

Sensoriamento Remoto Aplicado à Geografia

Reinaldo Paul Pérez Machado

Apresentação do Programa

- Objetivos
- Conteúdo
- Metodologia de ensino
- Avaliação

Objetivos do curso

- Fornecer os princípios básicos do Sensoriamento Remoto enquanto técnica de obtenção, registro e interpretação de dados para a análise geográfica.
- Avaliar o potencial das imagens obtidas através de plataformas aéreas ou orbitais como subsídios à análise temporal e espacial dos fenômenos geográficos.

Conteúdo

- Histórico e conceito
- Princípios Físicos do Sensoriamento Remoto
- O espectro eletromagnético
- Interação da energia com a matéria e comportamento espectral dos alvos
- Sistemas Sensores Aéreos. O sensor fotográfico
- Sistemas Sensores Orbitais
- Aplicações na Geografia

Conteúdo

Aula 1. (09-08) Apresentação da disciplina. Histórico. Conceito e elementos do Sensoriamento Remoto

Aula 2. (16-08) Princípios físicos do Sensoriamento Remoto. Interação da energia eletromagnética com a atmosfera e com os objetos terrestres.

Aula 3. (23-08) Comportamento espectral da vegetação e objetos urbanos. Sistema sensor. Sensores passivos e ativos. Formas de imageamento. Tipos de resolução.

Aula 4. (30-08) Fotogrametria. Distorções. Escala. Estereoscopia.

- **(06-09) Semana da Pátria - ENANPEGE**

Aula 5. (13-09) Interpretação dos produtos de sensoriamento remoto. Início das atividades práticas.

Conteúdo

Aula 6. (20-09) Prova

Aula 7. (27-09) Atividades práticas.

Aula 8. (04-10) Atividades práticas.

Aula 9. (11-10) Atividades práticas.

Aula 10. (18-10) Atividades práticas.

Aula 11. (25-10) Atividades práticas.

Aula 12. (01-11) Atividades práticas.

Aula 13. (08-11) Atividades práticas.

- **(15-11) Proclamação da República.**

Aula 14. (22-11) Entrega das atividades práticas,

Aula 15. (29-11) Fechamento das notas.

Dias sem aula

Setembro (01 – 06) Semana da Pátria - ENANPEGE

Novembro (15) Proclamação da República.

Metodologia de Ensino

- Aulas teóricas
- Exercícios práticos
- Leituras

Avaliação

- Prova: 50%
- 20 de setembro (Aula 6)
- Exercício prático fotogrametria: 50%
- 22 de novembro (entrega)

O que é Sensoriamento Remoto?

Palavras-chave

- Radiação eletromagnética
- Reflexão e/ou emissão da energia
- Registro da interação da energia com a matéria utilizando sensores fotográficos e /ou imagedores
- Interpretação de fenômenos geográficos

O que é Sensoriamento Remoto?

Arte e ciência da obtenção de informação sobre um objeto ***sem contato físico direto*** com ele. É a tecnologia científica que pode ser usada para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas (JENSEN, 2000).

O que é Sensoriamento Remoto?

CRÓSTA & SOUZA (1997) definem como o objetivo do sensoriamento remoto a ***obtenção e análise de informações*** sobre materiais (naturais ou não), objetos ou fenômenos na superfície da Terra ***a partir de dispositivos situados à distância dos mesmos.***

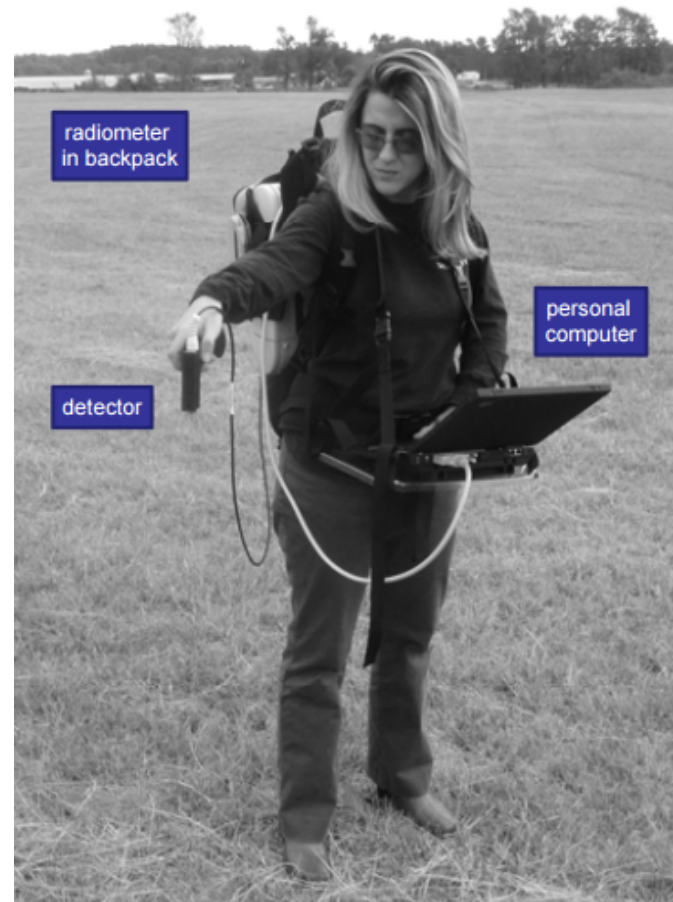
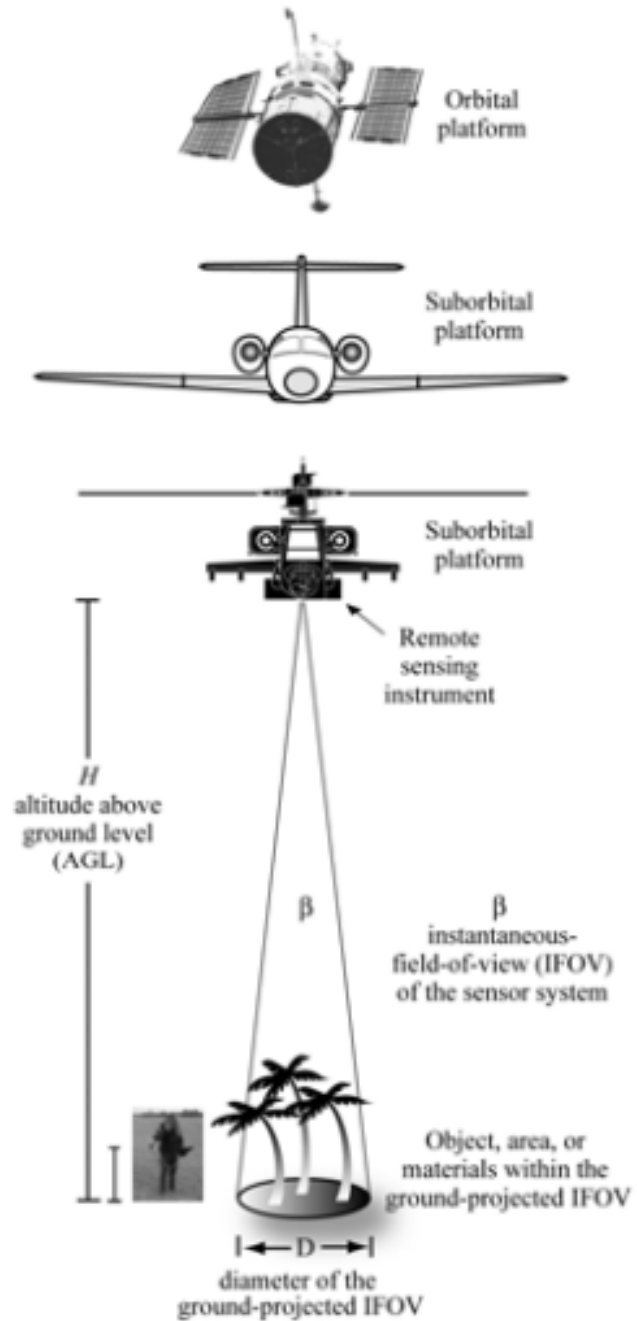
O que é Sensoriamento Remoto?

Utilização conjunta de modernos equipamentos ***sensores***, equipamento para ***processamento*** dos dados, equipamento de ***transmissão***, aeronaves, espaçonaves etc, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e das ***interações entre as radiações eletromagnéticas*** e as substâncias componentes do planeta terra em suas mais diversas manifestações (NOVO, 1993).

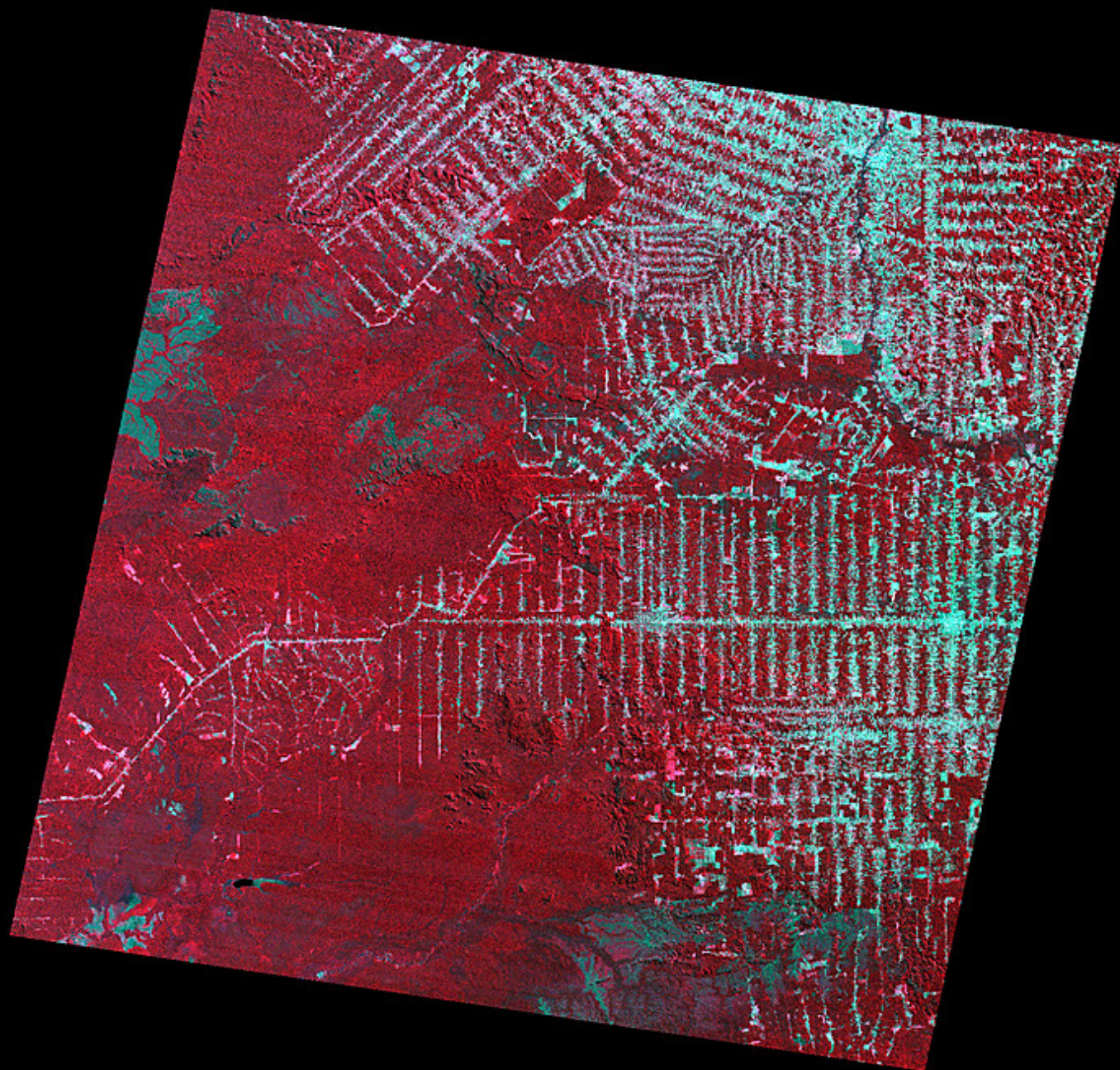
Níveis de Aquisição

- Sensoriamento Remoto ***Orbital (Satélites)***
- Sensoriamento Remoto ***Aéreo (Aviões)***
- Levantamentos em campo

Remote Sensing Measurement



Jensen, 2000

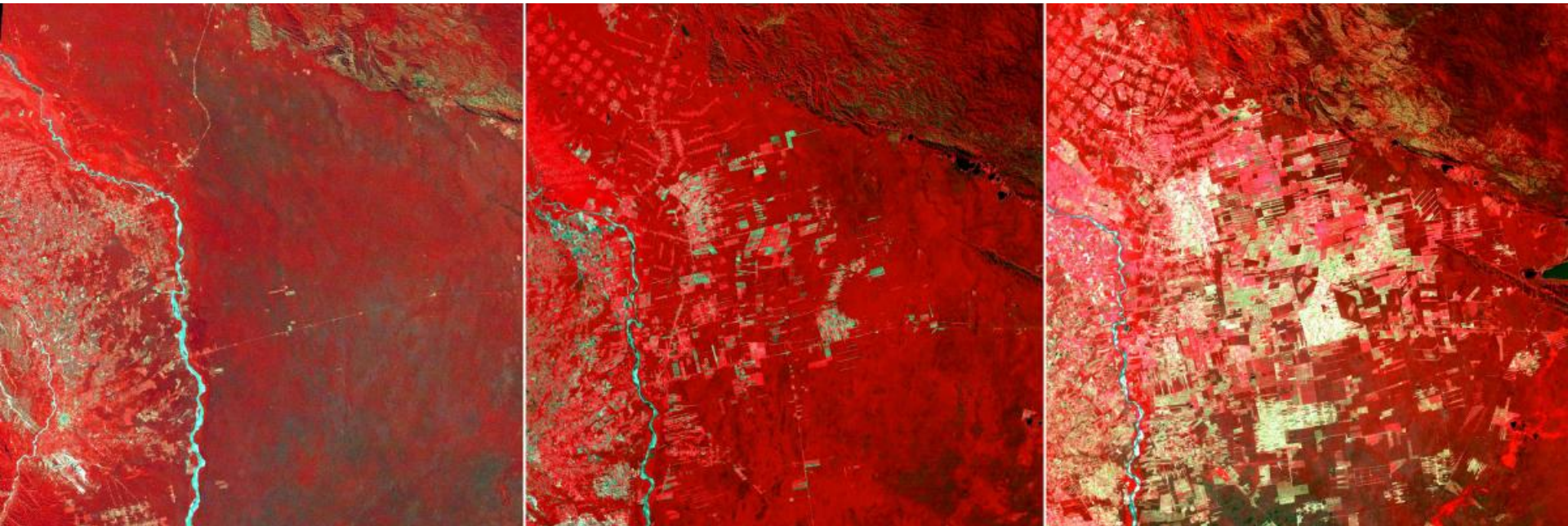


Landsat TM

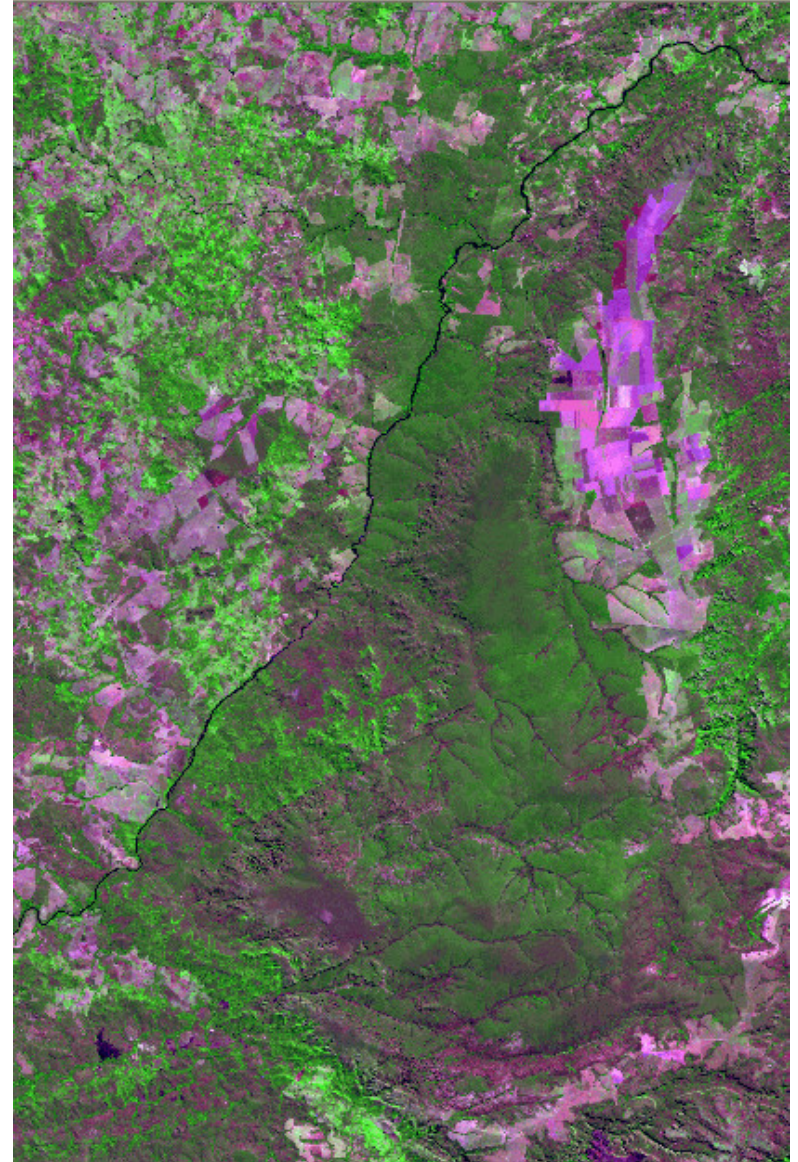
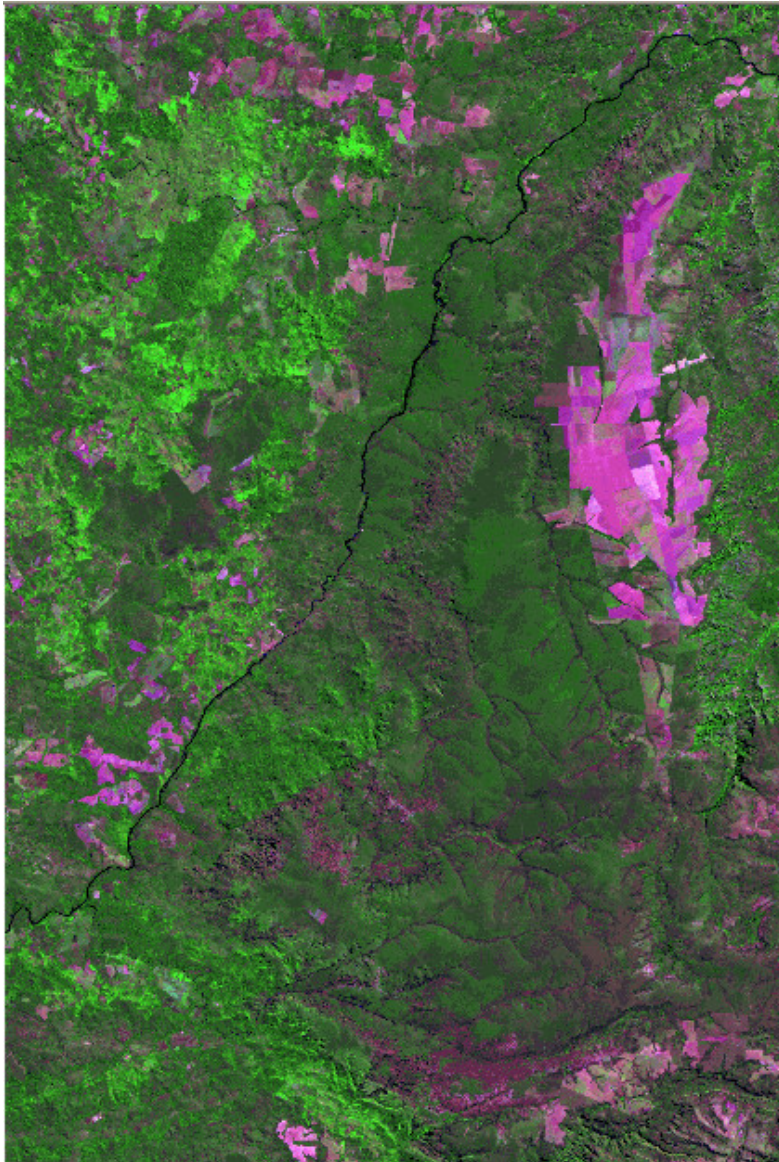
composição colorida 4 (R), 3 (G), 2 (B) - órbita 173/103 data 17/08/04



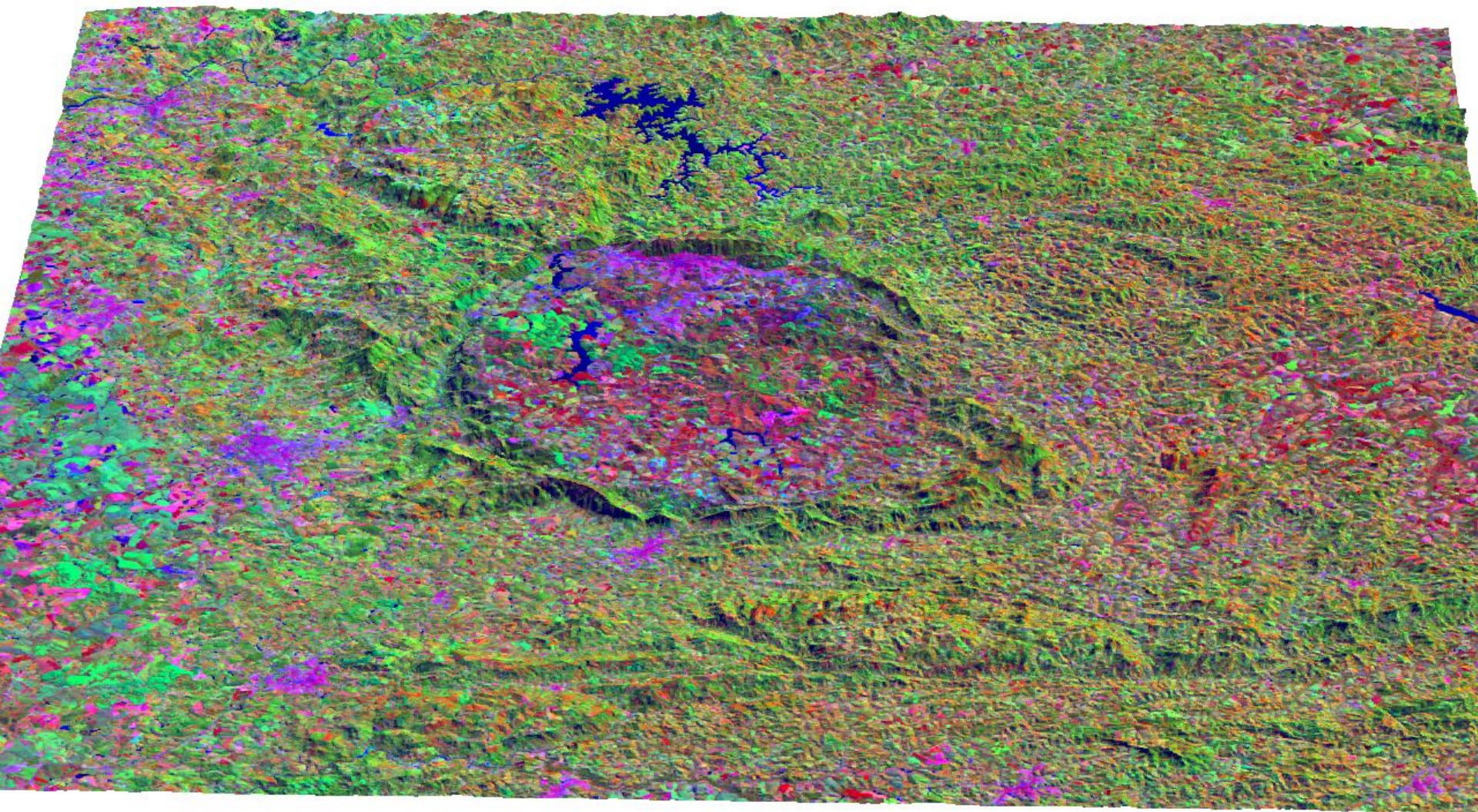
Desmatamento na Amazônia Boliviana



Terra Indígena São Marcos / MT – 1993 – 2000

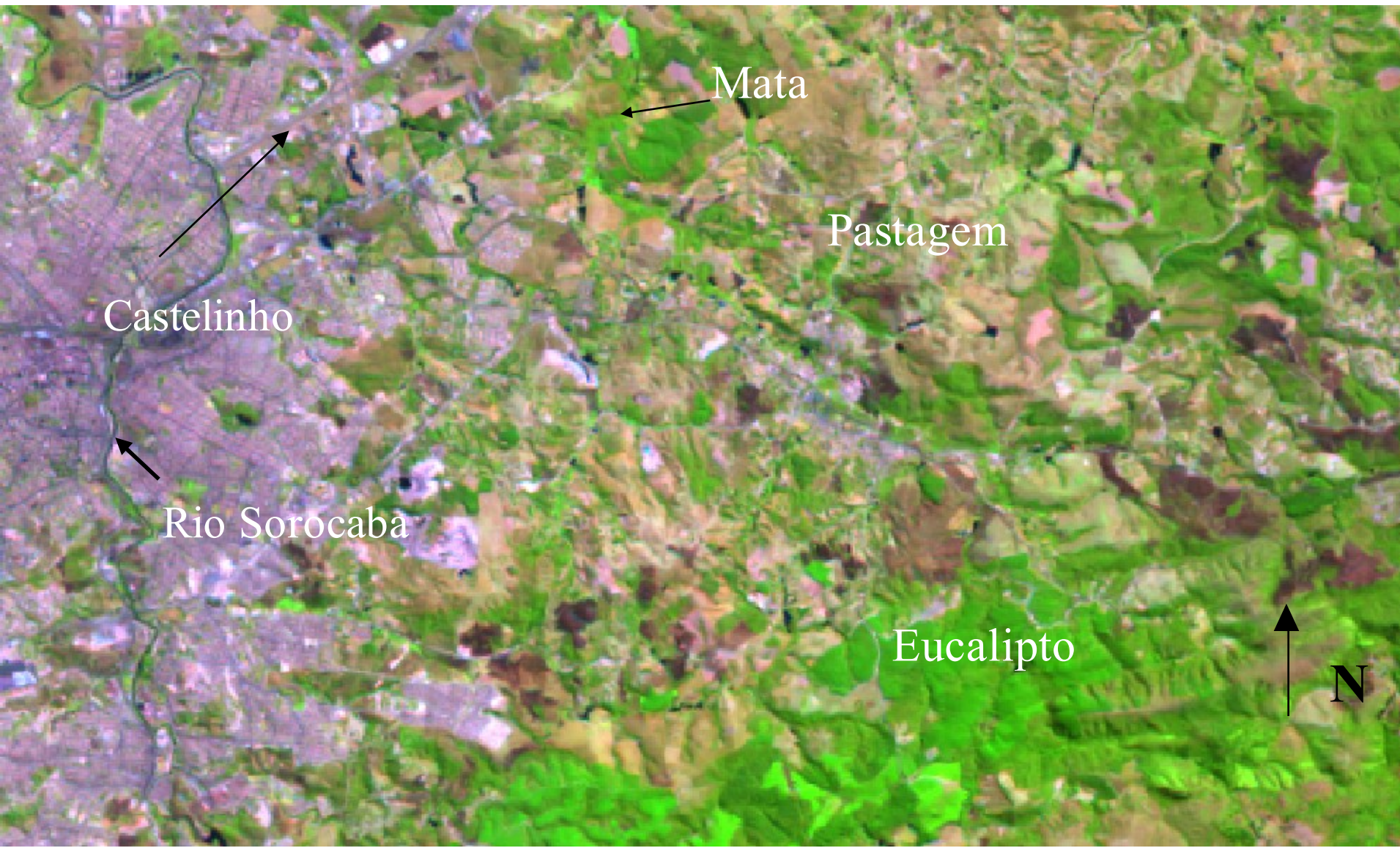


Landsat TM



Landsat TM + SRTM

Landsat7 ETM+ de 1999 de Sorocaba



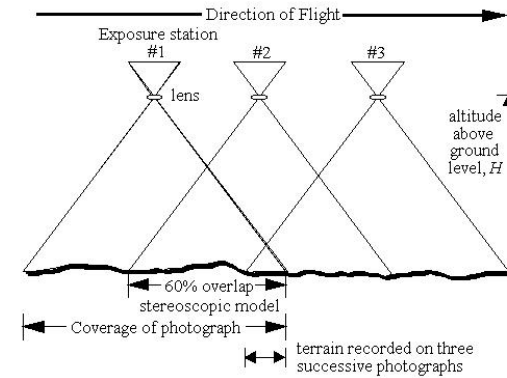
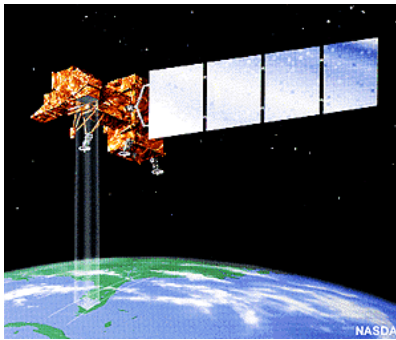


Imagem Landsat ETM+ 5R4G3B
órbita 219/77 de 1999



Fotografia aérea BASE SA (2000),
escala aprox. 1: 30 000



Área central do município de Embu/SP
1962-1973-1994



Jardim Santo Eduardo/Embu/SP: 1962 - 1994



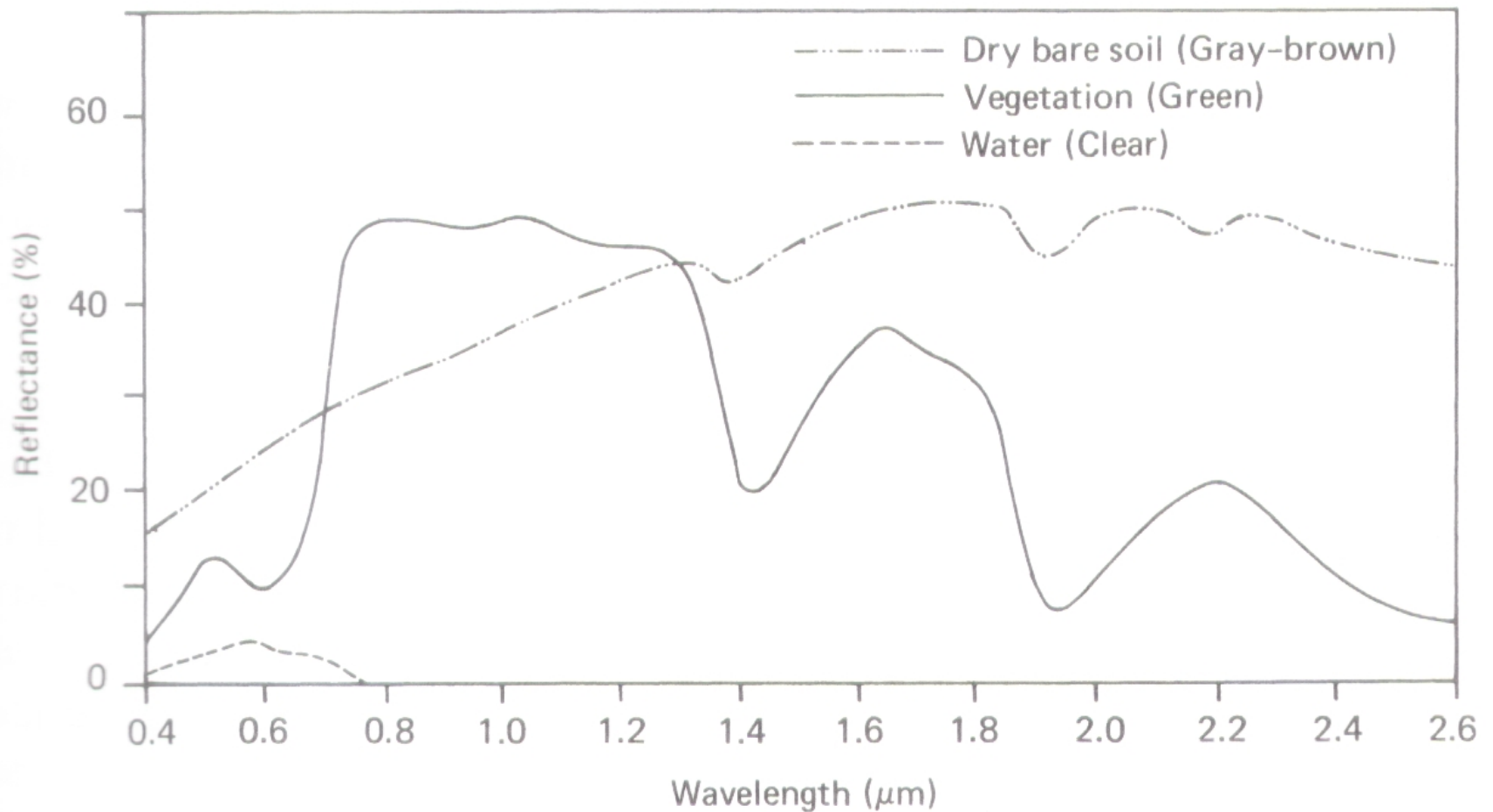


Figure 1.10 Typical spectral reflectance curves for vegetation, soil, and water. (Adapted from Swain and Davis, 1978.)

Breve Histórico do Sensoriamento Remoto

- Desenvolvimento da Fotografia
- Pesquisa Espacial

Primeira Fotografia

- Daguerre e Niepce em **1839**
- **1840**: recomendação do uso das fotografias em levantamentos topográficos
- **1858**: Corpo de Engenharia da França utiliza fotografias tomadas de balões para levantamento topográfico
- **1909**: Irmãos Wright tomam as primeiras fotografias a partir de avião em território italiano
- **1930**: Primeiras fotografias coloridas

Primeiras fotografias:

Joseph Nicéphore Niépce



View from the Window at Le Gras (1826/1827)



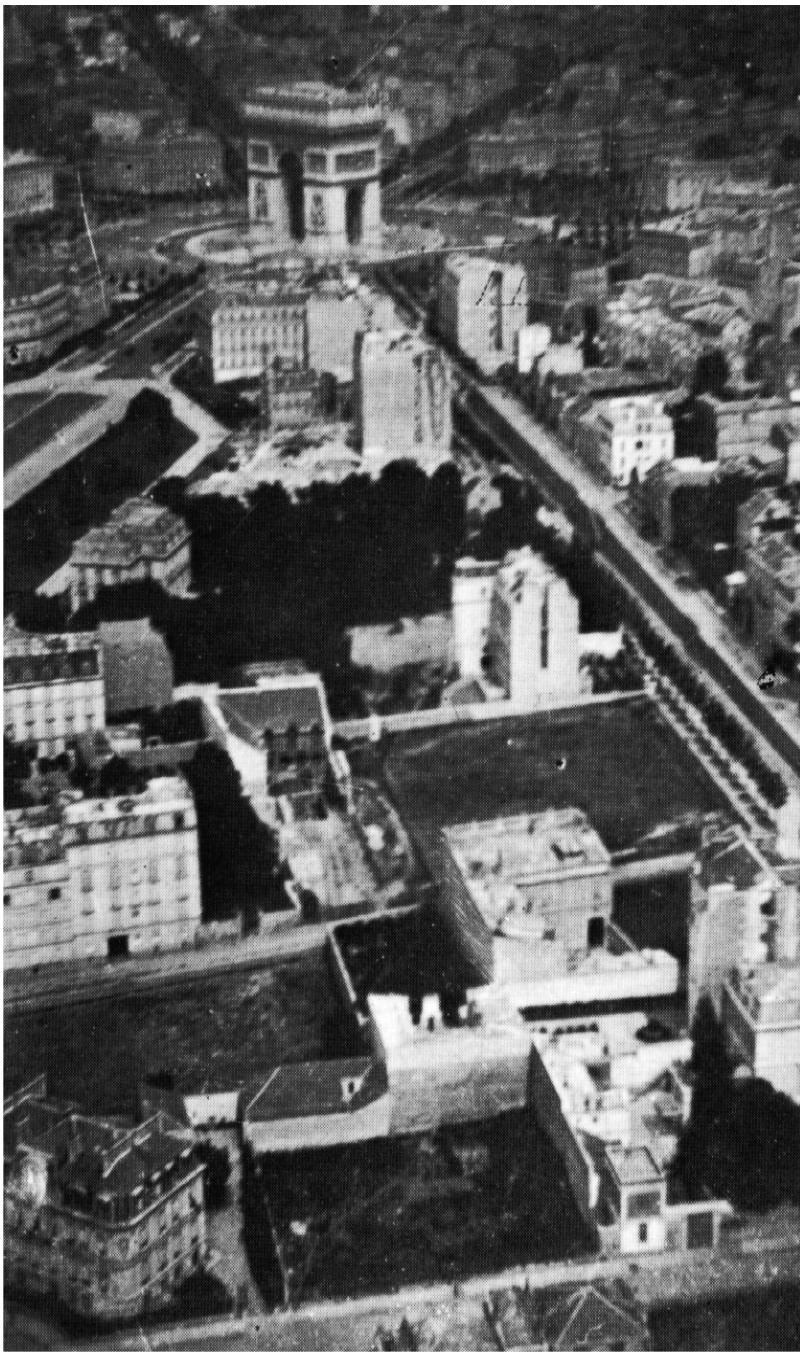
Utilizou betume como agente fotossensível aplicado sobre uma placa polida de peltre (estanho e cobre). O material acoplado a uma câmara escura foi exposto à luz por 8 horas, mas possivelmente pode ter demorado vários dias.

Primeiras fotografias:

Primeiro registro de fotografia tirada de pessoas (1838)



Fotografia tirada por Louis Daguerre que juntamente com Niépce substituíram o betume
Por um material mais sensível: iodeto de prata



The first known aerial photograph was obtained by Gaspard Felix Tournachon (Nadar) from a tethered balloon 1,700-ft. above Paris, France in 1858.

This is an oblique photograph obtained from the *Hippodrome* Balloon using a multiband camera.

Pigeons



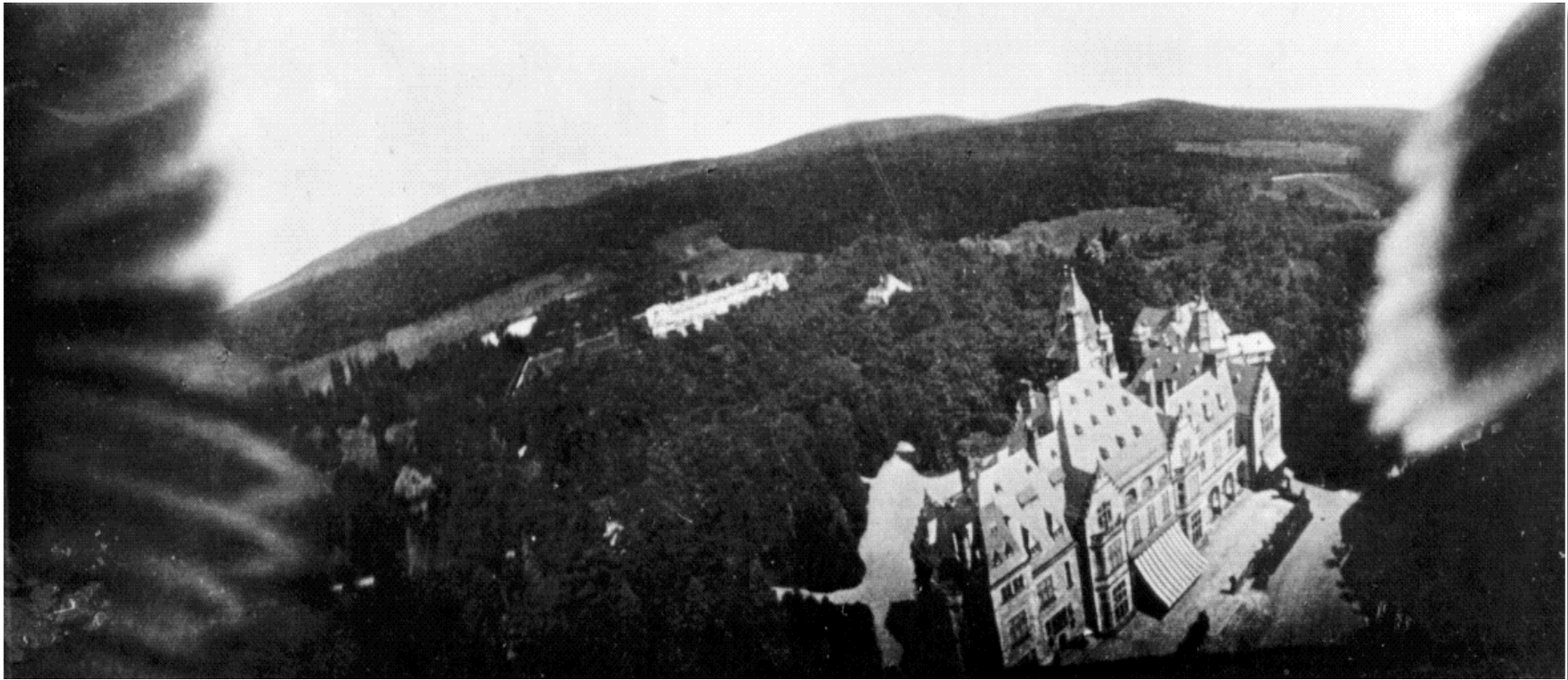
In 1903, Julius Neubronner patented a breast-mounted camera for carrier pigeons that weighed only 70 grams.

A squadron of pigeons is equipped with light-weight 70-mm aerial cameras.

Jensen, 2000

Copyright Deutsches Museum, Munich, Germany

Pigeons



Oblique aerial photograph of a European castle obtained from a camera mounted on a carrier pigeon. The pigeon's wings are visible (copyright Deutsches Museum, Munich, Germany).

Jensen, 2000

Finalidade Militar

- II Guerra Mundial: desenvolvimento do filme infravermelho
- Período da Guerra Fria: desenvolvimento dos sensores de alta resolução para fins de espionagem
- Fim da Guerra Fria: Dados considerados como Segredos Militares são liberados para Uso Civil

Primeiras Fotografias Orbitais

- Década de 1960: primeiras **fotografias** obtidas pelos programas espaciais ***Mercury, Gemini*** e ***Apollo***
- Missão Apollo 9: fotografias multiespectrais (filmes infravermelho pb e colorido)
- 1960: Primeiro satélite meteorológico da série ***TIROS*** (primeiro sistema não tripulado)

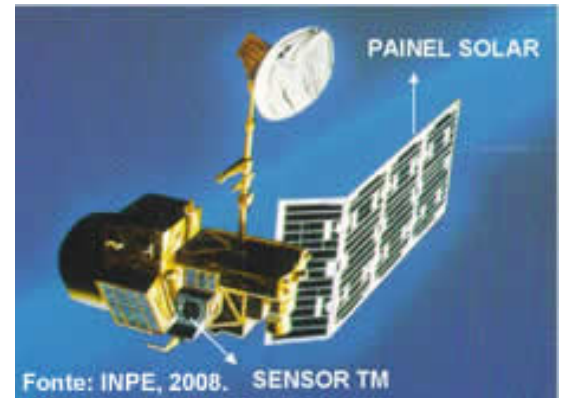
Landsat 1, 2 e 3

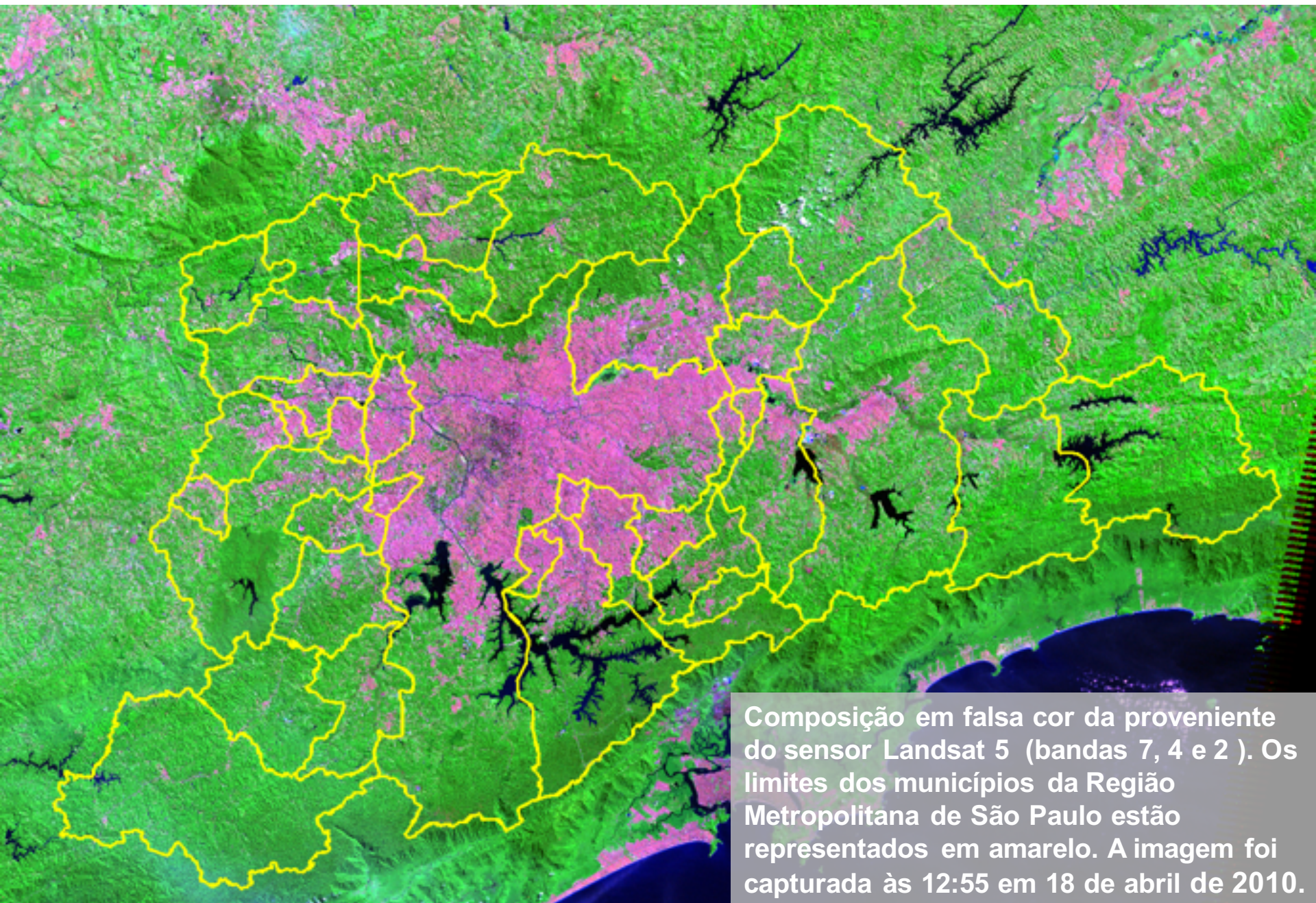
- **1972**: Primeiro satélite de recursos terrestres **ERTS-1** (*Earth Resources Technology Satellites*), mais tarde denominado *Landsat-1*
- Sistema imageador de varredura **MSS** (*Multispectral Scanner System*): 4 bandas
- Sistema de televisão **RBV** (*Return Beam Vidicom*): 3 bandas
- **1973**: Primeiras imagens do Landsat recebidas no Brasil
- **1975**: Landsat-2 – idêntico ao primeiro
- **1978**: Landsat 3



Landsat 4 e 5

- **1982: Landsat 4**
- Aumento da resolução espacial de 80 para 30m
- Banda termal (Banda 8)
- TM (*Thematic Mapper*)
- Falha na transmissão dos dados
- **1984: Landsat 5**
- 7 bandas espectrais





Composição em falsa cor da proveniente do sensor Landsat 5 (bandas 7, 4 e 2). Os limites dos municípios da Região Metropolitana de São Paulo estão representados em amarelo. A imagem foi capturada às 12:55 em 18 de abril de 2010.

|| Landsat 6 e 7

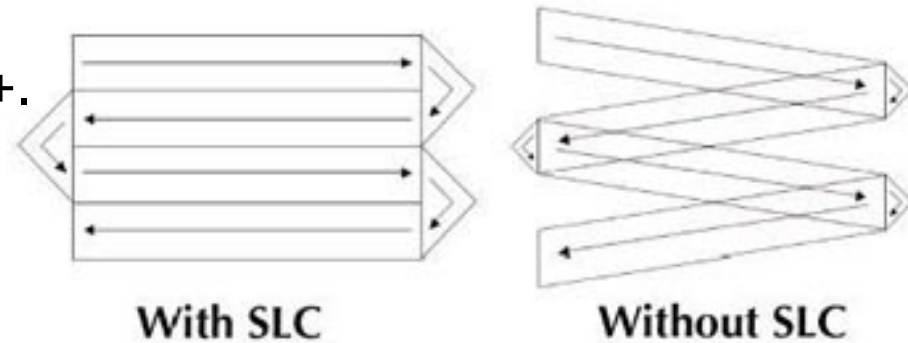


- **1993: Landsat 6**
- ETM (*Enhanced Thematic Mapper*)
- Mesmas bandas do TM mais a pancromática com 15m
- Sem sucesso no lançamento
- **1999: Landsat 7**
- ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*)
- Mesmas bandas do predecessor
- Aumento da resolução no infravermelho termal

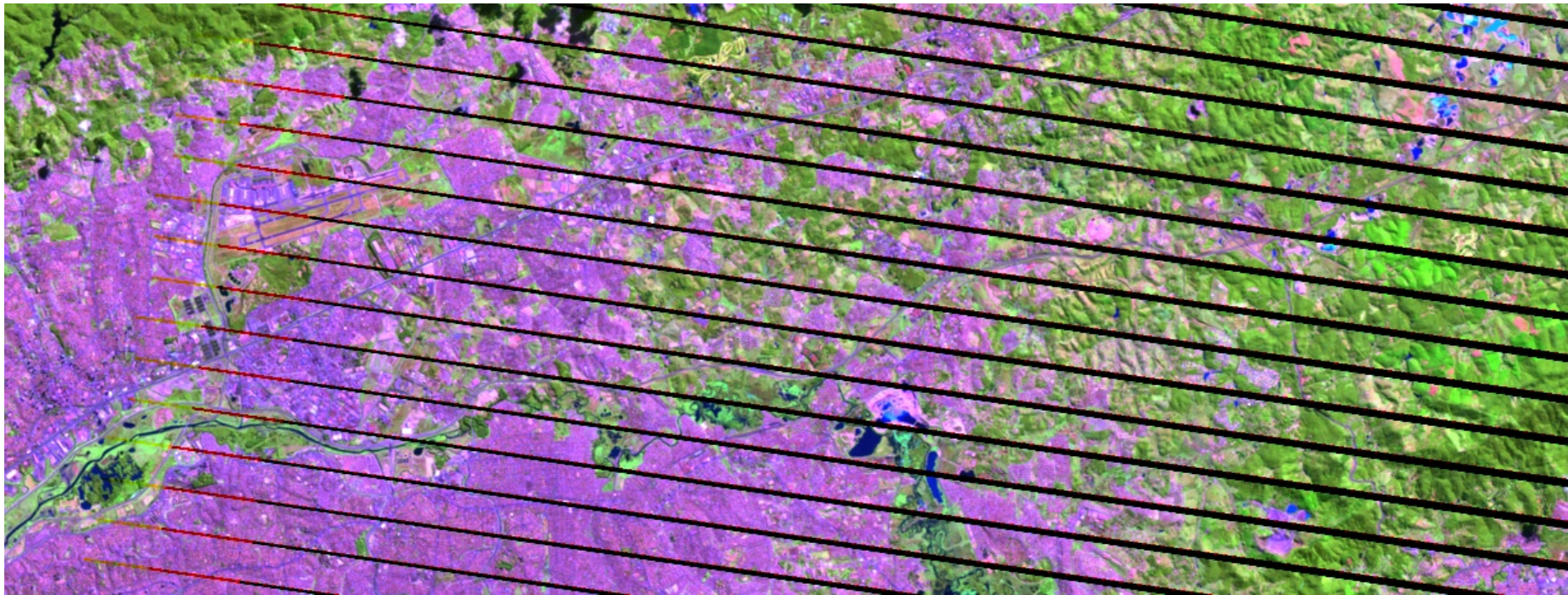
Banda	Intervalo espectral (μm)	Principais características e aplicações das bandas <i>TM</i> do satélite LANDSAT-5
1	(0,45 - 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 - 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com <i>pinus</i> e <i>eucalipto</i> . Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 - 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 - 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Landsat 7 - Erro de imageamento a partir de 31-05-2003

Efeitos do *Scan Line Corrector* sobre as imagens do sensor ETM+.



Fragmento de cena na
Região de Guarulhos.



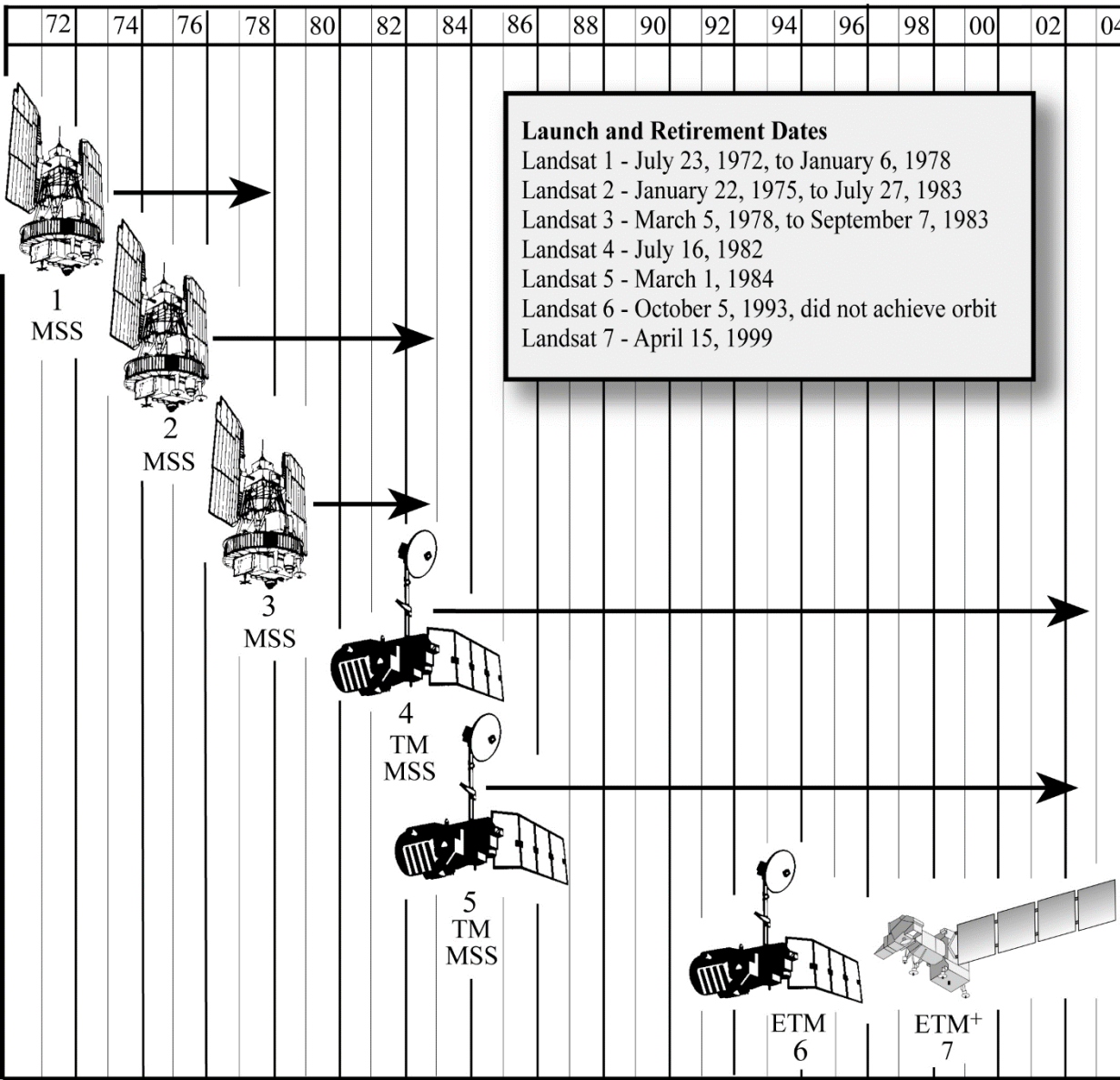
Landsat 8



- **11 de fevereiro de 2013. Lançamento em Vandenberg, California**
- Primeiras cenas capturadas em maio de 2013
- 11 bandas espectrais (3 a mais que o LS7)
- Mesma resolução espacial que seu antecessor (30m nos canais multiespectrais e 15m no pancromático)

Histórico do Landsat

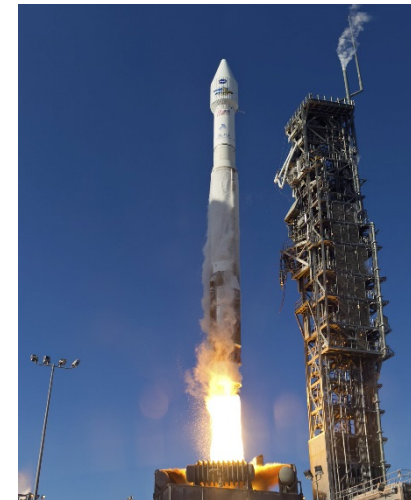
Chronological Launch and Retirement History of the Landsat Satellites



Programa Landsat

Landsat-8

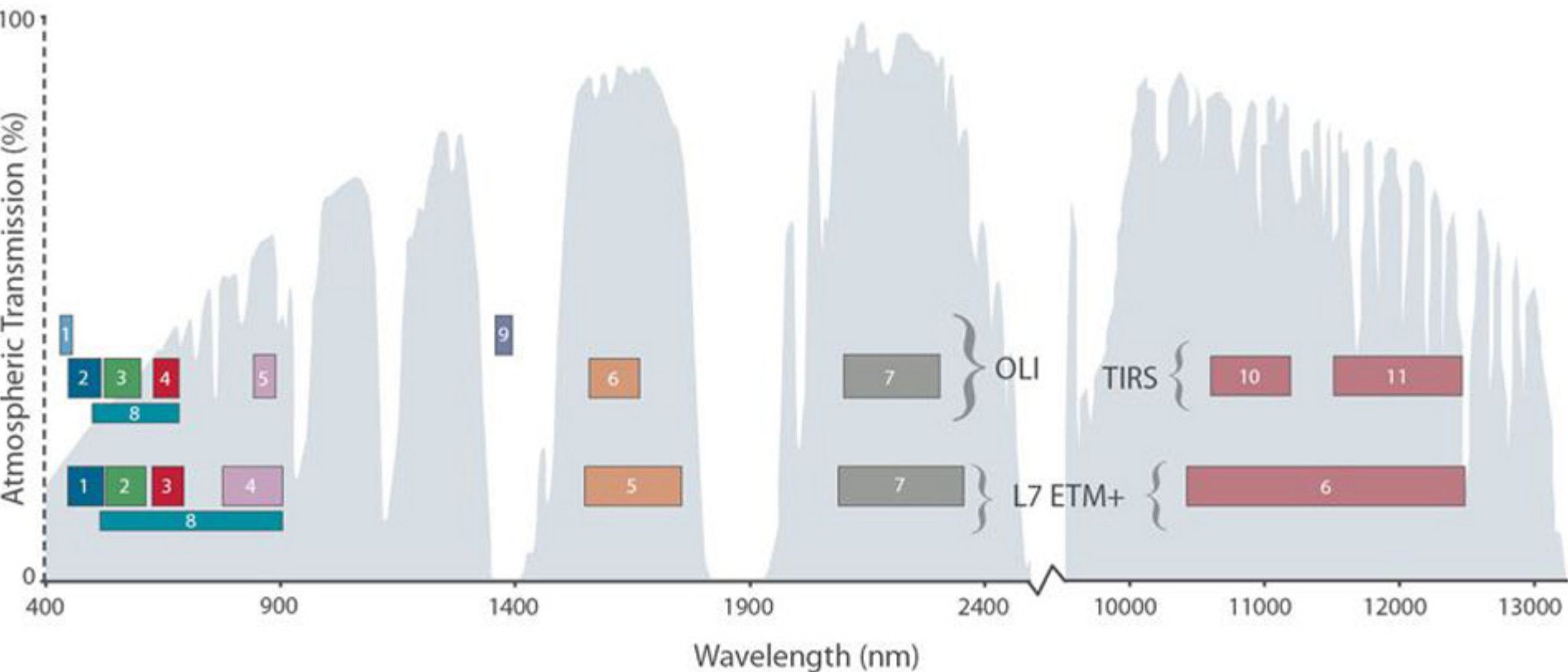
Lançado em 11/02/2013



Vandenberg
Calif.



Comparação Landsat-7 ETM+ e Landsat-8 OLI/TIRS

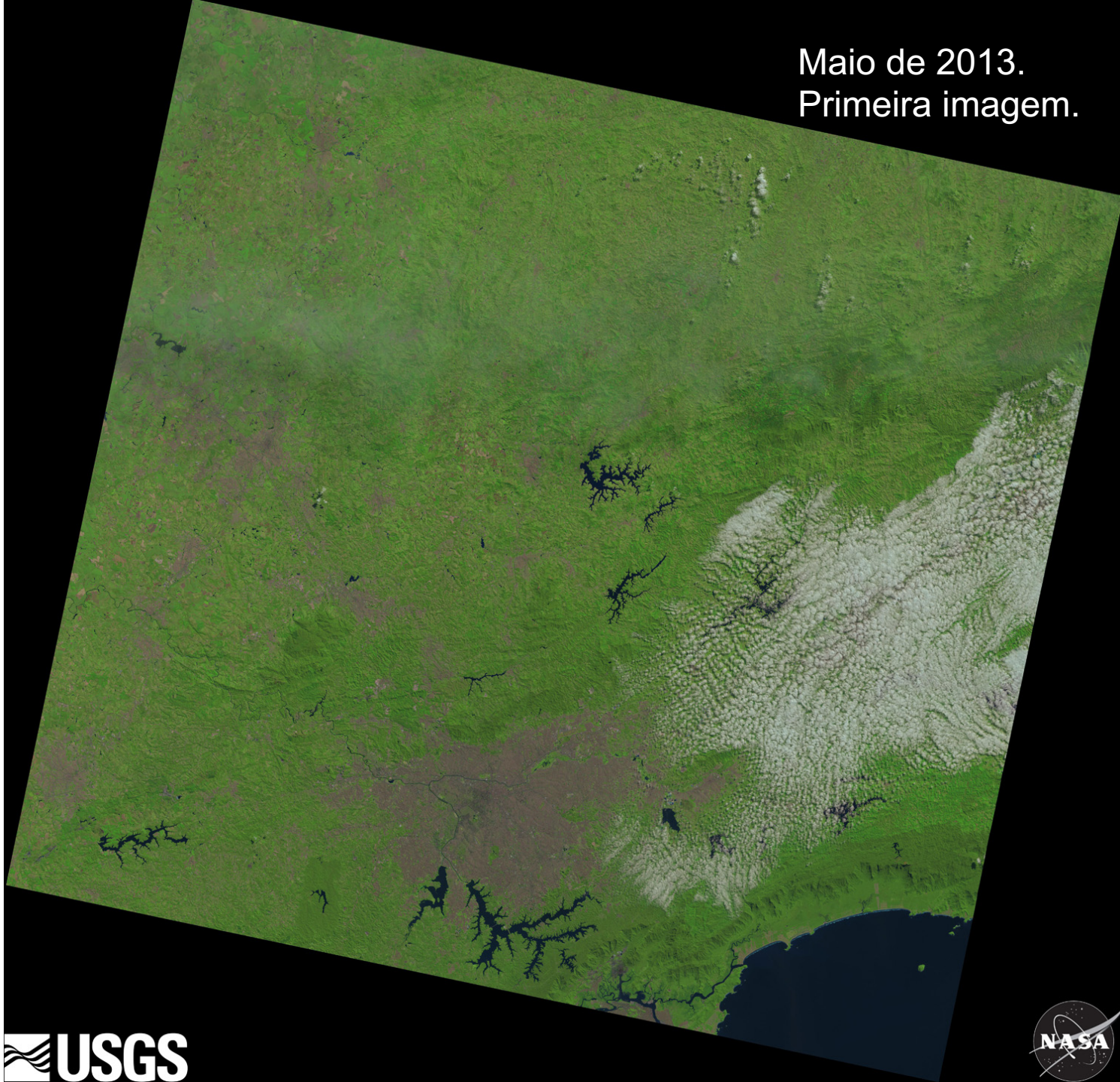


Bandpass wavelengths for Landsat 8 OLI and TIRS sensor, compared to Landsat 7 ETM+ sensor

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

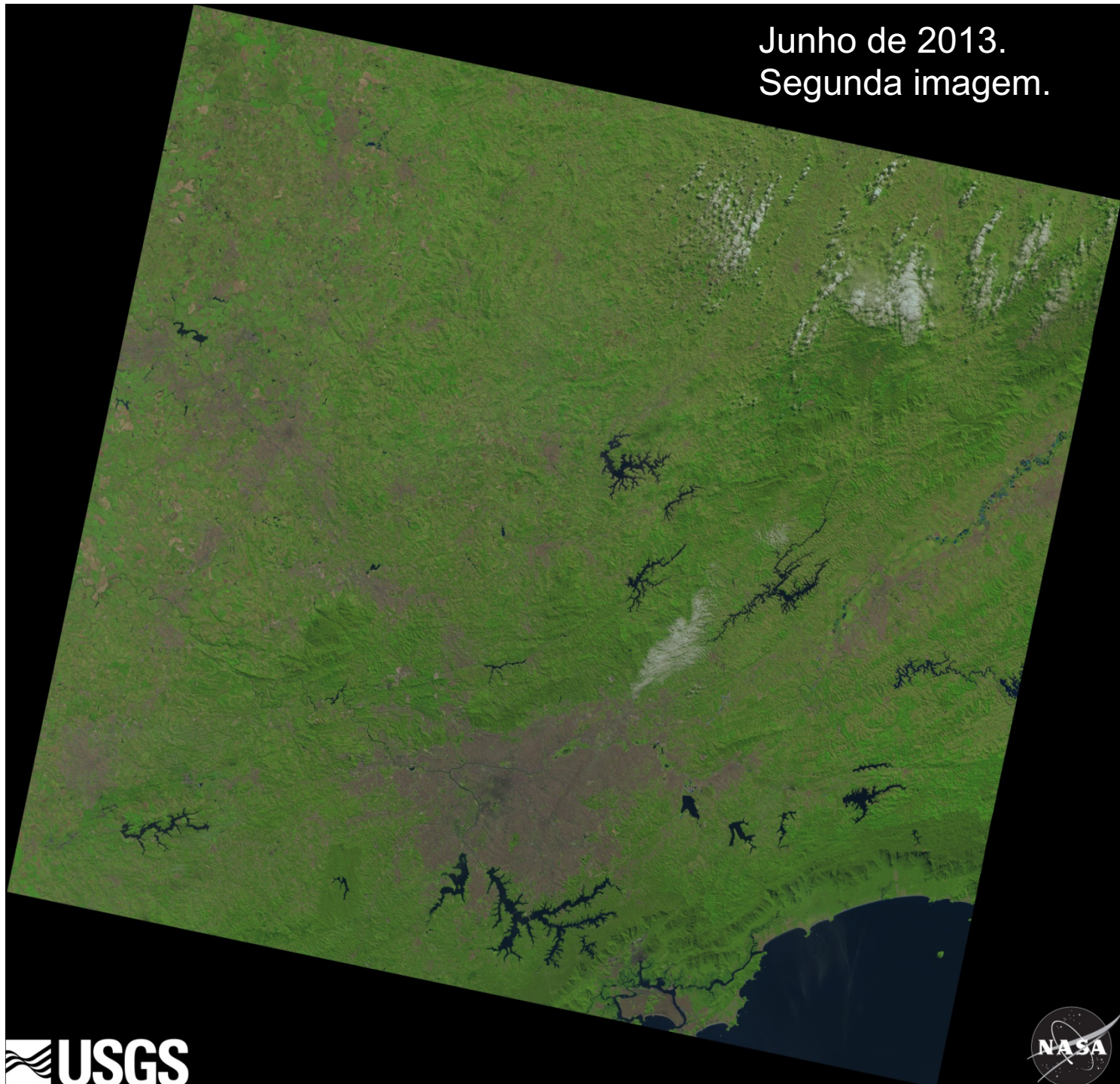
Landsat 8

Maio de 2013.
Primeira imagem.

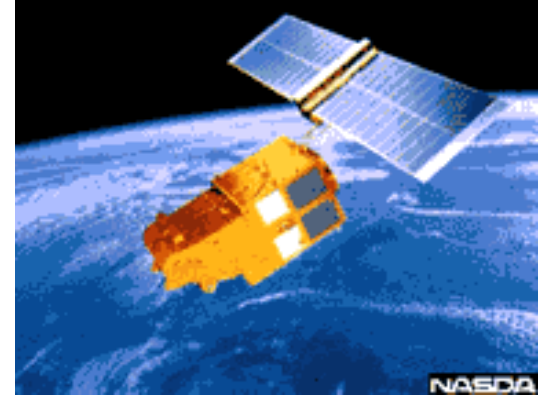


Landsat 8

Junho de 2013.
Segunda imagem.



SPOT 1, 2 e 3



- **1986: Spot** (*Système Pour L'Observation de la Terre*) – França, Bélgica e Suécia
- 2 sensores idênticos: **HRV** (*Haute Resolution Visible*) nos Spot's 1, 2 e 3
- 20m no multiespectral e 10m no pancromático
- Imagens com estereoscopia

Spot 4



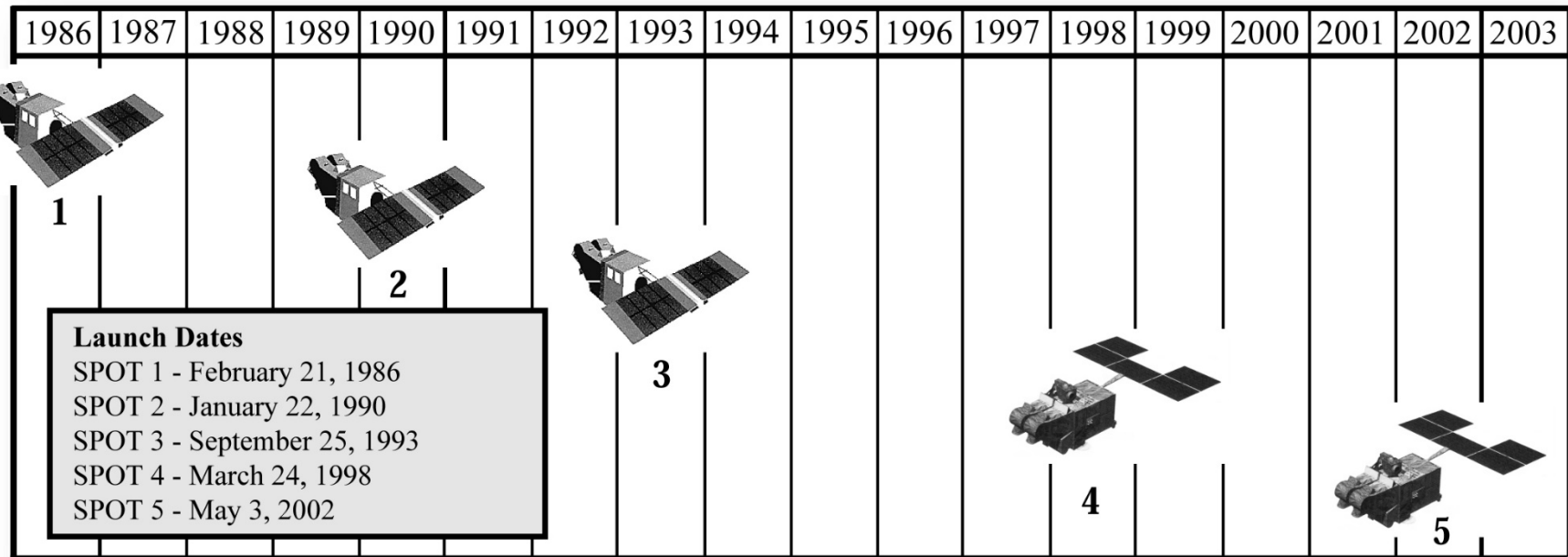
- **1998: Spot 4**
- **HRVI** (*Haute Resolution Visible et Infrarouge*)
- Banda do infravermelho médio
- Substituição da banda pancromática pelo vermelho (20 e 10m)

Spot 5

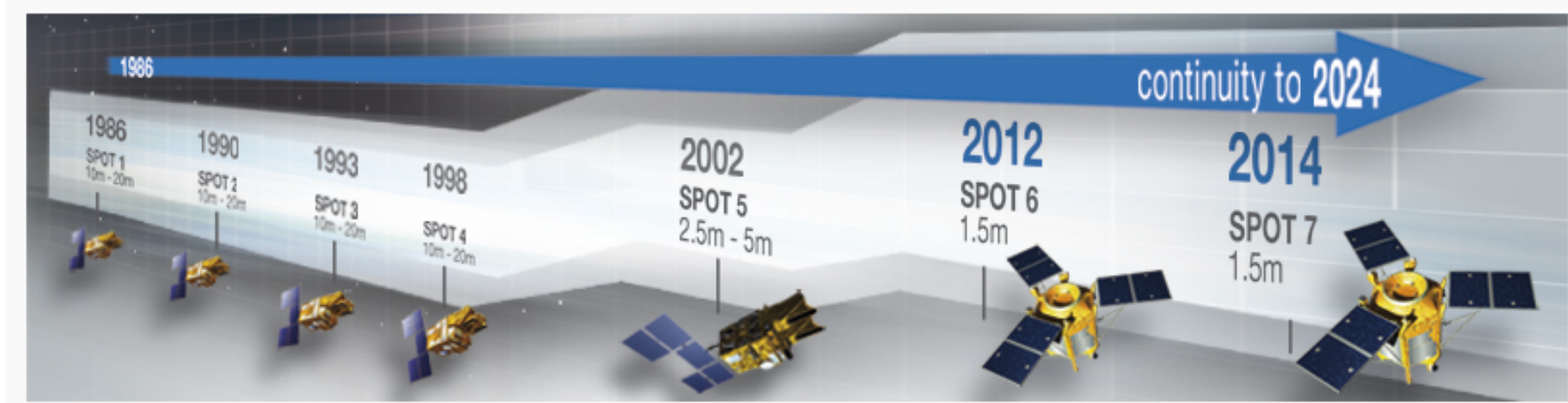


- **1999: Spot 5**
- **HRVIR:** 10m multiespectral e 20 no infravermelho médio
- **HRS** (*Haute Resolution Stereoscopique*)
- Volta da pancromática: 5m
- Imagens com estereoscopia com 20m

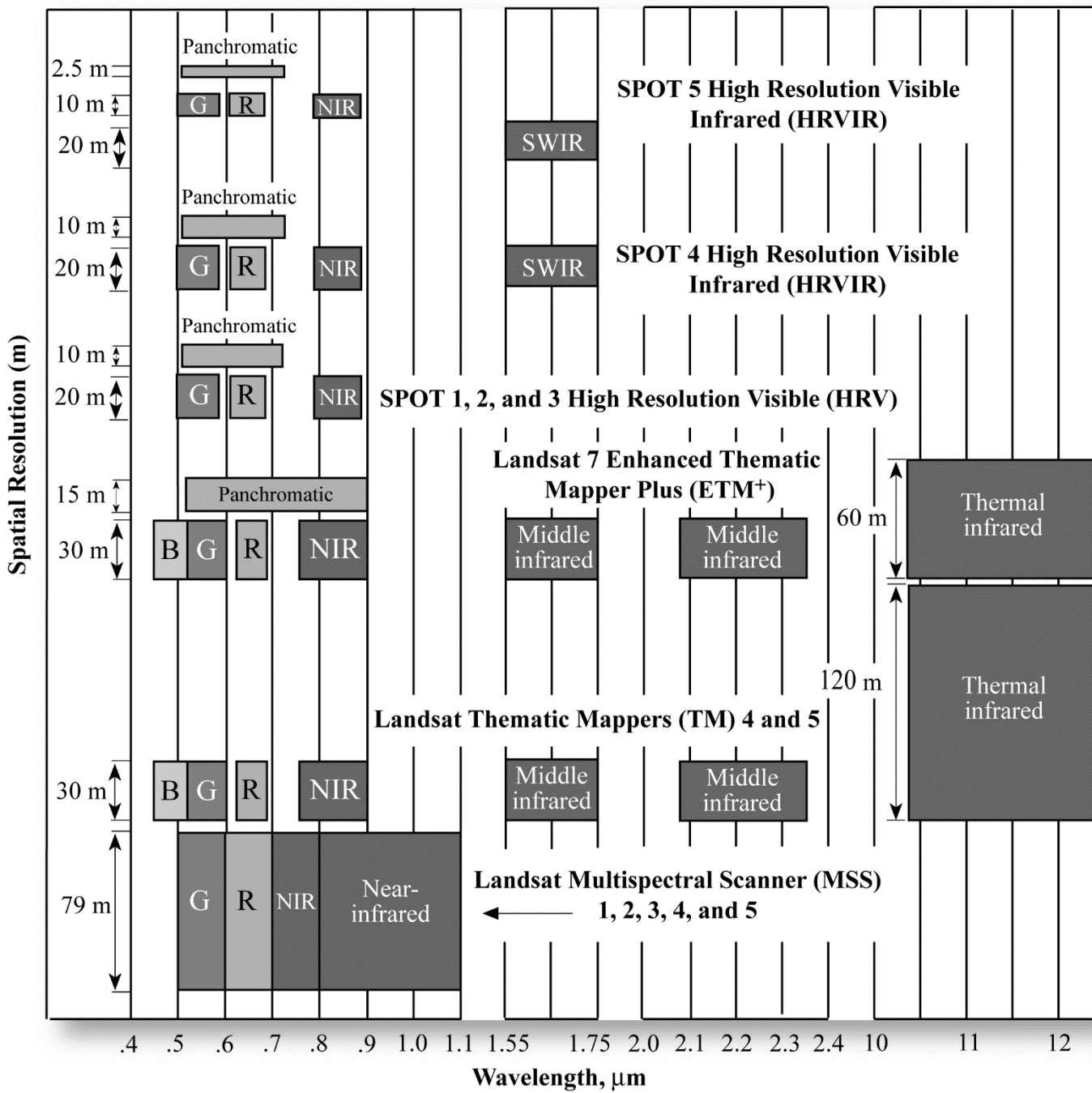
Chronological Launch History of the SPOT Satellites



Jensen (2004)



Spatial and Spectral Resolution of Landsat Multispectral Scanner, Landsat Thematic Mappers, and SPOT Sensor Systems



Jensen, 2000

CBERS 1 e 2



China-Brazil Earth Resources Satellite

*Lançamento: 14 de outubro de 1999 em
Taiyuwan, China.*

3 câmeras

CCD – Câmera Imageadora de Alta Resolução: 5
bandas – 20m

IRMSS – Imageador por Varredura de Média
Resolução: 4 bandas - 80 e 160m

WFI – Câmera Imageadora de Amplo Campo de
Visada: 2 bandas – 260m

CBERS 2

imagem CBERS 2 CCD da região de Manaus - AM
composição colorida 4 (R), 3 (G), 2 (B) - órbita 173/103 data 17/08/04



CBERS 2B

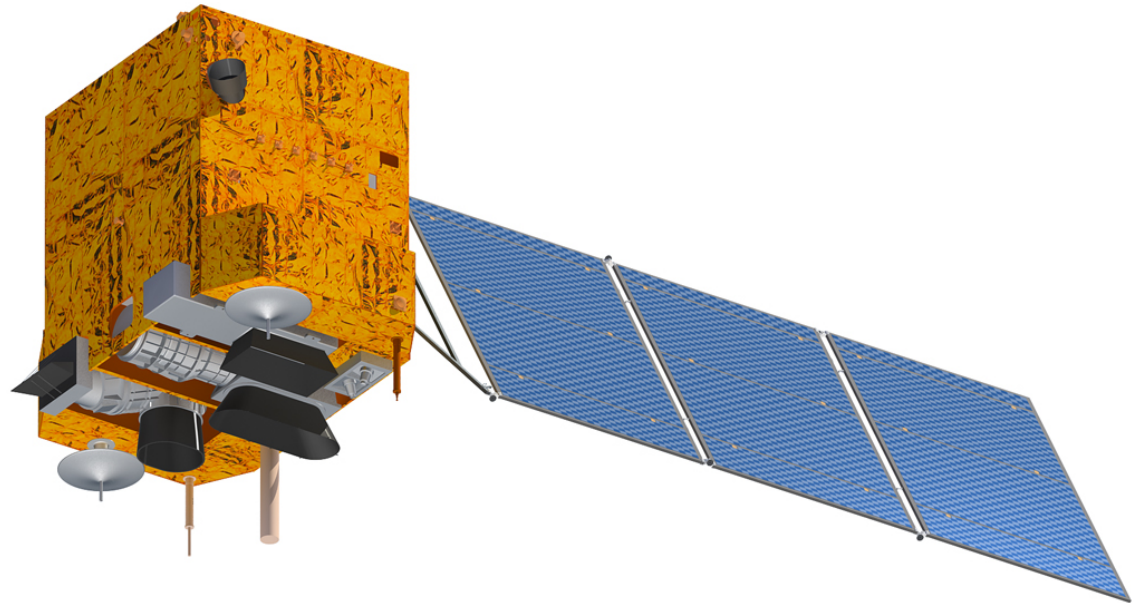
Lançamento: 19 de setembro de 2007 em Taiyuan, China.

Semelhante ao CBERS 1 e 2, porém com substituição da camera IRMSS por uma camera pancromática HRC de 2,7 m



CBERS 4

Lançado em 7 de dezembro
e 2014 em Taiyuan, China.



Características das câmaras do CBERS 3 e 4

	MUX	PAN	IRS	WFI
Bandas Espectrais	0,45-0,52µm (B) 0,52-0,59µm (G) 0,63-0,69µm (R) 0,77-0,89µm (NIR)	0,51-0,85µm (Pan) 0,52-0,59µm (G) 0,63-0,69µm (R) 0,77-0,89µm (NIR)	0,50-0,90µm (Pan) 1,55-1,75µm (SWIR) 2,08-2,35µm (SWIR) 10,40-12,50µm (TH)	0,45-0,52µm (B) 0,52-0,59µm (G) 0,63-0,69µm (R) 0,77-0,89µm (NIR)
Resolução	20 m	5 m / 10 m	40 m / 80 m (TIR)	64 m
Largura da Faixa Imageada	120 km	60 km	120 km	866 km
Apontamento	não	±32°	não	não
Revisita	26 dias	5 dias		
Revisita real	26 dias	não	26 dias	5 dias
Quantização	8 bits	8 bits	8 bits	10 bits
Taxa de Dados Bruta	68 Mbit/s	140 Mbit/s 100 Mbit/s	16 Mbit/s	50 Mbit/s



CBERS 4

Florianópolis

Sat/Sen: CBERS 4 / MUX

Base/Ponto: 155/131

Passagem: 08/01/2015

Resolução Espacial: 20 Metros

Composição: 7(R), 6(G), 5(B)

Projeção/Datum: UTM/22S/WGS84

Produzido pelo INPE/OBT/DGI

CBERS 4

Rio de Janeiro
Sat/Sen: CBERS 4 / MUX
Base/Ponto: 150/126
Passagem: 20/01/2015

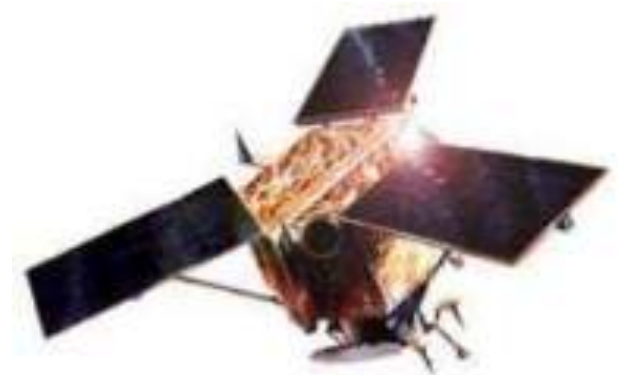
Resolução Espacial: 20 Metros
Composição: 7(R), 6(G), 5(B)
Projeção/Datum: UTM/23S/WGS84
Produzido pelo INPE/OBT/DGI



Imagens de alta resolução

Ikonos:

- **1999**
- 4 bandas multiespectrais: 4m
- 1 pancromática: 1m



Itaipu



Imagens de alta resolução

Quick Bird:

- 2000
- 3,4m no multiespectral
- 0,68m no modo pancromático



Parque do Ibirapuera



<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/quickbird.html>

Feature	QuickBird	WorldView-1	WorldView-2
Operational Altitude	450 km	496 km	770 km
Weight Class	1100 kg (2400 lb)	2,500 kg (5500 lb)	2,800 kg (6200 lb)
Spectral Characteristics	Pan + 4 MS	Pan	Pan + 8 MS
Panchromatic Resolution (nadir)	60 cm (0.6 m)	50 cm (0.5 m)	50 cm (0.5 m)
Multispectral Resolution (nadir)	2.4 meters	N/A	1.8 meters
Accuracy Specification*	24M CE90	6.5M CE90	6.5M CE90
Measured Accuracy* (133 samples)	16.4M CE90	4.1M CE90	TBD
Swath Width	16.5 km	17.5 km	16.4 km
Average Revisit at 40°N latitude	2.4 days at 1m GSD 5.9 days at 20° off-nadir	1.7 days at 1m GSD 5.9 days at 20° off-nadir	1.1 days at 1m GSD 3.7 days at 20° off-nadir
Monoscopic Area Coverage	1x	4.5x per satellite	
Single-Pass Stereoscopic Coverage	Single Scene ($\leq 10^\circ$ off-nadir)	2 x 2 Scenes ($\leq 30^\circ$ off nadir) 1 x 10 Scenes ($\leq 30^\circ$ off nadir)	
Attitude Control Actuators	Reaction Wheels	Control Moment Gyros (CMGs)	
Onboard Storage	137 Gbits (2^{37} bits)	2199 Gbits (2^{41} bits)	
Wideband Data Downlink Rate	320 Mbps total 280 Mbps effective	800 Mbps total 697 Mbps effective	
Rapid Delivery Options	Virtual Ground Terminal (VGT)	Direct Downlink, VGT	

World View-2

Country : Japan
Area : Fukushima Daiichi Nuclear Facility
Tsunami Damage
Acquisition Date : March 14, 2011
Sensor : Worldview-2
Resolution : 0.5 Meters



www.satimagingcorp.com

Copyright © DigitalGlobe 2011. All Rights Reserved