



IV CEOS WGEdU Workshop

"Geotechnologies for Natural Disaster Monitoring in Latin America"

Santa Maria, RS, Brasil
March 29-31, 2010



Sensoriamento Remoto: conceitos fundamentais e plataformas

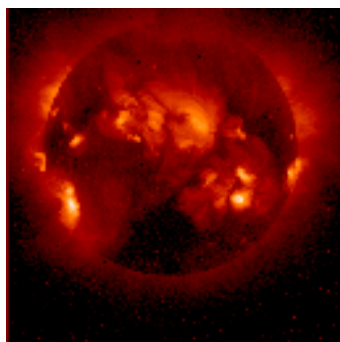
Dr. Ronald Buss de Souza

**Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**

ronald@dsr.inpe.br



O que é Sensoriamento Remoto?





O que é Sensoriamento Remoto?

Lillesand e Kiefer (1994): sensoriamento remoto é a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto (alvo**), área ou fenômeno**

através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor**) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação**



O que é Sensoriamento Remoto?

Dados são coletados remotamente para gerar informação

Os dados coletados remotamente podem ser de diversas formas:

- variação na distribuição de forças;**
- variação na distribuição de ondas mecânicas;**
- variação na distribuição de ondas eletromagnéticas**



O que é Sensoriamento Remoto?

Rees (1990): obtenção de informação sobre um determinado **alvo sem contato direto com ele**

Curran (1985): uso de sensores de **radiação eletromagnética (REM) para registrar imagens que podem ser interpretadas para fornecer informação útil sobre o ambiente**



O que é Sensoriamento Remoto?

Em ciência, sensoriamento remoto significa observar o nosso planeta usando sensores de observação muito acima do solo. Esses sensores podem ser câmeras que “enxergam” não somente a **luz visível**, mas também a radiação em outros comprimentos de onda como o **infravermelho** e as **microondas**, por exemplo

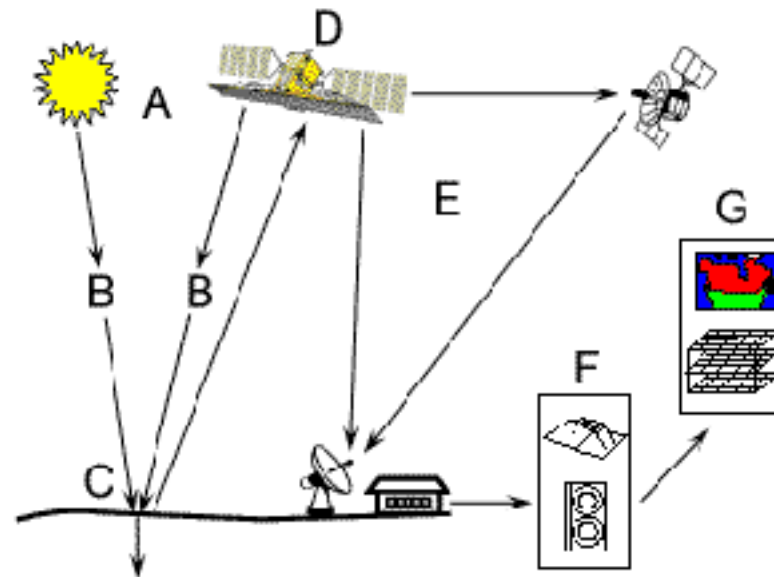
O sensoriamento remoto, por isso, é conhecido hoje também pelo termo

“Observação da Terra”

sendo feito, comumente, por **satélites**

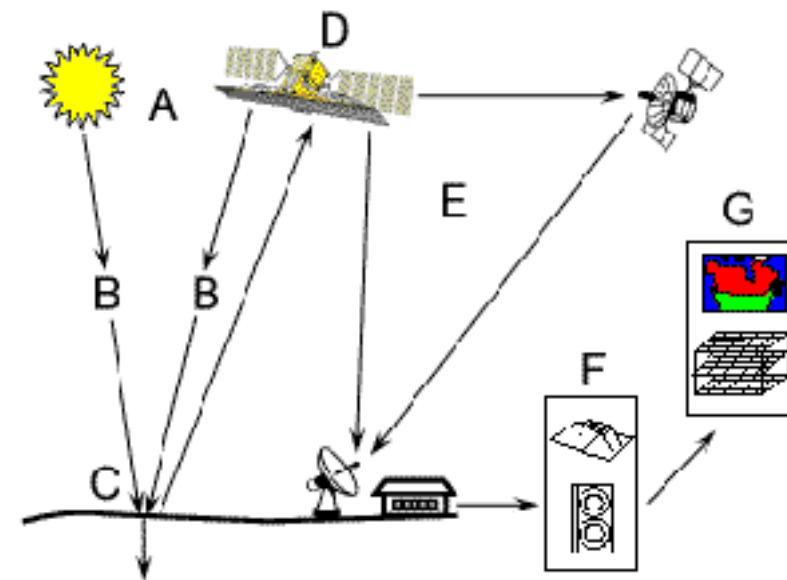
O processo de coleta de informação

O sensoriamento remoto é regido pela **interação entre a radiação eletromagnética (REM) e o alvo**. Para gerar informação relevante, o processo é composto por sete elementos fundamentais:



O processo de coleta de informação

- (A) Fonte de energia ou iluminação
- (B) Radiação eletromagnética e atmosfera
- (C) Interação com o alvo
- (D) Registro da energia pelo sensor
- (E) Transmissão, recepção e processamento dos dados
- (F) Interpretação e análise
- (G) Aplicações

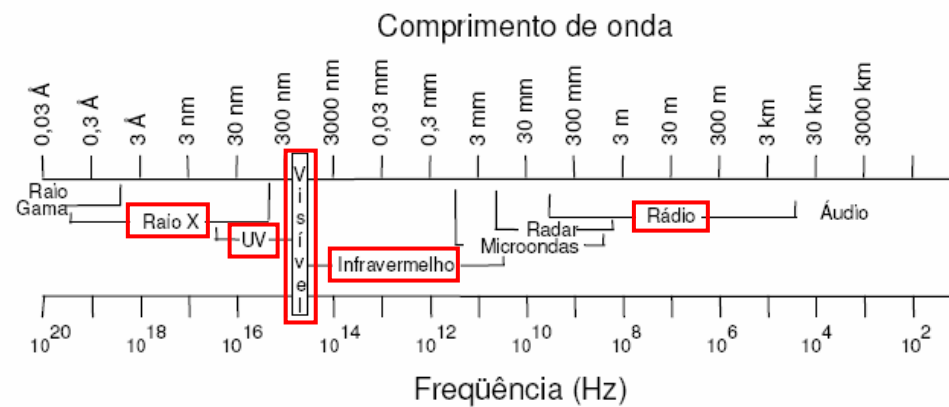
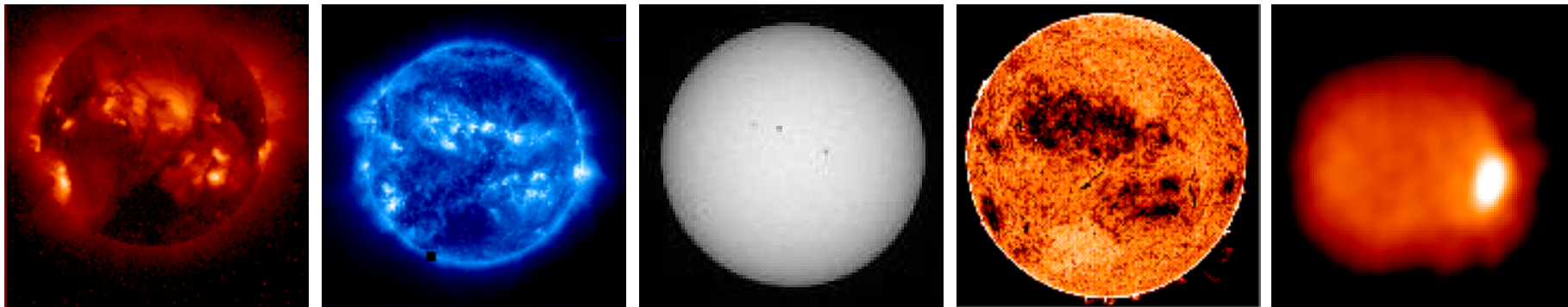


© CCRS / CCT

Não esquecendo que a energia pode também ser emitida pelo alvo e que nem todos os sistemas de sensoriamento remoto produzem imagens

Fontes da REM: o Sol

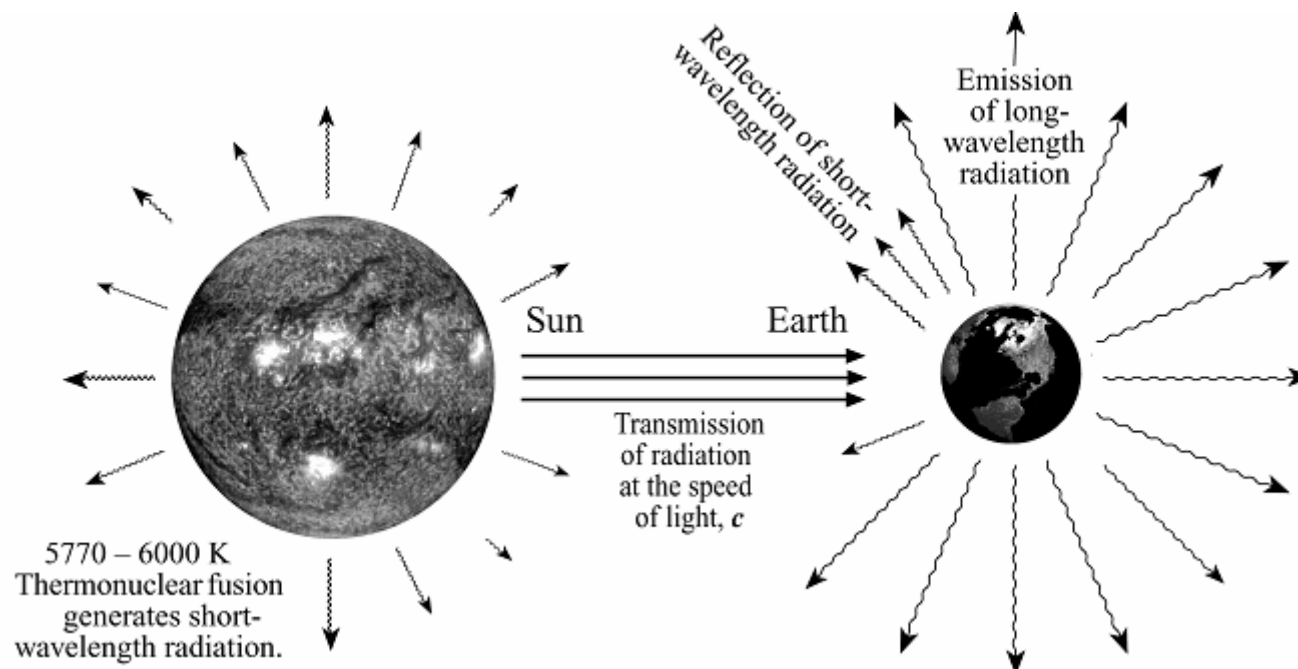
O Sol irradia REM em todos os comprimentos de onda do espectro



O Sol

A energia produzida no Sol atravessa o espaço na velocidade da luz, atingindo a Terra e interagindo com a atmosfera e com a superfície do planeta

A Terra reflete uma parte dessa radiação de volta ao espaço e absorve uma parte dessa radiação posteriormente re-emitindo em comprimentos de onda mais longos





A Energia (Radiação) Eletromagnética

Toda matéria com temperatura acima do zero absoluto ($-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$) emite energia, podendo ser considerado uma fonte de **radiação eletromagnética (REM)**

Dois modelos explicam a propagação da REM:

Modelo Corpuscular

Modelo Ondulatório

A energia comporta-se como **onda** quando se propaga pelo espaço e como **partícula** quando interage com a matéria



Detecção da radiação

A radiação na forma eletromagnética ou como partícula **transfere energia desde a sua fonte até algum ponto distante** aonde essa é depositada completa ou parcialmente

A **deposição de energia** é a forma encontrada para a detecção da radiação

A radiação que não deposita energia jamais **poderá ser detectada** pois não interage com nada, não produzindo efeitos no universo

Geralmente a REM é mais facilmente detectada que a radiação na forma de partículas. **A REM interage rapidamente com os elétrons** fazendo sua presença ser conhecida

Partículas carregadas são mais facilmente detectáveis porque as suas cargas também interagem com os elétrons. Os neutrons tendem a ser simplesmente transmitidos através da matéria



Modelo corpuscular

A energia se propaga através da emissão de um fluxo de partículas denominadas **fotons** que viajam à velocidade da luz

Os fotons são também conhecidos como **quanta** (para todo o espectro eletromagnético) e se propagariam, segundo Planck, em **pulsos** e não de forma contínua a partir da fonte de REM

A energia radiante se transfere de um corpo em quantidades fixas

$$E = h \cdot f$$

onde

E = energia (J)

h = constante de Planck (6.626×10^{-34} J.s ou W.s²);

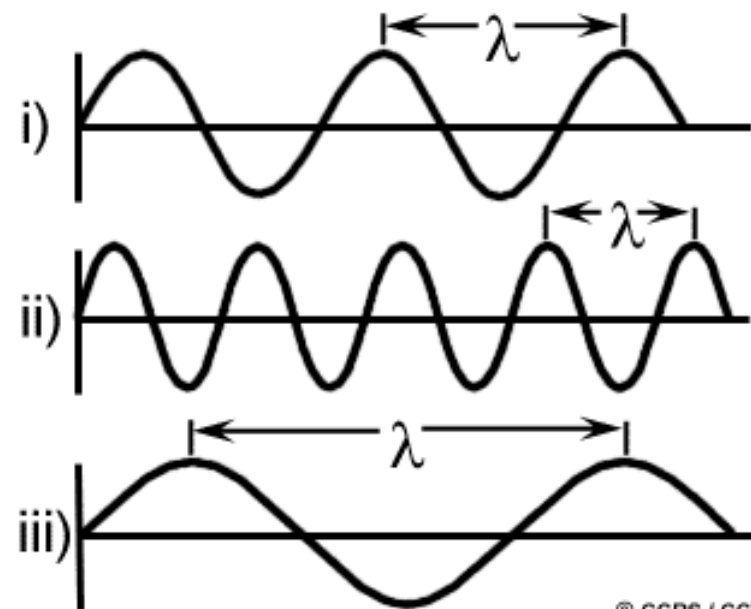
f = frequência (Hz)

A energia é diretamente proporcional à frequência

Propriedades da REM

Duas propriedades da REM são particularmente importantes:

Comprimento de onda (λ) e frequência (f)





Propriedades da REM

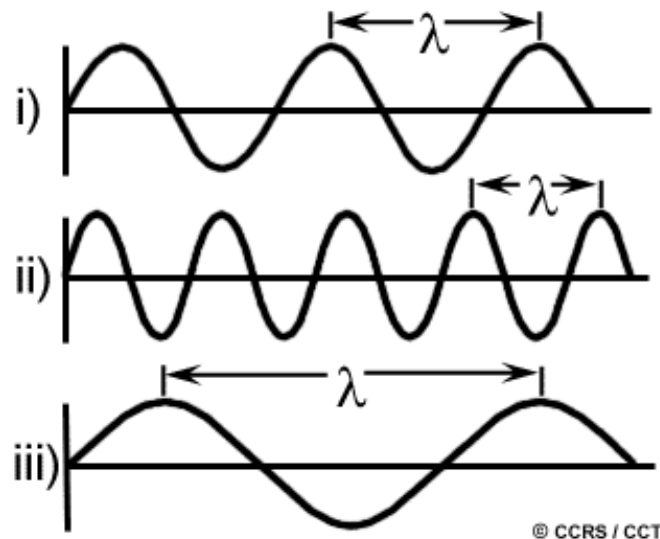
Comprimento de onda (λ) é o comprimento de um ciclo de onda, o qual pode ser medido pela distância entre duas sucessivas cristas ou cavados.

É medido em **unidade de metros (m)** ou fatores do metro como o nanometro (nm, 10^{-9} m), micrometro (μ m, 10^{-6} m) ou centímetros (cm, 10^{-2} m)

Frequência (f) é o número de vezes (ciclos) que uma determinada onda passa por um ponto fixo por unidade de tempo

É medida em **unidades de ciclos por segundo** (ciclos/s) ou Hertz (Hz)

Propriedades da REM



λ (m) e f (Hz) são relacionados da seguinte forma:

$$c = \lambda \cdot f$$

onde

c = velocidade da luz (3×10^8 m/s)



Modelo corpuscular

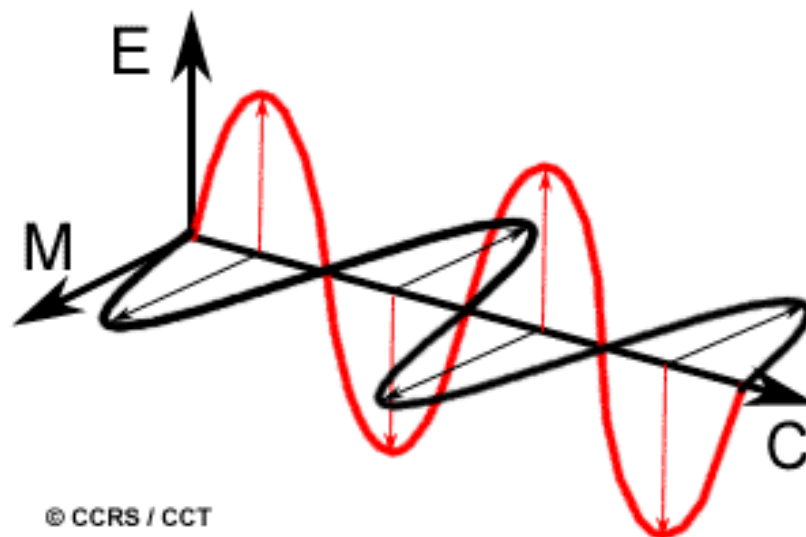
Substituindo [2] em [1] temos que

$$E = hc/\lambda$$

A energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda

Modelo ondulatório

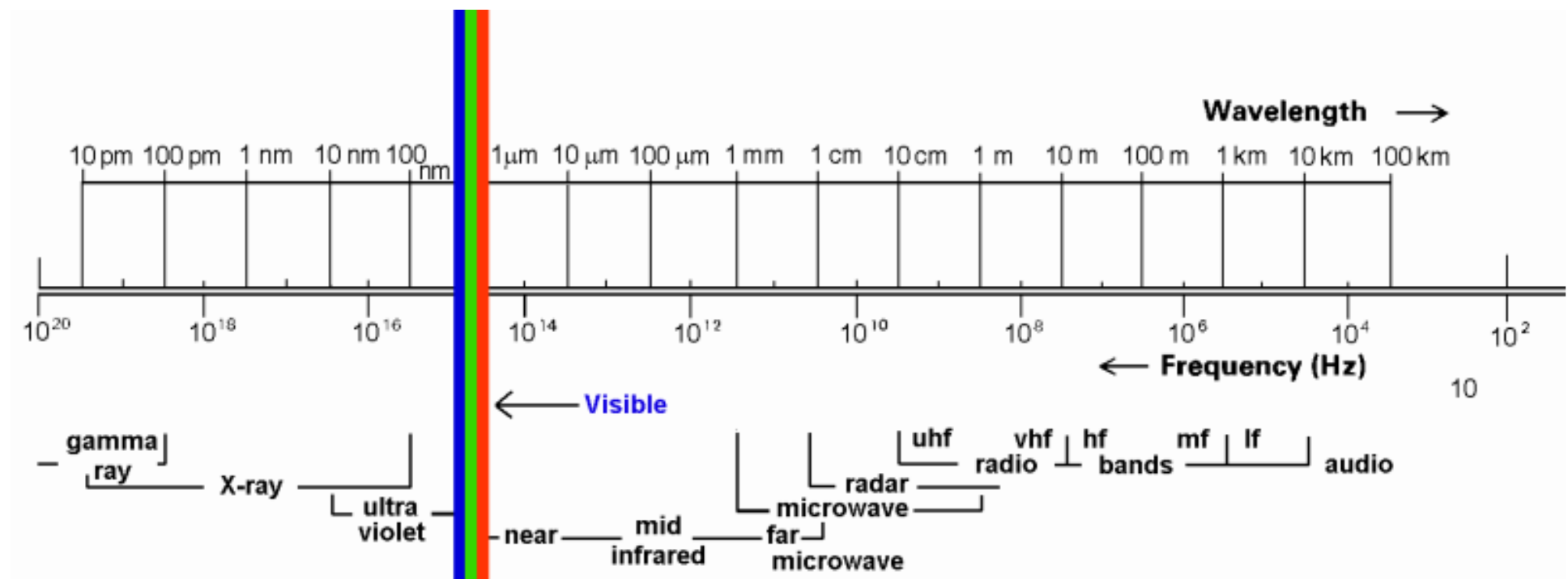
Segundo o modelo ondulatório, a REM é composta de um **campo elétrico** que varia em magnitude numa direção perpendicular àquela em que a radiação se propaga e de um **campo magnético** orientado perpendicularmente ao campo elétrico e à direção de propagação



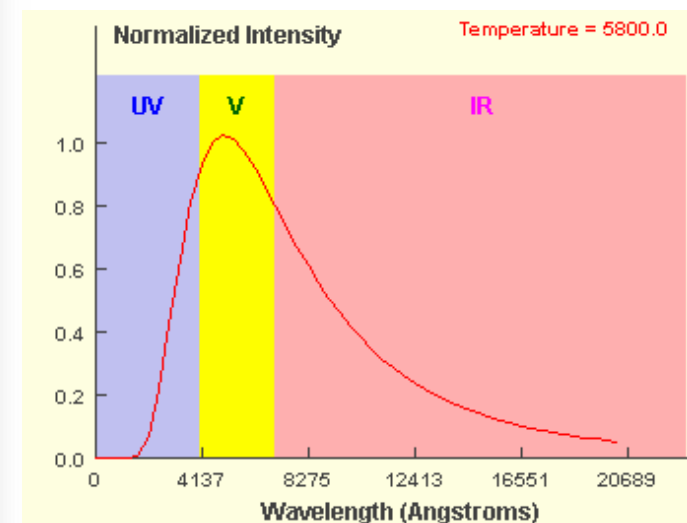
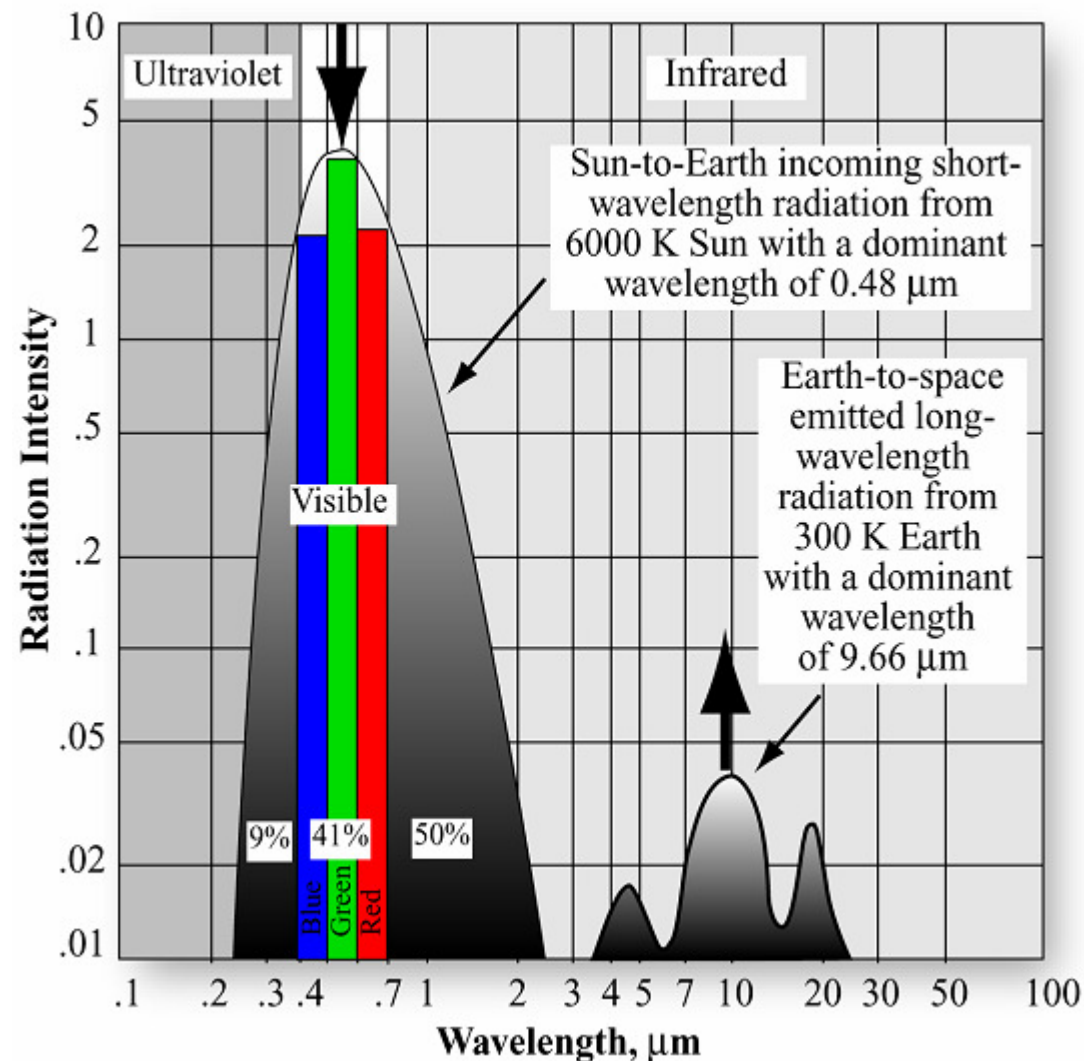


O espectro eletromagnético

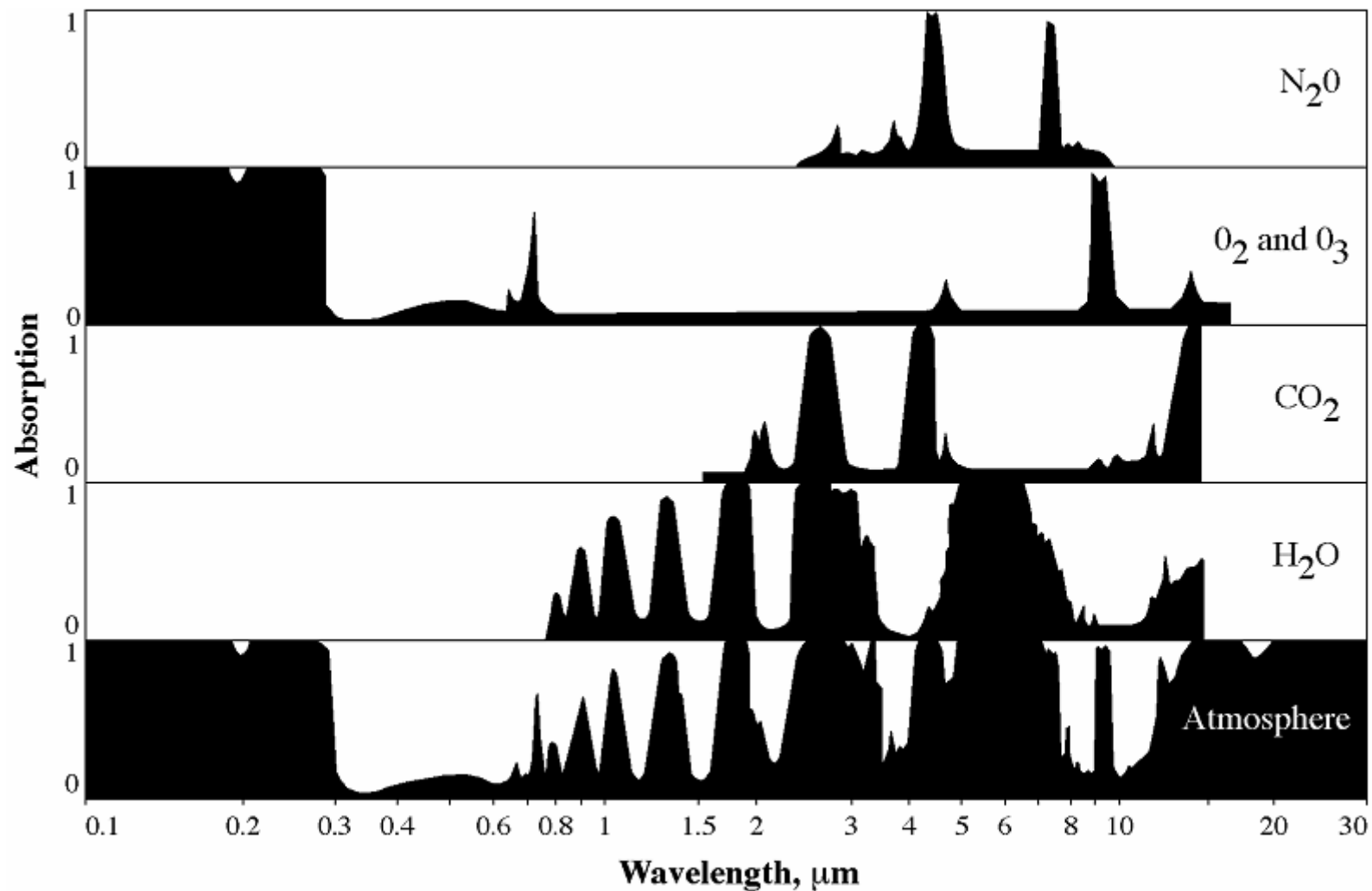
Denota a **distribuição da REM** com respeito ao comprimento de onda ou frequência



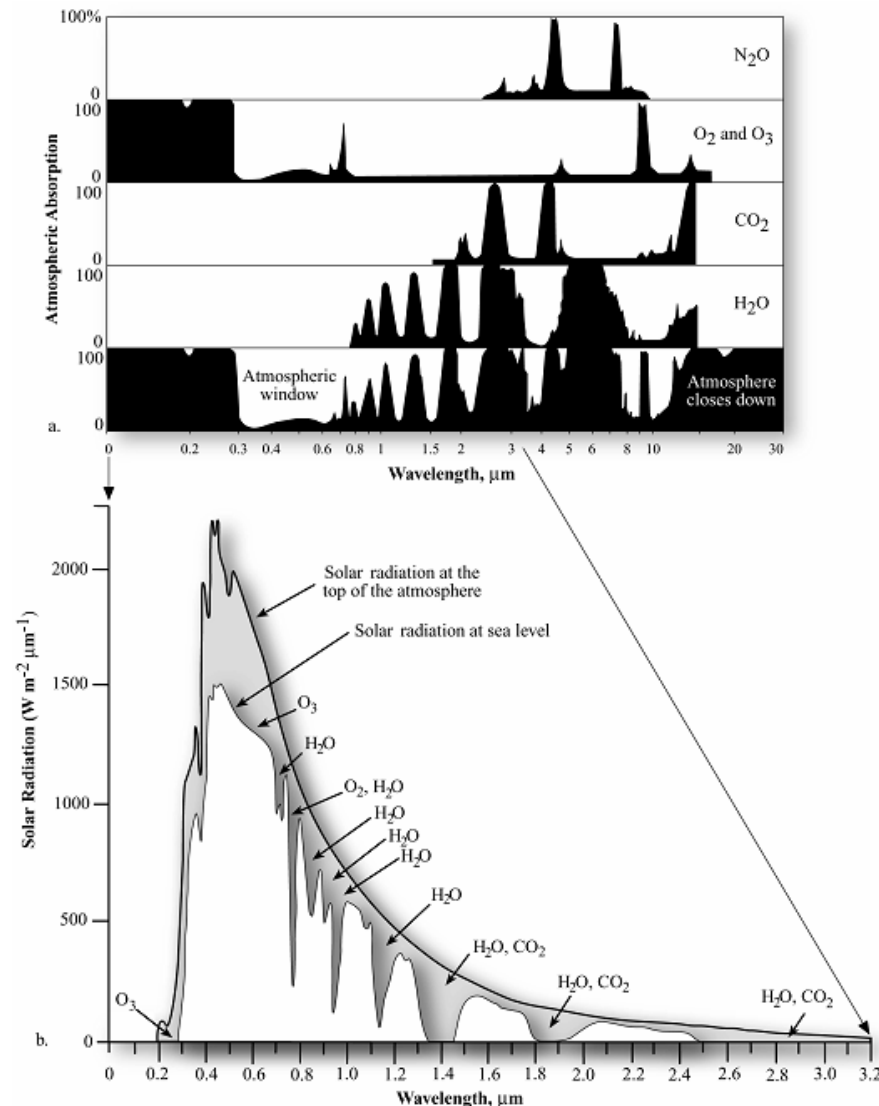
O espectro de irradiação solar



Absorção atmosférica seletiva



Absorção atmosférica seletiva



A **absorção** é o processo pelo qual a energia radiante é absorvida e convertida em outras formas de energia

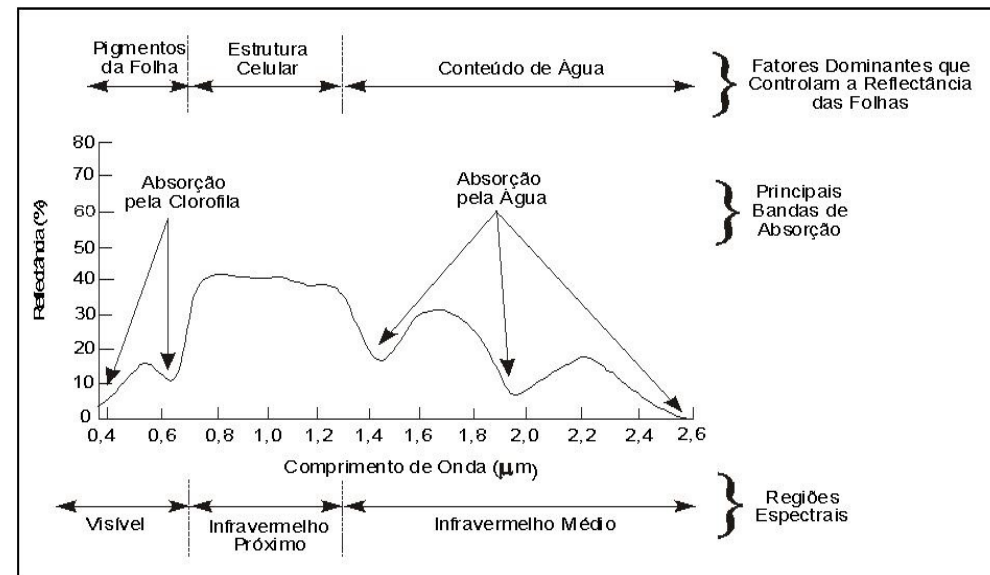
A atmosfera absorve parte da energia que chega ao topo da atmosfera ao longo do caminho óptico devido à interação da REM com os gases presentes na atmosfera

A Terra também absorve uma parte dessa radiação que é posteriormente re-emitada em comprimentos de onda mais longos

Vantagens do Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é **não-intrusivo**, no sentido se o sensor coletar a **REM** emitida ou refletida pelo **alvo** sem afetar o seu estado presente

Os **sensores** podem ser programados para **coletar dados sistematicamente** sobre um determinado alvo. Essa coleta sistemática **remove o viés** presente em muitas das **coletas de campo tradicionais**





Vantagens do Sensoriamento Remoto

Sob condições controladas, os dados de sensoriamento remoto podem ser usados para **estimar variáveis geofísicas ou biofísicas** como, por exemplo, posição, altura ou profundidade, temperatura, biomassa, concentração de clorofila, concentração de sedimentos, umidade do solo etc

Dados de sensoriamento remoto são atualmente críticos para a **modelagem de processos naturais** (mudanças climáticas, eutrofização, desertificação, desastres naturais etc) **ou causados pelo homem** (desflorestamento, poluição, expansão urbana, deslizamentos etc)



Limitações do Sensoriamento Remoto

A grande limitação é que o sensoriamento remoto é frequentemente entendido como a solução ideal

O usuário final de dados de sensoriamento remoto normalmente o entende como uma solução rápida e barata de obter informação, pois não pensa nos custos envolvidos na pesquisa espacial para o desenvolvimento de tecnologias, lançamento de satélites e manutenção dos programas de Observação da Terra



Limitações do Sensoriamento Remoto

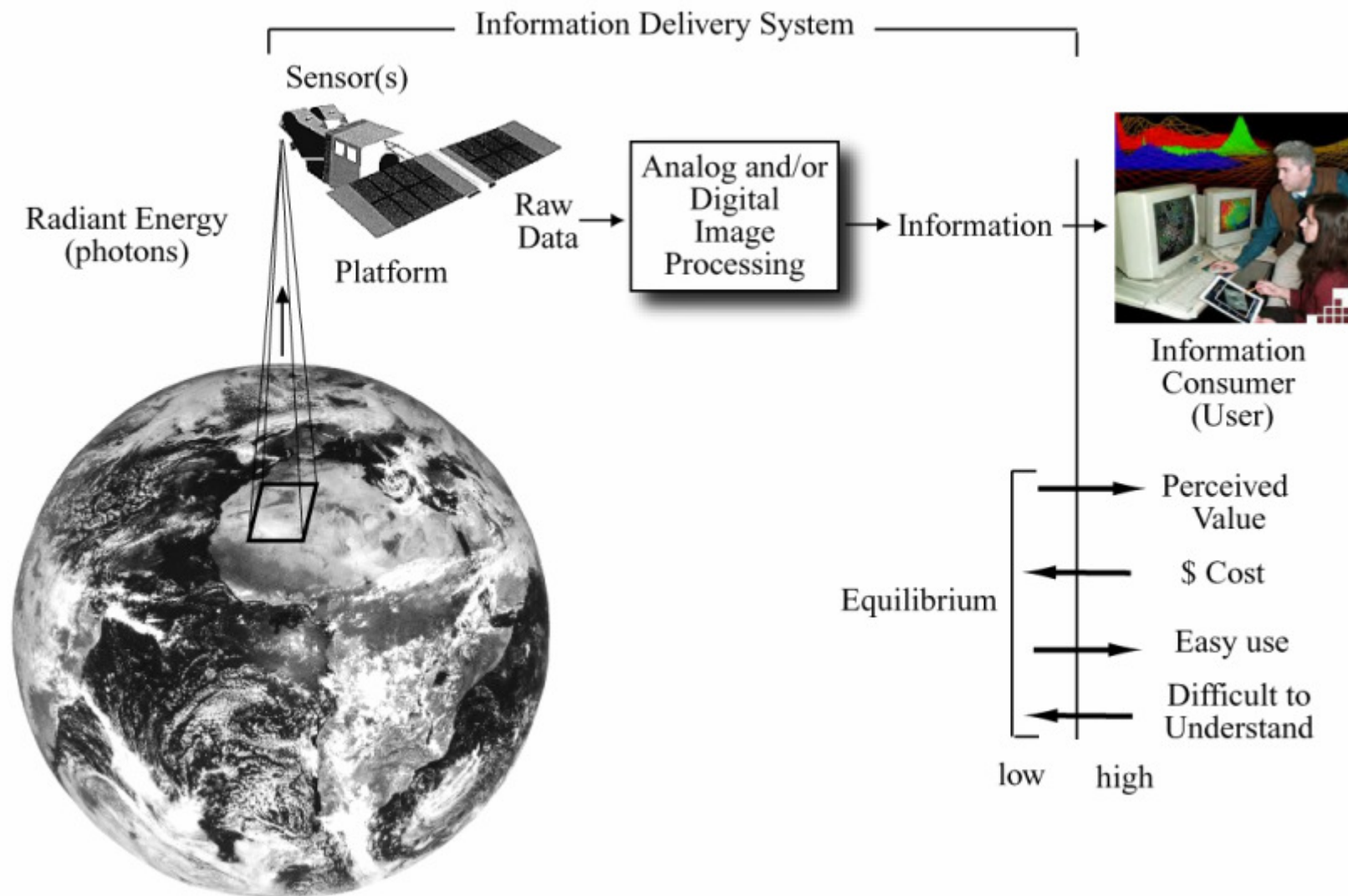
Os dados de sensoriamento remoto devem ser sempre usados considerando as escalas de tempo e espaço dos processos a serem investigados

Os dados de sensoriamento remoto necessitam de calibração anterior e posterior ao lançamento do sensor

Alguns sensores que emitem radiação na direção do alvo com grande potência (RADAR, SONAR, LIDAR etc) podem ser intrusivos e afetar o alvo



Valor agregado e serviços

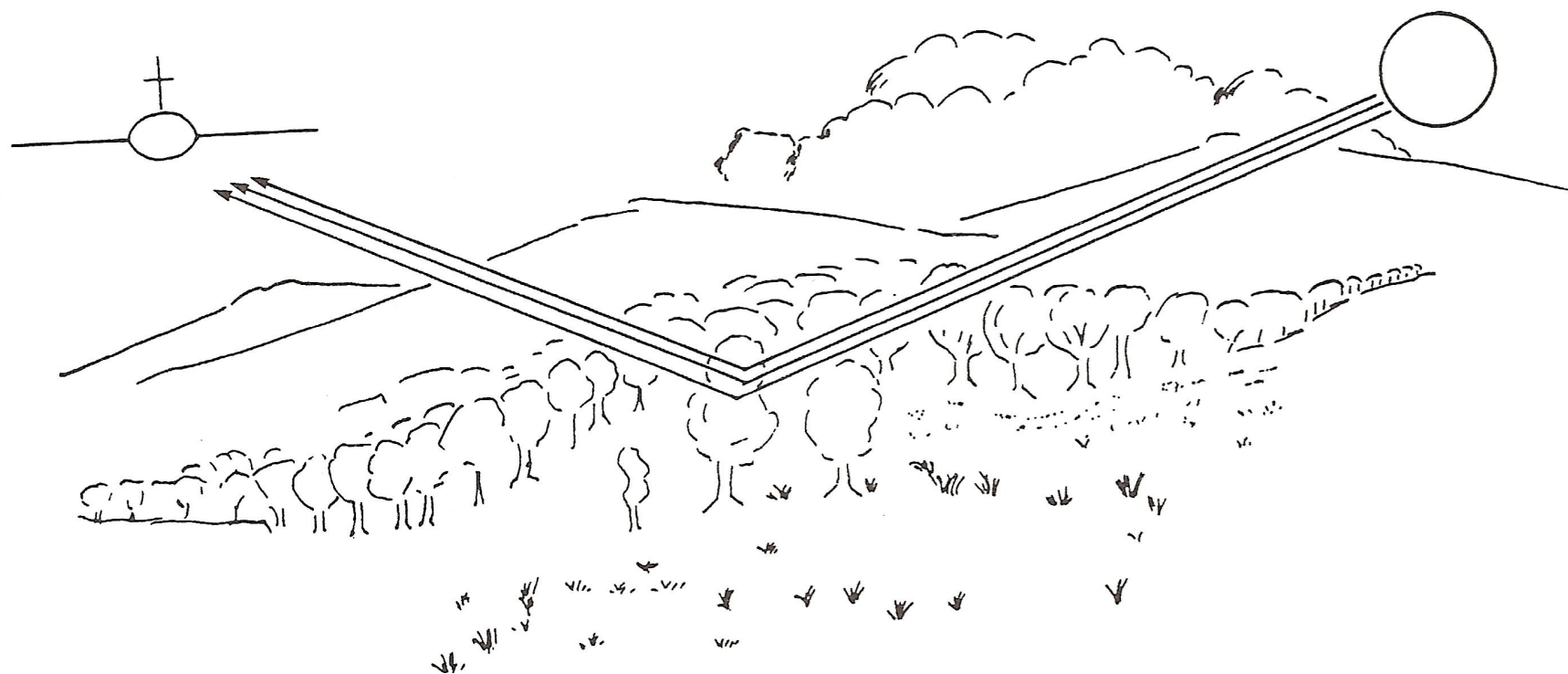




Os modos de aquisição de informação

Energia solar refletida

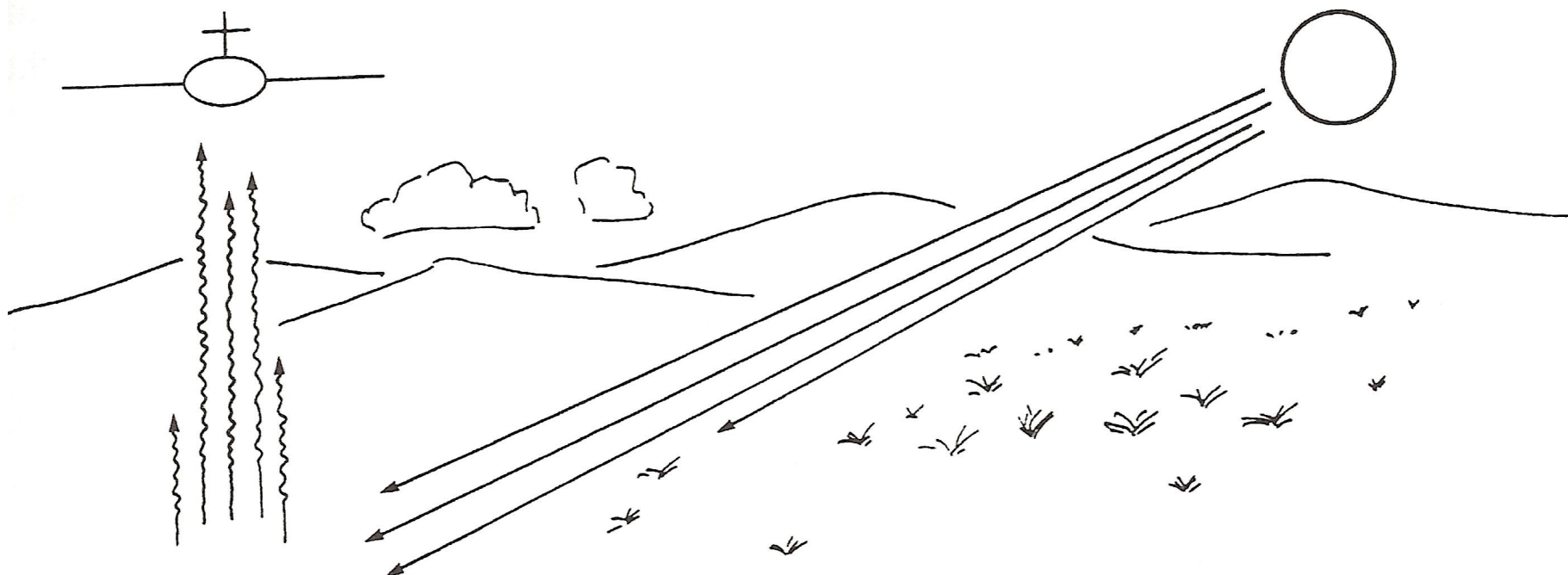
O sensor detecta a radiação solar que é refletida pelos objetos na Terra



Os modos de aquisição de informação

Energia terrestre emitida

O sensor detecta a radiação terrestre que é emitida pelos objetos na Terra após terem absorvido a radiação solar

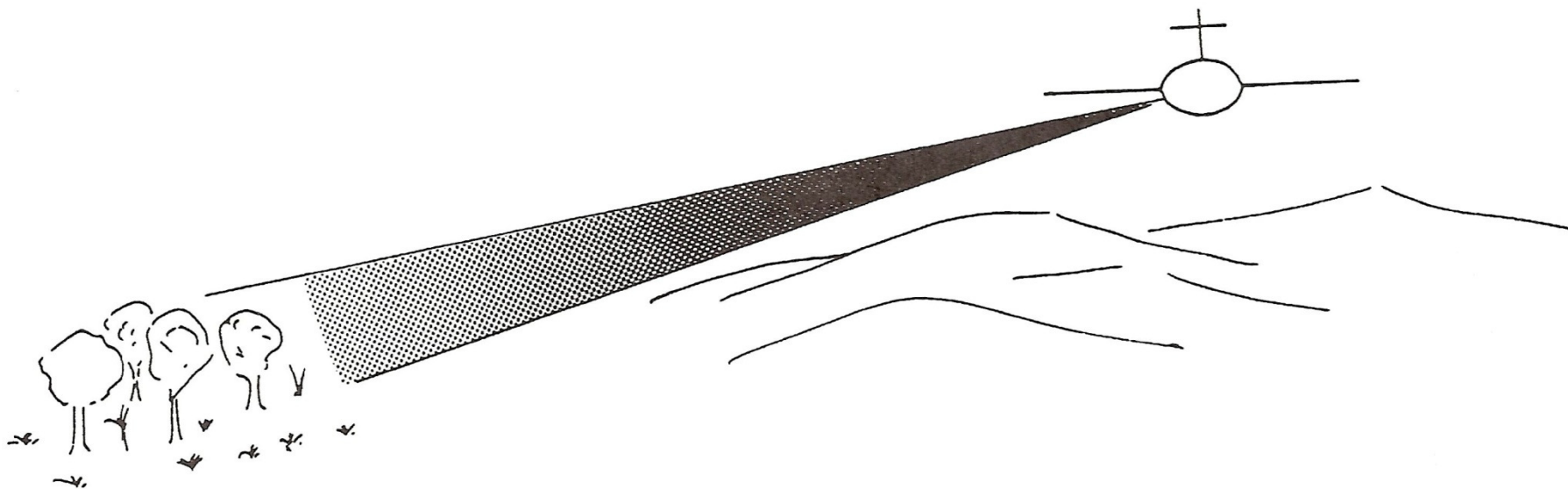




Os modos de aquisição de informação

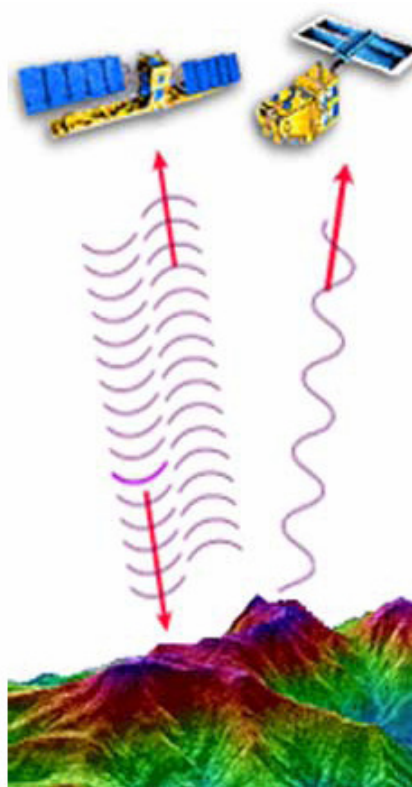
Energia de fonte artificial refletida

O sensor detecta a radiação de fonte artificial que é emitida na direção dos objetos e então refletida de volta ao sensor

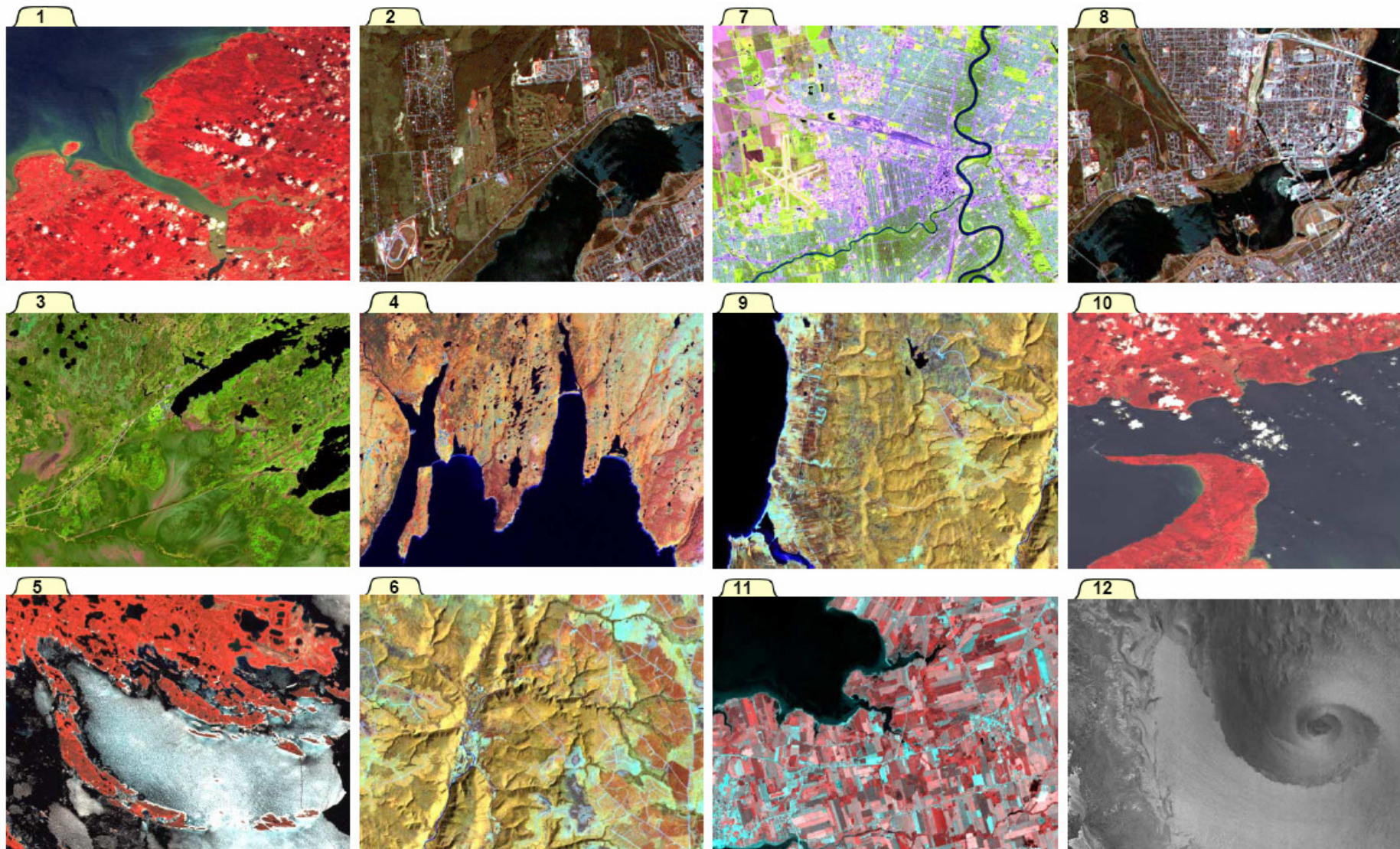




Sistemas de Observação da Terra O planeta, as plataformas e os sensores



Sistemas de Observação da Terra: o planeta





Sistemas de Observação da Terra: o planeta

Nosso planeta tem um comportamento dinâmico

Um dos grandes benefícios dos sistemas de Observação da Terra é, justamente, prover dados para que se estudem as mudanças que ocorrem no planeta

Essas mudanças ocorrem em diferentes escalas de tempo e espaço

Os sistemas de Observação da Terra devem ser configurados de maneira a poder captar a dinâmica do planeta nas escalas de estudo

A maior parte dos satélites empregados para a Observação da Terra são os chamados de satélites ambientais e os satélites meteorológicos

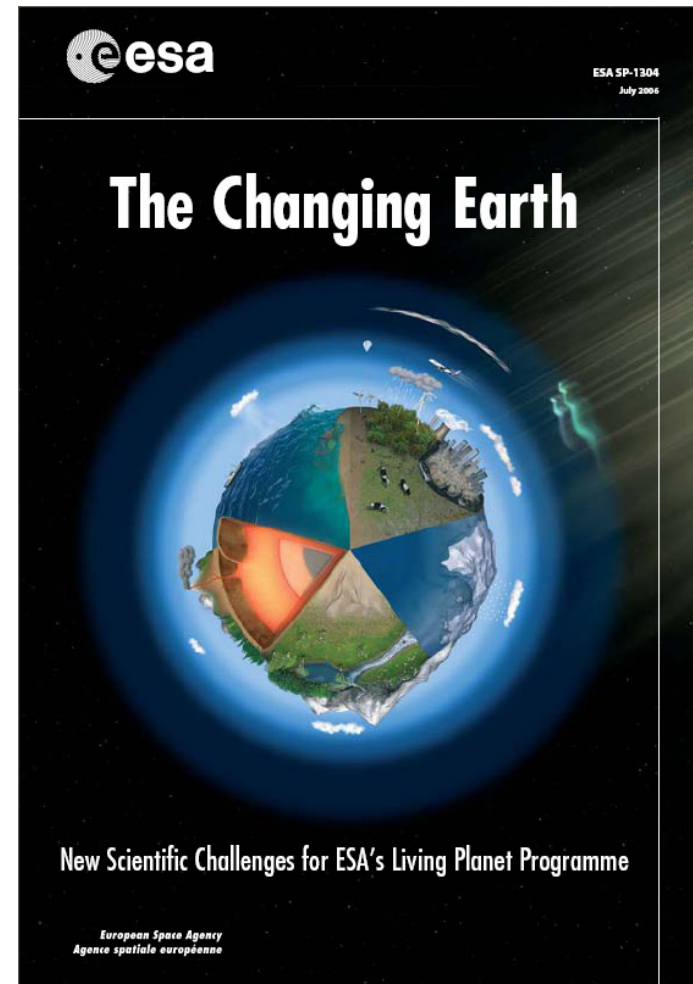


Sistemas de Observação da Terra: o planeta vivo

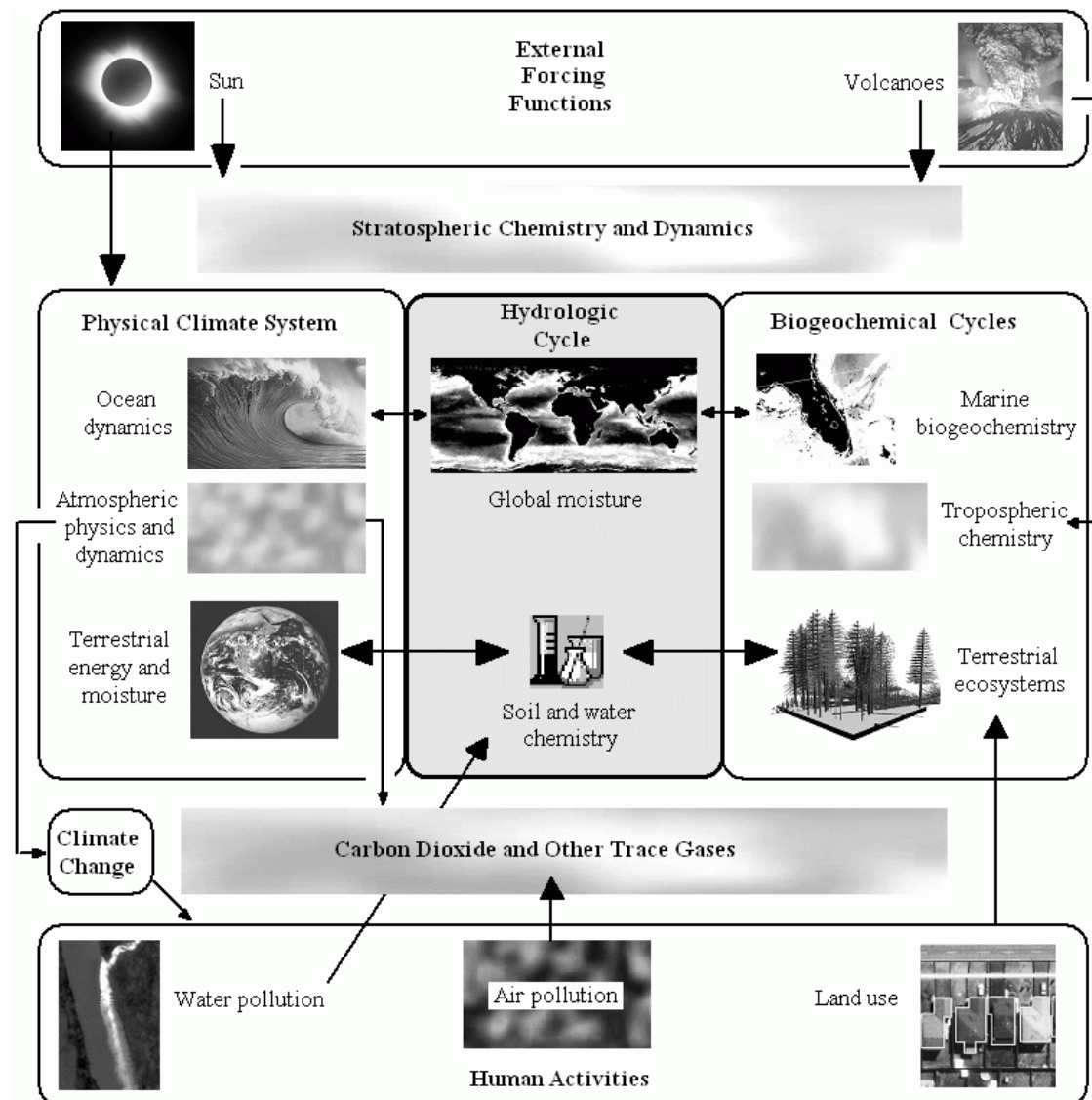


Componentes do sistema planeta vivo

Hidrosfera
Atmosfera
Criosfera
Geosfera
Biosfera

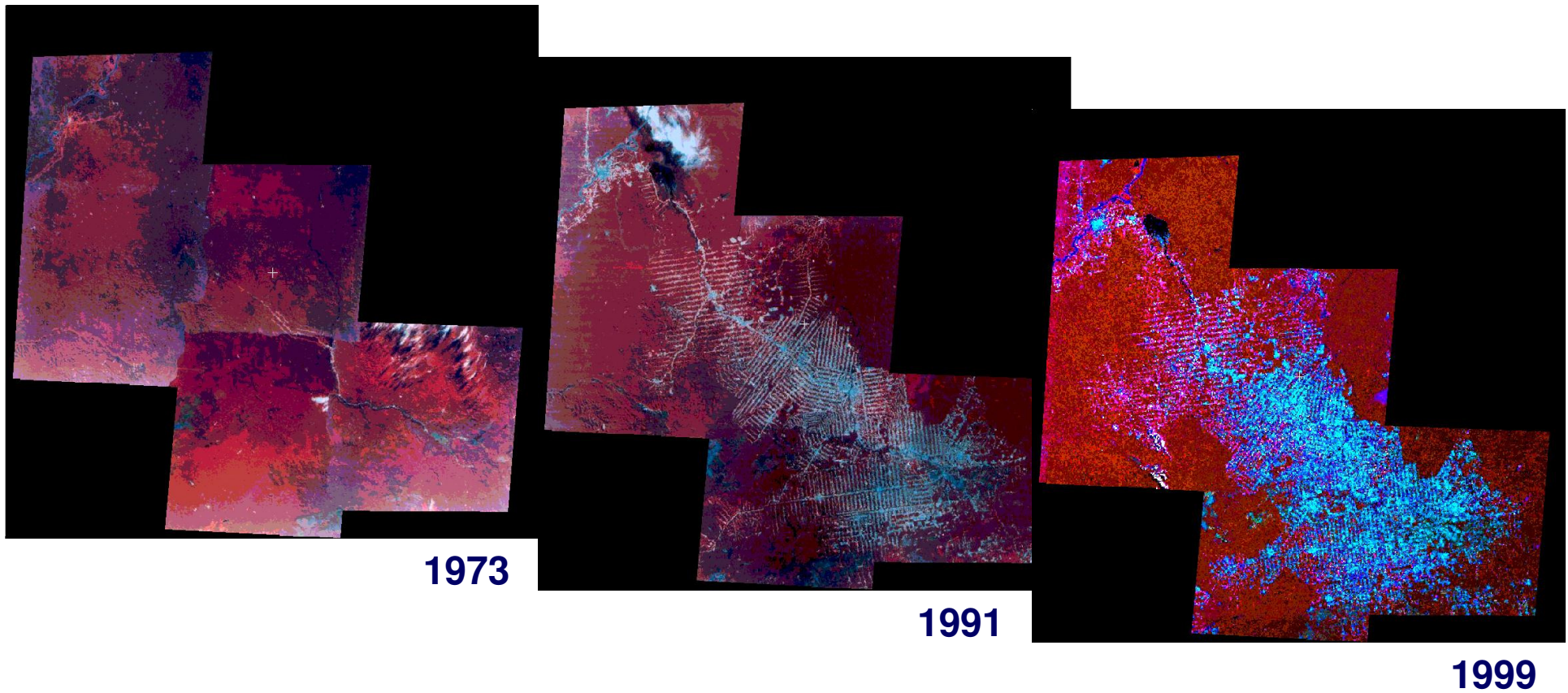


Sistemas de Observação da Terra: o planeta vivo

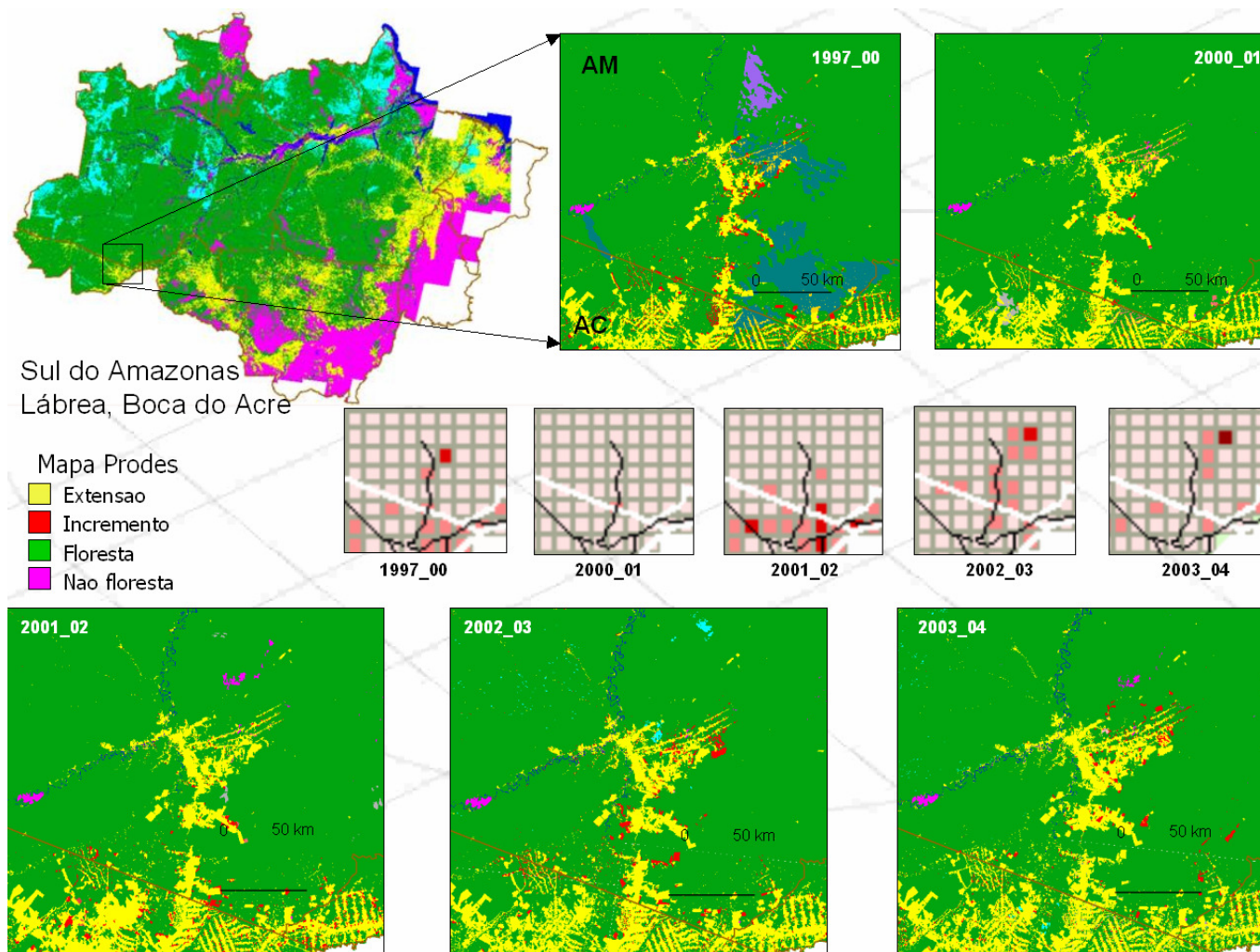




Sistemas de Observação da Terra: o planeta vivo



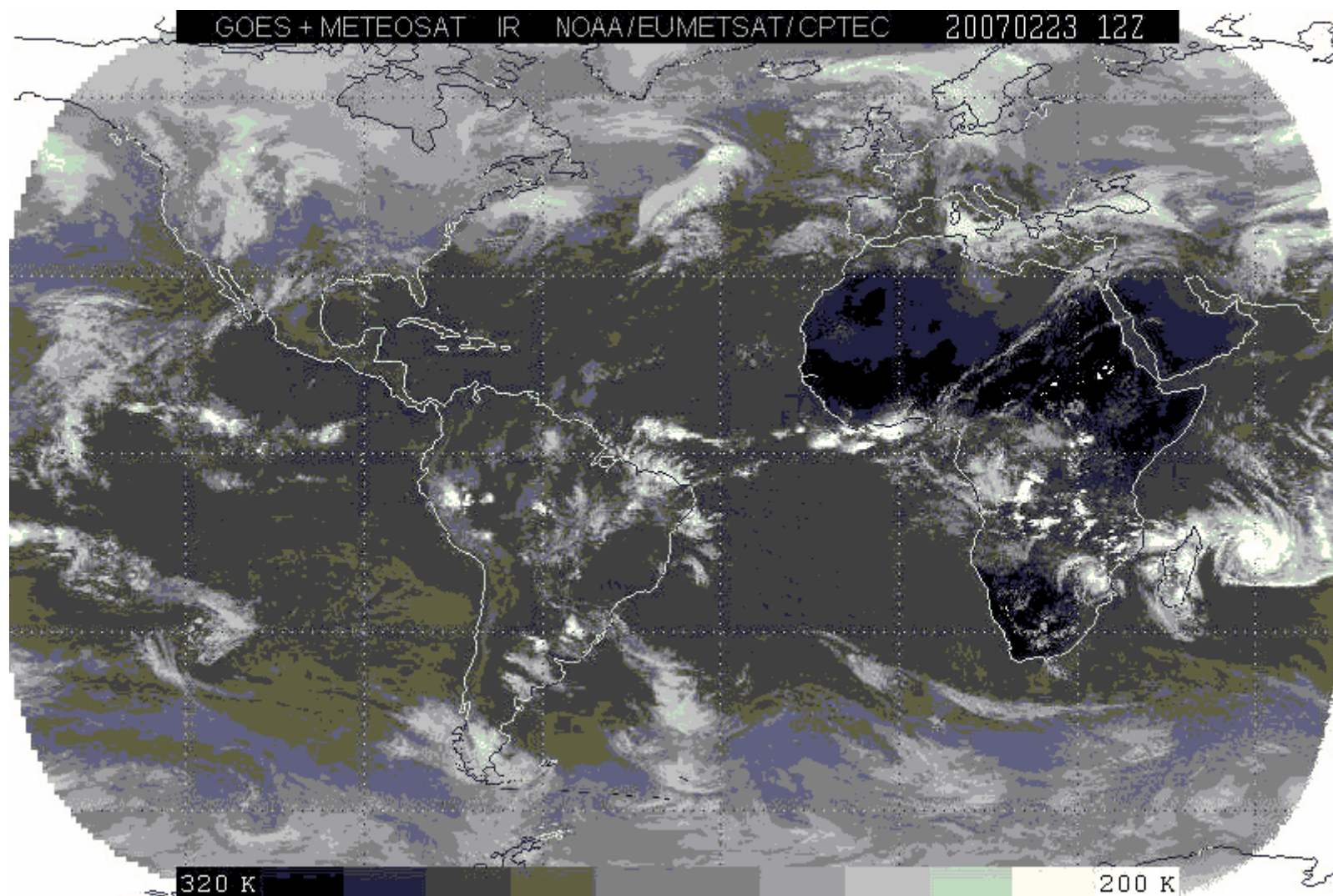
Sistemas de Observação da Terra: o planeta vivo



Fonte: Escada et al. (2005). O avanço do desmatamento da Amazônia no contexto das novas fronteiras. INPE/GEOMA/PRODES 2005.

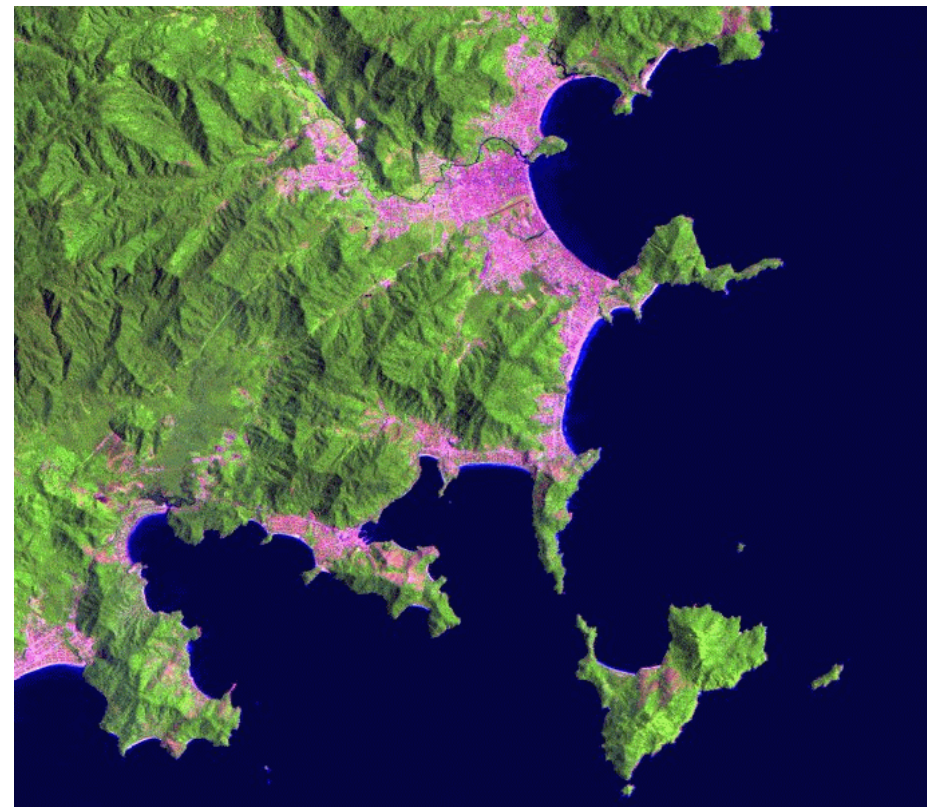
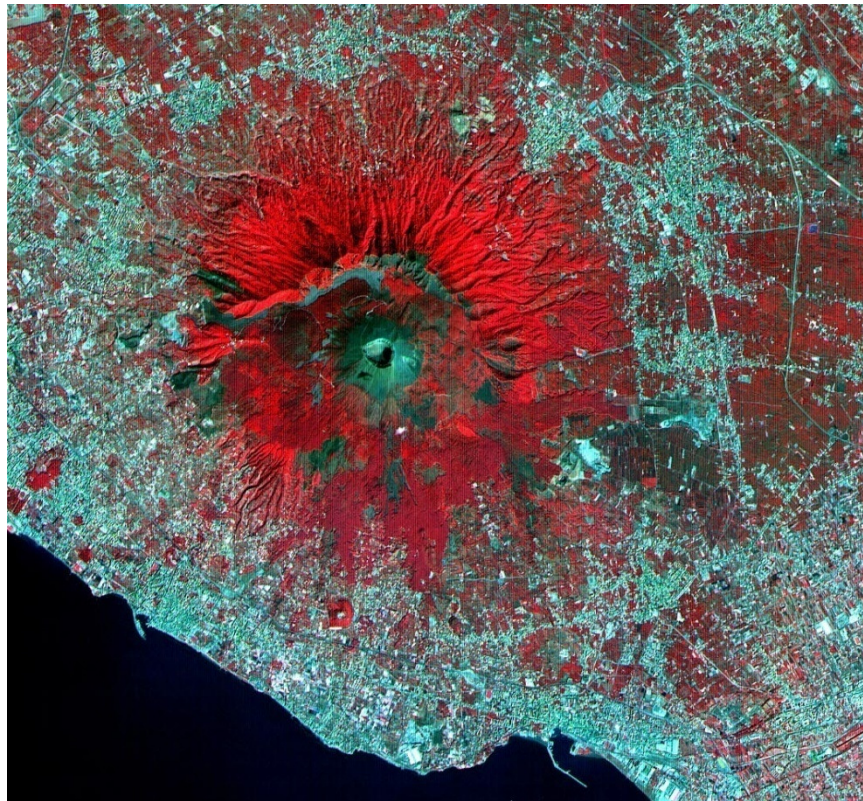


Sistemas de Observação da Terra: o planeta vivo





Sistemas de Observação da Terra: o planeta vivo





Sistemas de Observação da Terra: o planeta vivo



Sistemas de Observação da Terra: o planeta vivo

Tornadoes strike Enterprise, Alabama



March 5, 2007



February 23, 2000

Flooding in Somalia



February 14, 2007

ISS014-E-13848

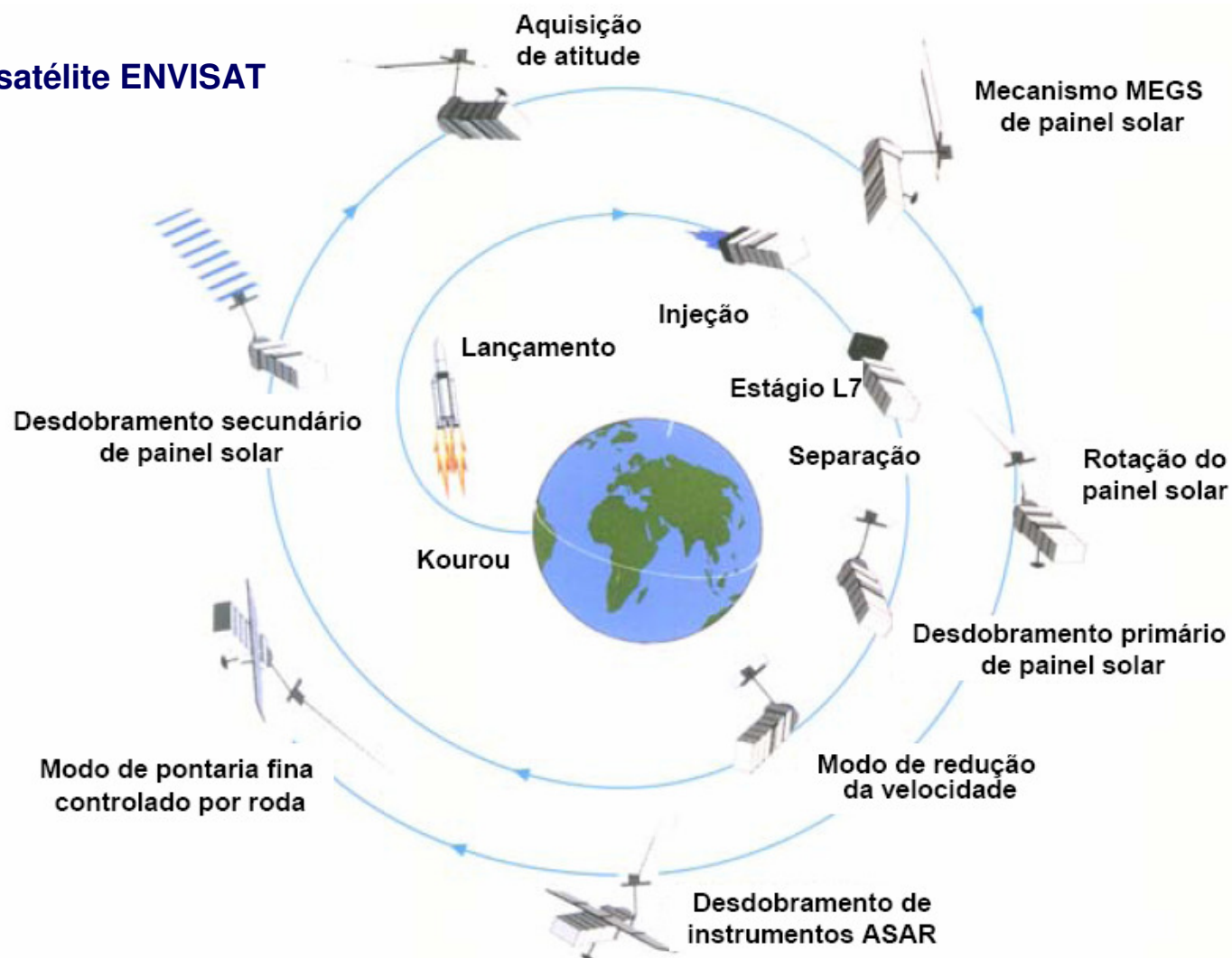


December 2, 2005

ISS012-E-23442

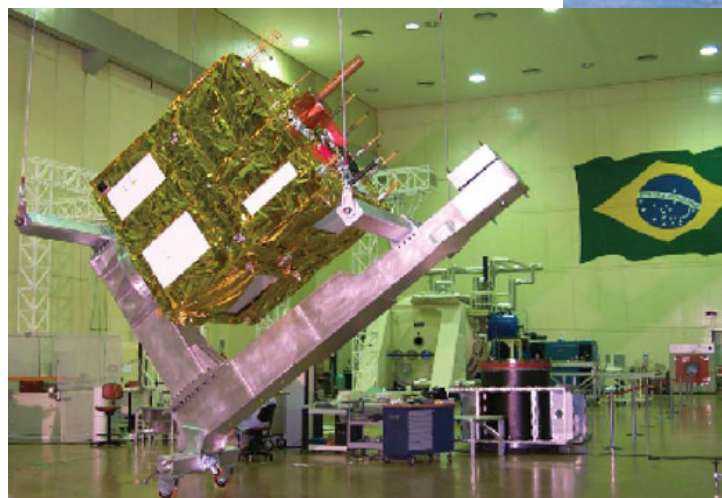
Sistemas de Observação da Terra: plataformas e sensores

satélite ENVISAT

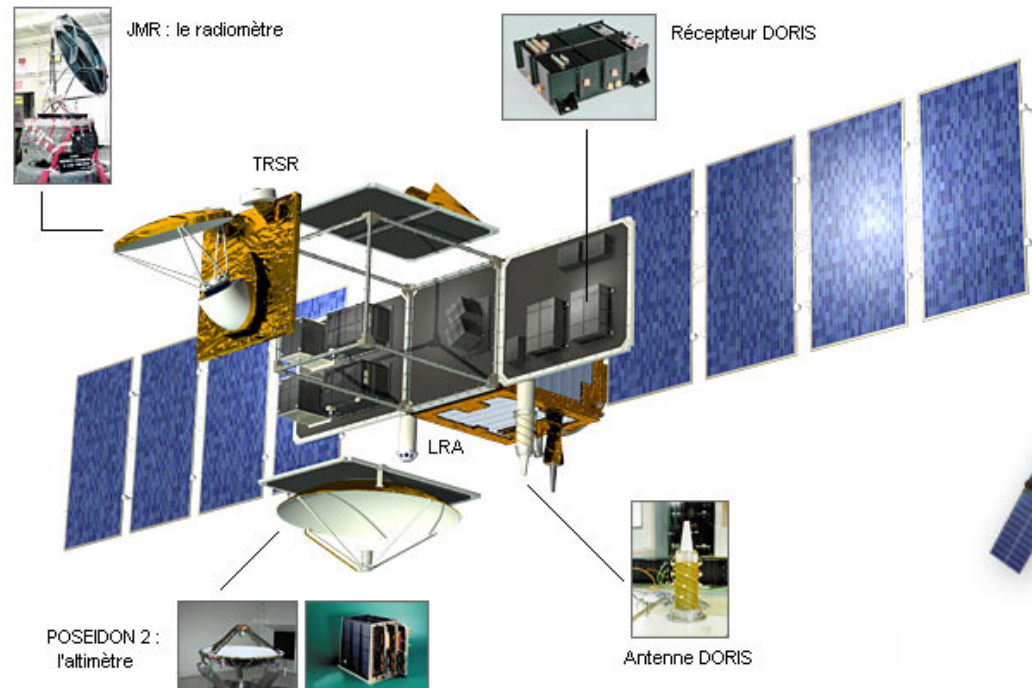




Sistemas de Observação da Terra: plataformas e sensores



Sistemas de Observação da Terra: plataformas e sensores

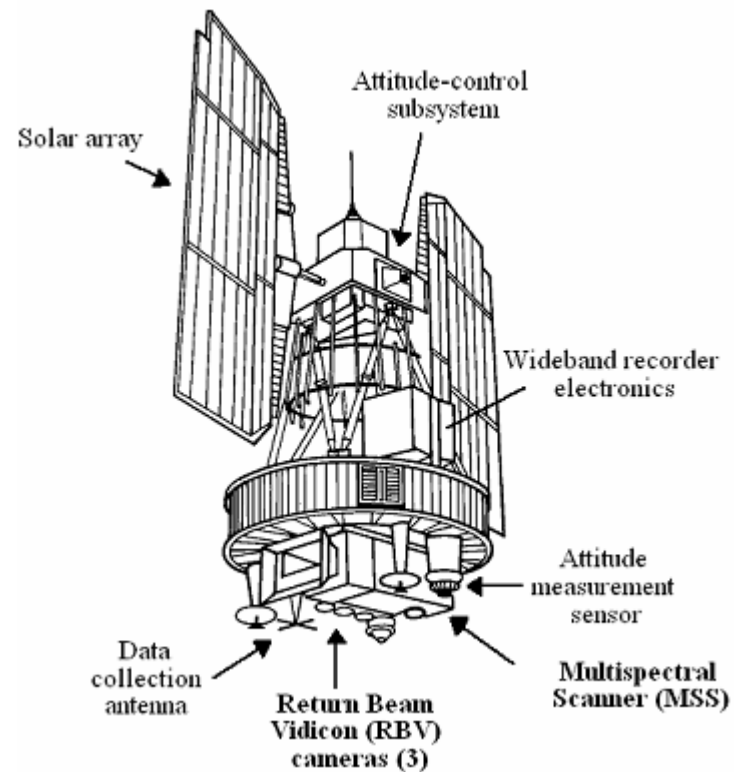


satélite Jason

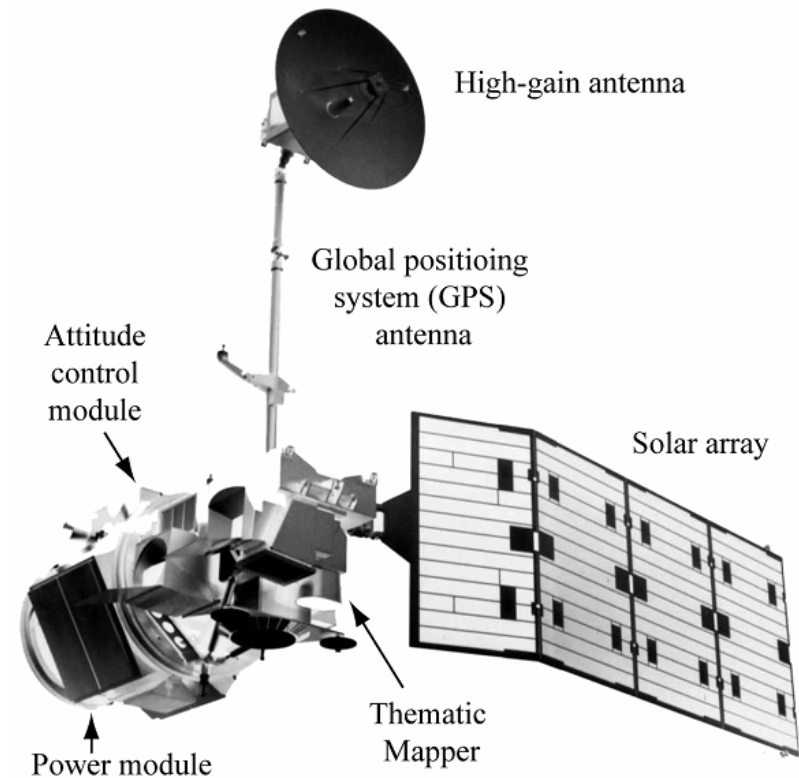
satélites europeus



Sistemas de Observação da Terra: plataformas e sensores

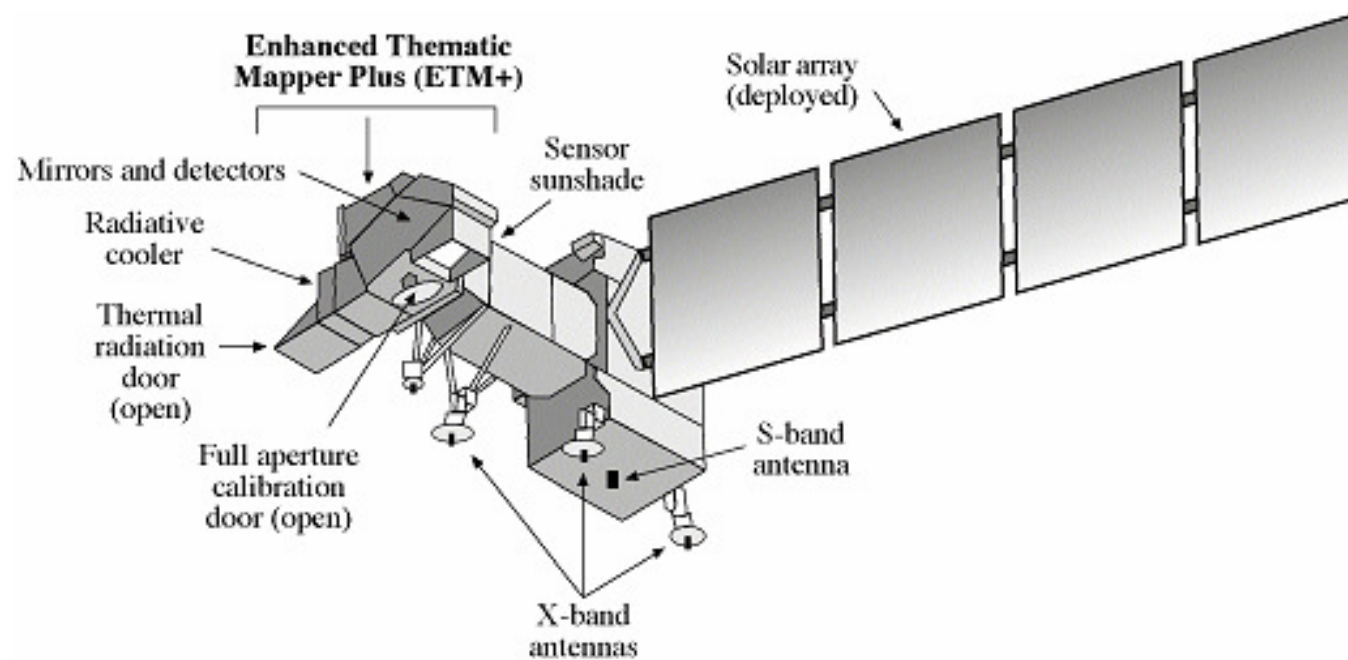


satélite ERTS



satélite Landsat 4 e 5

Sistemas de Observação da Terra: plataformas e sensores



satélite Landsat 7



Sistemas de Observação da Terra: histórico

Uso militar: o reconhecimento de alvos militares via fotografia aérea começou antes da Primeira Guerra Mundial com a utilização de balões

Corrida espacial: Após a Segunda Guerra Mundial, ambos programas russo e americano buscam o domínio da tecnologia de mísseis balísticos, espaçonaves e de reconhecimento militar (visível, IV e RADAR)

Década de 1960: as primeiras missões espaciais tripuladas servem para reforçar o potencial do SR para o monitoramento da Terra: fotografia aérea passa a ser substituída por imageamento digital



Visada oblíqua do Arizona e Golfo da Califórnia, Foguete Viking (V2), 1947



Satélite da série TIROS, primeiros satélites meteorológicos americanos lançados a partir de 1960

Sistemas de Observação da Terra: histórico



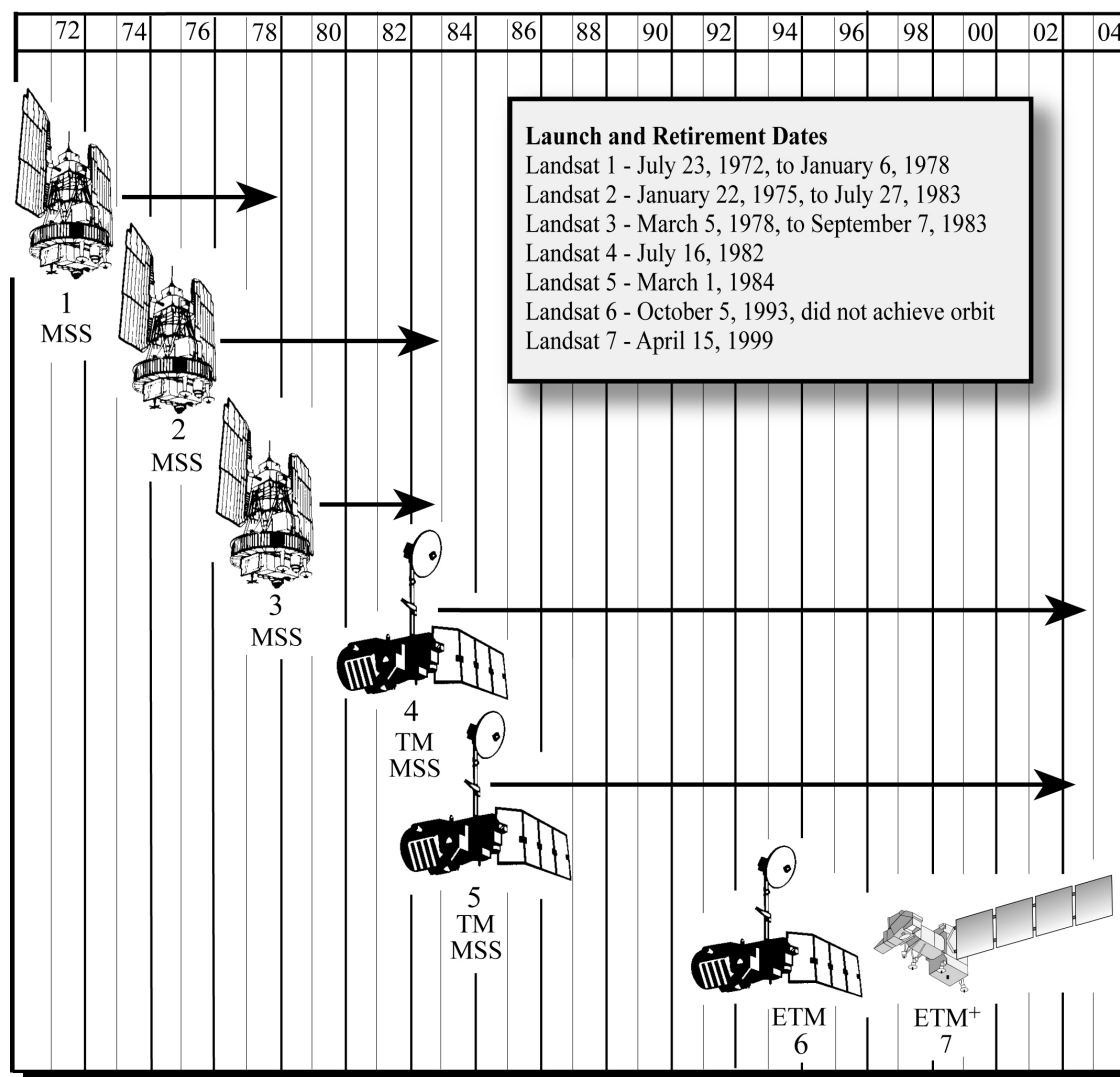
Apolo 9



Gemini 4

Sistemas de Observação da Terra: histórico

Chronological Launch and Retirement History of the Landsat Satellites



Níveis de aquisição de dados

Solo ou Laboratório

utilizando o sensor (radiômetros, fotômetros, GPS etc) **no campo** ou no laboratório



a. Spectroradiometer measurement.

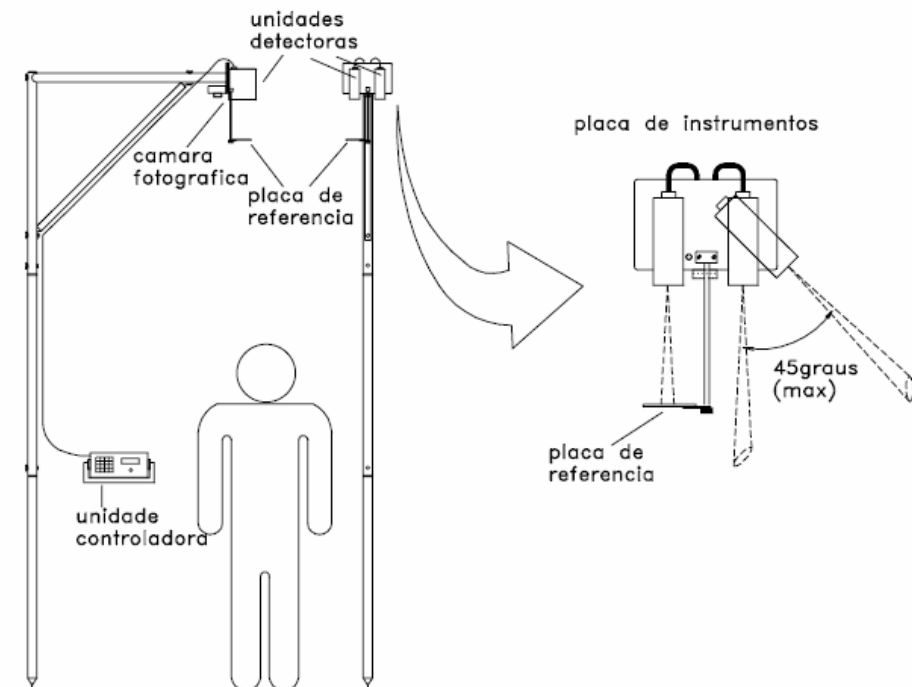
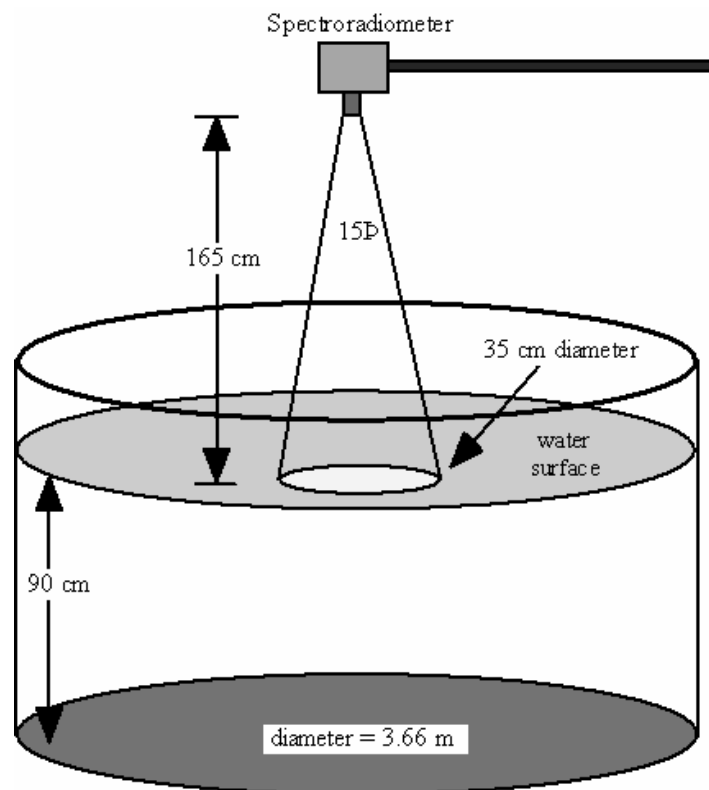


b. Global positioning system (GPS) measurement.

Níveis de aquisição de dados

Solo ou Laboratório

utilizando o sensor (radiômetros, fotômetros, GPS etc) no campo ou **no laboratório**

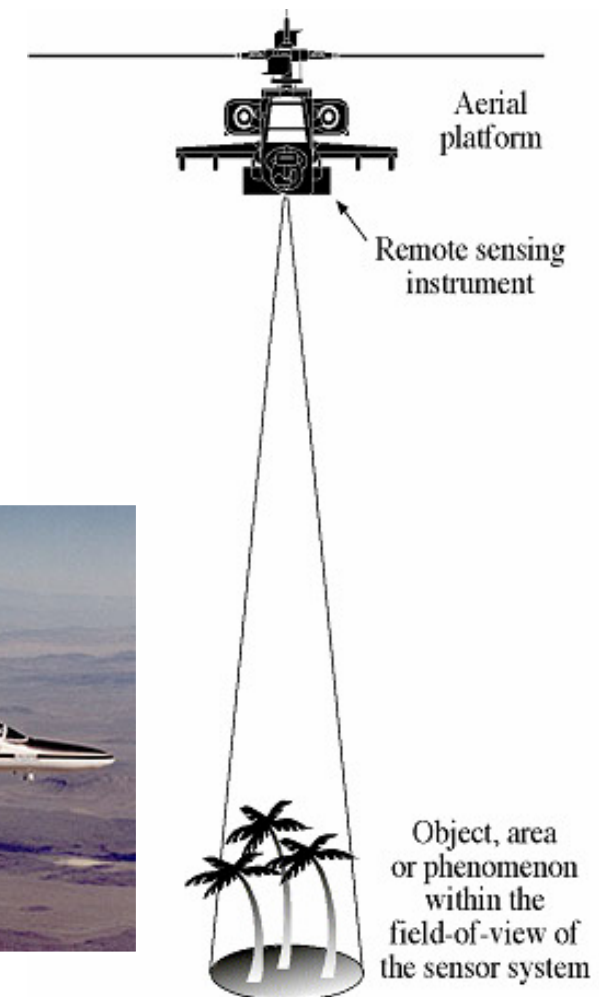
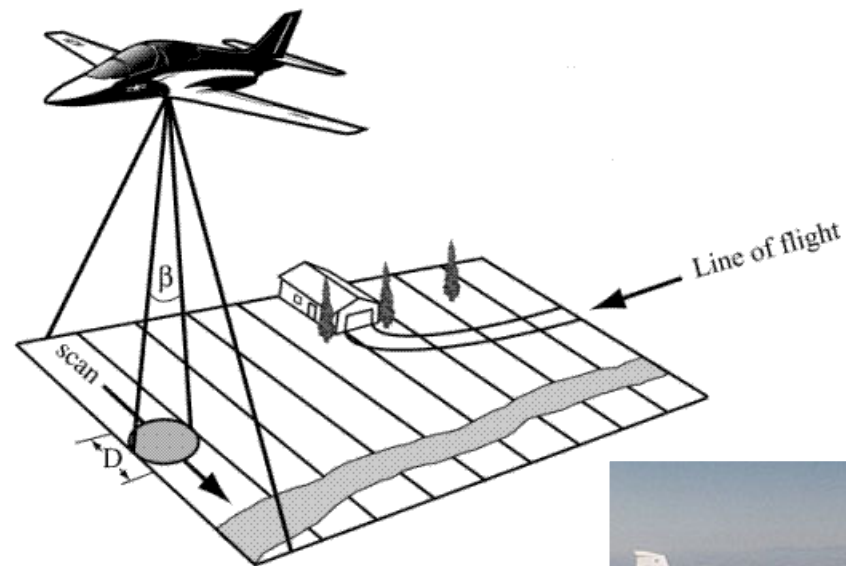


Fonte: Steffen (1996)

Níveis de aquisição de dados

Aéreo

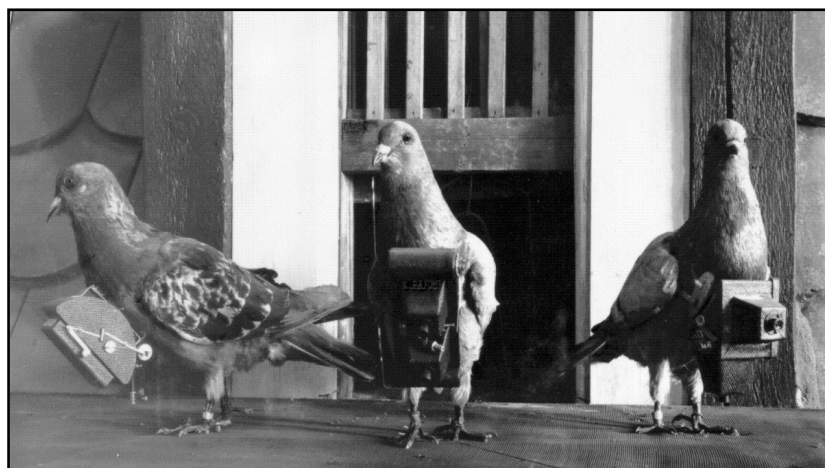
utilizando o sensor numa plataforma aérea: avião, balões etc



Níveis de aquisição de dados

Aéreo

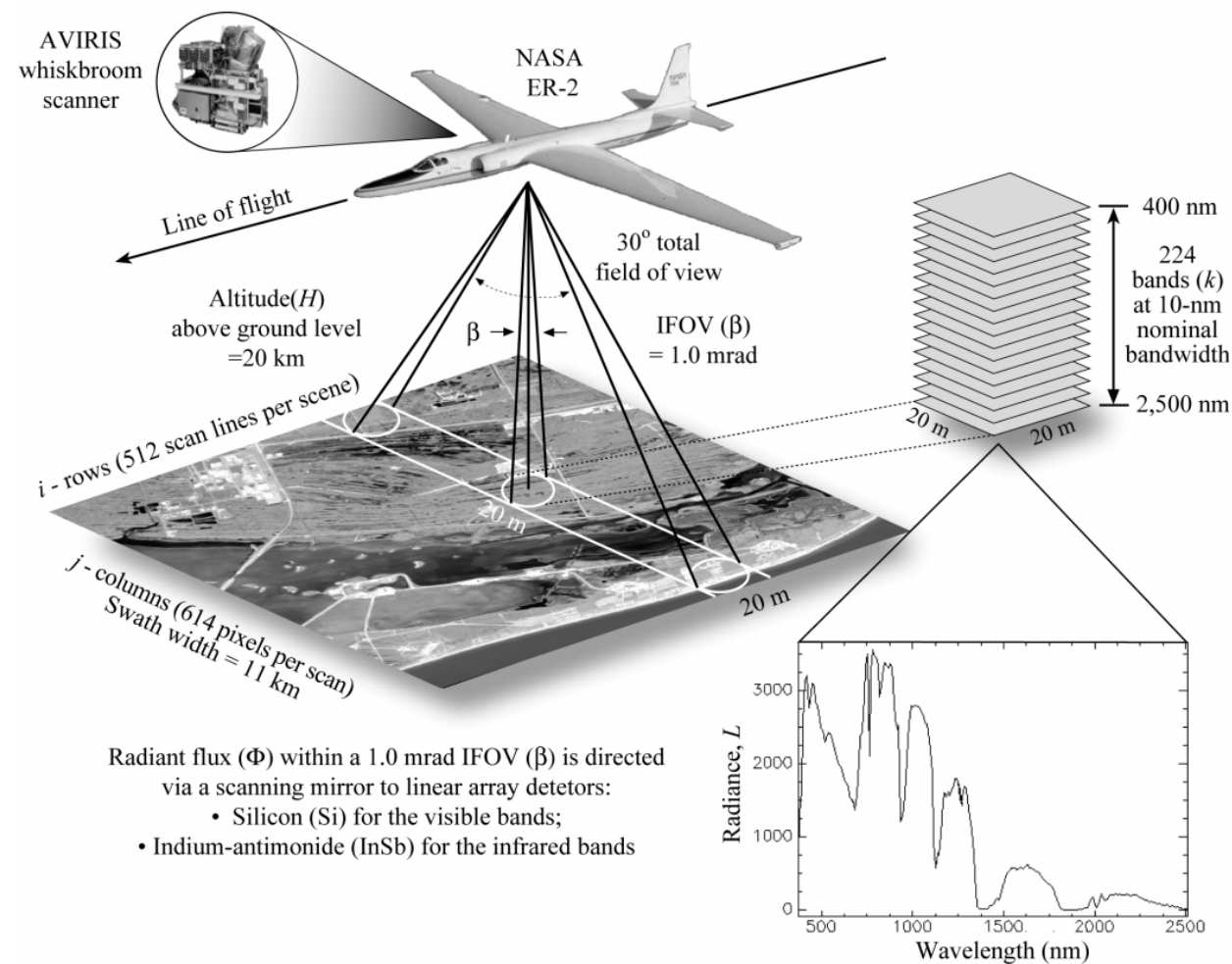
utilizando o sensor numa plataforma aérea: pombos?



Níveis de aquisição de dados

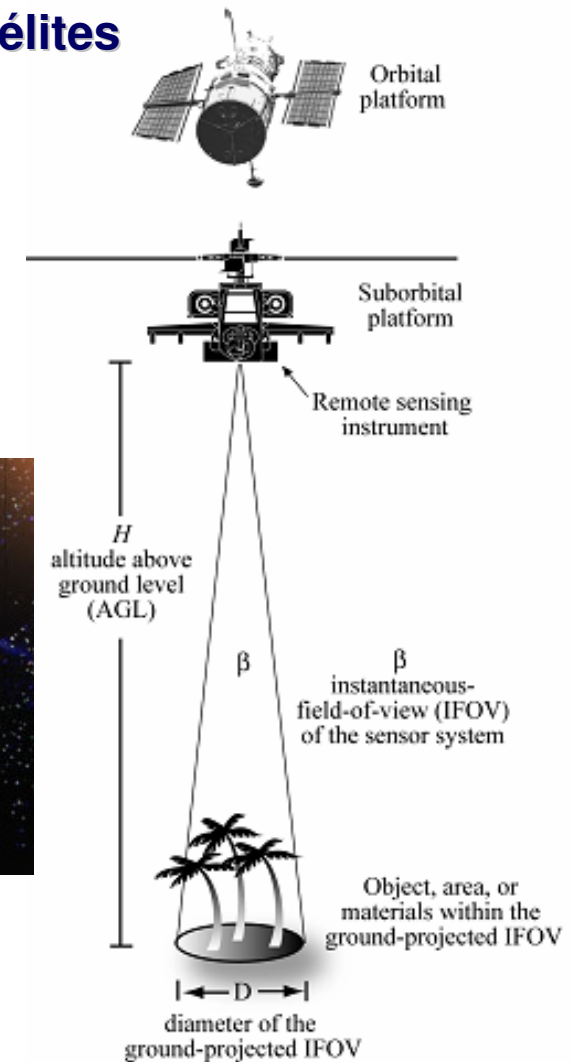
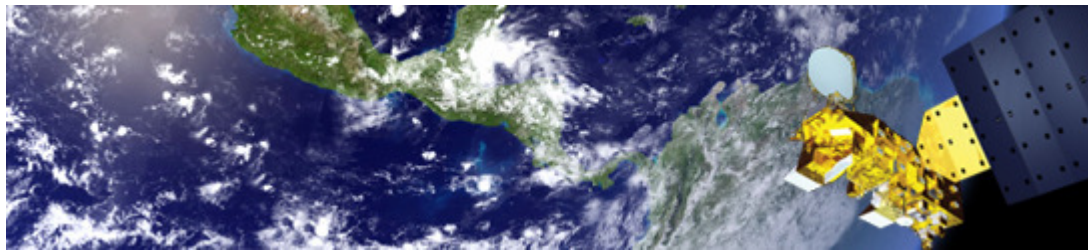
Aéreo

NASA Airborne Visible Infrared Imaging Spectrometer





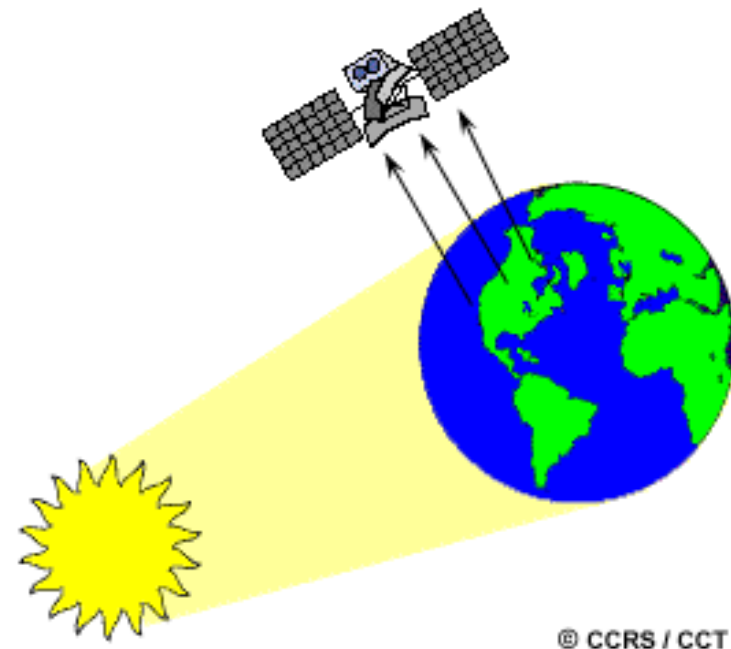
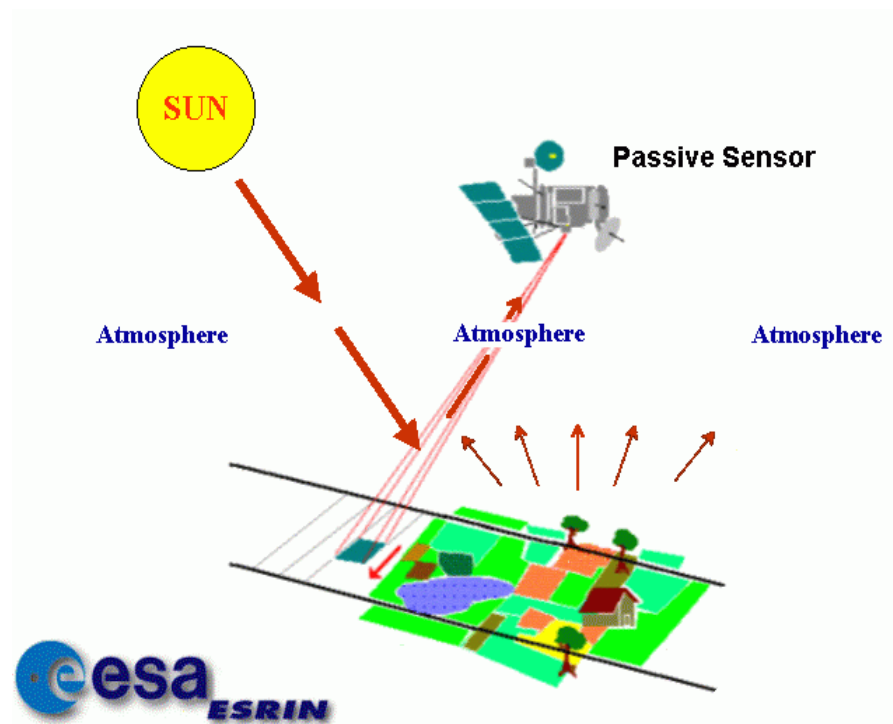
Níveis de aquisição de dados **Orbital** utilizando o sensor a bordo de satélites



Sistemas sensores

Passivo

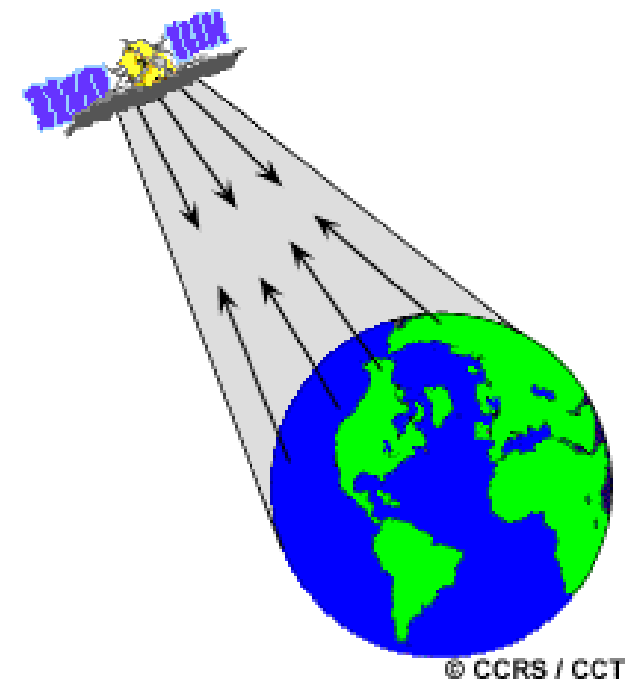
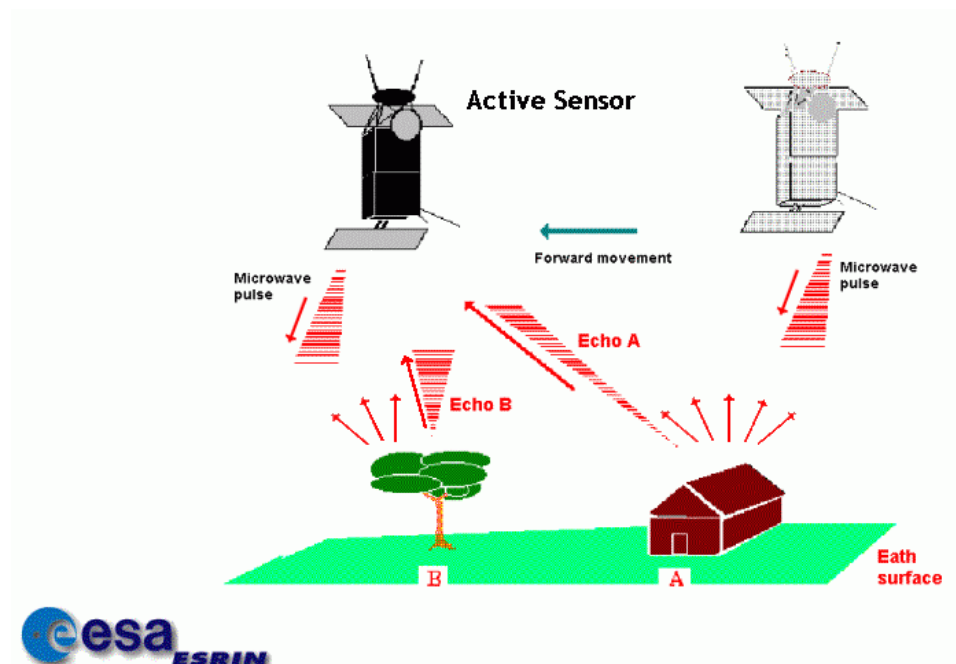
Utiliza como fonte de REM o sol, a Terra ou alguma fonte artificial independente



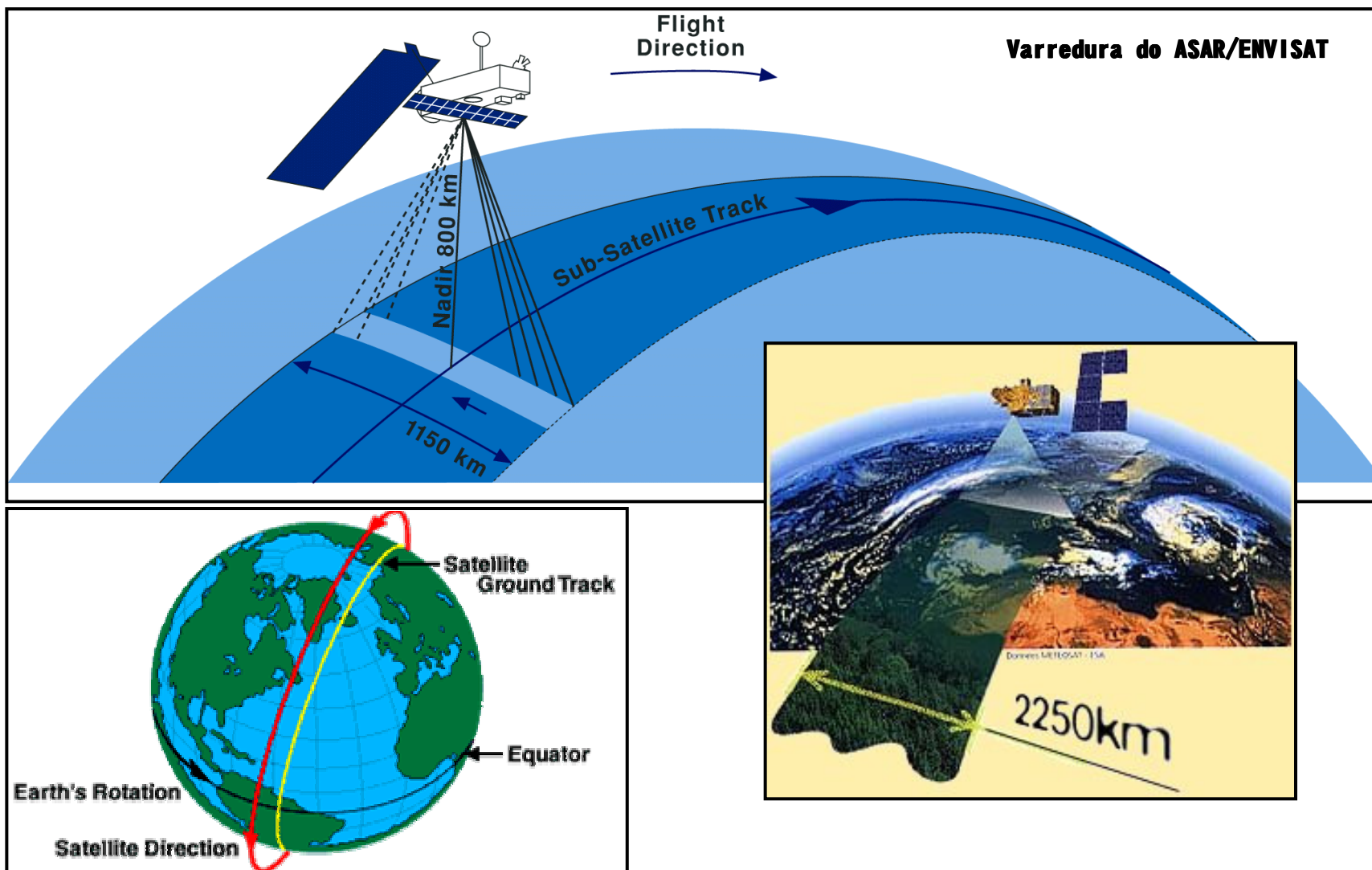
Sistemas sensores

Ativo

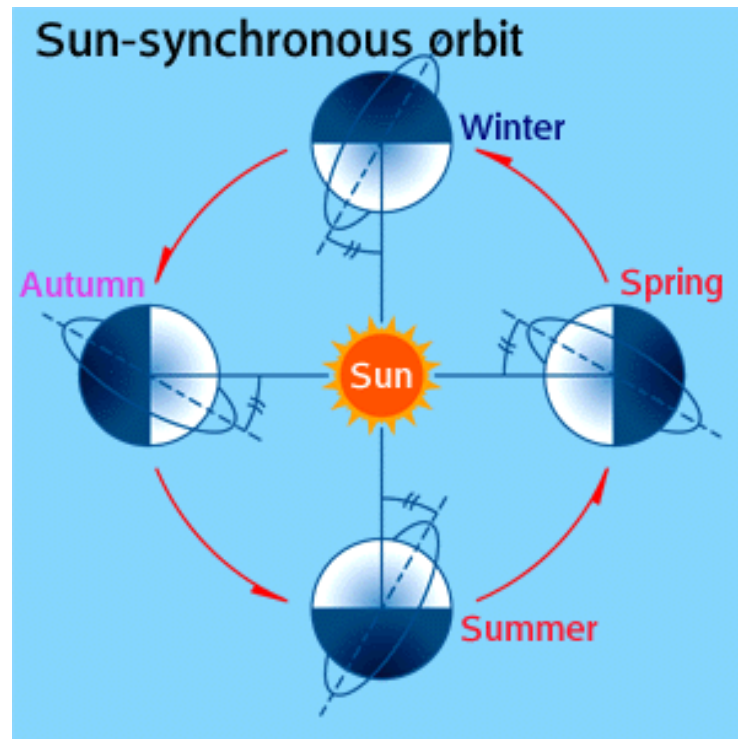
Utiliza sua própria fonte para iluminar o alvo



Parâmetros da varredura

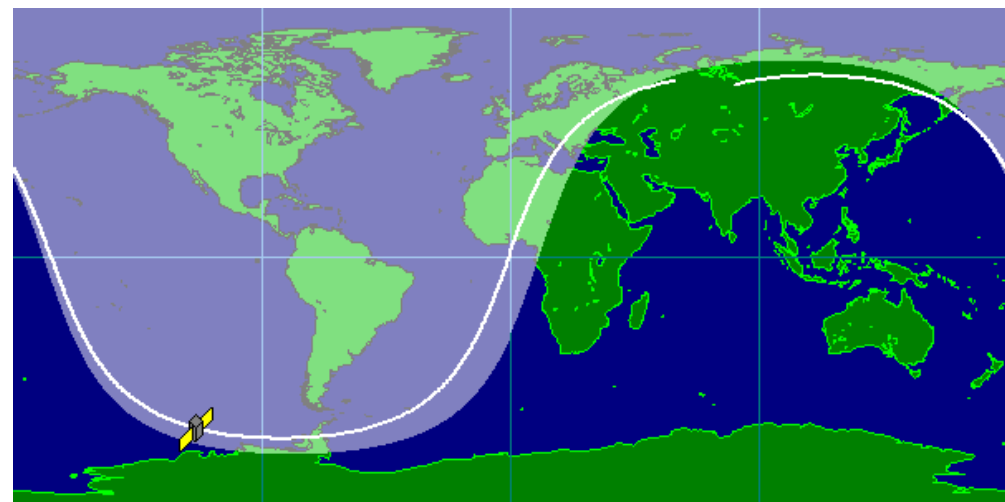


Órbitas dos satélites

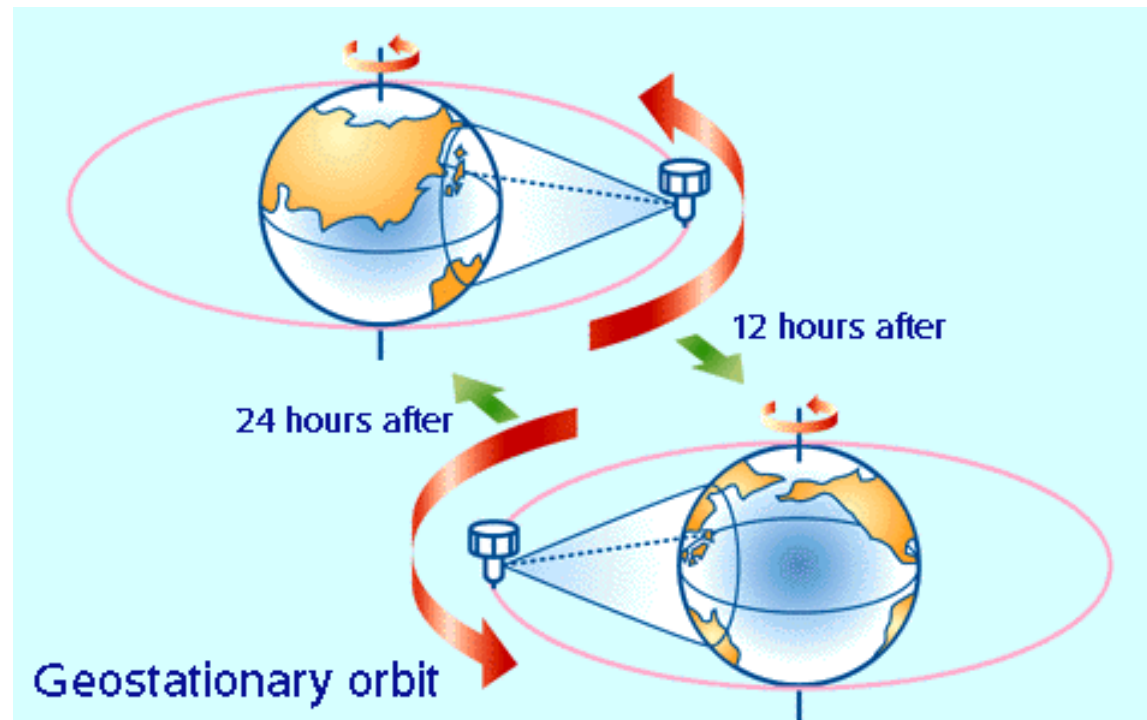


✿ Na **órbita heliossíncrona**, a direção de rotação do plano orbital e o período (ângulo de rotação por dia) são os mesmos do período orbital da Terra

✿ O plano orbital do satélite leva um ano para completar uma revolução e tem a mesma orientação do Sol. Olhando a Terra desde o satélite nesta órbita, a luz solar estará sempre vindo desde o mesmo ângulo



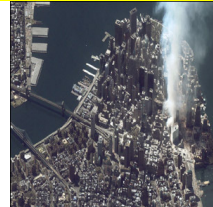
Órbitas dos satélites



* Na **órbita geoestacionária** o satélite permanece sobre o mesmo ponto em relação à Terra ao longo do tempo. A órbita é circular e a inclinação é zero (sobre o Equador). O satélite está a 36000 km de altura e desenvolve um período orbital de 24 h, o mesmo da Terra.

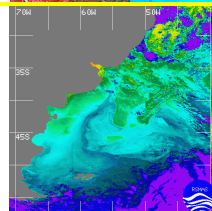
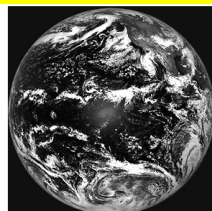
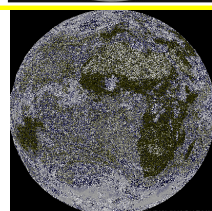


Satélites e sensores

satélite	operação	sensores	bandas	resolução	quick-look*
LANDSAT	1972-2003	MSS TM ETM+*	6 bandas 0.5-12.6 μm 7 bandas 0.45-2.35 μm 8 bandas 0.45-2.35 μm	79-237 m 30-120 m 15-60 m	
SPOT	1986-	HRVIR* VEGETATION	5 bandas 0.43-1.75 μm 4 bandas 0.43-1.75 μm	10-20 m 1000 m	
IKONOS	1999-		5 bandas 0.45-0.90 μm	0.82-4 m	
QuickBird	2001-		5 bandas 0.45-0.90 μm	0.61-2.44 m	

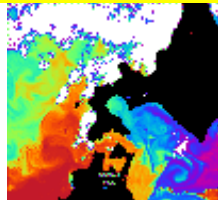
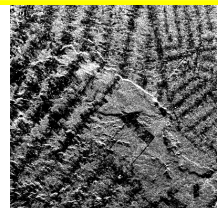
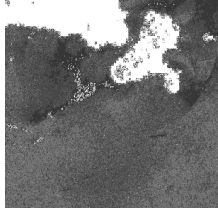
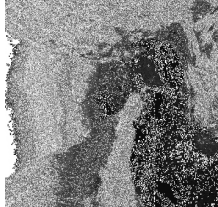


Satélites e sensores

satélite	operação	sensores	bandas	resolução	
CBERS	1999-	WFI Câmera CCD* IR-MSS	2 bandas 0.63-0.90 μm 5 bandas 0.45-0.89 μm 4 bandas 0.50-12.5 μm	260 m 20 m 80 m	
TIROS-N NOAA	1978-	AVHRR* AMSU-A AMSU-B HIRS/3 SEM/2	5 bandas 0.58-12.5 μm	1.1 km	
GOES	1975-	Imager* Sounder SEM	5 bandas 0.55-12.5 μm 19 bandas 0.7-14.71 μm	1-8 km	
METEOSAT, MSG*	1977-		3 bandas 0.45-12.5 μm 12 bandas 0.6-13.4 μm		

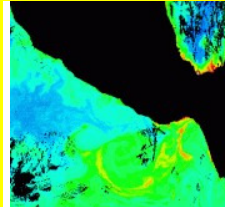
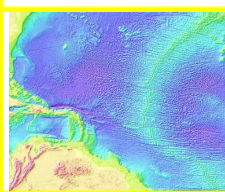
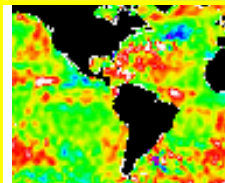


Satélites e sensores

satélite	operação	sensores	bandas	resolução	
ERS-1, ERS-2	1991-	ATSR* SAR Escaterômetro Altímetro MW sounder GOME	7 bandas 0.55-12 μm 5.3 GHz (Banda C) 5.3 GHz (Banda C) 13.8 GHz (Banda Ku)	1 km 30 m 45 m	
JERS-1	1992-1998	SAR* OPS	1.2 GHz (Banda L) 7 bandas vis-IR, 1 estereo	18 m 18 m	
RADARSAT	1995-	SAR*	5.3 GHz (Banda C)	9-100 m	
ENVISAT	2002-	ASAR* MERIS AATSR GOMOS DORIS MIPAS	5.3 GHz (Banda C) 15 bandas 0.41-0.90 μm 7 bandas 0.55-12 μm	300 m 1 km	



Satélites e sensores

satélite	operação	sensores	bandas	resolução	
EOS Terra	1999-	MODIS ASTER* CERES MISR MOPITT	36 bandas 0.40–14.38 μm 14 bandas 0.52-11.65 μm 3 bandas 0.3-50 μm	0.25 - 1 km 15 – 90 m	
EOS Aqua	2002-	MODIS* AMSR-E AMSU-A1,A2 CERES AIRS HSB	36 bandas 0.40–14.38 μm 6 (12) bandas 6.9-86 GHz 15 bandas 50-89 GHz 3 bandas 0.3-50 μm 2300 bandas 0.4-15.4 μm 5 bandas 150-183 MHz	0.25 - 1 km	
TOPEX-Poseidon	1992-	Altímetro* TMR SSALT	2 bandas 5.3-13.6 GHz 3 bandas 18-37 GHz 1 banda 13.65 GHz	0.025 m	
Jason-1	2001-	Altímetro* JMR	2 bandas 5.3-13.6 GHz 3 bandas 18-37 GHz	0.025 m	

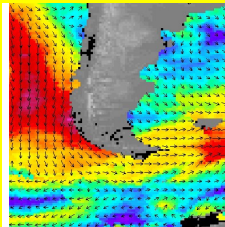
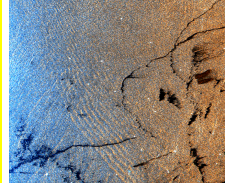


Satélites e sensores

satélite	operação	sensores	bandas	resolução	
GRACE (Twins)	2002-	MW radiometer GPS	Banda K		
SeaStar (OrbView)	1997-	Sea-WiFS*	8 bandas 0.41-0.86 μm	1.1 km	
SSM	1987-				
TRMM	1997-	TMI* PR VIRS CERES LIS	5 bandas 10.7-85.5 GHz 5 bandas 0.63-12 μm 3 bandas 0.3-50 μm	25 km 4 km 2 km	

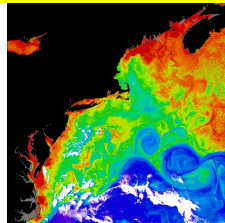


Satélites e sensores

satélite	operação	sensores	bandas	resolução	
QuikScat	1999-	Escaterômetro	13.4 GHz	25 km	
ADEOS (Midori)	1996-	AMSR GLI* NSCAT	13.4 GHz		
Space Shuttle	1994-1997	SIR-C/X-SAR* SRTM	Bandas L,C,X		
SeaSat	1978	SAR* Escaterômetro Altímetro Radiômetro Vis-IR	1.2 GHz (Banda L)		



Satélites e sensores

satélite	operação	sensores	bandas	resolução	quick-look*
Nimbus-7	1978-1986	CZCS SMMR	6 bandas 0.43-12.5 μm	825 m	
CORONA, ARGON, LANYARD	1959-1972	Câmera fotográfica pancromática			
KH-7, KH-9	1963-1980	Câmera fotográfica pancromática			
IRS	1995-	WiFS* LISS-3 PAN	3 bandas 0.62-1.75 μm 4 bandas 0.45-0.86 μm 1 banda 0.5-0.75 μm	188 m 23 m 5.3 m	



Bandas espectrais do Landsat

Multispectral Scanner (MSS)	Landsat 1-3	Landsat 4-5	comprimento de onda (μm)	resolução (metros)
	Banda 4	Banda 1	0.5-0.6	80
	Banda 5	Banda 2	0.6-0.7	80
	Banda 6	Banda 3	0.7-0.8	80
	Banda 7	Banda 4	0.8-1.1	80
	Banda 8 (Landsat 3)	não disponível	10.4-12.6	237

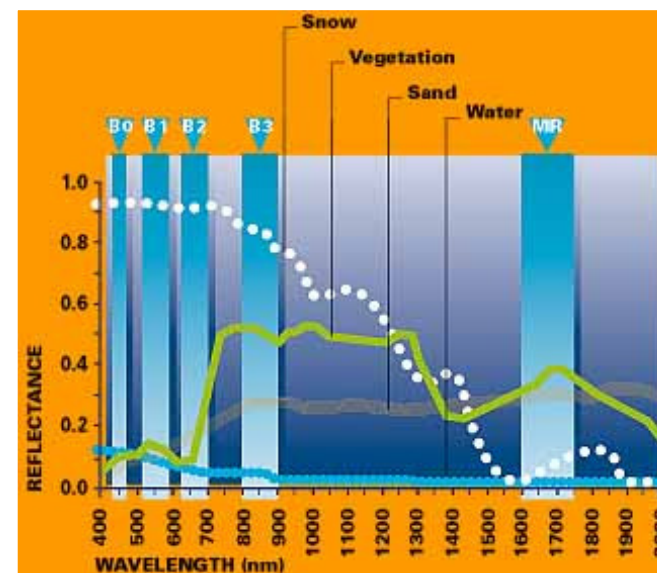
Thematic Mapper (TM)	Landsat 4-5	comprimento de onda (μm)	resolução (metros)
	Banda 1	0.45-0.52	30
	Banda 2	0.52-0.60	30
	Banda 3	0.63-0.69	30
	Banda 4	0.76-0.90	30
	Banda 5	1.55-1.75	30
	Banda 6	10.40-12.50	120
	Banda 7	2.08-2.35	30

Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	Landsat 7	comprimento de onda (μm)	resolução (metros)
	Banda 1	0.45-0.52	30
	Banda 2	0.53-0.61	30
	Banda 3	0.63-0.69	30
	Banda 4	0.78-0.90	30
	Banda 5	1.55-1.75	30
	Banda 6	10.40-12.50	60
	Banda 7	2.09-2.35	30
	Banda 8	0.52-0.90	15



Bandas espectrais do SPOT

BANDA	comprimento de onda (μm)	HRVIR	VEGETATION
		resolução (metros)	resolução (metros)
B0 (azul)	0.43-0.47	não disponível	1000
B1(verde)	0.50-0.59	20	não disponível
P (pancromática)	0.51-0.73	10	não disponível
B2 (vermelho)	0.61-0.68	20	1000
B3 (IV próximo)	0.79-0.89	20	1000
B4 (SWIR)	1.58-1.75	20	1000
cobertura global a cada		26 dias	1 dia





Bandas espectrais do AVHRR-NOAA

Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)	bandas	comprimento de onda (μm) NOAA-6,8,10	comprimento de onda (μm) NOAA-7,9,11, 12,14,16,17	resolução (km)	IFOV (mrad)	detector
	1	0.58-0.68	0.58-0.68	1.1	1.39	Silício
	2	0.725-1.00	0.725-1.00	1.1	1.41	Silício
	3	1.58-1.64	3.55-3.93	1.1	1.51	InGaAs/InSb
	4	10.5-11.5	10.3-11.3	1.1	1.41	HgCdTe
	5	não disponível	11.5-12.5	1.1	1.30	HgCdTe



Bandas espectrais do CBERS-1 e CBERS-2

Sensores/Características	WFI	CCD	IRMSS
Bandas espectrais	0,63 - 0,69 μm (vermelho) 0,77 - 0,89 μm (IV próximo)	0,51 - 0,73 μm (pan) 0,45 - 0,52 μm (azul) 0,52 - 0,59 μm (verde) 0,63 - 0,69 μm (vermelho) 0,77 - 0,89 μm (IV próximo)	0,50 - 1,10 μm (pan) 1,55 - 1,75 μm (IV médio) 2,08 - 2,35 μm (IV médio) 10,40 - 12,50 μm (IV termal)
Resolução espacial	260 x 260 m	20 x 20 m	80 x 80 m
Largura da imagem	890 km	113 km	120 km
Resolução temporal	5 dias	26 dias	26 dias

WFI = Wide Field Imager (Imageador de amplo campo de visada)

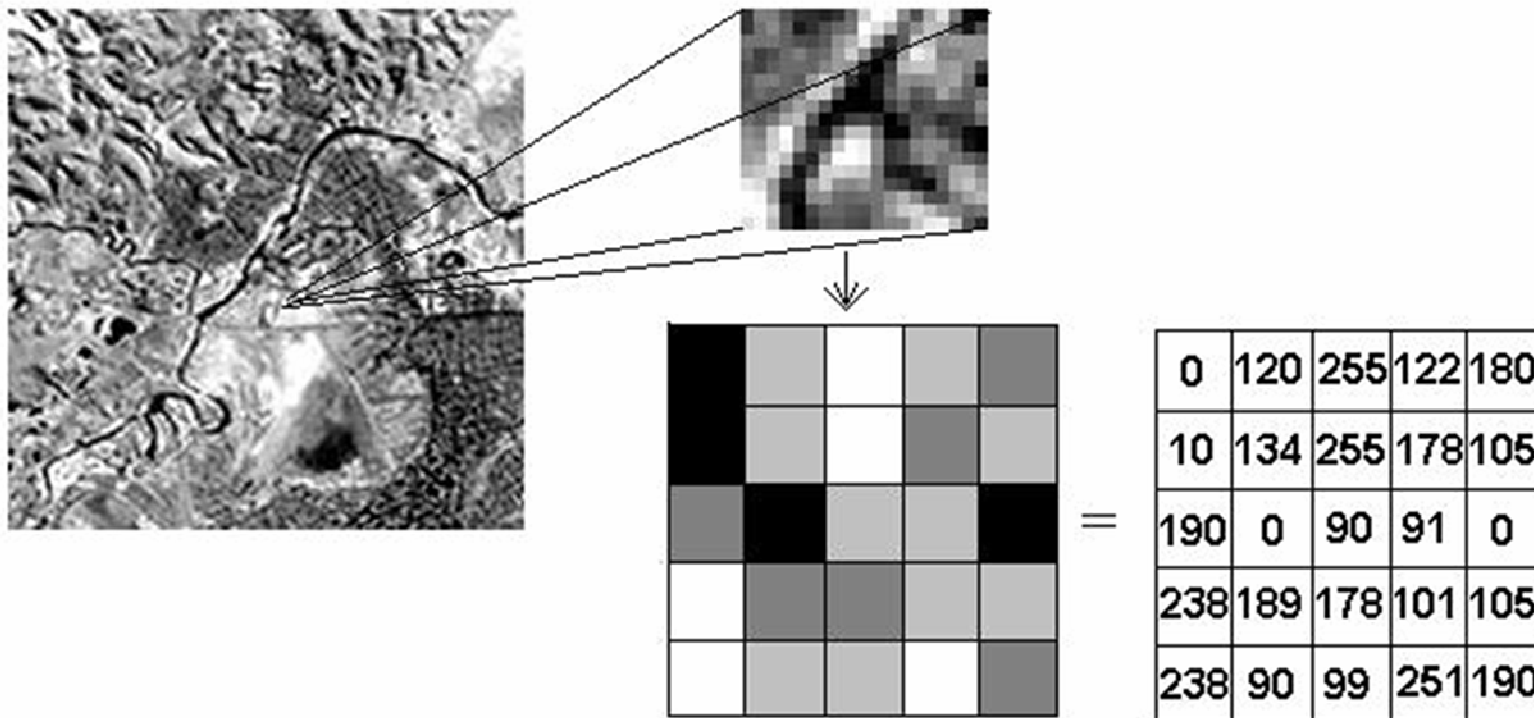
CCD = High Resolution CCD Câmera (Câmera imageadora de alta resolução)

IRMSS - Infrared Multispectral Scanner (Imageador por varredura de média resolução)

Fonte: <http://www.cbbers.inpe.br/>

CBERS-2B foi lançado em 2007, com novo sensor de alta resolução – HRC (High Resolution Camera) de 2,7 m. O IRMSS não está mais a bordo do CBERS.

A imagem de satélite



Composições de bandas

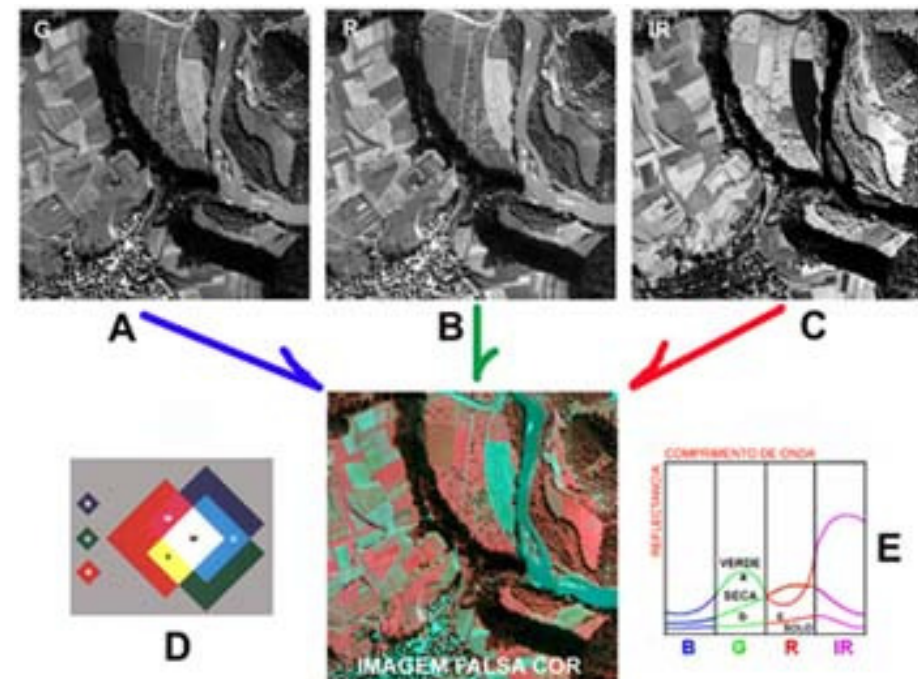
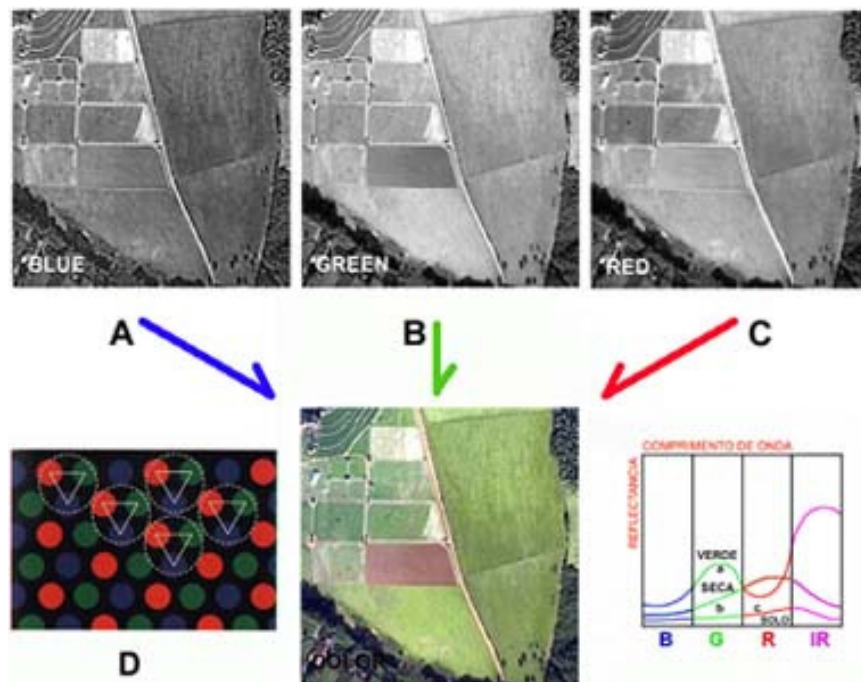
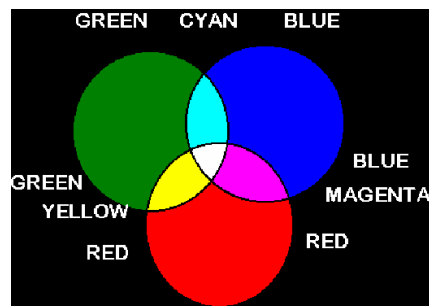
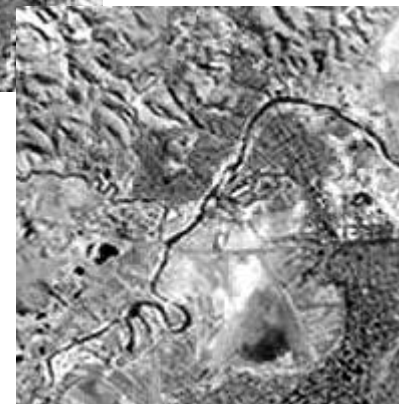




Imagem em composição colorida



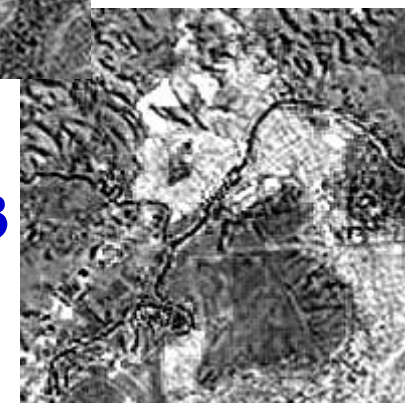
Banda TM5



Banda TM4



Banda TM3

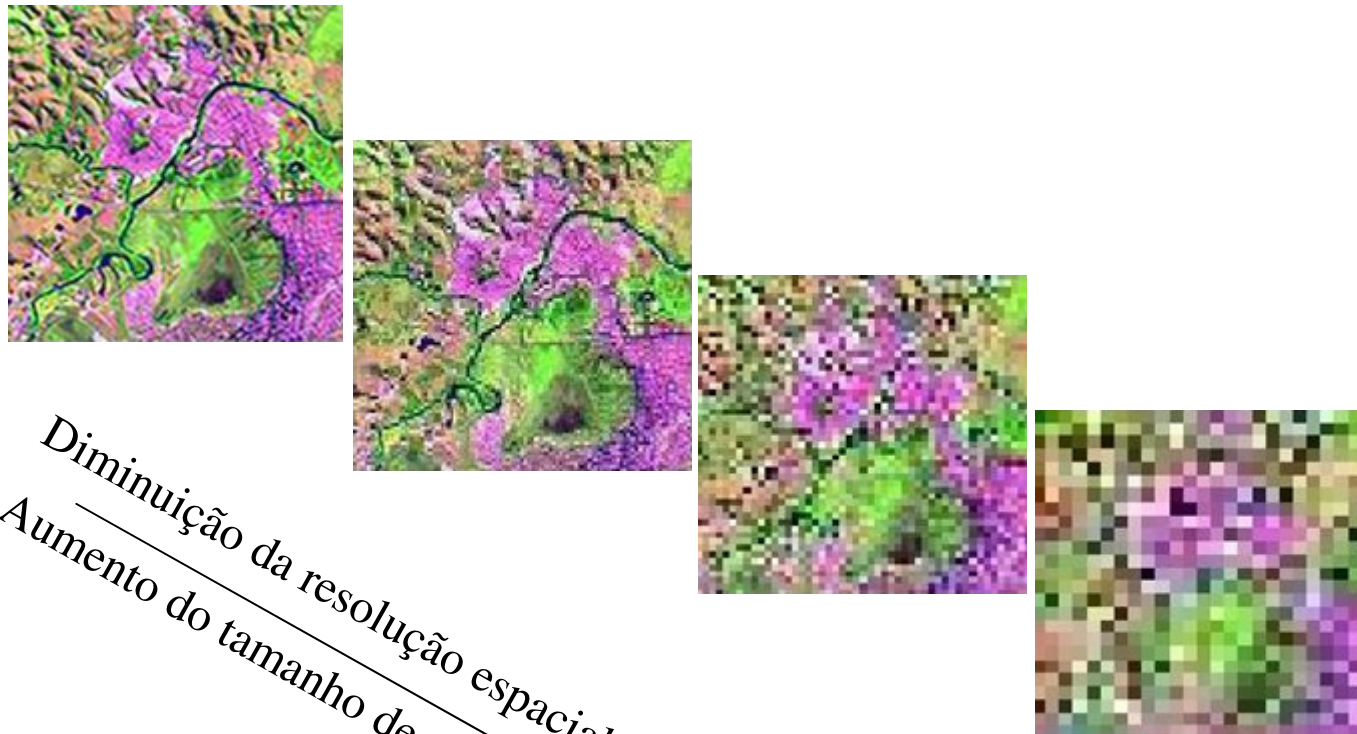




Resolução espacial

Tamanho da menor feição no terreno que pode ser detectada separadamente de seu entorno.

Célula de resolução = pixel = área no terreno vista pelo sensor



Diminuição da resolução espacial
Aumento do tamanho de pixel



Imagens ópticas e imagens de RADAR

