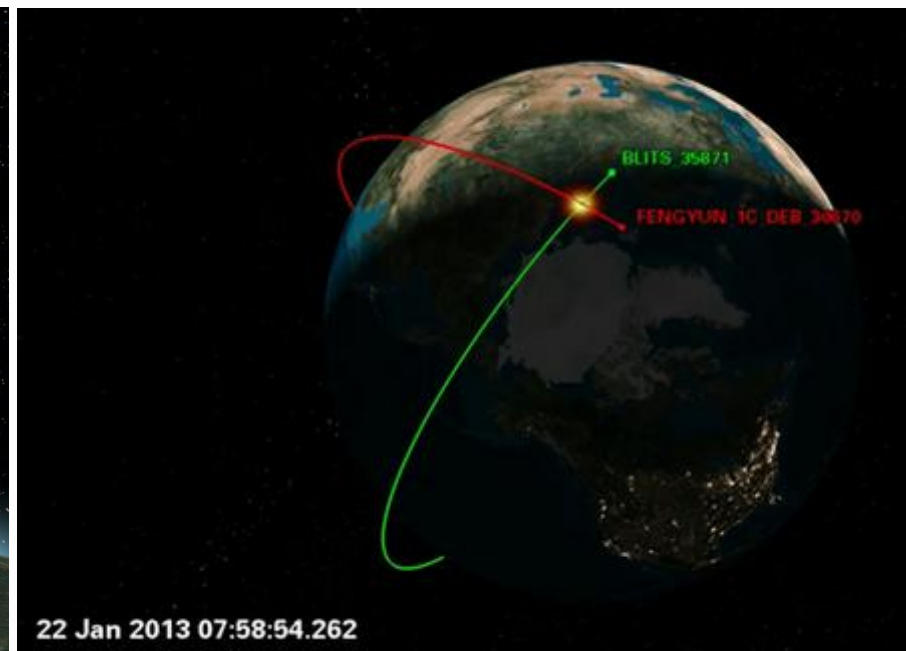
agi

New debris
Pre-existing
space objects

1 km/s delta-V
Az: 80 deg El: 11-38 deg
JGM2 (12x12) gravity field

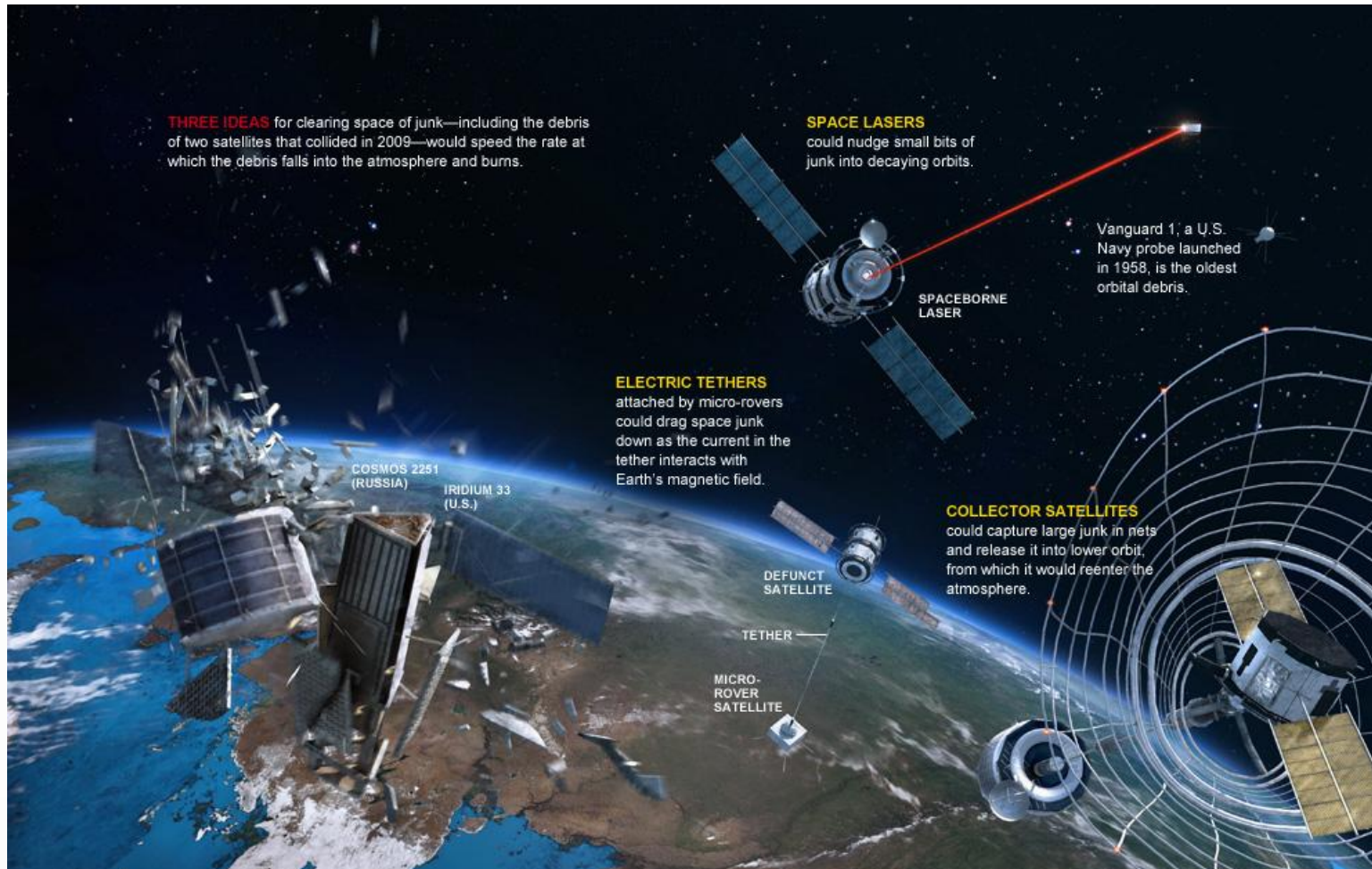
Debris not to scale

Satélite russo colide com resíduos de satélite chinês (2013)



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

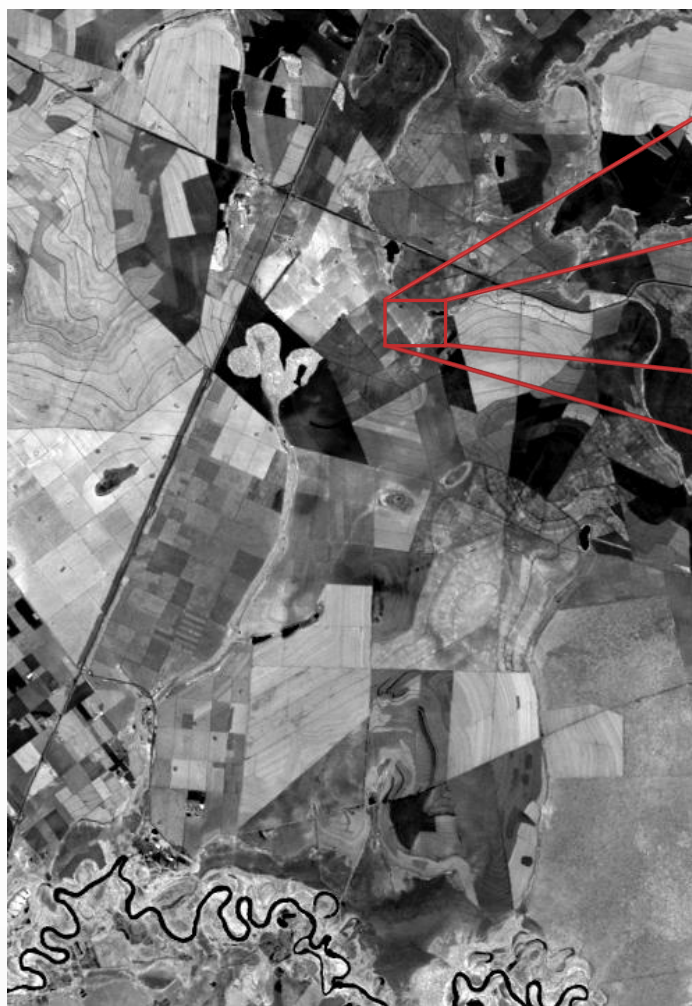
Satélites e lixo espacial



O que é uma
imagem de
determinado
sensor?



O que é uma imagem de determinado sensor?



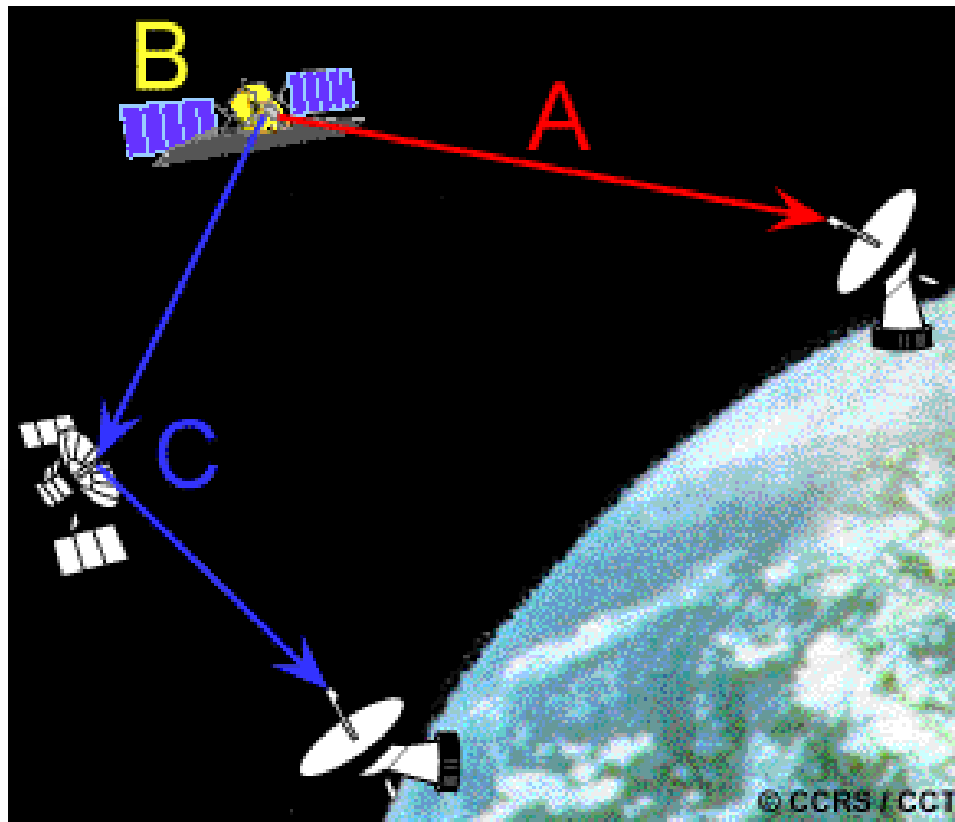
↓

236	158	116	28	93	223	184	211	173	45	118
246	93	25	66	155	11	184	211	107	49	8
66	202	77	174	139	17	134	156	14	127	30
198	42	139	121	66	197	189	123	37	190	41
49	232	121	220	120	160	188	16	176	113	246
241	250	170	41	170	29	211	22	2	144	21
70	88	35	103	233	9	122	233	198	133	37

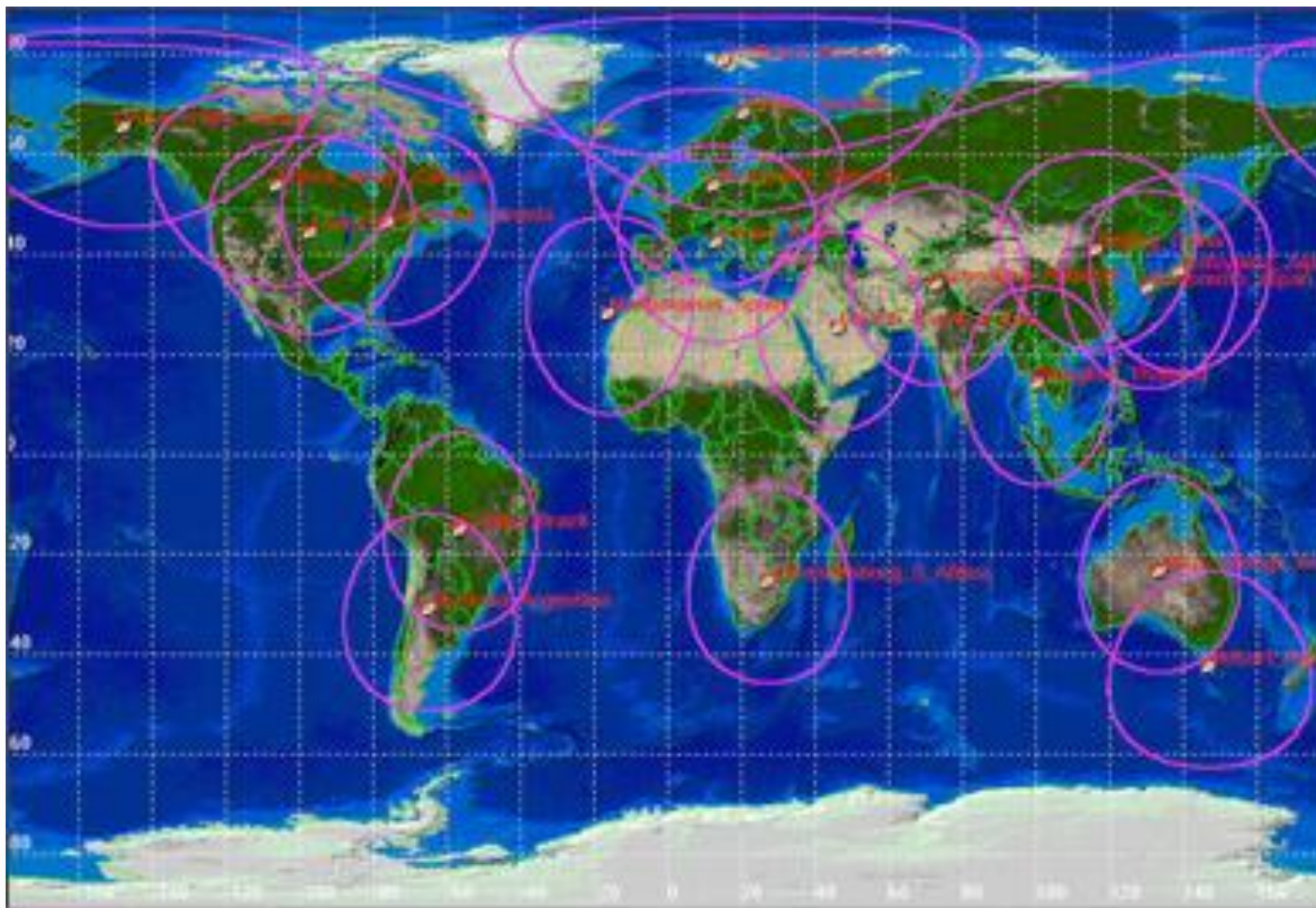
Recepção e transmissão



Recepção e transmissão



Recepção e transmissão



Satélites e Sensores

- O que diferencia um satélite/ sensor de outro?





Satélites e Sensores

- O que diferencia um satélite/ sensor de outro?
 - Fonte de energia
 - Região do espectro eletromagnético
 - Formato do dado produzido
 - Sistema de varredura
 - Resoluções do sensor

Satélites e Sensores

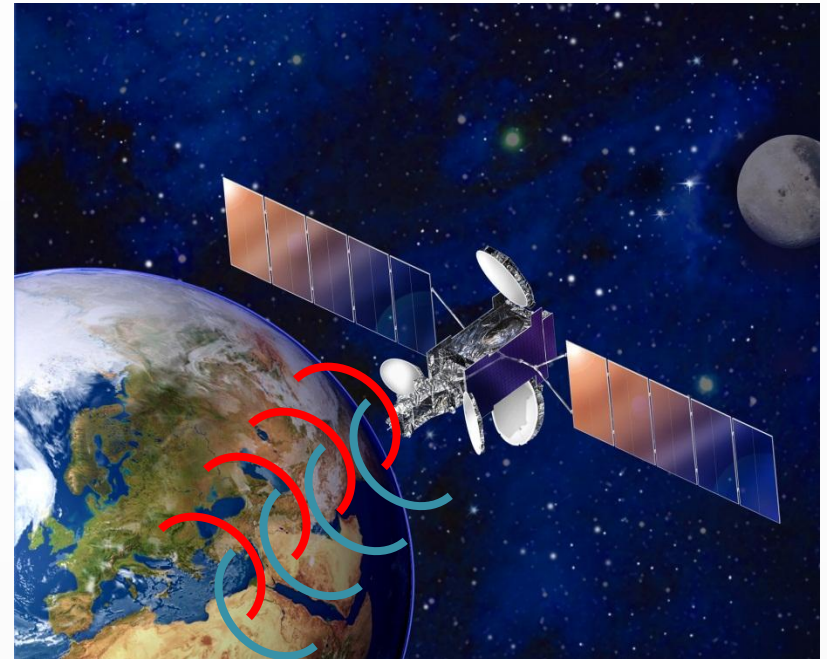
O que diferencia um sensor/satélite de outro?

Fonte de Energia

Passivo



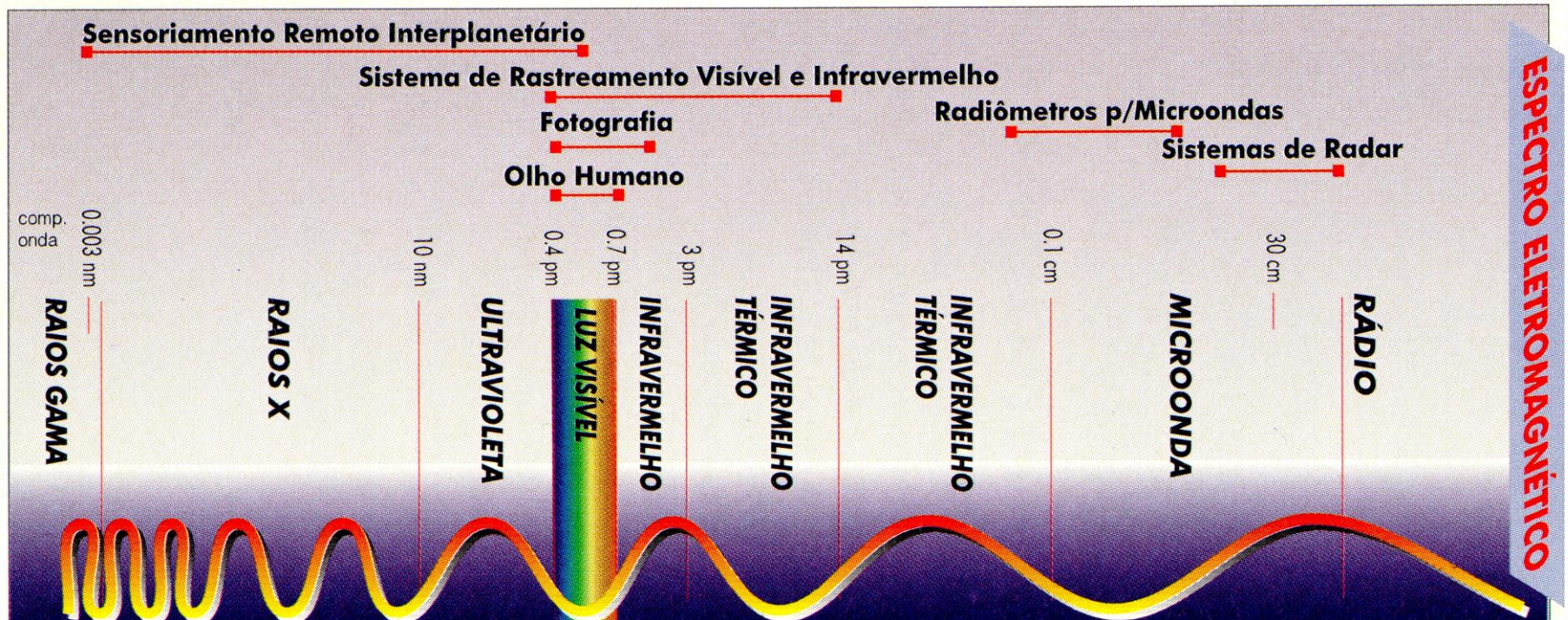
Ativo



Satélites e Sensores

O que diferencia um sensor/satélite de outro?

Região do espectro eletromagnético



Satélites e Sensores

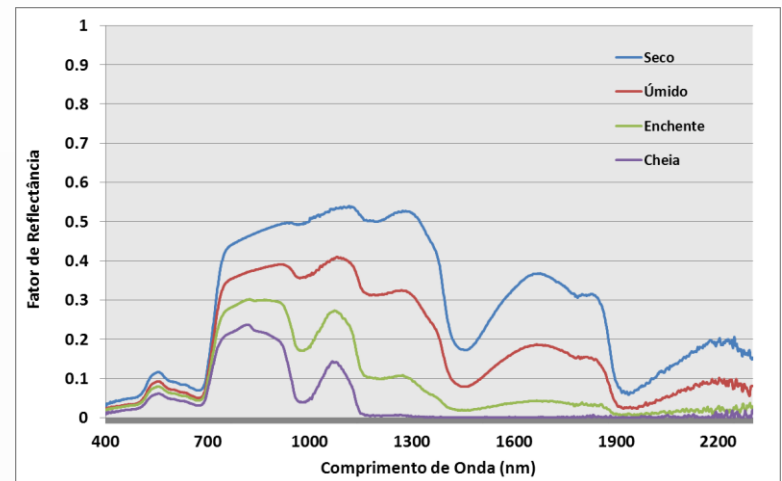
O que diferencia um sensor/satélite de outro?

Formato do dado produzido

Imagem



Gráfico

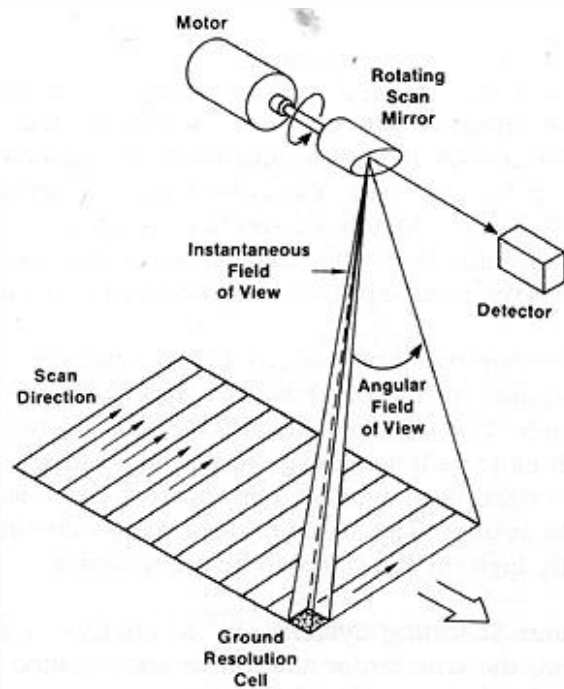


Satélites e Sensores

O que diferencia um sensor/satélite de outro?

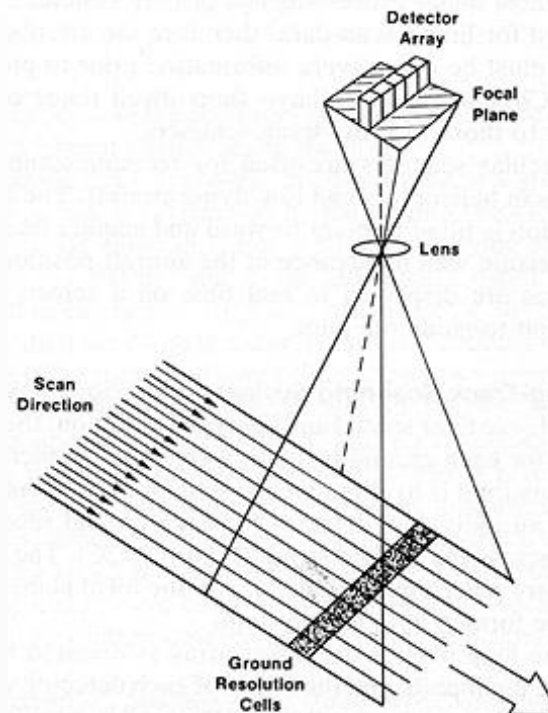
Sistema de varredura

Wisk broom



A. CROSS-TRACK SCANNER.

Push broom



C. ALONG-TRACK SCANNER.

A satellite is shown in orbit above a blue and white Earth. The satellite has a gold-colored body and several white rectangular solar panels. The title 'Satélites e Sensores' is written in white text over the top part of the image.

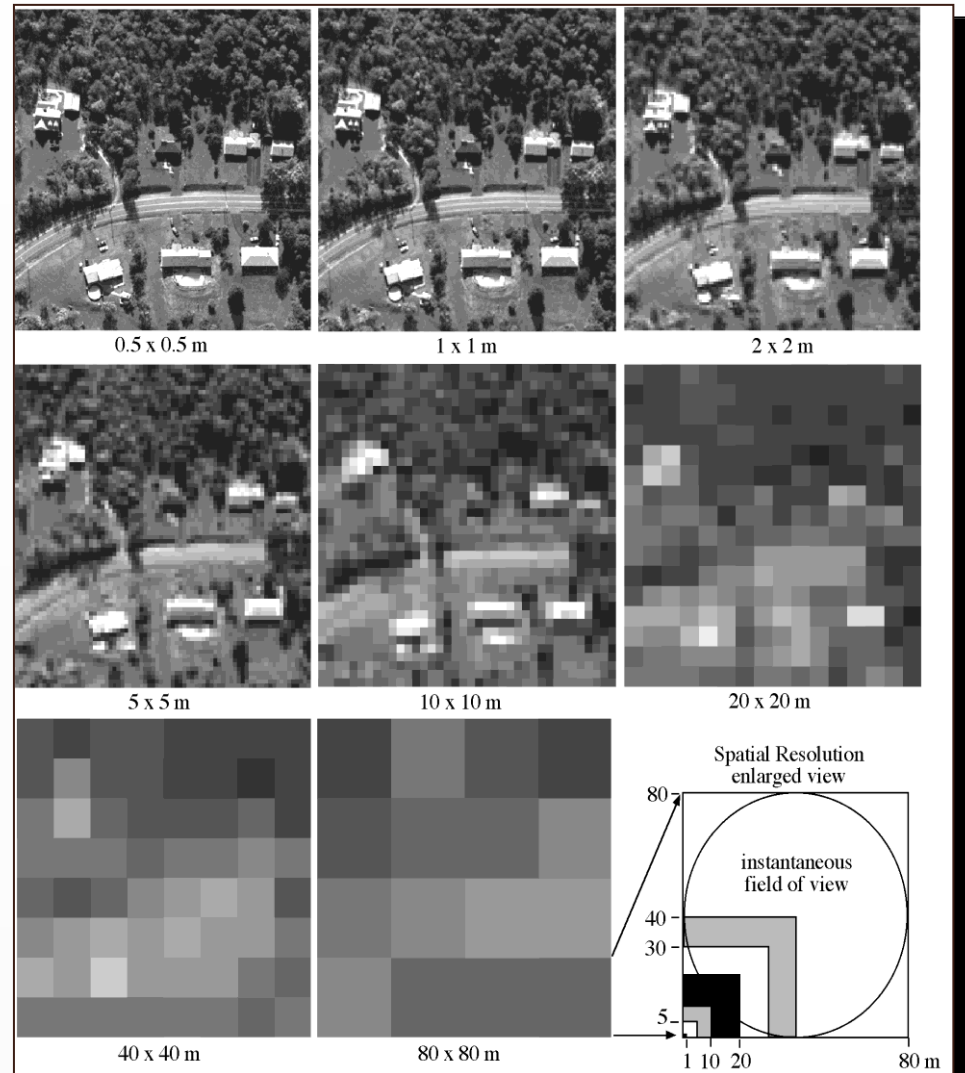
Satélites e Sensores

- Resoluções do Sensor
 - Resolução Espacial
 - Resolução Temporal
 - Resolução Espectral
 - Resolução Radiométrica

Satélites e Sensores

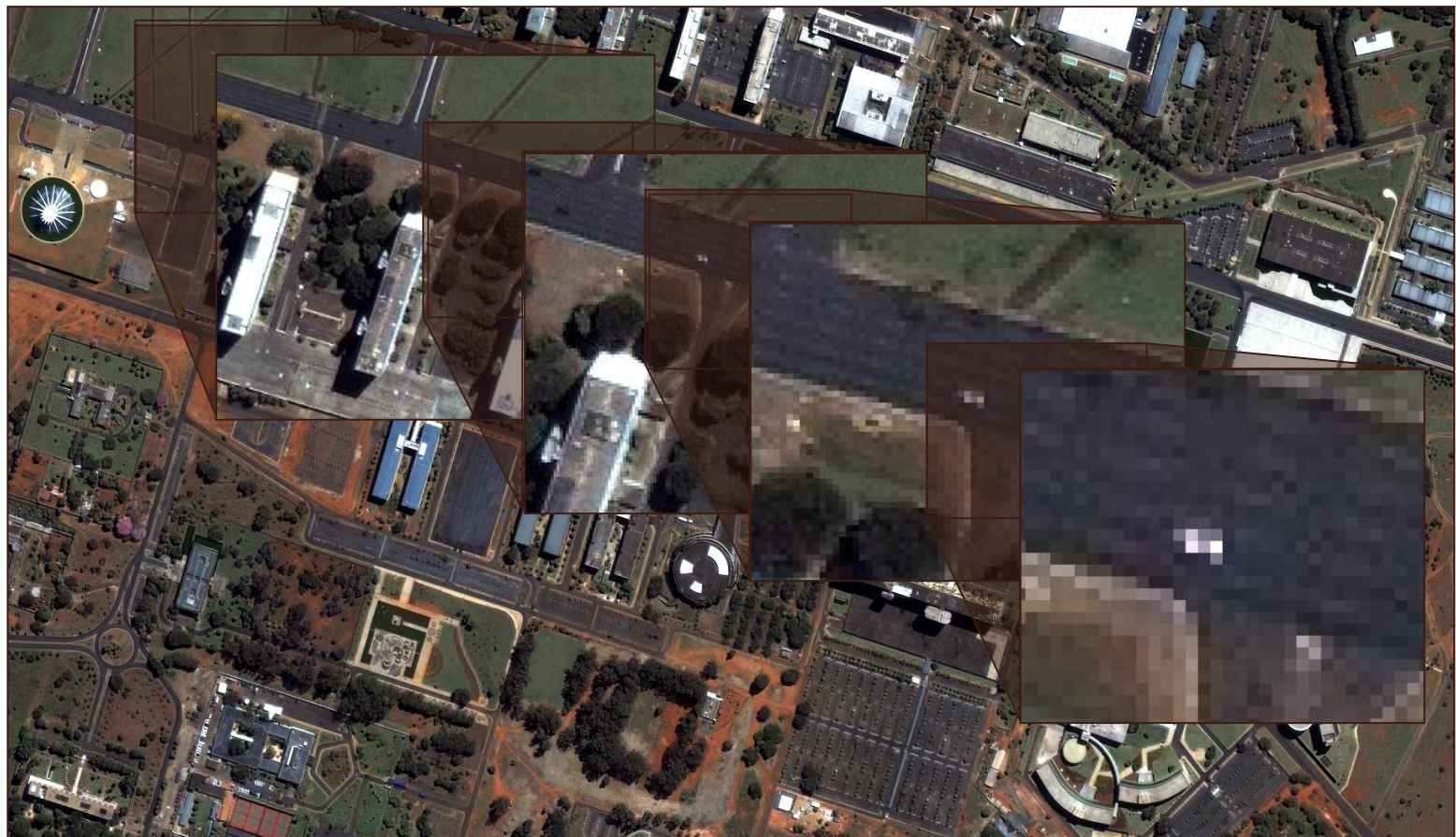
- Resolução Espacial:

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.



Satélites e Sensores

- Resolução Espacial – Alta resolução



Resolução Espacial: 1m x 1m

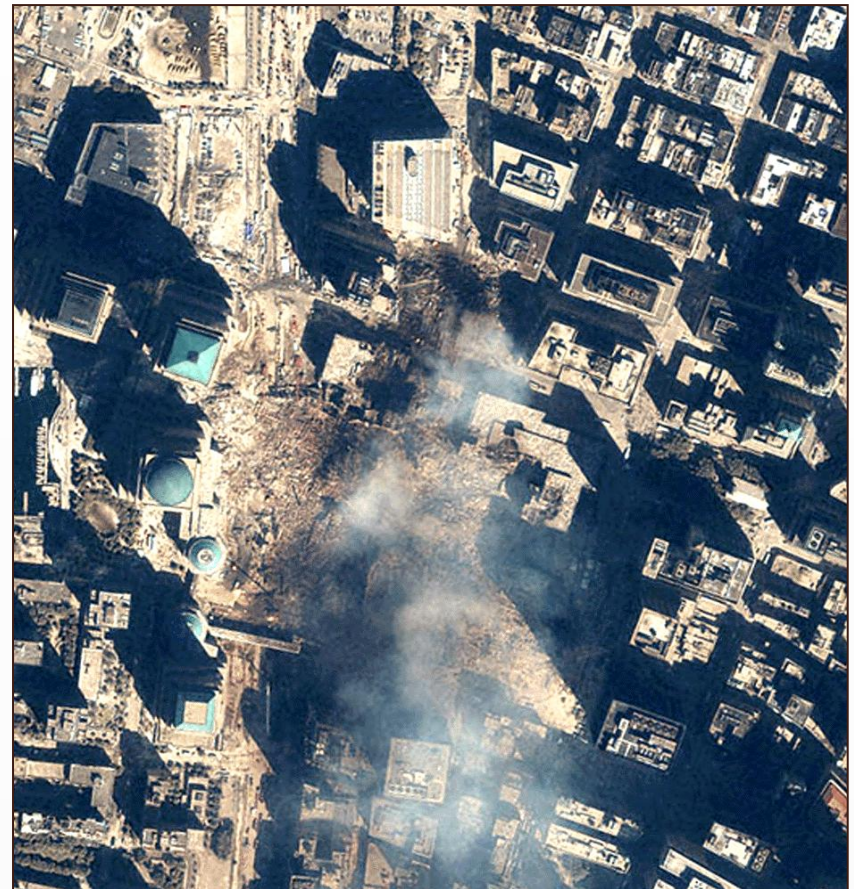
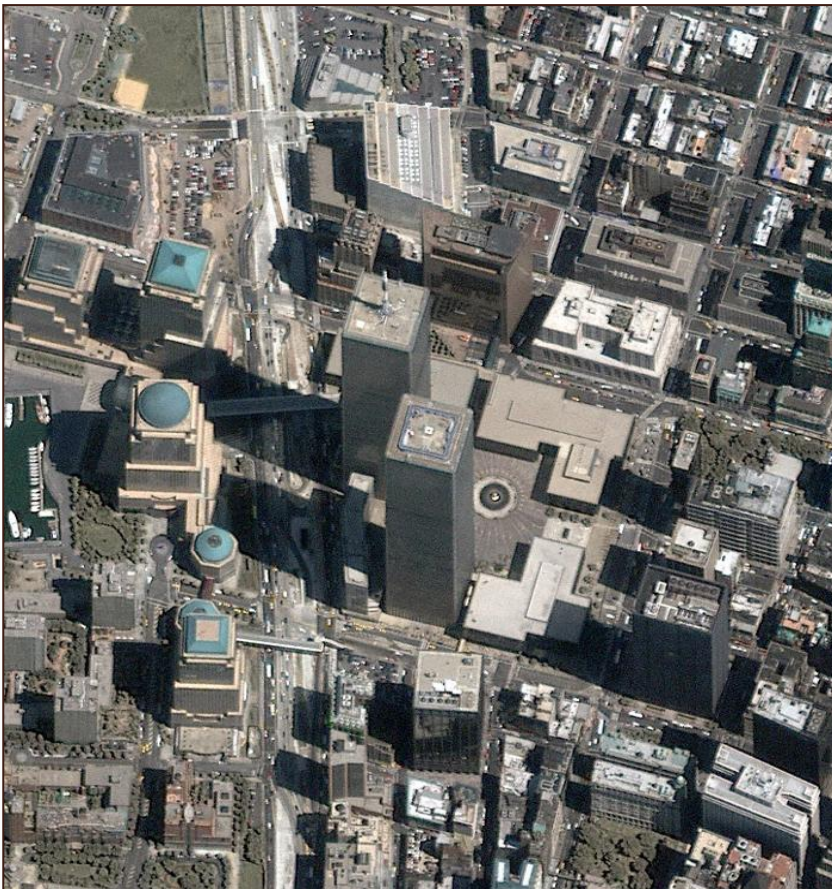
Satélites e Sensores

- Resolução Espacial – Alta resolução



Satélites e Sensores

- Resolução Espacial – Alta resolução



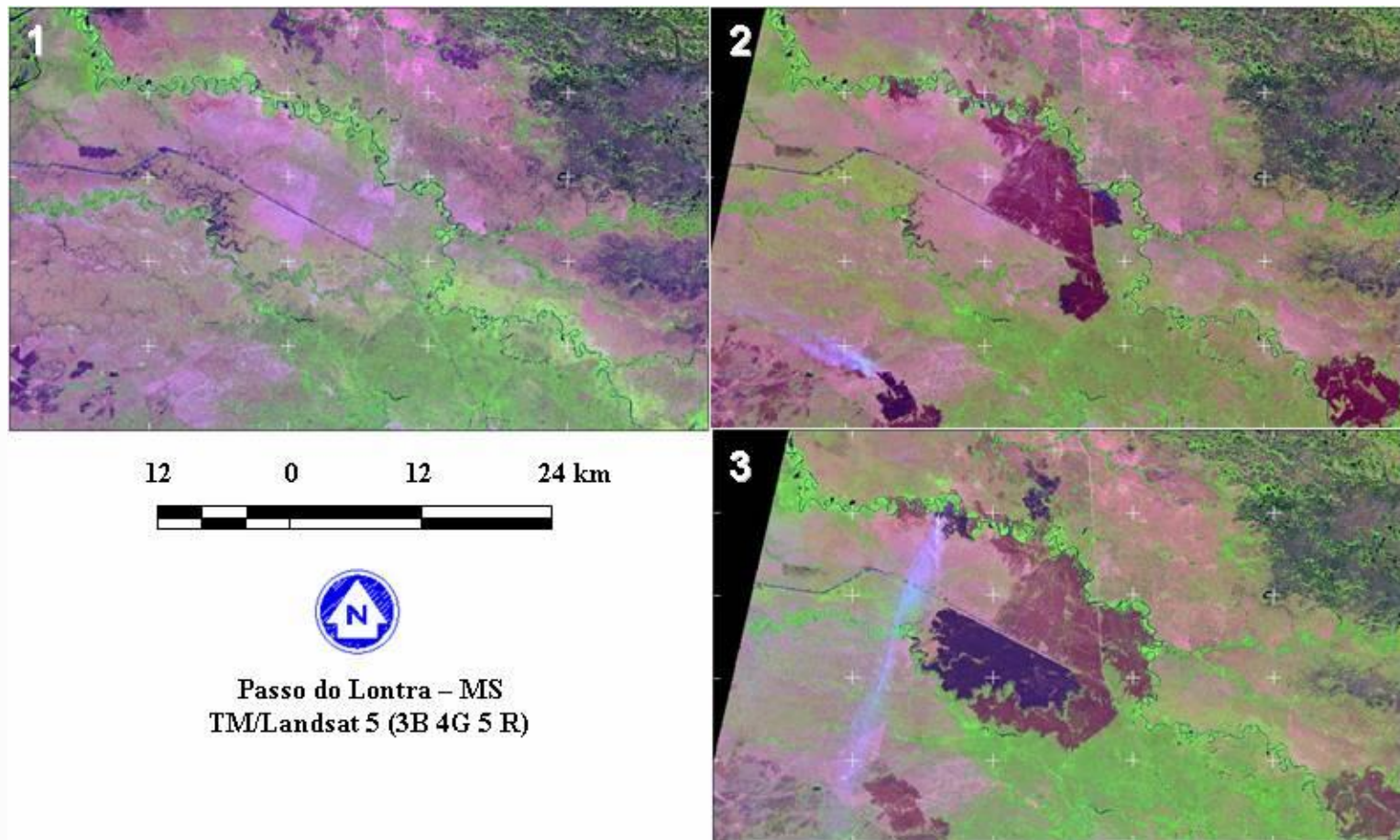
Satélites e Sensores

- Resolução Espacial – Alta resolução



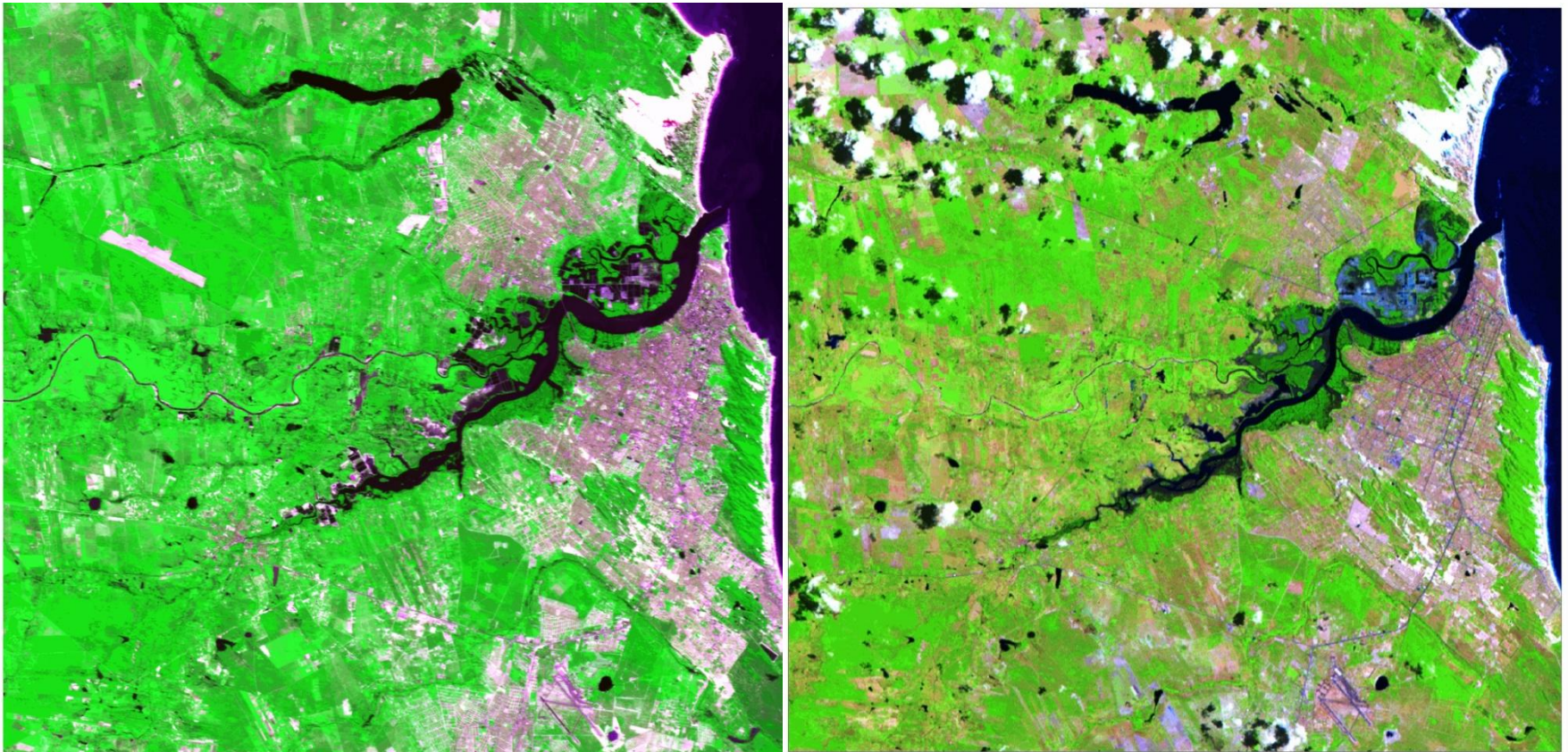
Satélites e Sensores

- Resolução Espacial – Média resolução



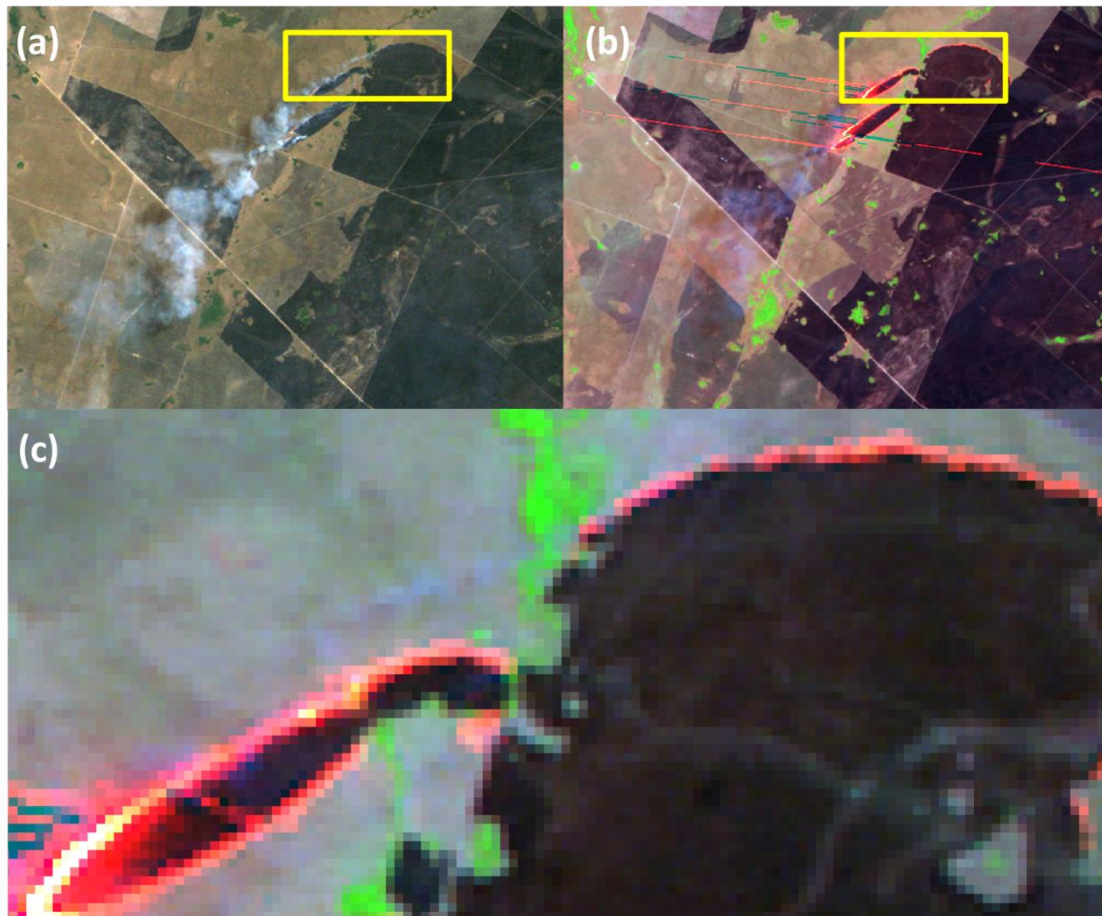
Satélites e Sensores

- Resolução Espacial – Média resolução



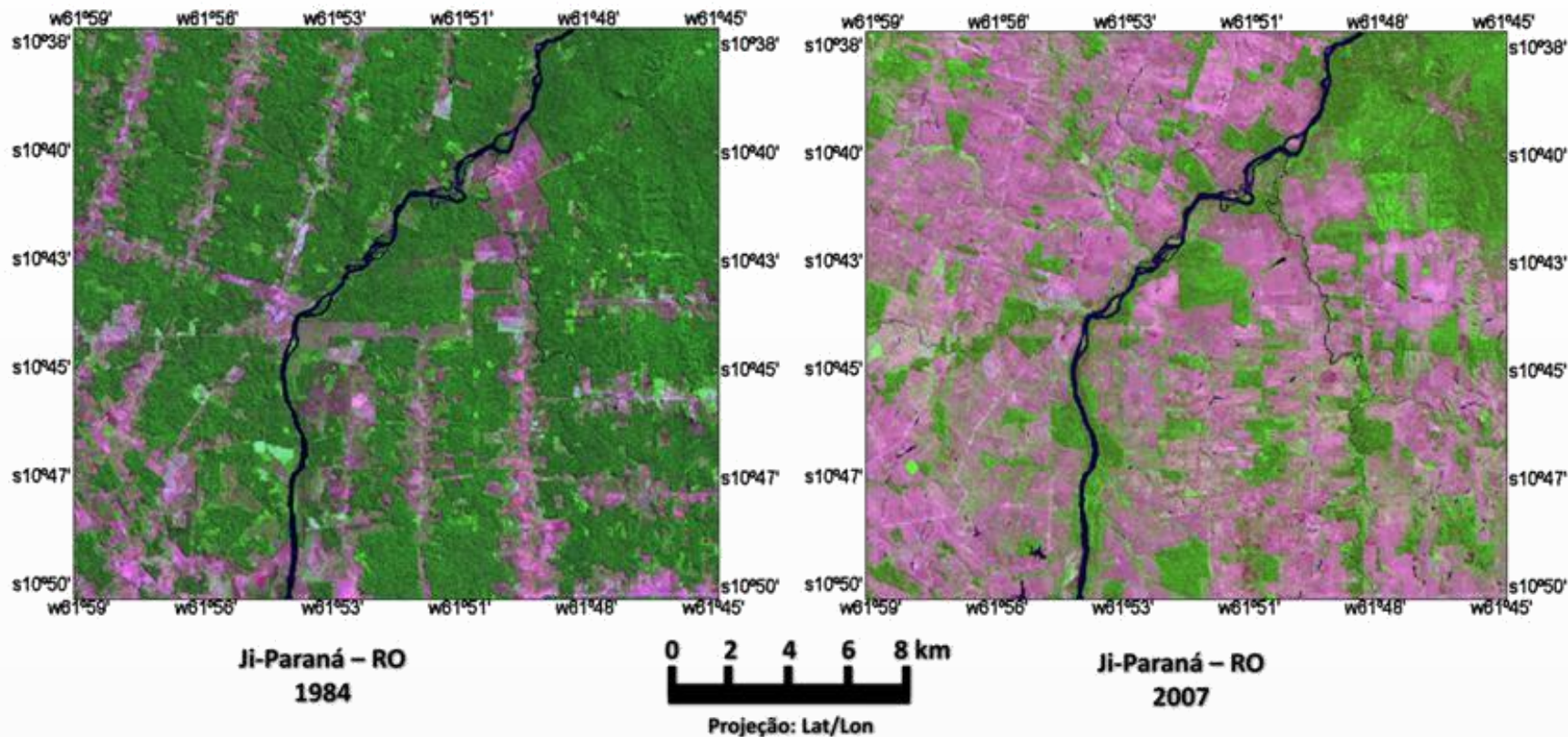
Satélites e Sensores

- Resolução Espacial – Média resolução



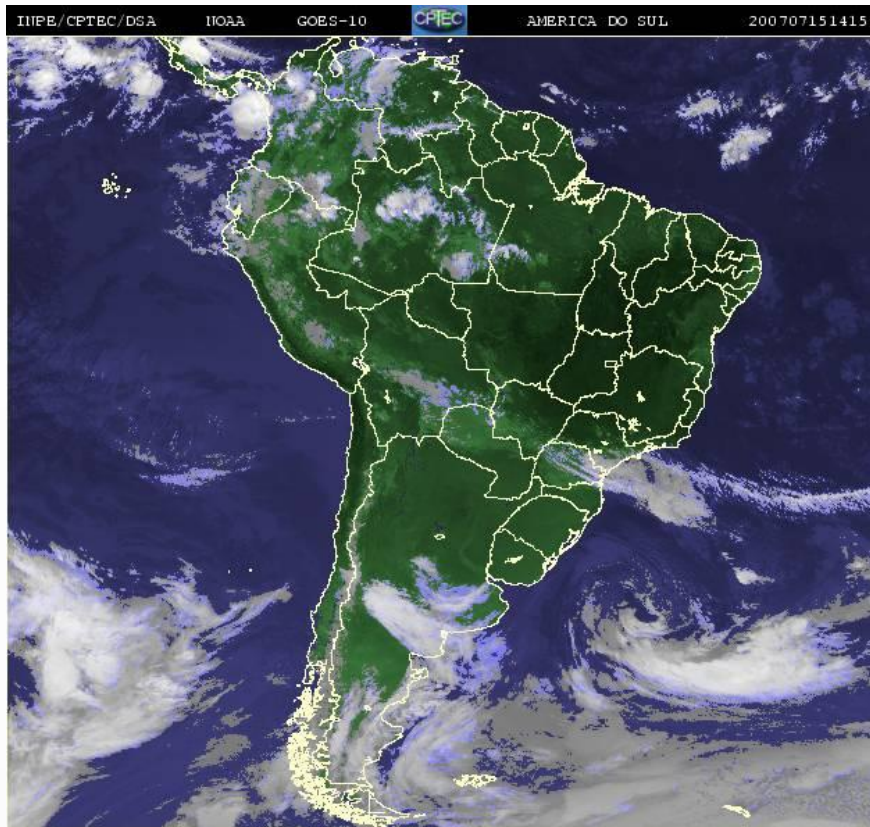
Satélites e Sensores

- Resolução Espacial – Média resolução



Satélites e Sensores

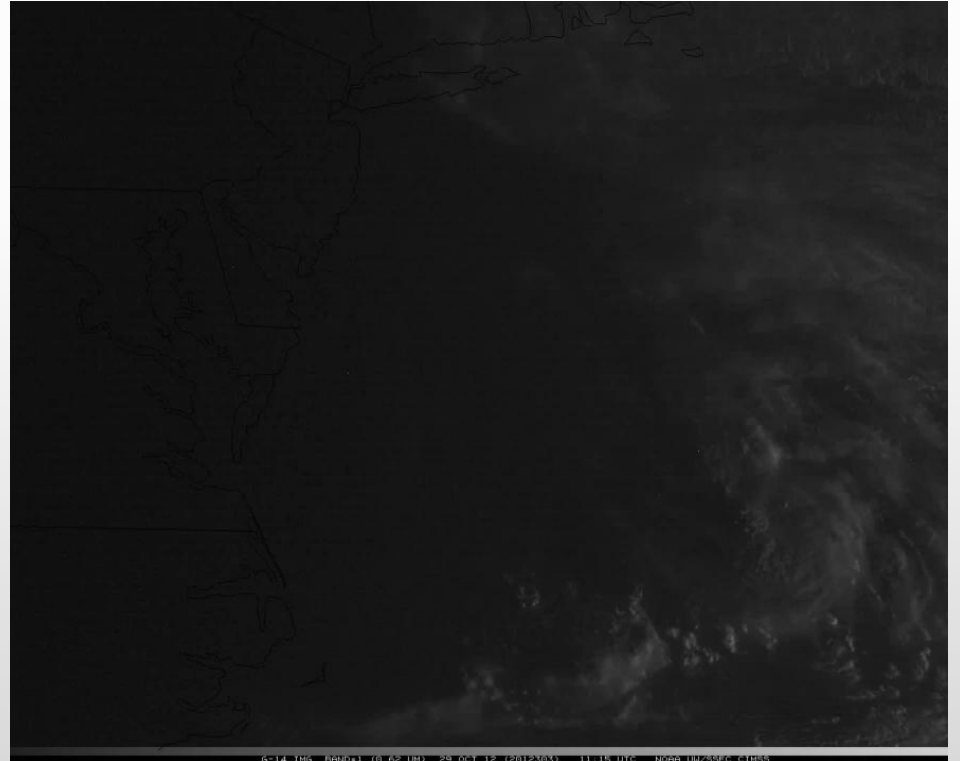
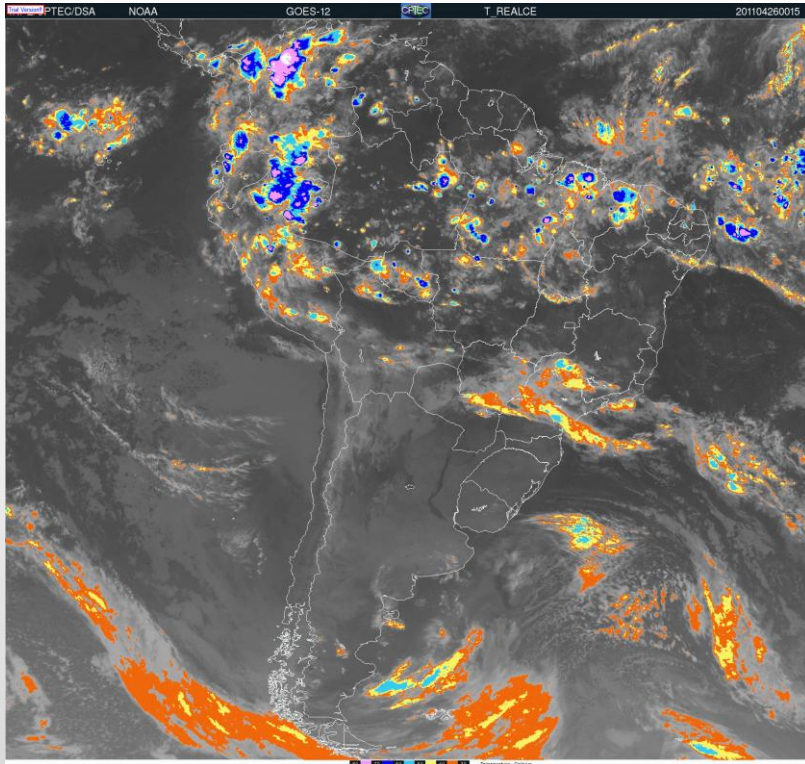
- Resolução Espacial – Baixa resolução





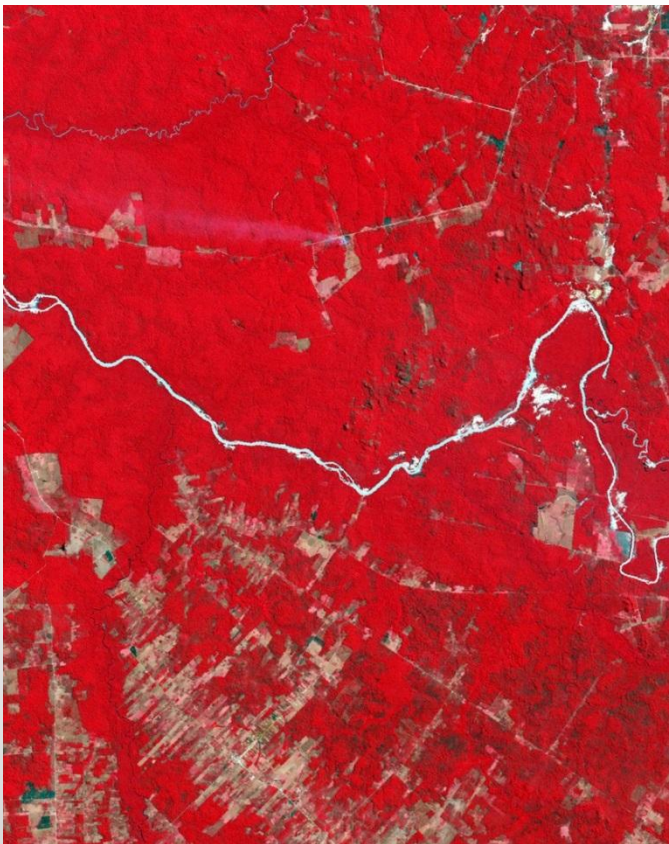
Satélites e Sensores

- Resolução Temporal

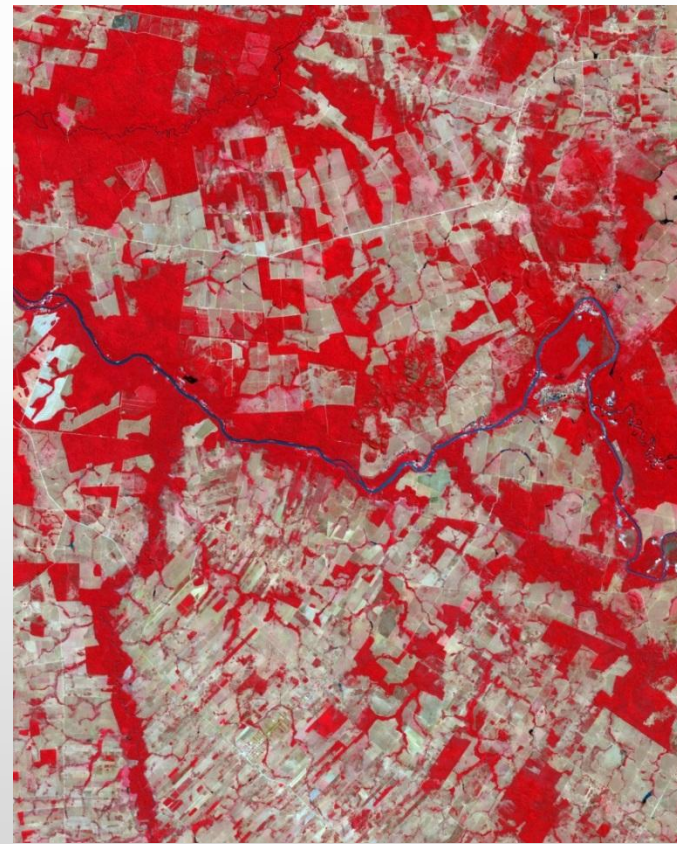


Satélites e Sensores

- Resolução Temporal



Mato Grosso - 1992



Mato Grosso - 2006

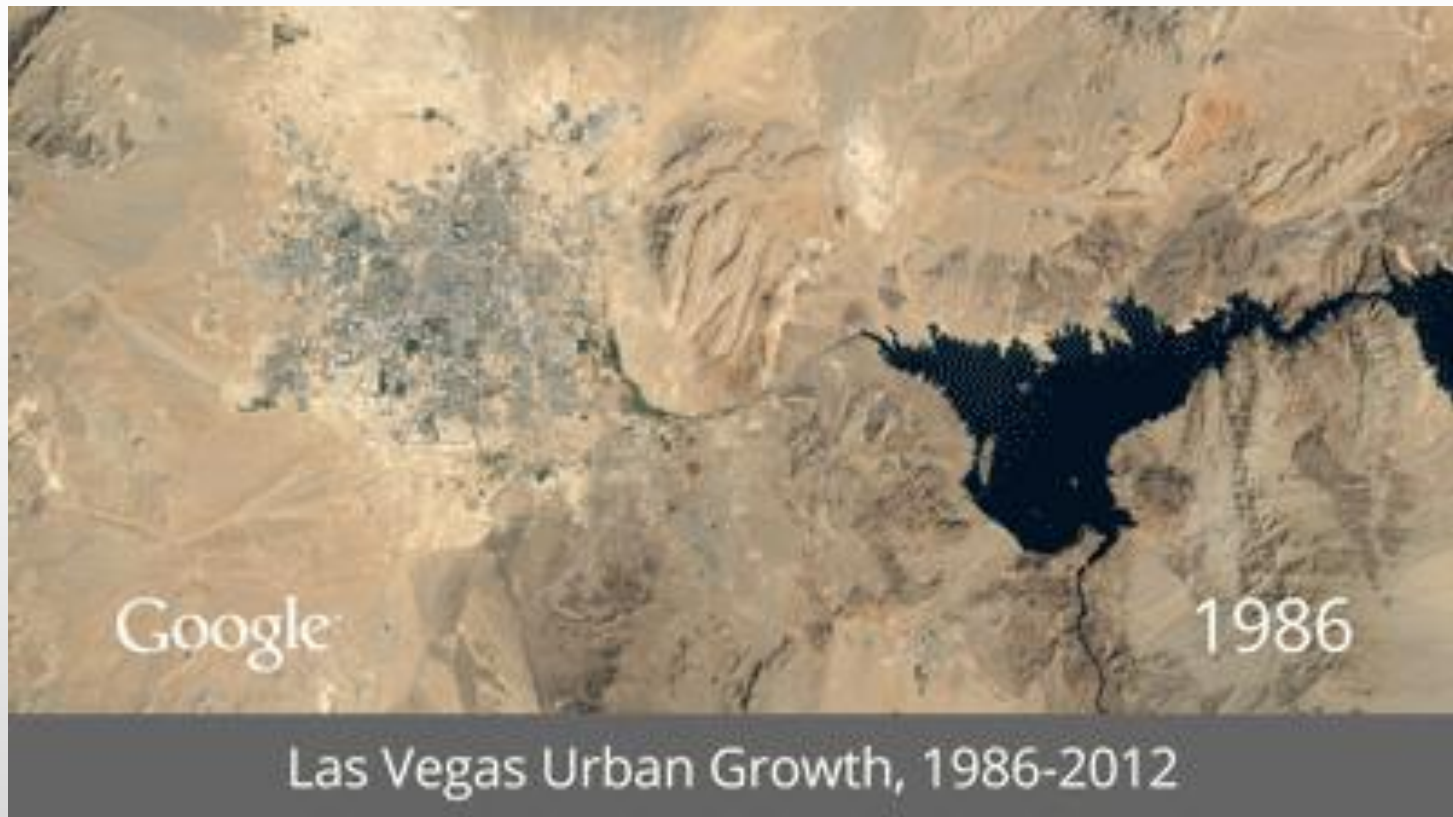
Satélites e Sensores

- Resolução Temporal



Satélites e Sensores

- Resolução Temporal



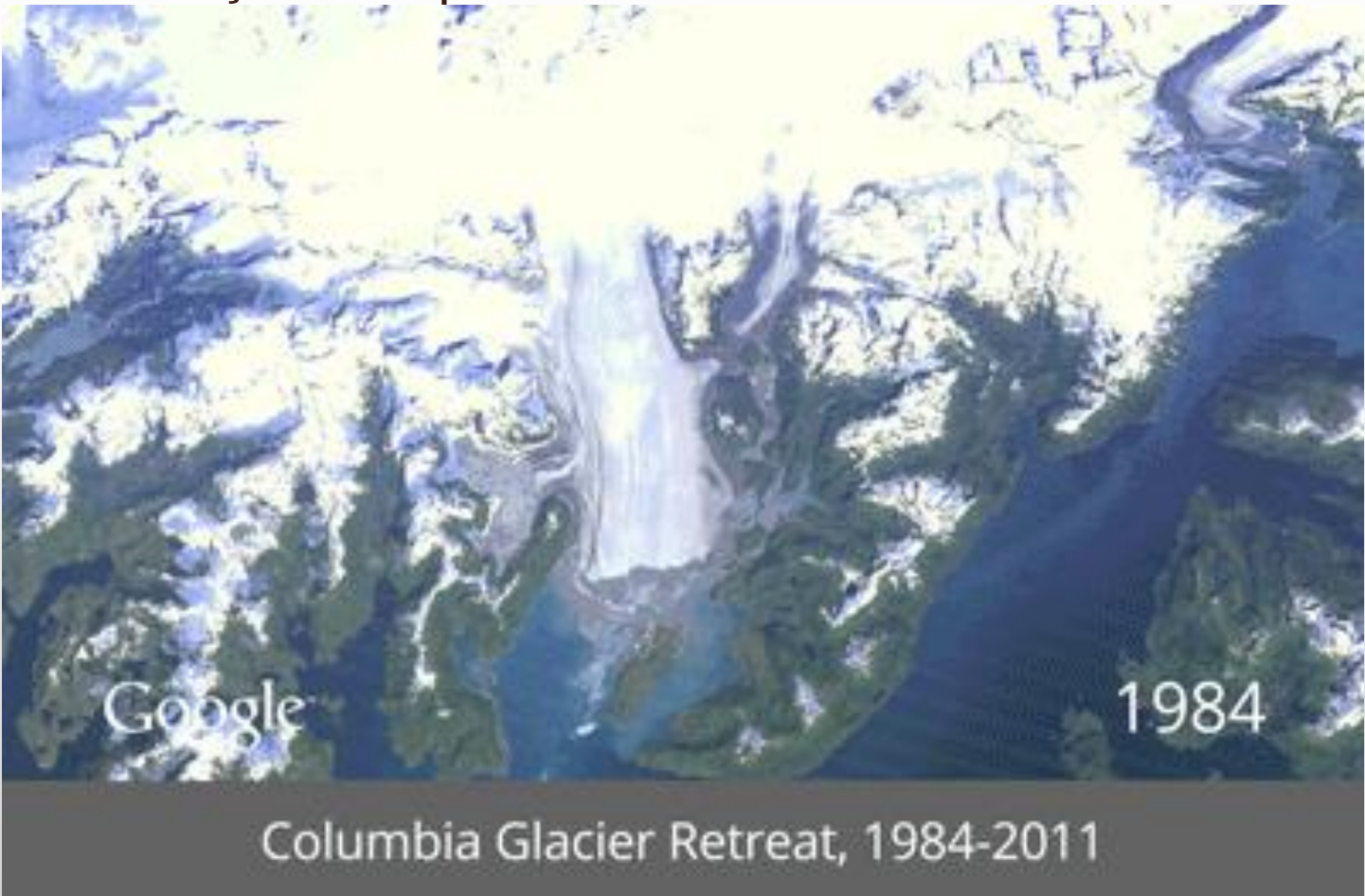
Satélites e Sensores

- Resolução Temporal



Satélites e Sensores

- Resolução Temporal



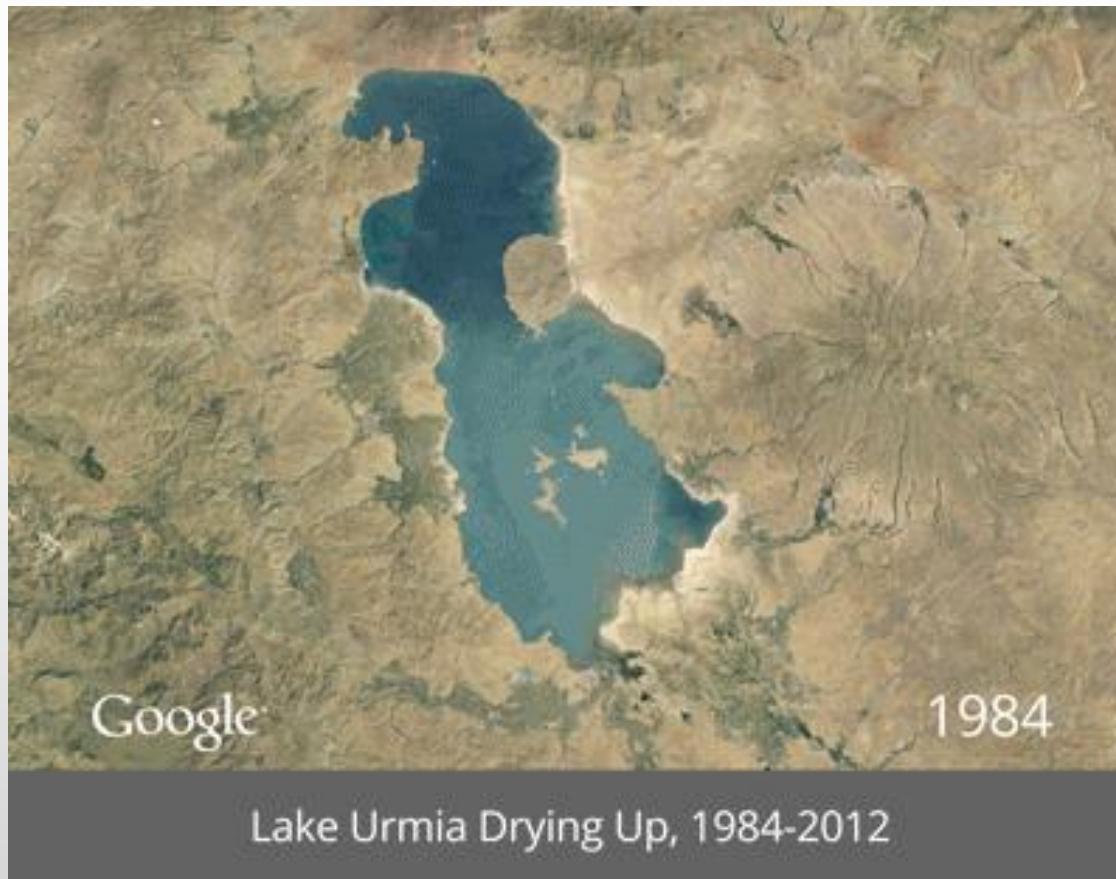
Satélites e Sensores

- Resolução Temporal



Satélites e Sensores

- Resolução Temporal



Satélites e Sensores

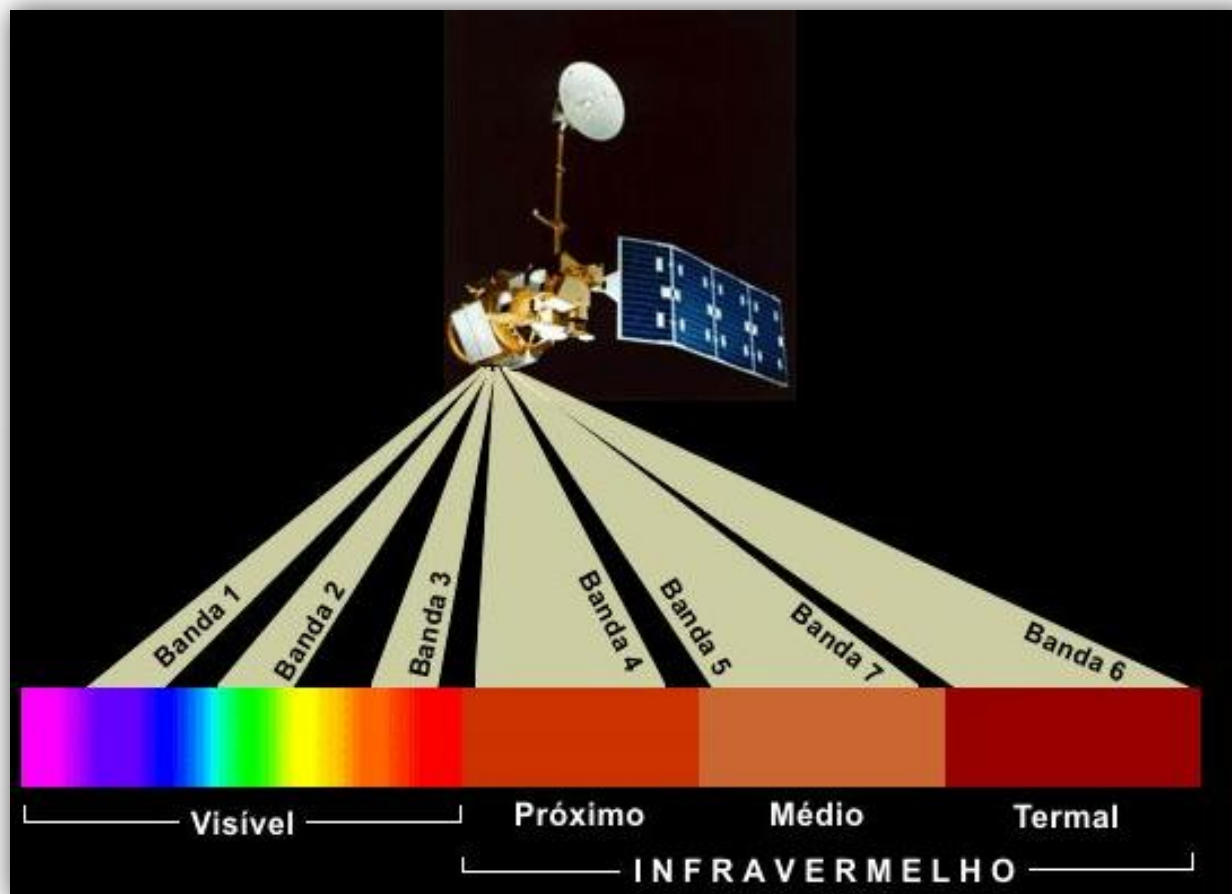
- Resolução Espectral

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



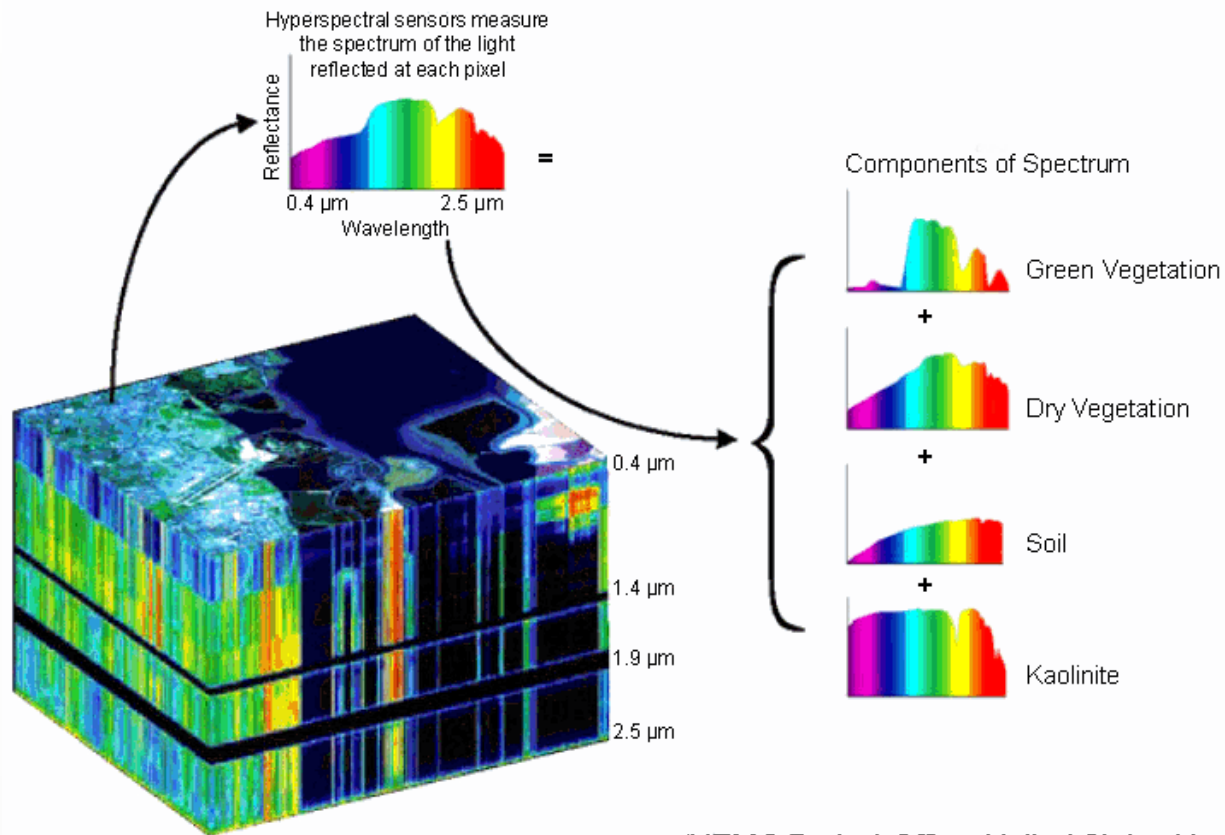
Satélites e Sensores

- Resolução Espectral



Satélites e Sensores

- Resolução Espectral



(NEMO Project Office, United States Navy)

Satélites e Sensores

- Resolução Radiométrica:
 - capacidade do sistema em detectar pequenos sinais

8-Bit



11-Bit



Satélites e Sensores

- Resolução Radiométrica



2048 (11 bits)



256 (8 bits)



128 (7 bits)



16 (4 bits)

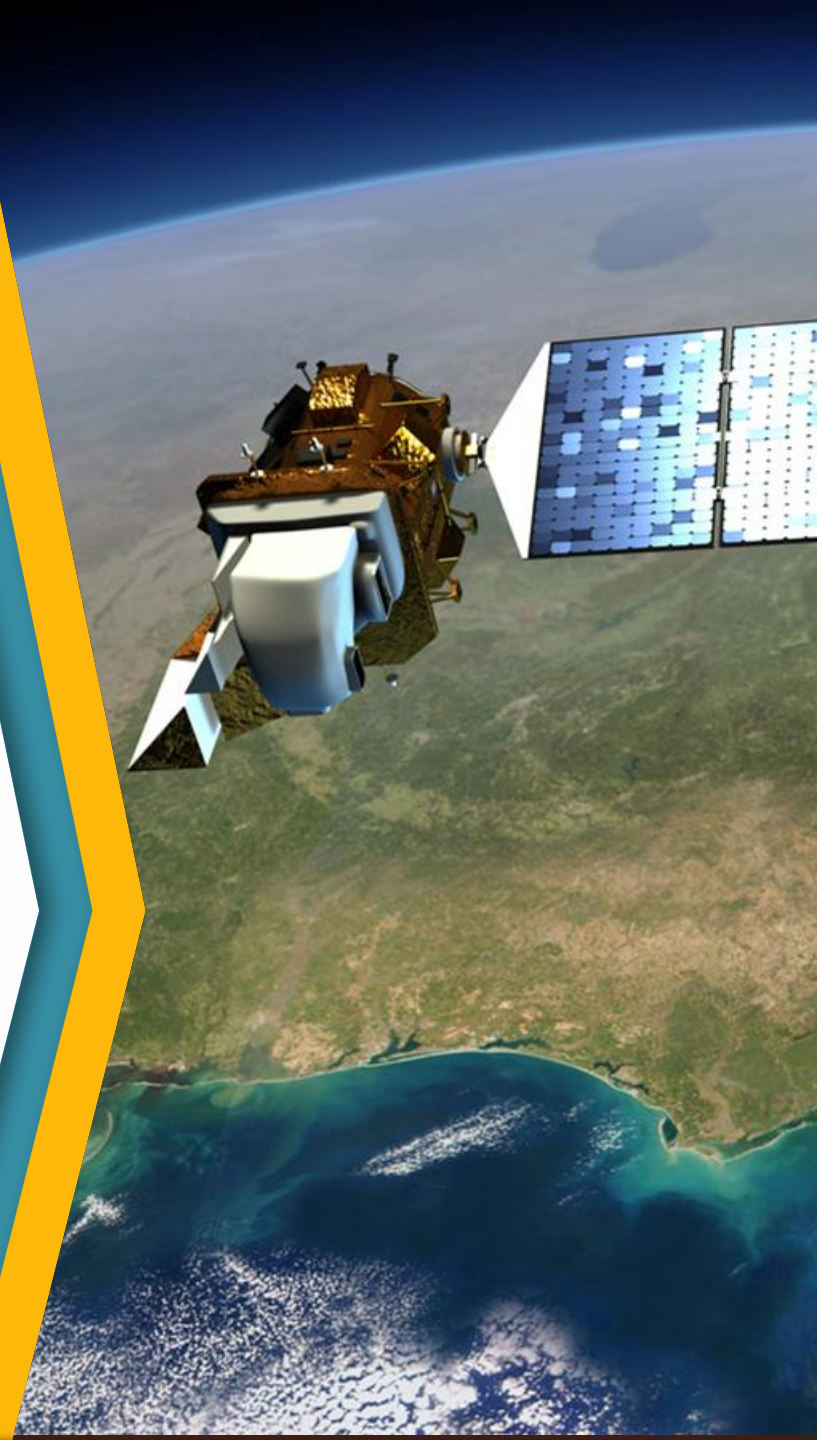


4 (2 bits)

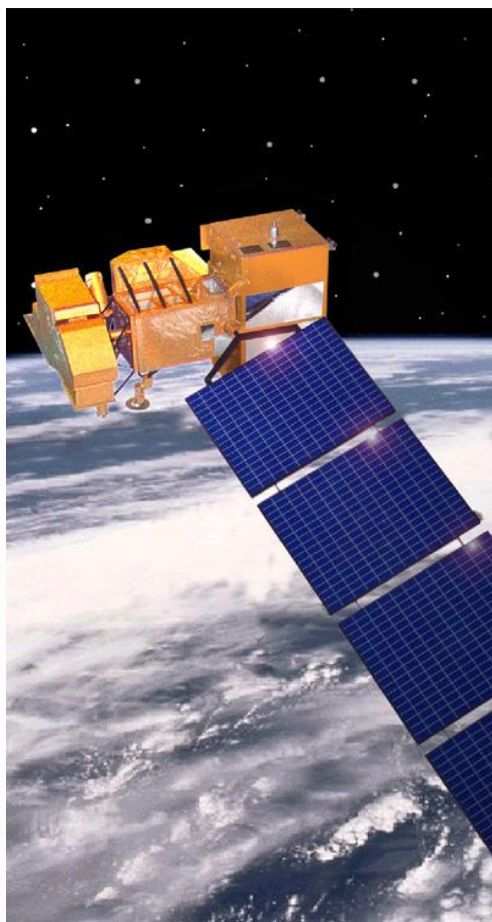


2 (1bit)

Principais Sensores e produtos orbitais



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				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.08 - 2.35 μm				

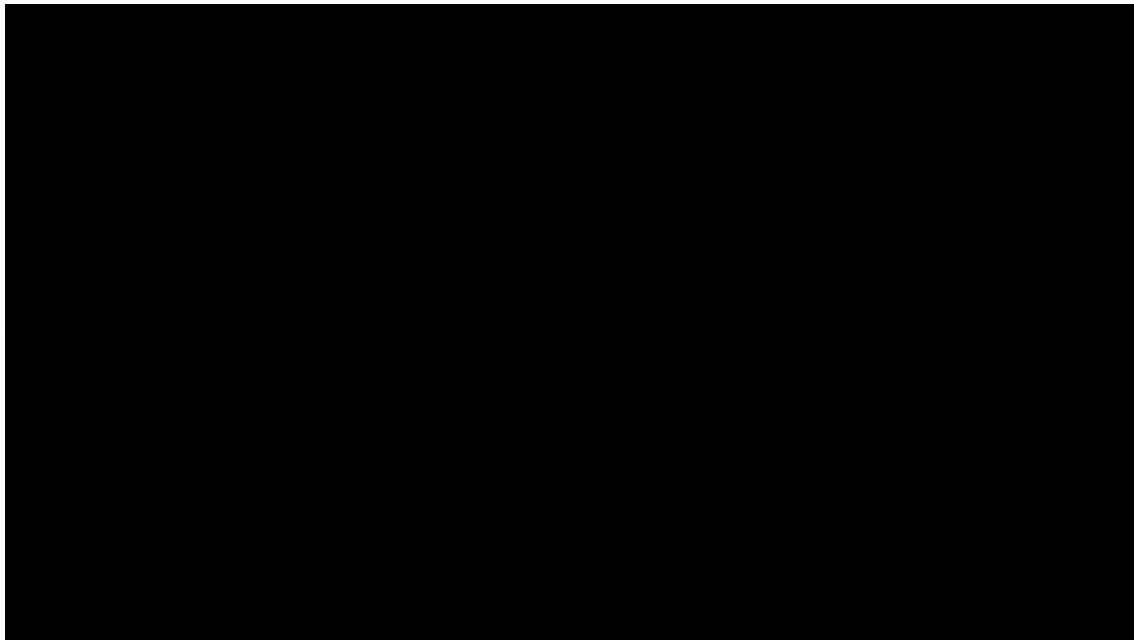
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)	(B1) AZUL	0.45-0.515 μm	30 m	16 dias	183 km	8 bits
	(B2) VERDE	0.525-0.605 μm				
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 μm				
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	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				

Série Landsat

A detailed illustration of a Landsat satellite in orbit above Earth's cloud-covered surface. The satellite features a complex structure with solar panels and various instruments. The background shows the curvature of the Earth with white clouds against a dark blue sky.

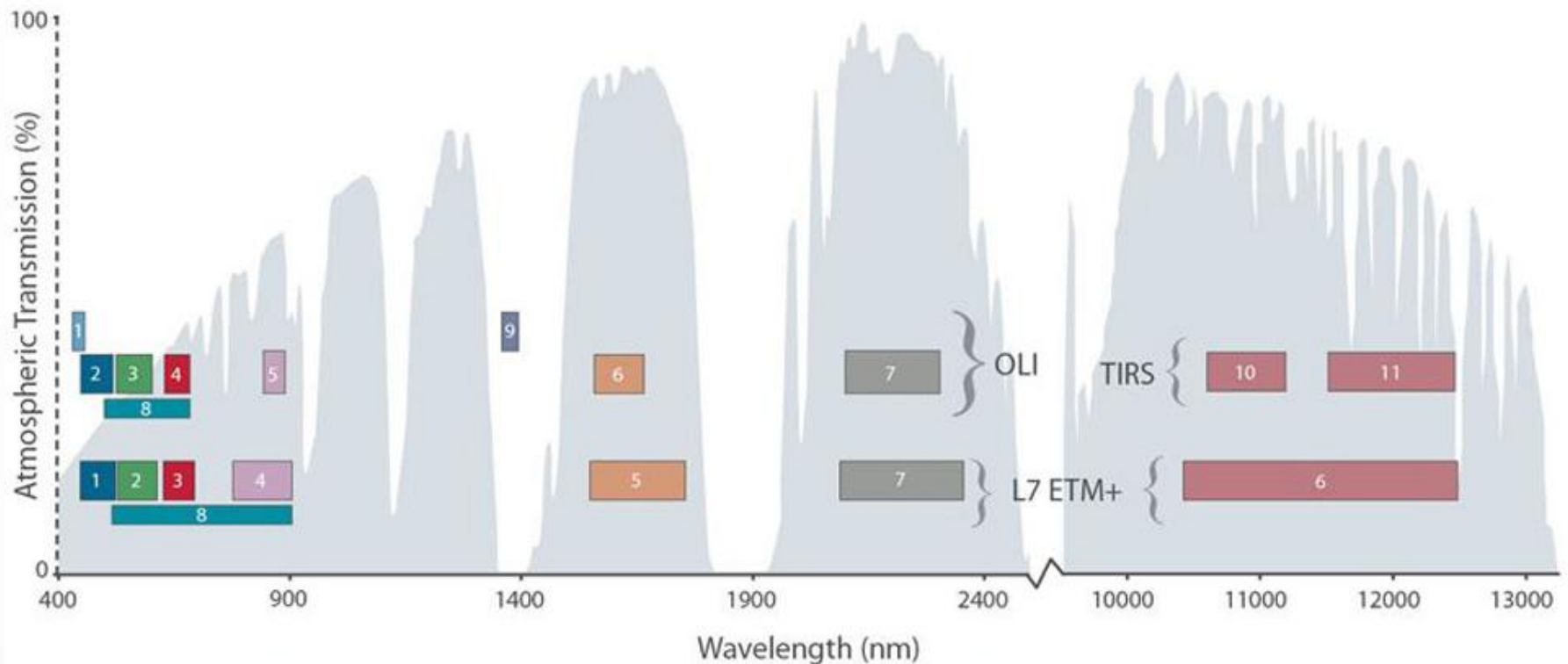
• LANDSAT 8 - LDCM

- Órbita Heliossíncrona a uma altitude de 705 km
- Órbita semelhante a dos Landsat 5 e 7: 233 órbitas para cobrir todo o globo a cada **16 dias** (exceto para as mais altas latitudes polares)
- Inclinado 98,2° (ligeiramente retrógrada)
- Círculos da Terra a cada 98,9 minutos
- Sensores: Operational Land Imager (**OLI**) e Thermal Infrared Sensor (**TIRS**)



Satélites e Sensores

- **LANDSAT 8 - LDCM**



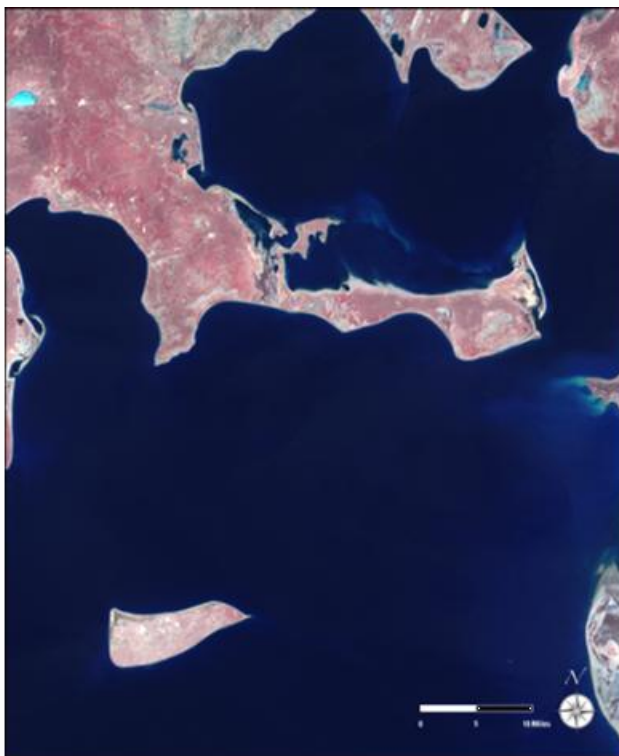
Bandpass wavelengths for Landsat 8 OLI and TIRS sensor, compared to Landsat 7 ETM+ sensor

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

Exemplos – Landsat

Exemplos LANDSAT 1 e 5

1971



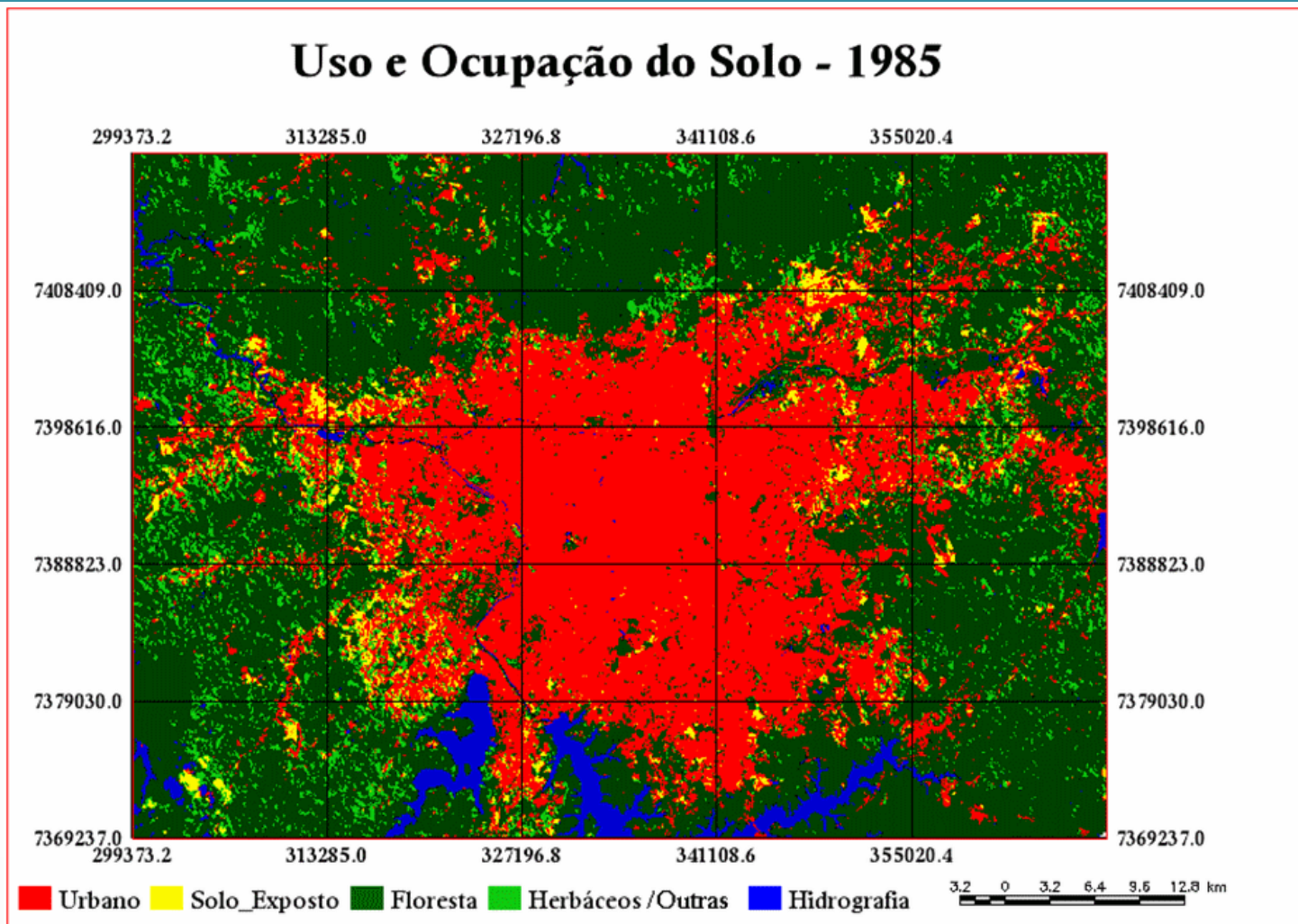
2009



Mar Aral - Uzbequistão

Exemplos – Landsat 5

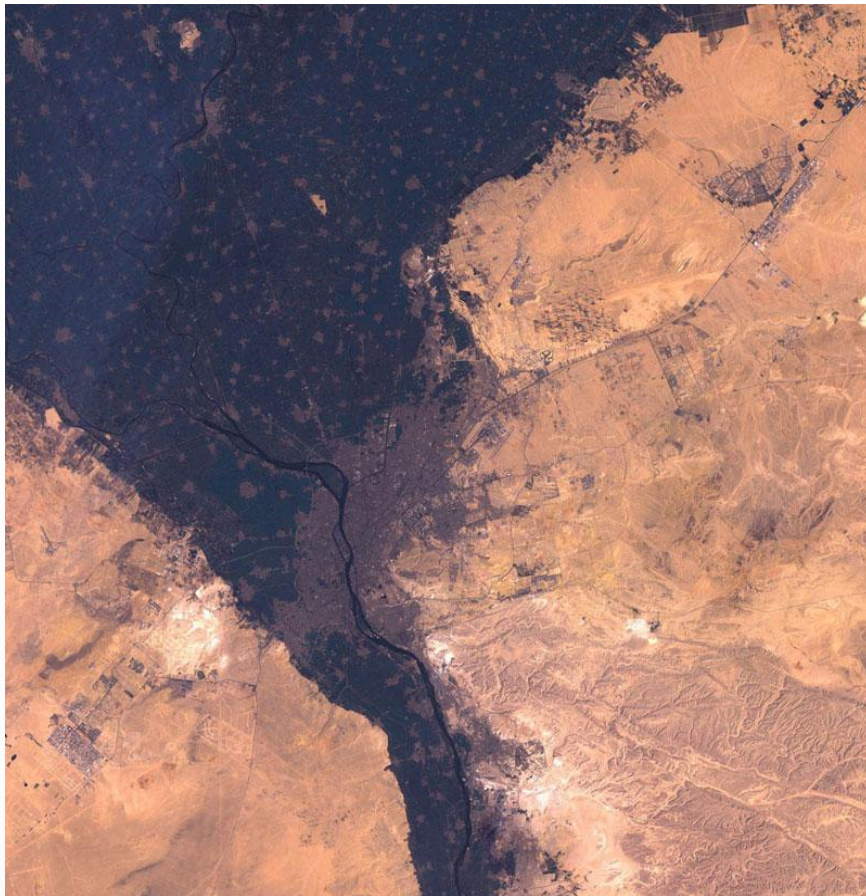
Final Version



São Paulo – Mapa Temático

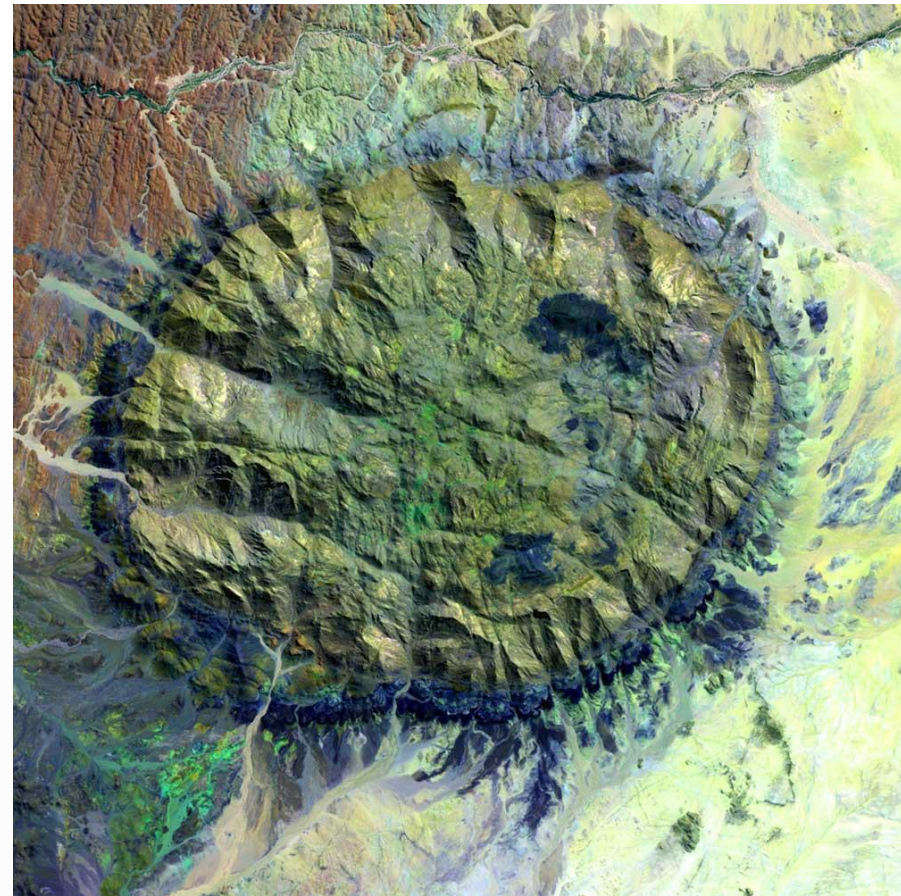
Exemplos – Landsat 7 – ETM+

LANDSAT 5 – TM



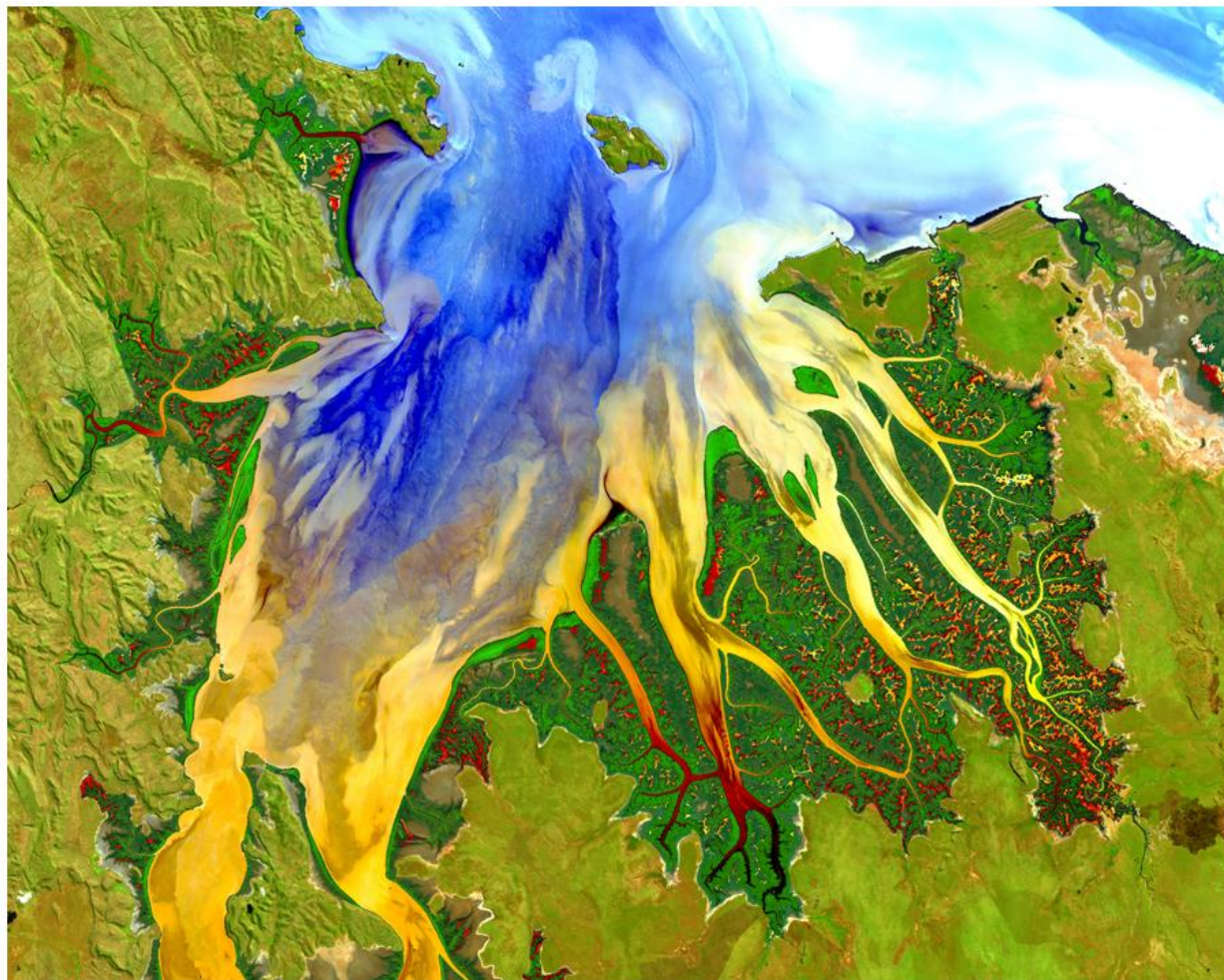
Delta do Rio Nilo - Egito

LANDSAT 7 – 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

Sentinel 2A/B

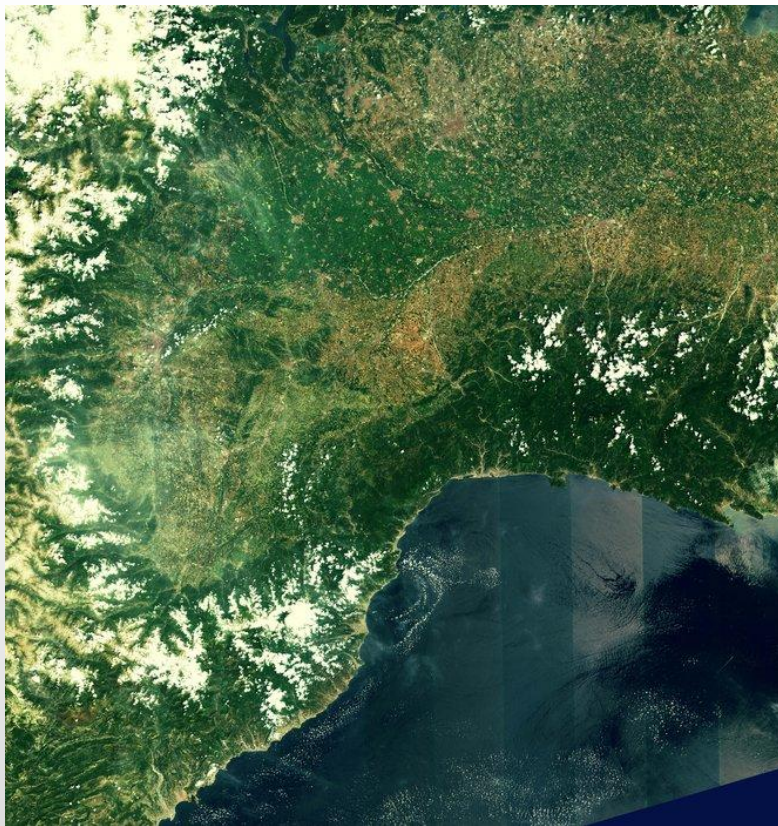
- Órbita polar
- Continuidade aos dados Landsat e SPOT
- 2 satélites em órbita simultaneamente

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



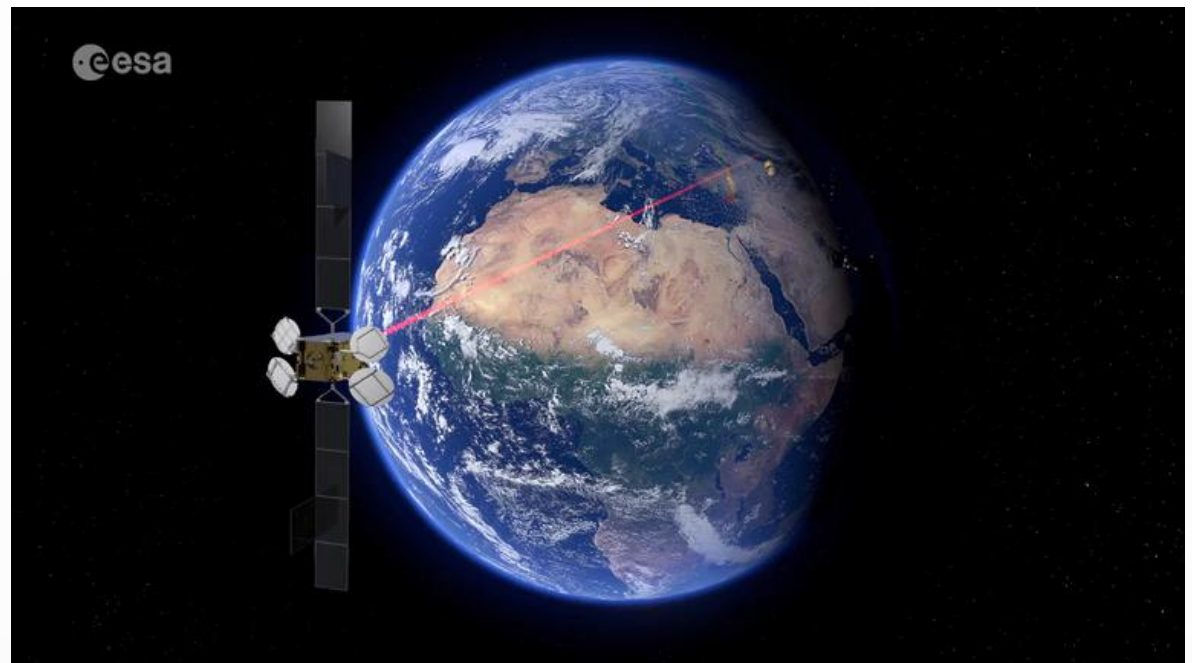
Visível – 10m



Infravermelho – 20m

Sentinel 2A /B

Junho/2017 - Primeira imagem Sentinel-2b transmitida por laser ao satélite geoestacionário Alphasat, a 36000km da Terra.



Fonte <http://www.esa.int>

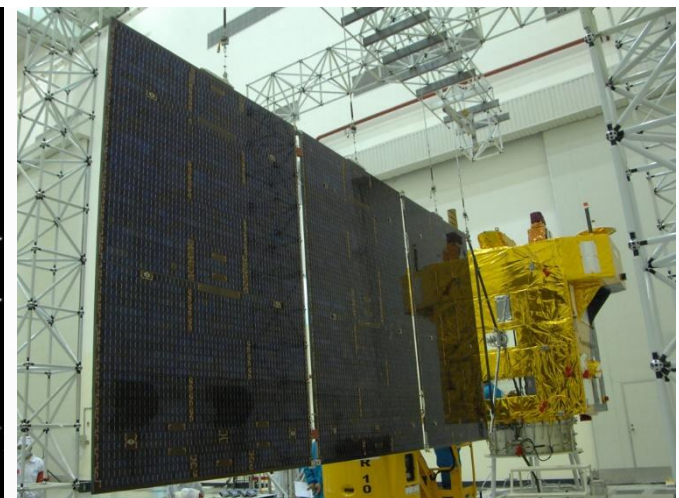
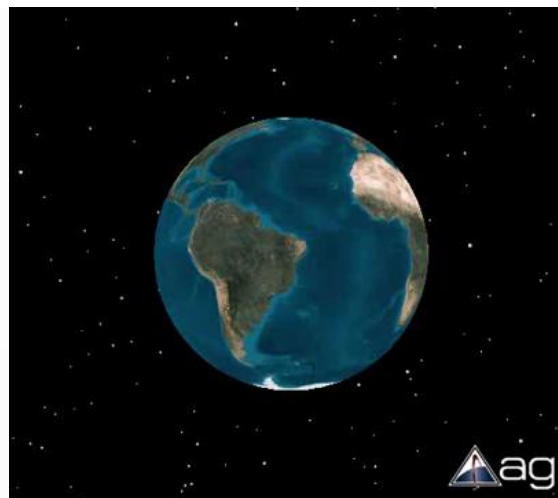
CBERS

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																														

	Lançamento / Operação
	Operação
	Operação / Término
	Falha no lançamento

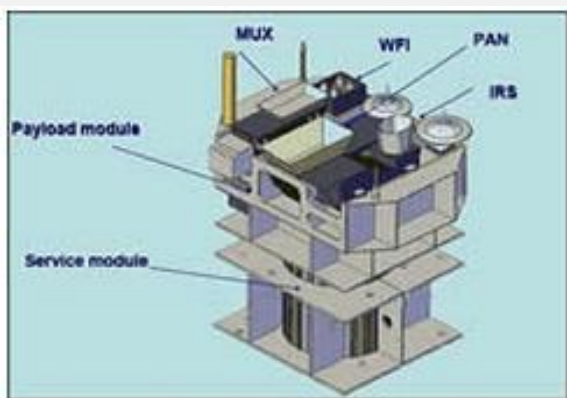


CBERS - 4



Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Temporal	Resolução Espacial	Área Imageada
PAN	G	0,51 - 0,85 μ m	52 dias	10 m	60 km
	R	0,52 - 0,59 μ m			
	NIR	0,63 - 0,69 μ m			
	PAN	0,77 - 0,89 μ m		5 m	

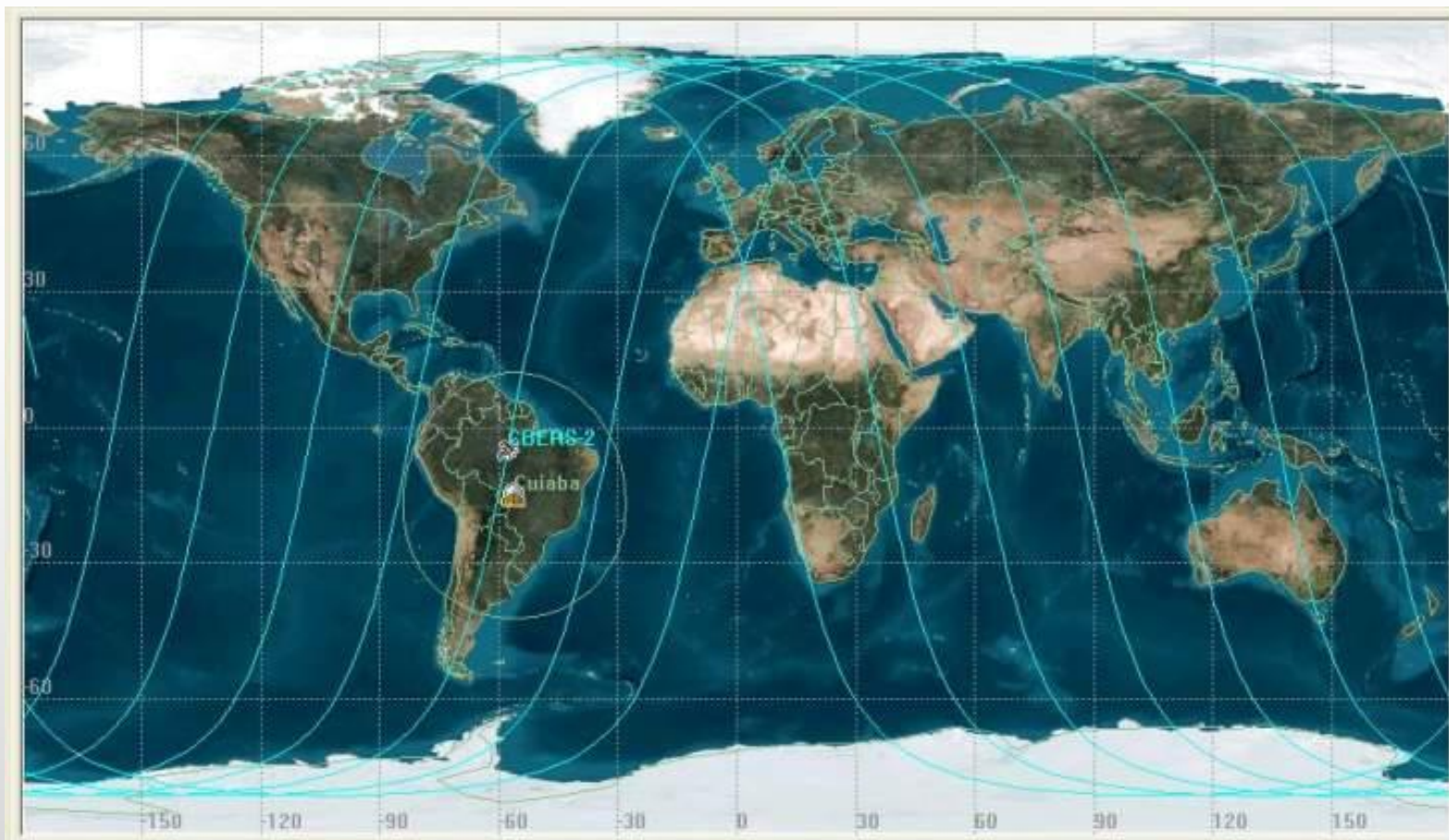
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Temporal	Resolução Espacial	Área Imageada
MUX	B	0,45 - 0,52 μ m	26 dias	20 m	120 km
	G	0,52 - 0,59 μ m			
	R	0,63 - 0,69 μ m			
	NIR	0,77 - 0,89 μ m			



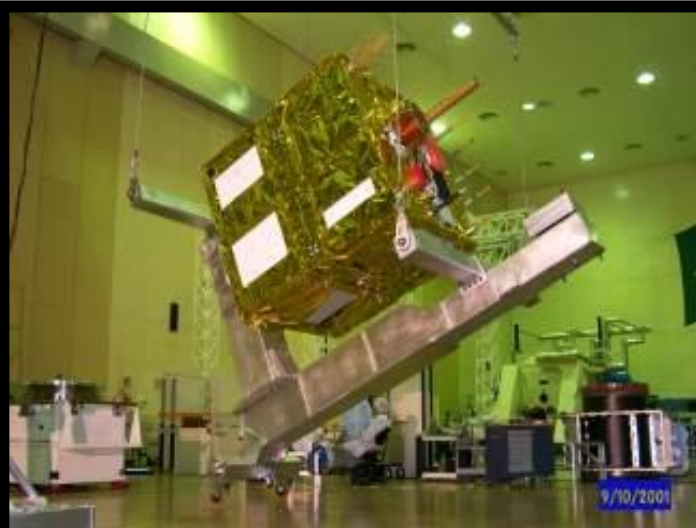
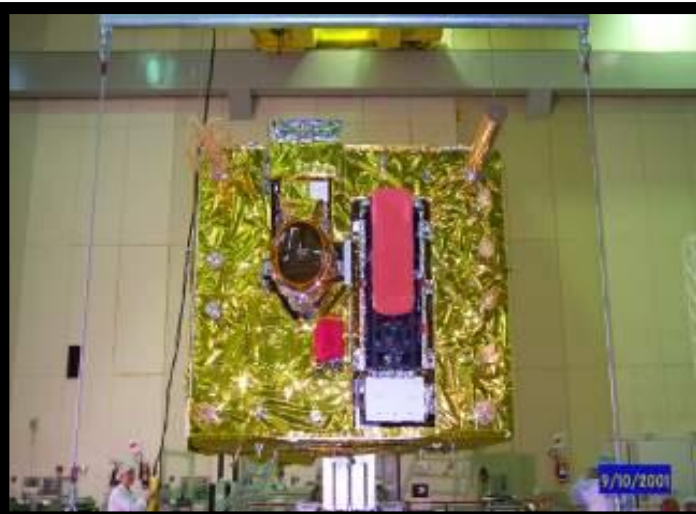
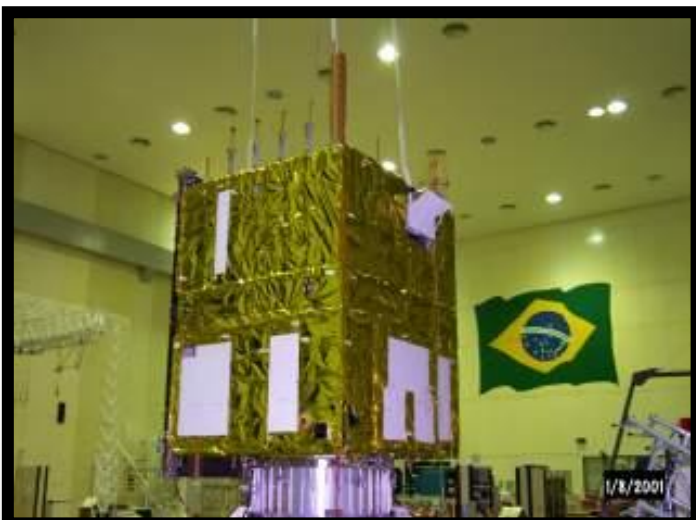
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Temporal	Resolução Espacial	Área Imageada
IRS	PAN	0,50 - 0,90 μ m	26 dias	40 m	120 km
	SWIR	1,55 - 1,75 μ m			
	SWIR	2,08 - 2,35 μ m			
	TIR	10,4 - 12,5 μ m		80m	

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Temporal	Resolução Espacial	Área Imageada
WFI (CBERS-1, CBERS-2, CBERS-2B)	VERMELHO	0,63 - 0,69 μ m	5 dias	260 m	890 km
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	10,77 - 0,89 μ m			

CBERS



CBERS



CBERS - 4

Imagem CBERS-4 – São José dos Campos-SP





Système Pour l'Observation de la Terre



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										
SPOT-1																																																		
SPOT-2																																																		
SPOT-3																																																		
SPOT-4																																																		
SPOT-5																																																		
SPOT-6																																																		

■ Lançamento/Operação
■ Operação
■ Operação/Término
■ Falha no Lançamento

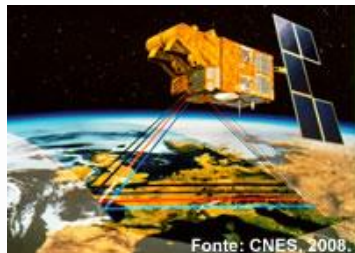
sensor	espectro eletromagnético	tamanho do pixel	bandas espectrais
SPOT 5	Pancromático	2.5 m or 5 m	0.48 - 0.71 μm
	B1 : verde	10 m	0.50 - 0.59 μm
	B2 : vermelha	10 m	0.61 - 0.68 μm
	B3 : próxima a infravermelho	10 m	0.78 - 0.89 μm
	B4 : médio infravermelho (MIR)	20 m	1.58 - 1.75 μm

	Lançamento/Operação
	Operação
	Operação/Término
	Falha no Lançamento

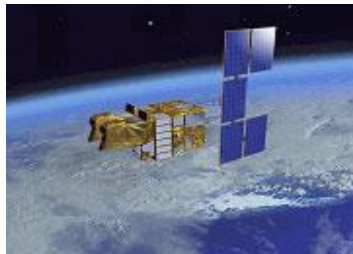
sensor	espectro eletromagnético	tamanho do pixel	bandas espectrais
SPOT 5	Pancromático	2.5 m or 5 m	0.48 - 0.71 μm
	B1 : verde	10 m	0.50 - 0.59 μm
	B2 : vermelha	10 m	0.61 - 0.68 μm
	B3 : próxima a infravermelho	10 m	0.78 - 0.89 μm
	B4 : médio infravermelho (MIR)	20 m	1.58 - 1.75 μm
SPOT 4	Monoespectral	10 m	0.61 - 0.68 μm
	B1 : verde	20 m	0.50 - 0.59 μm
	B2 : vermelha	20 m	0.61 - 0.68 μm
	B3 : próxima a infravermelho	20 m	0.78 - 0.89 μm
	B4 : médio infravermelho (MIR)	20 m	1.58 - 1.75 μm
SPOT 1	Pancromático	10 m	0.50 - 0.73 μm
SPOT 2	B1 : verde	20 m	0.50 - 0.59 μm
SPOT 3	B2 : vermelha	20 m	0.61 - 0.68 μm
	B3 : próxima a infravermelho	20 m	0.78 - 0.89 μm

SPOT

SPOT 5- Système Pour l'Observation de la Terre



Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
VEGETATION e VEGETATION-2	B0	0,43 - 0,47 μ m	1 Km	24 horas	2.250 km	8 bits
	B2	0,61 - 0,68 μ m				
	B3	0,78 - 0,89 μ m				
	MIR	1,58 - 1,75 μ m				



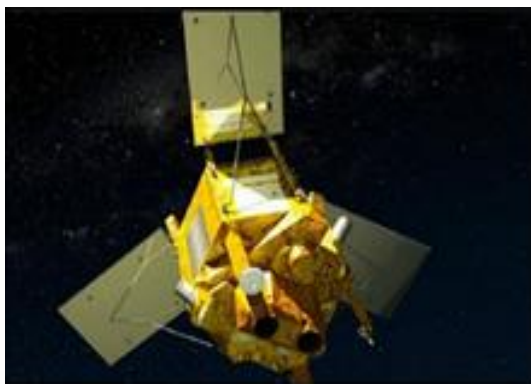
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
HRG	PA E SUPERMODE	0,48 - 0,71µm	5 m ou 2,5 m	26 dias	60 x 60 km	8 bits
	B1	0,50 - 0,59µm	10 m			
	B2	0,61 - 0,68µm				
	B3	0,78 - 0,89µm				
	SWR	1,58 - 1,75µm	20 m			



Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
HRS	PAN	0,48 - 0,70 μ m	10 m ou 5 m	26 dias	120 x 600 km	8 bits

SPOT

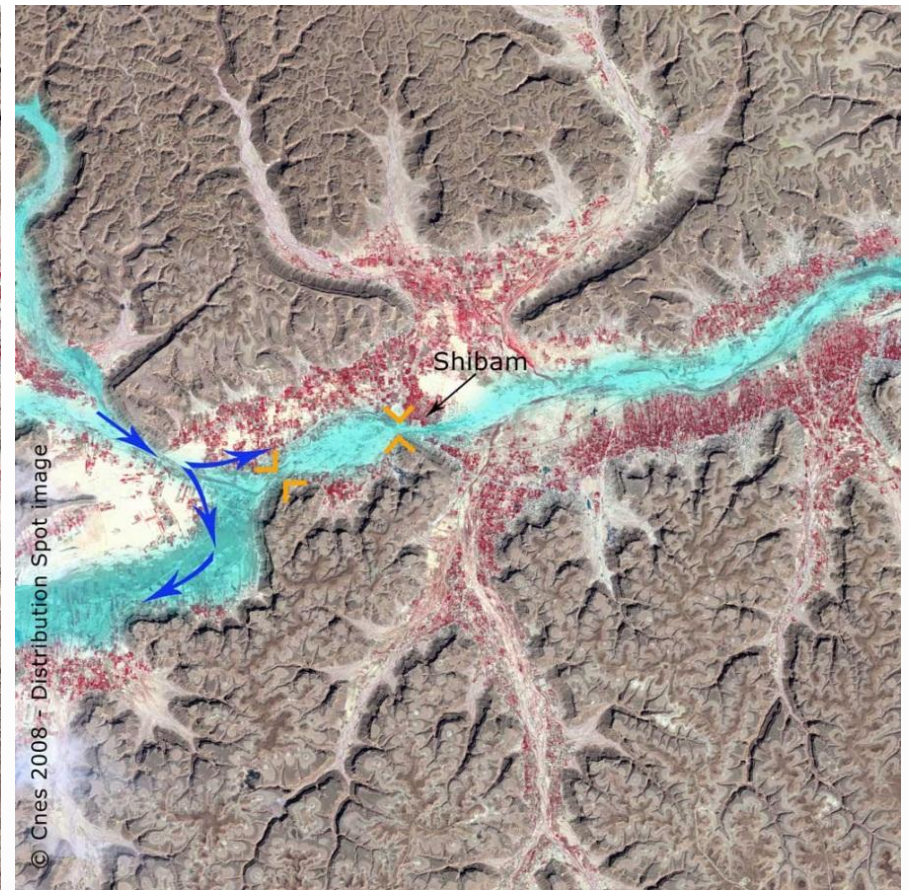
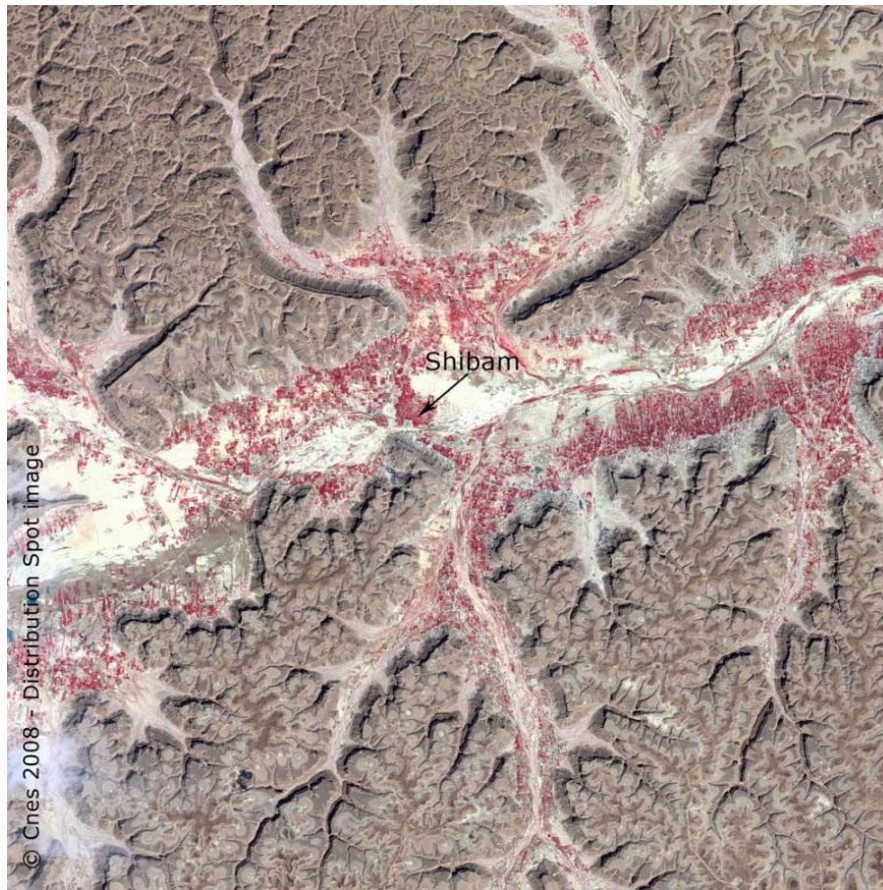
SPOT 6



Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
P	PAN	450 - 745 nm	1,5 m	1 a 5 dias	60 km	s.d.
MS	Blue	450 - 520 nm	6 m			
	Green	530 - 590 nm				
	Red	625 - 695 nm				
	Near-infrared	760 - 890 nm				
s.d. = sem dados/informações						

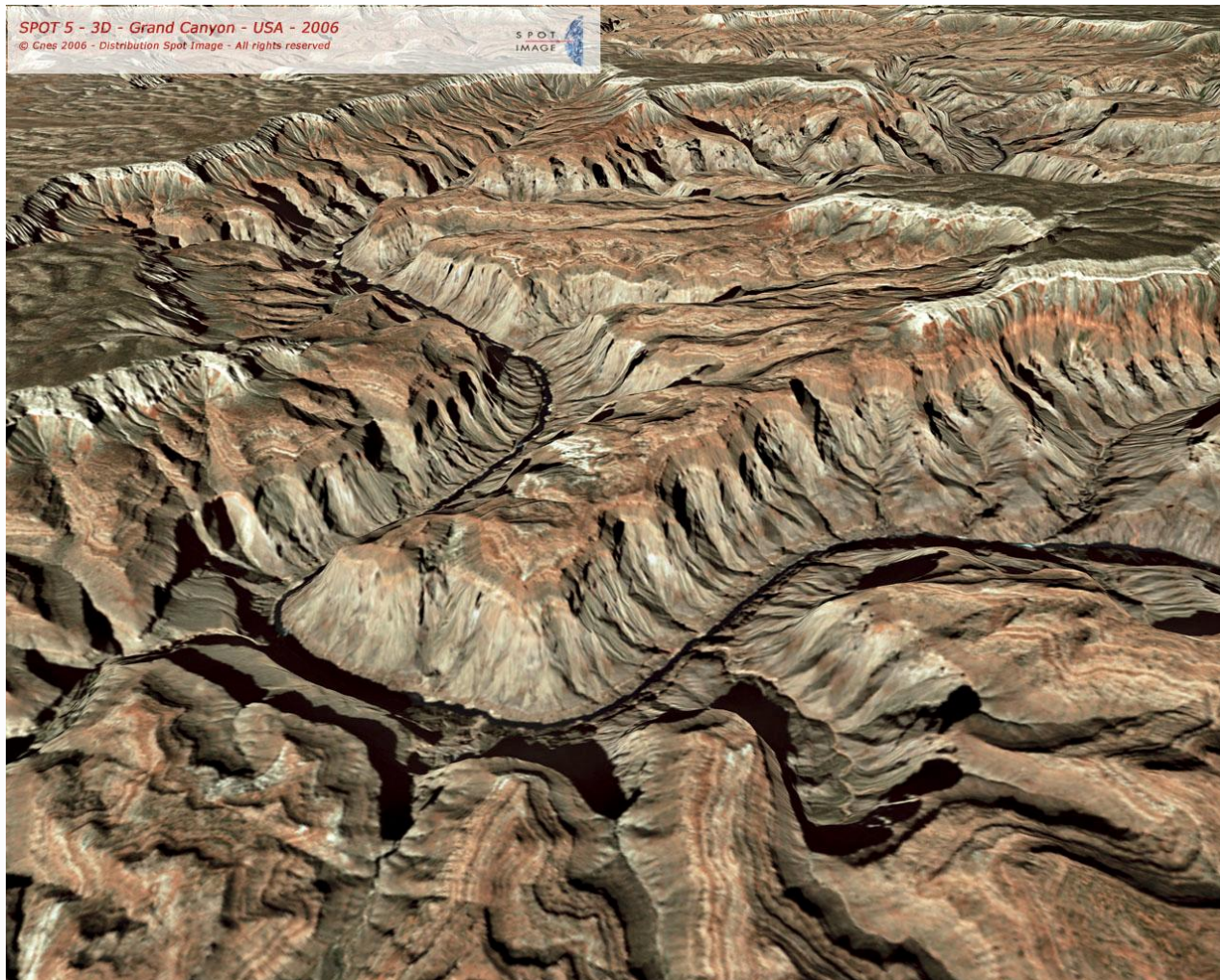
Lançados a bordo do Satélite SPOT-6, os sensores operam nas faixas do VNIR, com resolução espacial de 1,5 metros no modo pancromático e 6 metros no multiespectral.

Exemplos - SPOT



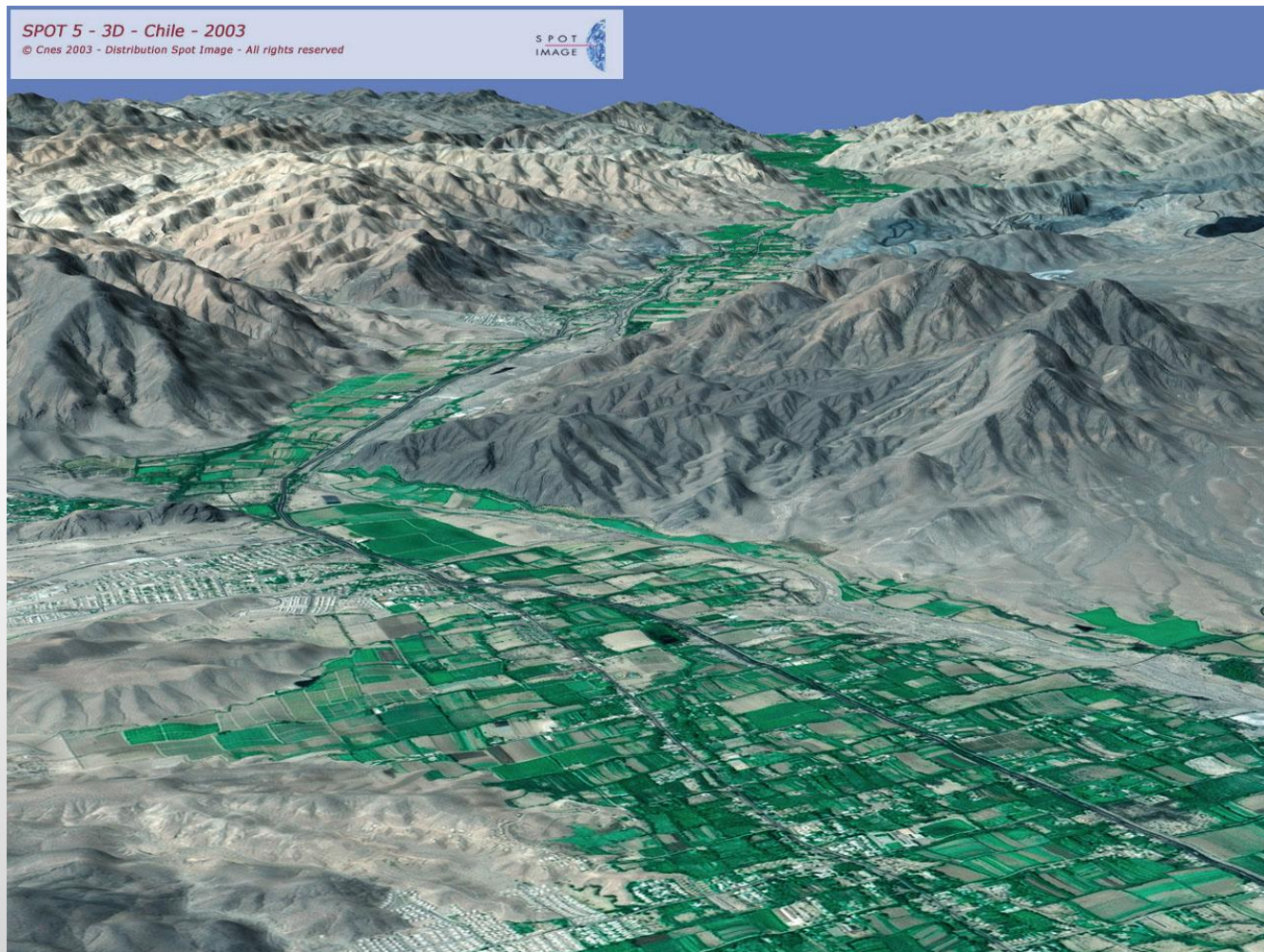
Enchantes - lêmén

Exemplos - SPOT



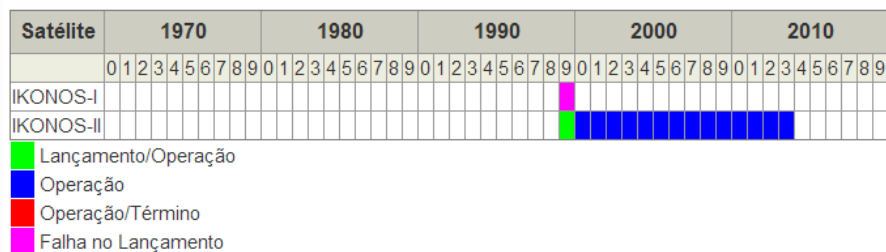
Grand Canyon - EUA

Exemplos - SPOT



Chile

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	

Alta resolução espacial IKONOS

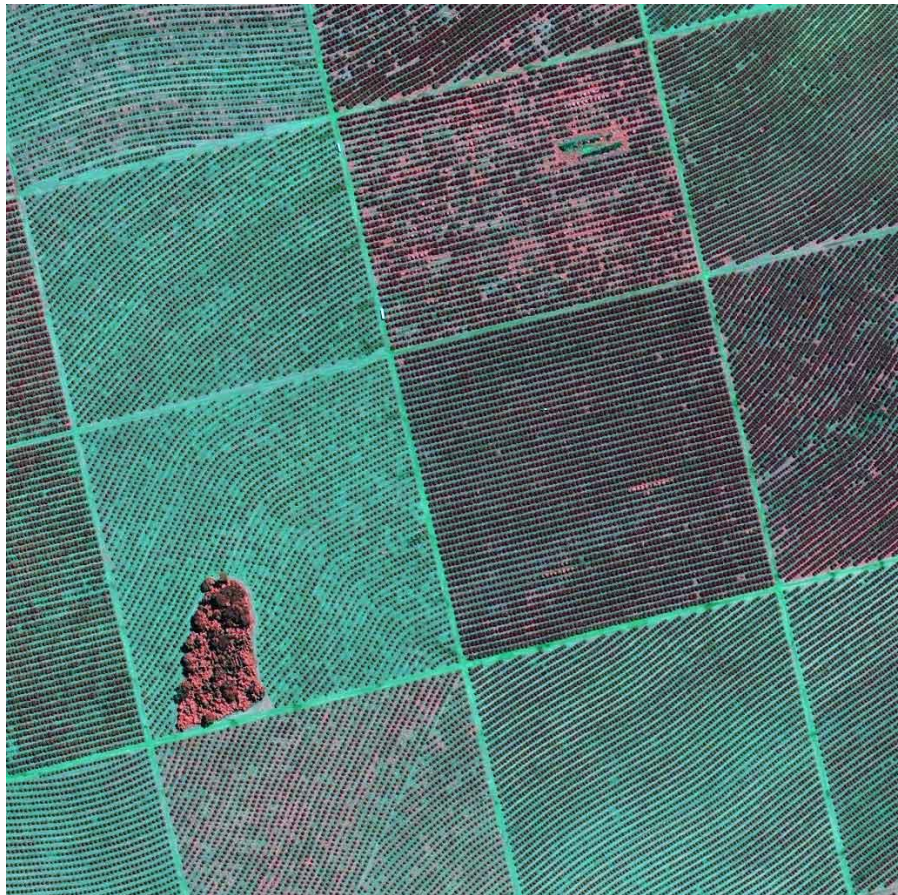


Principais Aplicações

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

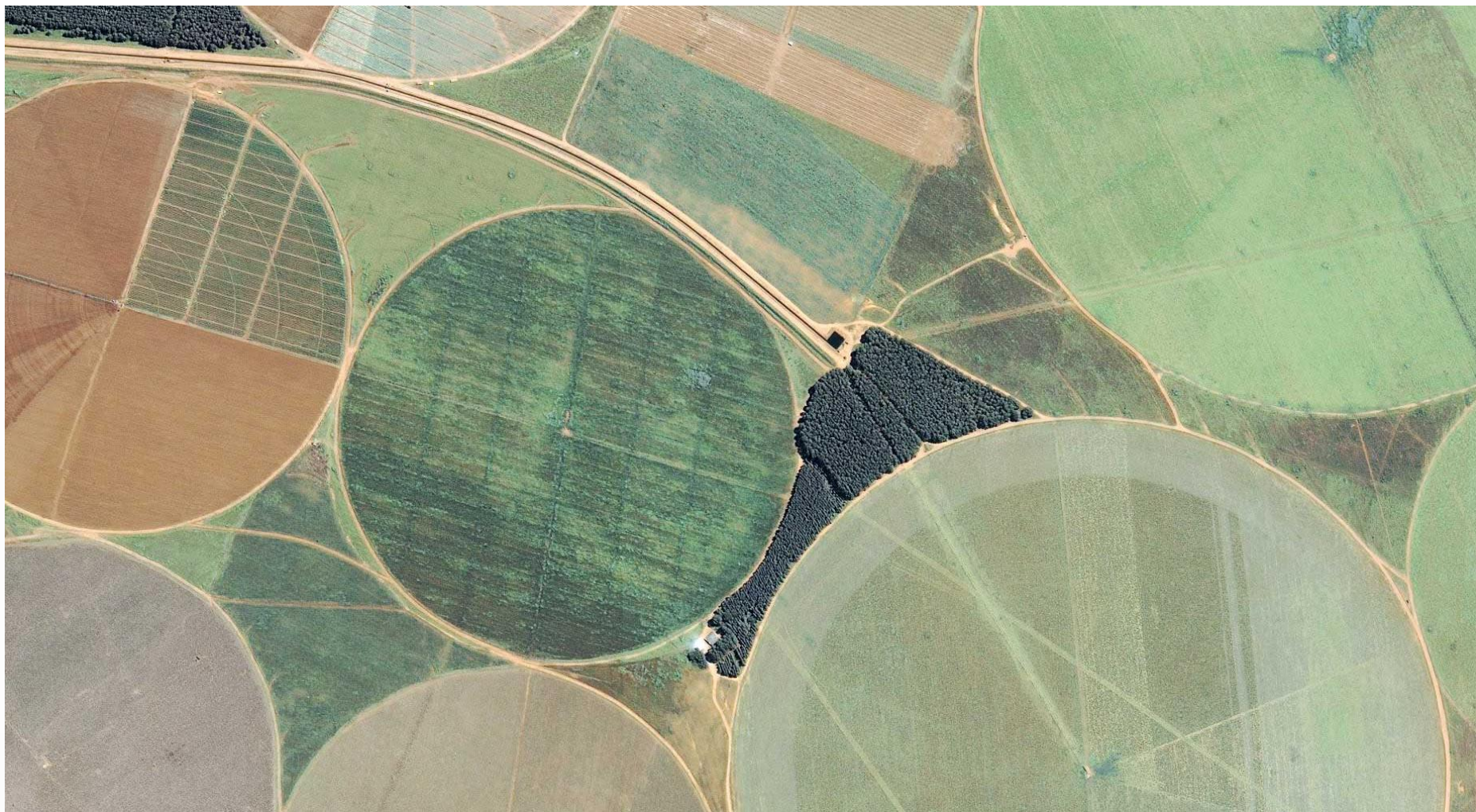
Alta resolução espacial IKONOS



Alta resolução espacial IKONOS



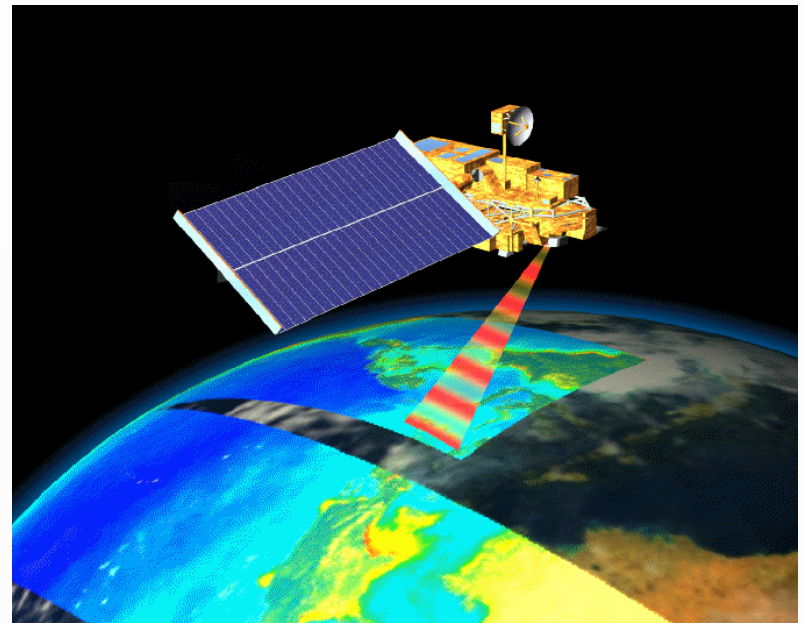
Alta resolução espacial IKONOS



MODIS

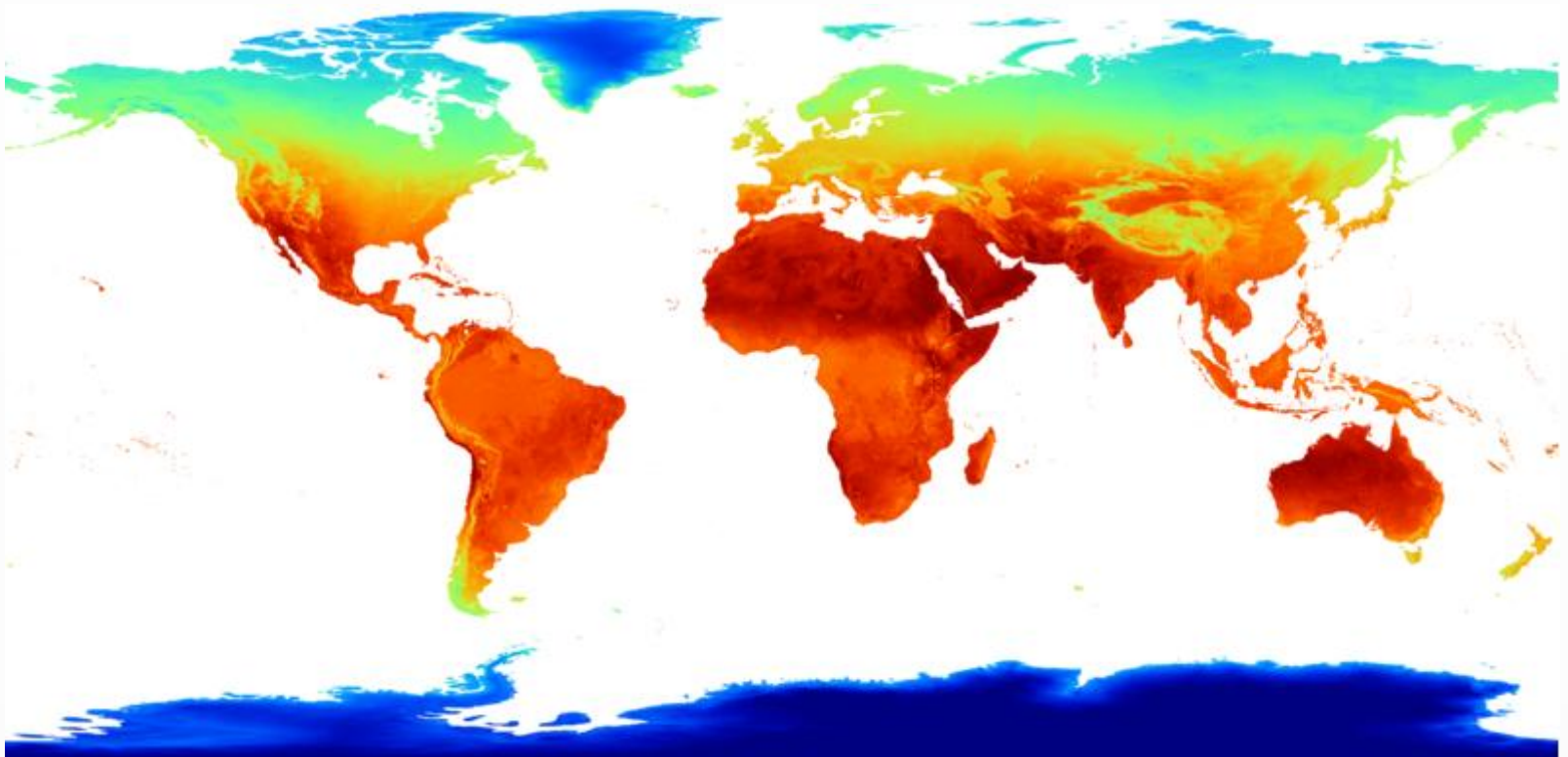
Sensor MODIS / Terra - Aqua

- 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 m
- 36 bandas espectrais entre $0,4 \mu\text{m}$ e $14,4 \mu\text{m}$
- Produtos Modis



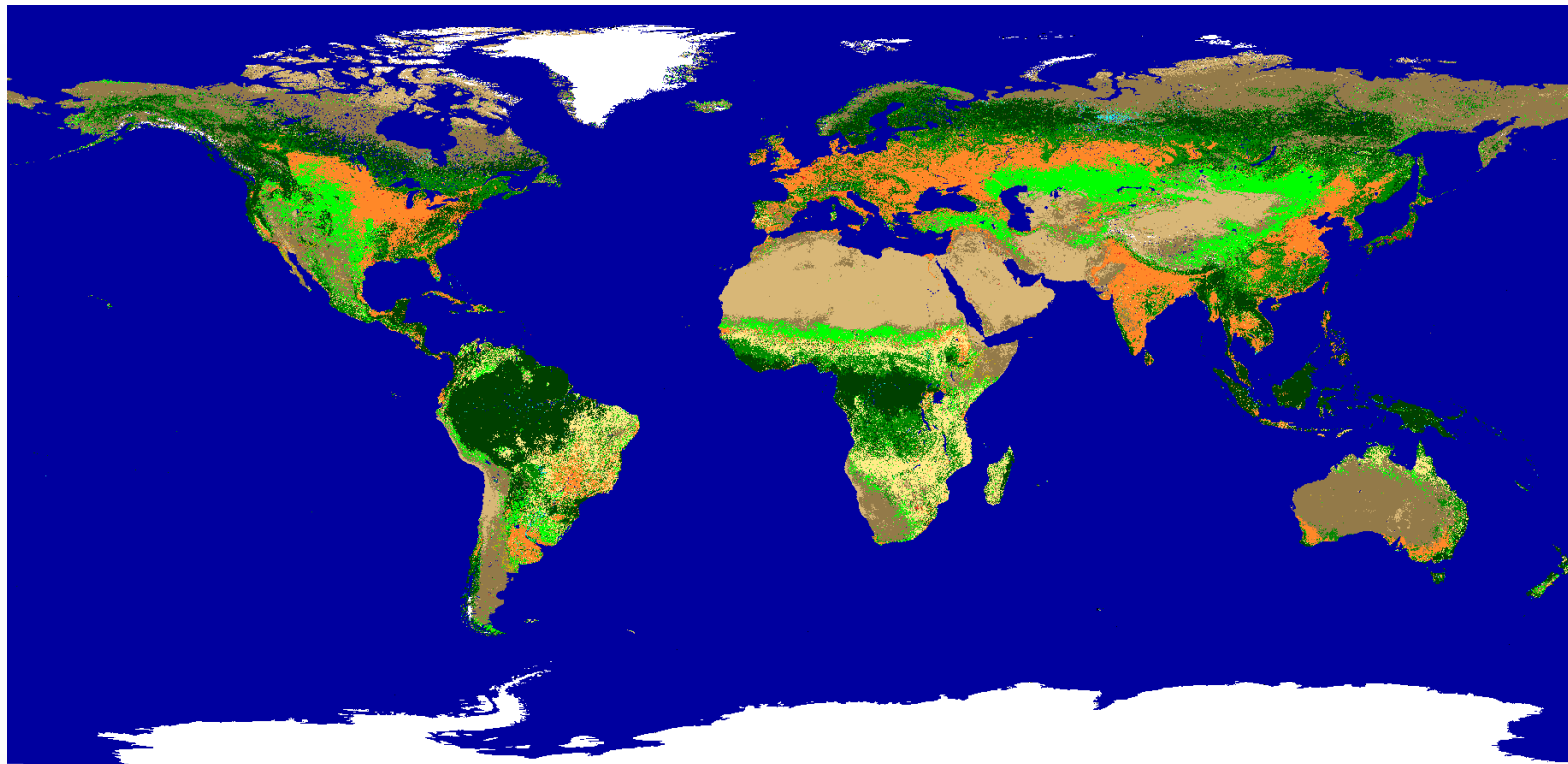
MODIS

Temperatura - MODIS



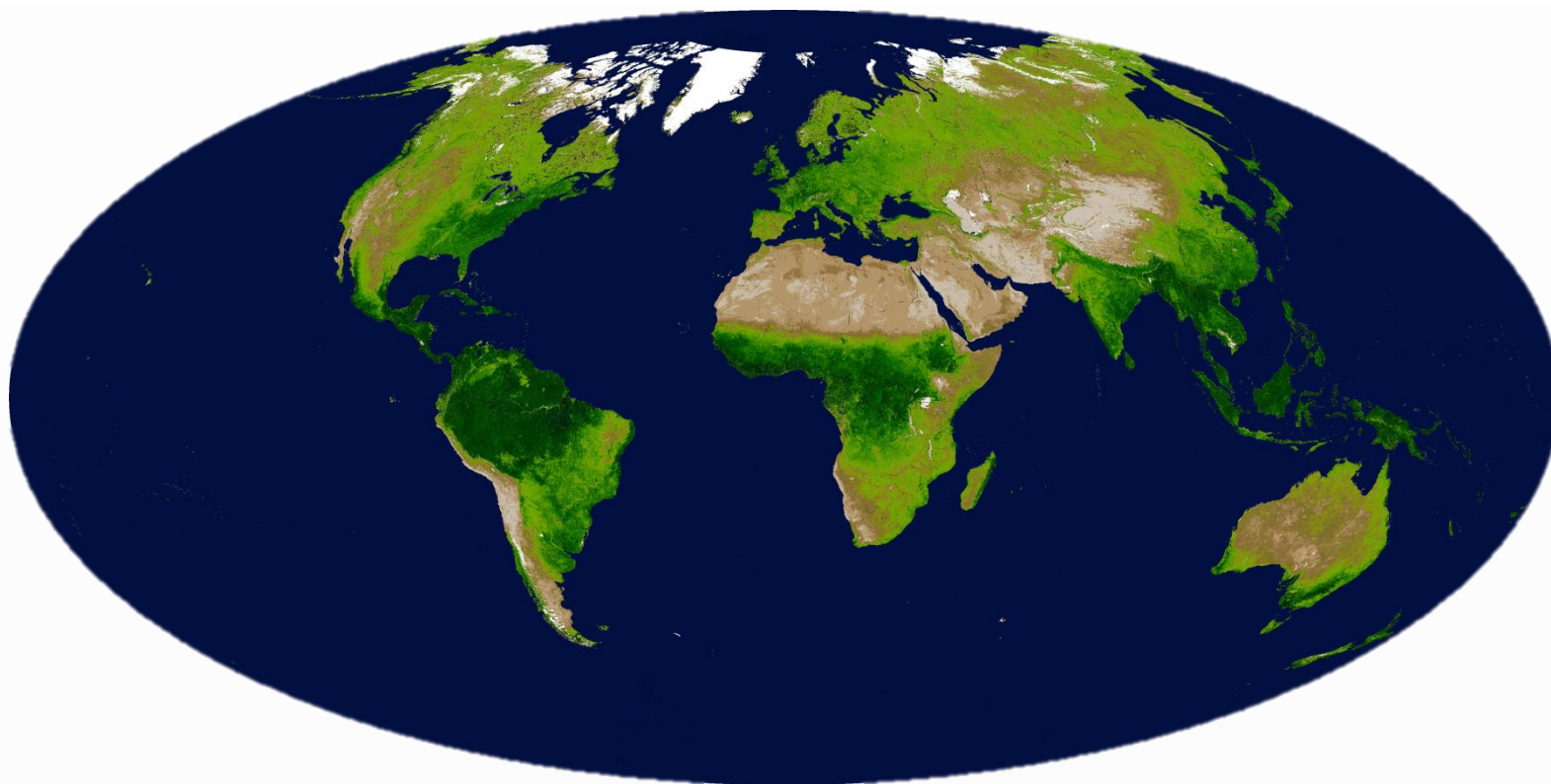
MODIS

Uso do Solo - MODIS



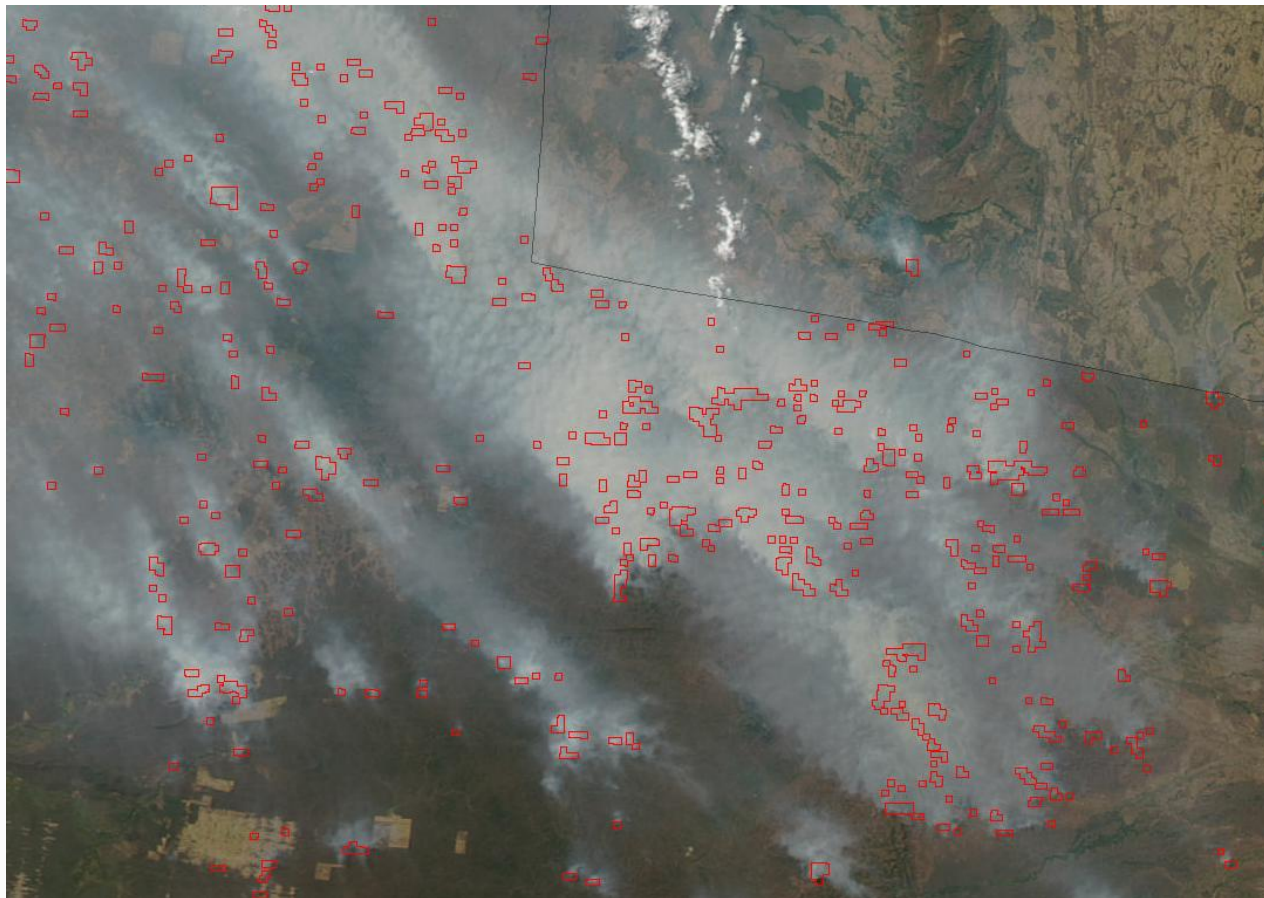
MODIS

Índice de Vegetação - MODIS



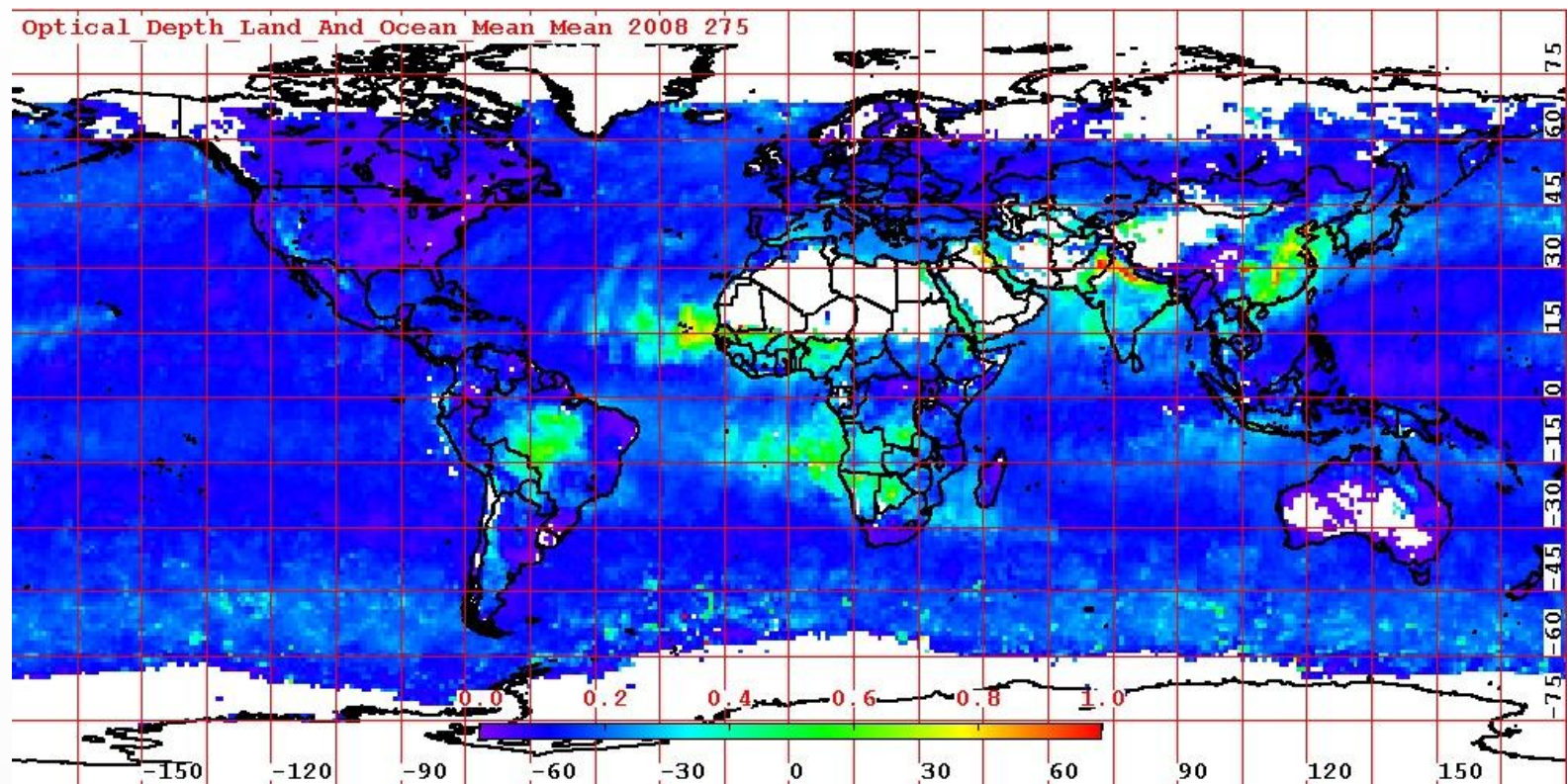
MODIS

Queimadas - MODIS



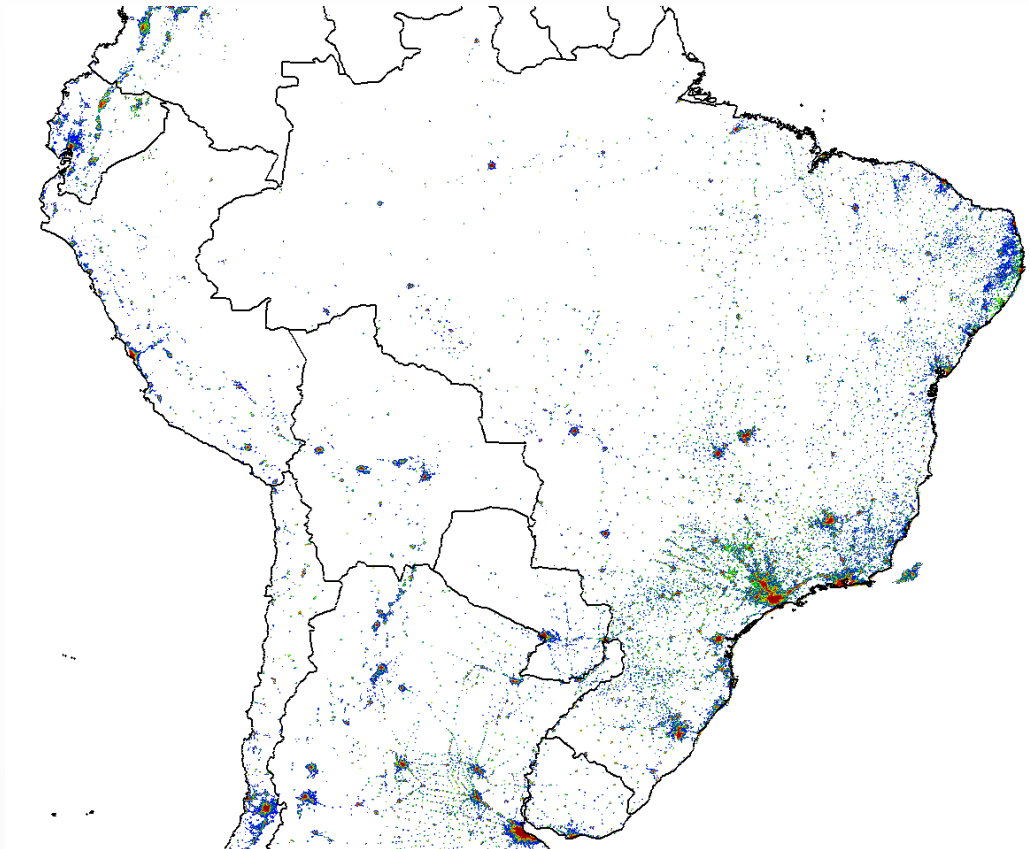
MODIS

Aerosol - MODIS



MODIS

Luzes



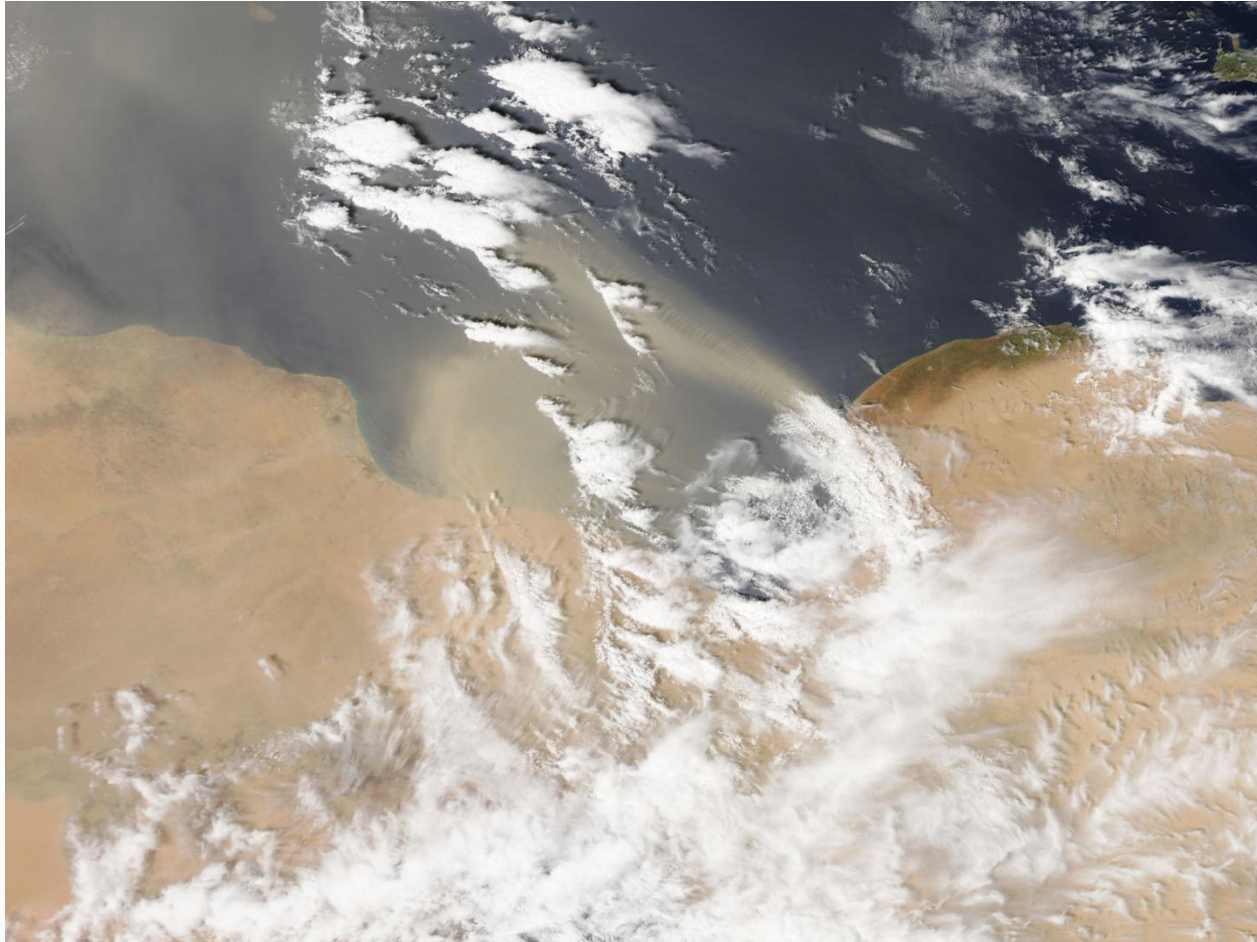
MODIS

10:00 UTC Satellite image of the dark spot caused by total solar eclipse.
The peak of the eclipse was to be 10:10 UTC just north of the Libya/Chad boarder.

Credit: NOAA

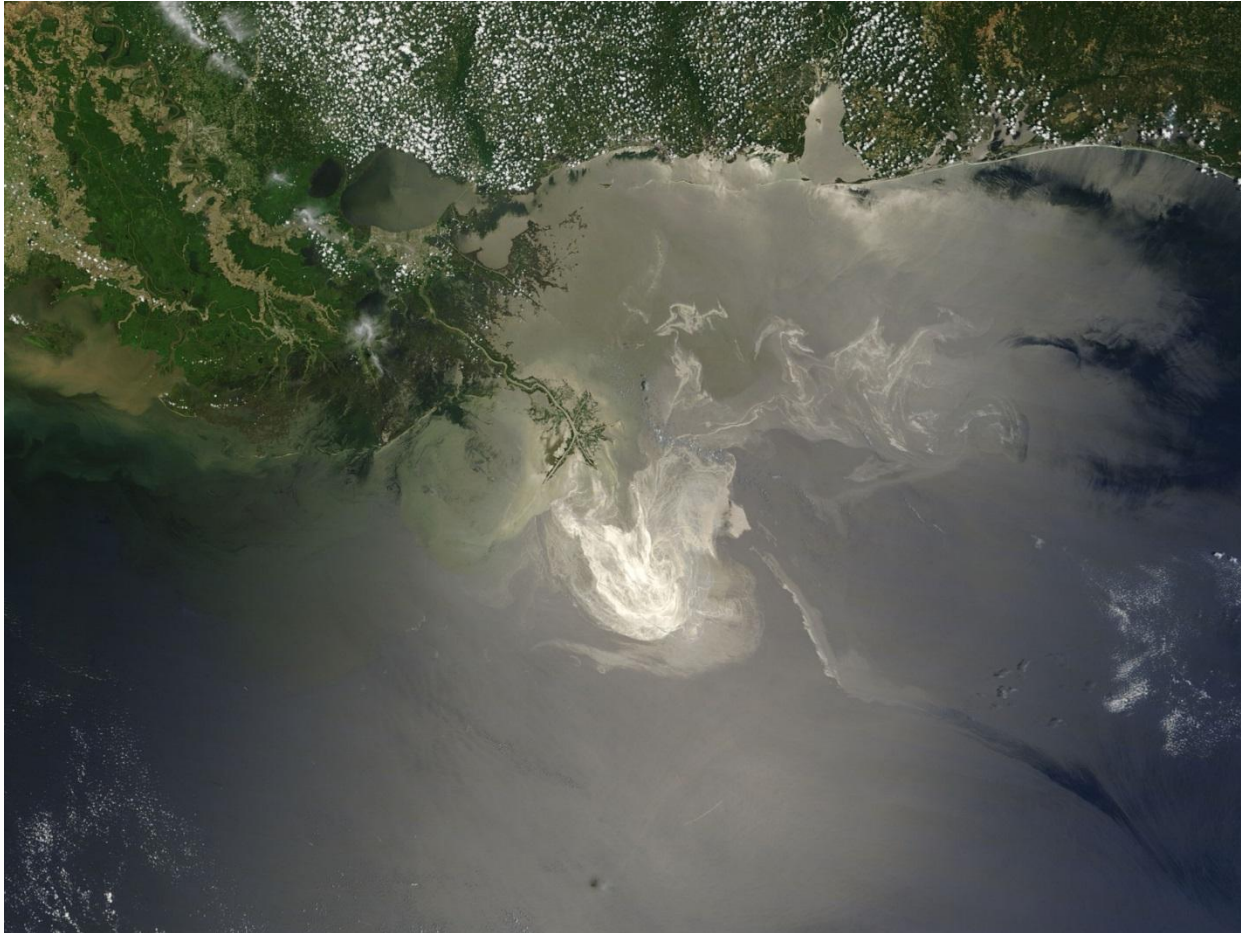


MODIS



Deserto do Saara

MODIS



Óleo no Golfo Do México - EUA

Como obter imagens de satélite?

The screenshot displays the DGI website interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'Participe', 'Serviços', 'Legislação', and 'Canais'. Below this, a header section includes 'BRASIL' and 'Acesso à informação'. The main content area is divided into two parts: a search results panel on the left and a map on the right.

Search Results Panel (Left):

- Página 1 de 1** (Page 1 of 1)
- 7 registros encontrados.** (7 records found.)
- 1/7** (Record 1 of 7)
- landsat 8** (Sensor: LANDSAT-8)
- L8-OLI 218/076 2015-06-28** (Image ID: L8-OLI 218/076, Date: 2015-06-28)
- Data: 2015-06-28 Hora: 12:57:32** (Date: 2015-06-28, Time: 12:57:32)
- Satelite: LANDSAT-8 Sensor: OLI** (Satellite: LANDSAT-8, Sensor: OLI)
- % Nuvens: 5,15 Qualidade: 9** (Clouds: 5.15%, Quality: 9)

Map (Right):

- The map shows a large satellite image overlaying a geographical map of Brazil.
- Key locations labeled include: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Brasília, and others.
- A red pin is visible on the map, indicating a specific location.
- The map includes a scale bar (0 to 20 km) and a legend.

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

Como obter imagens de satélite?



science for a changing world

Earth Resources Observation and Science Center (EROS)

USGS Home
Contact USGS
Search USGS

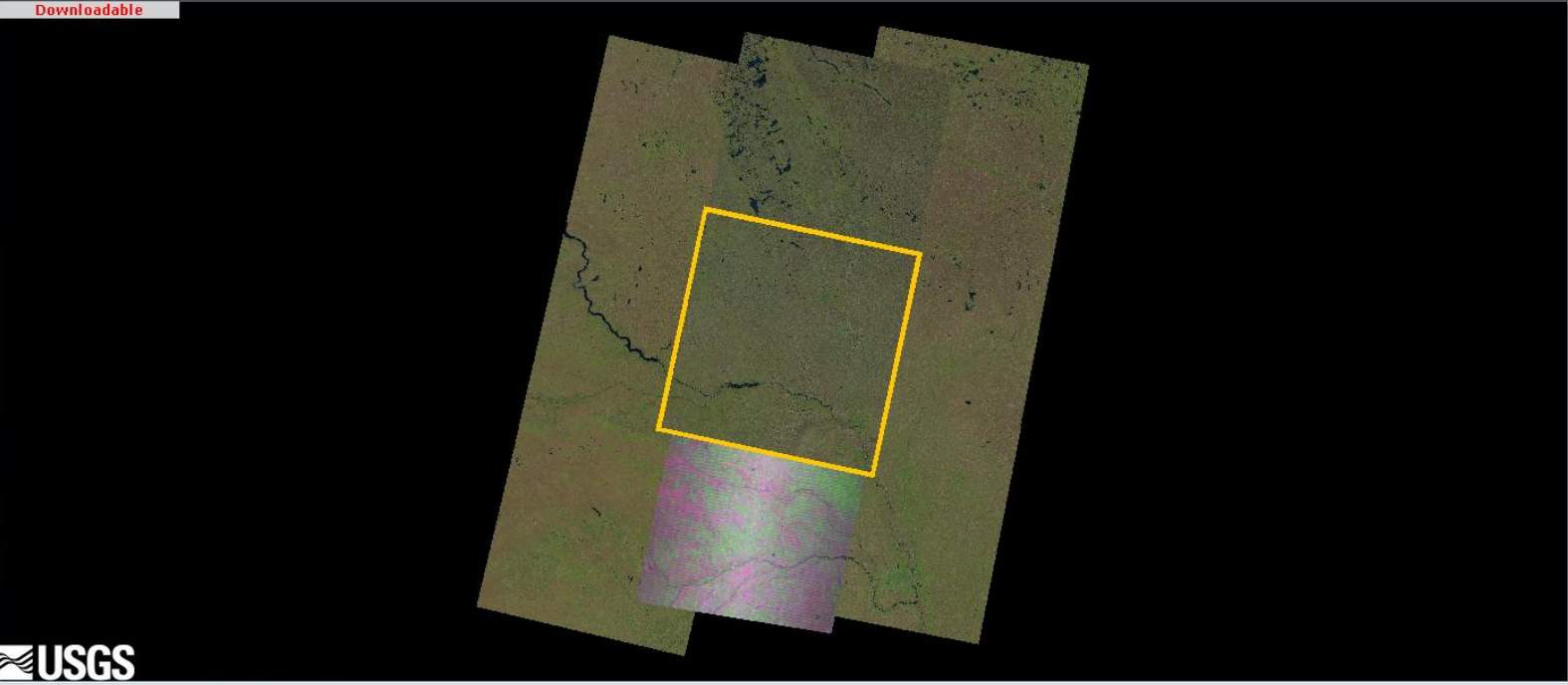
USGS Global Visualization Viewer

System Notices (1), 1 Critical

Collection Resolution Map Layers Tools File Help



Downloadable



WRS-2
Path/Row: 29 30 Go
Lat/Long: 43.2 -97.1 Go

Max Cloud: 100% [Up] [Down] [Left] [Right]

Scene Information:
ID: LC80290302013289LGN00
CC: 0% Date: 2013/10/16
Qty: 9 Product: OLI_TIRS_L1T

Oct 2013 Go

Prev Scene Next Scene

Landsat 4 - Present List

Add Delete Send to Cart

1000m No Limits Set Lat/Long: 43.901891, -91.970957 degrees

Quick Start Guide

Browser Requirements

User Guide

Download Source Code

What's New!

About Browse Images

[http://http://earthexplorer.usgs.gov/](http://earthexplorer.usgs.gov/)



Muito obrigado!

bruno.so@dsr.inpe.br

São José dos Campos
Julho / 2017

