

Fundamentos

Autor: Gil Gonçalves
Disciplina: Detecção Remota Aplicada
Curso: Mestrado em Engenharia Geográfica
Ano Lectivo: 07/08

Conteúdo

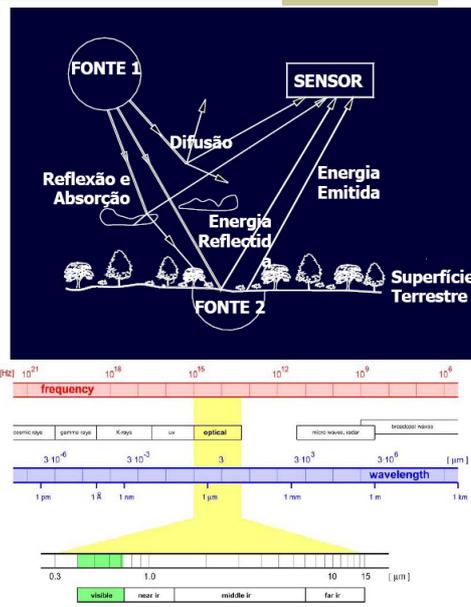
- ◆ Detecção Remota: i) Definição; ii) DR vs. Fotogrametria
- ◆ Elementos de Detecção Remota
- ◆ Emissão da Radiação ElectroMagnética e interação com a matéria
- ◆ Conceitos importantes sobre resolução de sensores ópticos
 - Resolução espacial
 - Resolução radiométrica
 - Resolução espectral
 - Resolução temporal
- ◆ Plataformas de aquisição
 - Revisão histórica
 - Plataformas terrestres, aerotransportadas e espaciais
- ◆ Sensores ópticos: alta resolução espacial (Quickbird e Ikonos) e média resolução (Landsat)
- ◆ Aplicações e exemplos práticos

Fotogrametria: definição

- ◆ Ciência e arte de determinar a posição e forma de objectos a partir de fotografia
- ◆ O processo de reconstruir objectos sem os tocar
- ◆ Método de posicionamento sem contacto
- ◆ Questão: qual é a diferença entre a detecção remota e a fotogrametria?
 - A fotogrametria trata da medição das propriedades geométricas dos objectos
 - A detecção remota focaliza-se na determinação do material e das condições das superfícies baseando-se nas suas propriedades da radiação electromagnética reflectida pelos objectos
- ◆ A fonte desta energia electromagnética pode ser o Sol ou uma outra fonte própria (ex. luz laser).

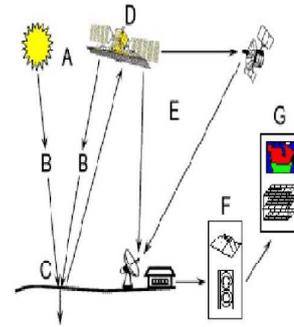
Detecção remota: definição

- ◆ Chamamos detecção remota ao processo de obter informação sobre um objecto utilizando um sensor o qual está separado fisicamente do objecto.
- ◆ A detecção remota assenta nos sensores os quais detectam a energia emitida ou reflectida pelos objectos.
- ◆ A visão humana é o exemplo mais vulgar de um sistema de detecção remota.



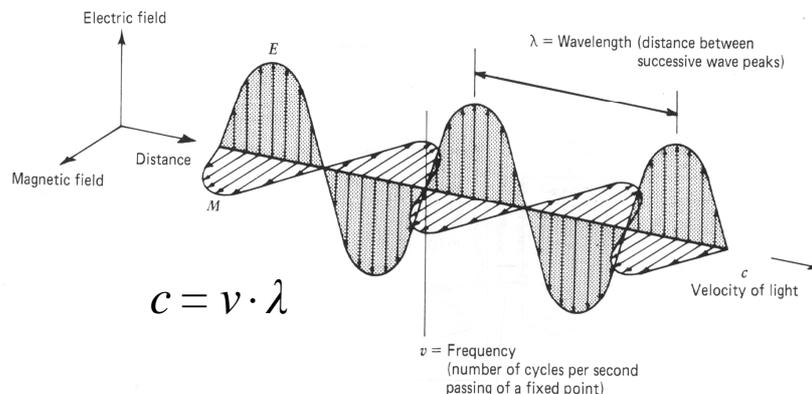
Elementos de detecção remota

- ♦ A – Fonte de energia
 - A fonte de energia que ilumina ou fornece a energia electromagnética ao alvo de interesse
- ♦ B – Radiação e a atmosfera
 - Como a energia viaja da fonte para o alvo entra em contacto e interage com a atmosfera. Esta interacção acontece novamente quando a energia viaja do alvo para o sensor
- ♦ C – Interação com o alvo
 - A energia atravessa a atmosfera e interage com o alvo. O resultado desta interacção depende das propriedades espectrais do alvo e da radiação
- ♦ D – Registo da energia pelo sensor
 - A energia emitida/difundida pelo alvo é registada pelo sensor
- ♦ E – Transmissão, recepção e processamento
 - A energia registada é transmitida, muitas vezes na forma electrónica para uma estação de recolha e processamento onde os dados são convertidos numa imagem (suporte papel ou digital)
- ♦ F – Interpretação e análise
 - A imagem processada é interpretada, visualmente ou digitalmente, a fim de extrair informação sobre o alvo que foi iluminado.
- ♦ G – Aplicação
 - A informação extraída é aplicada a fim de: i) obter um melhor conhecimento do objecto; ii) revelar uma nova informação ou iii) resolver um problema particular



Radiação electromagnética: fontes e princípios de radiação

- ♦ Formas de Energia Electromagnética (EE): luz visível, ondas de rádio; raios ultravioletas; raios X; luz laser;
- ♦ Toda esta energia irradia de acordo com a teoria ondulatória que descreve a EE viajando no espaço numa forma sinusoidal, à velocidade da luz ($c = 3 \times 10^8$ m/s)



Radiação electromagnética: teoria corpuscular

- É importante para explicar como a REM interage com a matéria. Nesta teoria a REM é composta por inúmeras partículas (unidades discretas) denominadas fótons (ou quanta)
- A energia de 1 quantum (Q a quantidade de energia em Joules (J), h a constante de Planck ($h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js) v a frequência

$$Q = h \cdot v$$

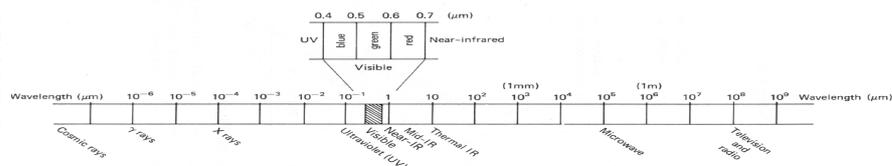
- Os dois modelos de radiação (ondulatório e corpuscular) podem ser relacionados

$$Q = h \cdot c / \lambda$$

- Esta equação diz-nos que a energia dum quantum (Q) é inversamente proporcional ao seu comprimento de onda.
 - Os sensores que funcionam com bandas de λ maiores (ex. Bandas termicas do Landsat, têm de receber a REM dum elemento de terreno de maiores dimensões para que a quantidade de energia que chega ao sensor seja detectável.
 - Os sensores de alta resolução espacial (i.e que detectam a REM de parte de elementos de terreno de pequenas dimensões) ficam limitados a comprimentos de onda mais curtos como as bandas do VIS e do PIR

Espectro electromagnético

- Em DR é comum caracterizar a REM pela localização do seu λ no espectro electromagnético (ee). A unidade de referência no ee é o micron ($1\mu\text{m} = 1 \times 10^{-6}\text{m}$)
- São associados nomes a determinadas zonas do ee para maior comodidade na referência de determinadas formas de REM
- Zona do visível corresponde à sensibilidade espectral do olho humano $\lambda \in [0.4\mu\text{m}, 0.7\mu\text{m}]$.
 - Cores primárias aditivas: azul (blue), verde (green), vermelho (red)
- Ultravioleta (UV): alguns materiais á superfície da terra, rochas e minerais primários, ficam fluorescentes ou emitem luz visível quando iluminados pela radiação UV
- Infravermelhos (IR): IR próximo (PIR) $\lambda \in [0.7\mu\text{m}, 1.3\mu\text{m}]$; IR médio $\lambda \in [1.3\mu\text{m}, 3.0\mu\text{m}]$; IR térmico $\lambda \in [3.0\mu\text{m}, 14\mu\text{m}]$
- Microondas $\lambda \in [1\text{mm}, 1\text{m}]$

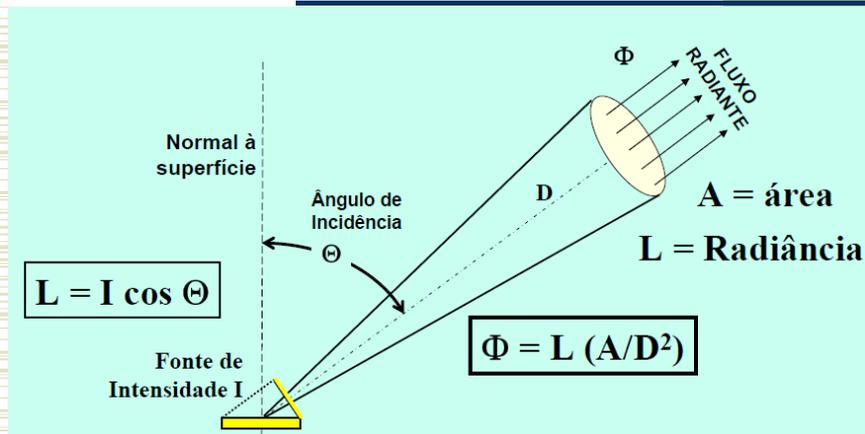


Terminologia - grandezas radiométricas

- Energia (E) é a capacidade de um sistema para realizar trabalho. É expressa em Joules (J)
- A energia radiante (ER) ou quantidade (Q) de energia transportada pela REM determina a capacidade da REM para produzir alterações nos objectos em que incide, alterando a sua temperatura ou estado físico.
- Algumas grandezas radiométricas:

Grandeza Radiométrica	Designação e fórmula	Descrição
Energia radiante (ER)	Q (Joule)	Energia transportada pela REM
Densidade de ER	$W = dQ/dV$ (Joule/m ³)	É a quantidade de ER por unidade de volume
Fluxo radiante (FR)	$\Phi = dQ/dt$ (Joule/s=watt)	É a ER transmitida por unidade de tempo, através duma superfície
Densidade de FR	$E, M = d\Phi/dA$ (watt/m ²)	É o FR que chega (irradiância – E) a uma unidade de área de uma superfície plana, ou que parte (exitância – M), por reflexão ou emissão da unidade de área da superfície plana
Intensidade Radiante	$I = d\Phi/d\Omega$ (watt/estrad)	É o FR por unidade de ângulo sólido que deixa uma fonte pontual de REM, numa dada direcção
Radiância	$L = dI/(dA \cos\theta)$ (watt estrad ⁻¹ m ⁻²)	É o FR por unidade de ângulo sólido que deixa uma fonte de radiação (não pontual), numa dada direcção, por unidade de área projectada da fonte nessa direcção.

Grandezas radiométricas: Radiância



- ♦ Os sensores ópticos instalados em plataformas espaciais medem a radiância dos objectos situados à superfície. Para cada elemento de área do terreno, o sensor regista um valor (inteiro codificado em 8,12,16 bits) proporcional à radiância desse elemento de área

Nível radiométrico

- ◆ Os sensores ópticos instalados nas plataformas aéreas e espaciais medem a radiância dos objectos superfície da Terra.
- ◆ Para cada elemento de área do terreno, a informação registada por cada banda espectral, é um número inteiro proporcional à radiância desse elemento de área.
- ◆ Em geral, os dados numéricos (imagem) que o utilizador recebe para processamento consiste num conjunto de matrizes inteiras, tantas quantas as bandas espectrais em que a imagem foi registada
- ◆ Cada elemento da matriz é designado por pixel e o seu valor numérico é designado por nível de intensidade ou nível radiométrico (NR) ou *Digital Number* (DN)

Emissão de REM

- ◆ Todos os corpos que se encontrem a uma temperatura superior ao zero absoluto emitem REM
- ◆ Esta REM é gerada por transformação de outras formas de energia (cinemática, térmica, eléctrica, magnética, nuclear, etc.)
- ◆ Em DR as principais fontes de energia são o Sol e a superfície terrestre
- ◆ O estudo das características da emissão de REM pelos corpos (objectos) é feito a um corpo padrão ideal chamado corpo negro (CN).
- ◆ Um CN é um irradiador ideal que absorve e emite toda a REM que sobre ele incide sem variar a sua temperatura.
- ◆ A energia emitida por um corpo é, em primeira aproximação, função da sua temperatura.
- ◆ O comprimento de onda dominante é o comprimento de onda em relação ao qual a curva de radiação de um corpo negro atinge um máximo.
- ◆ Os objectos à temperatura ambiente à superfície da Terra ($\approx 27^{\circ}\text{C}$ ou 300°K) apresentam um comprimento de onda $\lambda \approx 9.7\mu\text{m}$

Interacção da REM com a matéria

- A REM que incide sobre os objectos interage com a matéria:
 - Por absorção
 - Por reflexão
 - Por transmissão
- A intensidade da REM reflectida, absorvida ou transmitida depende do comprimento de onda, do ângulo de incidência, do tipo de matéria que constitui o corpo e das suas características físicas.
- Equação do balanço energético

Energia radiante incidente sobre um dado objecto

$$ER_{Inc}(\lambda) = ER_{Abso}(\lambda) + ER_{Trans}(\lambda) + ER_{Refl}(\lambda)$$

Interação da REM com a matéria - definições

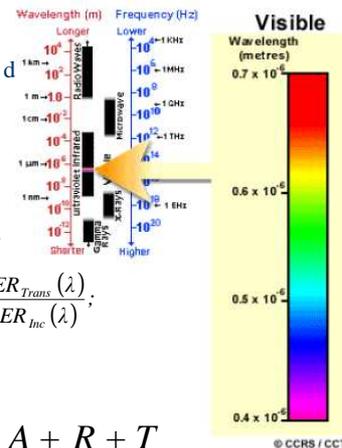
◆ Definições

- Irradiância é definida como a densidade de fluxo radiativo
- Albedo espectral é definido para um determinado comprimento de onda espectral pela razão
- Absortância, Refletância, Transmitância

$$A(\lambda) = \frac{ER_{Abso}(\lambda)}{ER_{Inc}(\lambda)}; \quad R(\lambda) = \frac{ER_{Refl}(\lambda)}{ER_{Inc}(\lambda)}; \quad T(\lambda) = \frac{ER_{Trans}(\lambda)}{ER_{Inc}(\lambda)}$$

- ◆ Relação entre absortância, refletância e transmitância (I=unidade de energia; A=absortância, T= Transmitância, R=refletância)

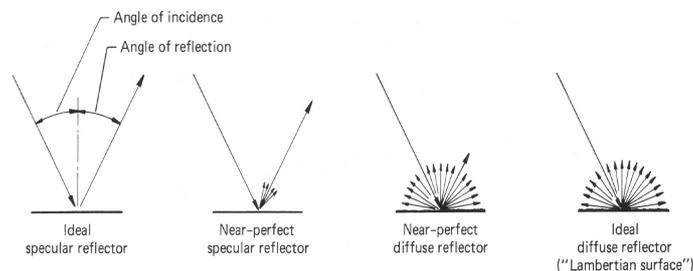
$$I = A + R + T$$



◆ Para um mesmo ângulo de incidência diferentes materiais apresentam diferentes valores de refletância, sendo que esta varia em função da composição dos corpos e da sua textura.

Interacção da REM com a matéria: reflectância

- ◆ Como a maioria dos sistemas passivos de DR registam a REM reflectida pela superfície terrestre o parâmetro **reflectância** é fundamental na análise entre a REM e a superfície terrestre.
- ◆ A REM reflectida que entra no campo de vista do sensor é convertida num valor numérico
- ◆ A resposta espectral dum objecto à superfície da Terra depende das suas características físicas e do ângulo de vista do sensor, da orientação do Sol (azimute) e da sua altura acima do horizonte (elevação) que condicionam o ângulo de incidência da REM na superfície terrestre
- ◆ Para o mesmo ângulo de incidência, diferentes materiais apresentam diferentes valores de reflectância.
- ◆ A reflectância varia em função da composição dos corpos e da sua textura

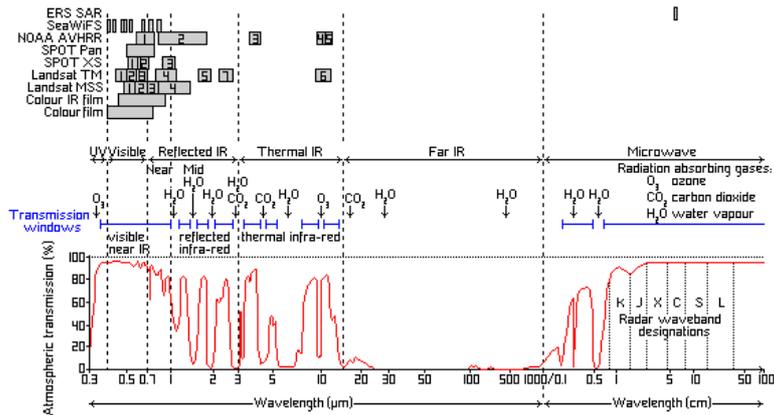


Interacção da REM com a atmosfera

- ◆ A atmosfera terrestre pode ter um enorme efeito sobre a intensidade e composição espectral da REM que chega ao sensor
- ◆ Estes efeitos dependem do trajecto percorrido por ela, da intensidade do sinal que está a ser detectado das condições atmosféricas e do comprimento de onda envolvido.
- ◆ A interacção da REM com a atmosfera dá-se por absorção e dispersão.
 - ◆ A absorção faz com que parte da energia reflectida ou emitida pelos objectos não atinja os sensores

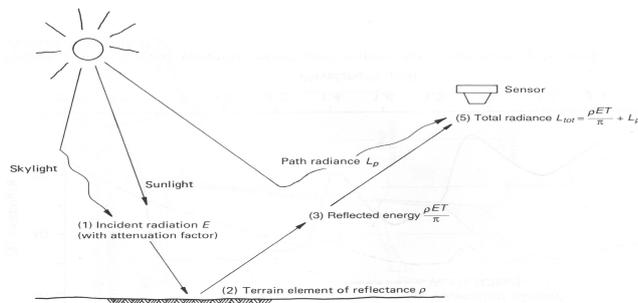
Janelas atmosféricas e comprimentos de onda utilizados pelo sensor

- ♦ <http://www.unesco.org/csi/pub/source/rs8.htm>



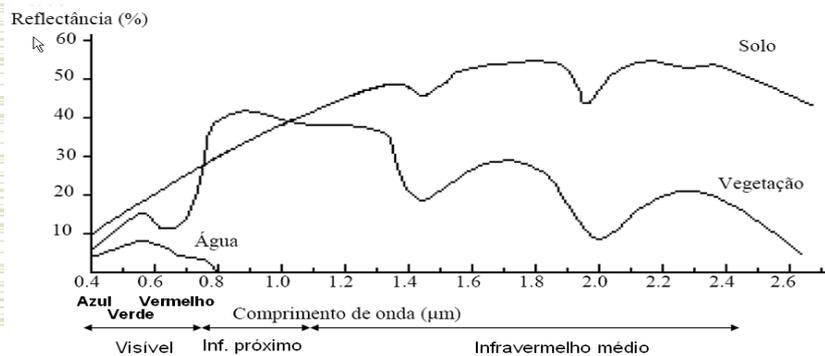
Efeitos atmosféricos nas imagens de DR

- ♦ A avaliação das características da superfície terrestre tem como base a medição da radiância ascendente que emerge da atmosfera na direção do sensor.
- ♦ Para a aplicação das correções atmosféricas a imagens de satélite realiza-se a modelação do processo de propagação da REM na atmosfera, ou seja, o seu percurso descendente, a sua interação com a superfície e o seu percurso ascendente até ao sensor a bordo do satélite.



Interacção da REM com a superfície

- ♦ O gráfico da reflectância espectral de um objecto em função do seu comprimento de onda é designado por curva de reflectância espectral.
- ♦ As curvas de reflectância espectral da vegetação, solo e água são distintas. O grau de separação da reflectância espectral está relacionado com a zona do espectro electromagnético em que os sensores operam.
- ♦ As curvas de reflectância espectral permitem estimar sobre o tipo e/ou condição dos objectos, fenómenos ou áreas em estudo, pelo que se designam vulgarmente por assinaturas espectrais



Interacção da REM com a superfície

- ♦ Embora muitos elementos à superfície da Terra manifestem diferentes características espectrais de reflectância, tais características passam a designar-se de Padrões de Resposta Espectral, em vez de Assinaturas Espectrais.
- ♦ De facto, o termo assinatura implica um padrão que é único e absoluto em termos da resposta espectral dos elementos à superfície da Terra, o que não é verdade, pois os padrões de resposta espectral medidos por sistemas de Detecção Remota são quantitativos e não únicos.
- ♦ Na realidade, os Padrões de Resposta Espectral não são necessariamente únicos mas geralmente distintos.

Interacção da REM com a vegetação

- ◆ As características espectrais do coberto vegetal variam consideravelmente no tempo e no espaço.
- ◆ Apesar de cada espécie apresentar características espectrais específicas, estas podem variar em função da zona geográfica em que se encontram e das estações do ano.
- ◆ A reflectância espectral da vegetação apresenta uma grande variação em função do comprimento de onda.
 - No VIS, a pigmentação domina a resposta espectral, sendo o teor em clorofila o factor mais condicionante.
 - A clorofila absorve fortemente a REM nos comprimentos de onda de 0.45 a 0.65
 - No PIR a reflectância aumenta porque a vegetação absorve muito pouca radiação nessa banda.
 - No IR médio a vegetação verde absorve fortemente a radiação nos comprimentos de onda 1.4, 1.9 e 2.7 devido à presença do alto teor em água
- ◆ Exemplo: as árvores decíduas diferenciam-se das coníferas pelos valores superiores de reflectância na banda do PIR (no visível os valores são semelhantes)

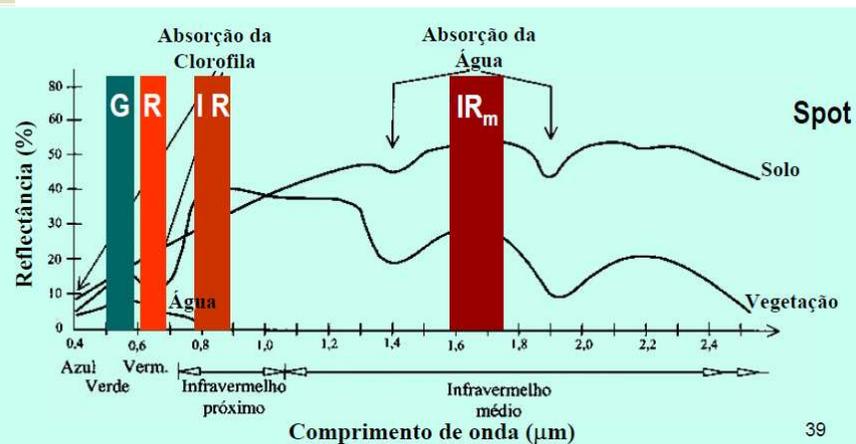
Interacção da REM com o solo

- ◆ As curvas de reflectância espectral dos solos reflectem essencialmente o teor em água, a sua textura, a rugosidade da superfície, as características físicas e químicas dos seus constituintes e o teor em matéria orgânica.
- ◆ O aumento do teor em água produz uma diminuição dos valores de reflectância dos solos diminuindo a amplitude da curva de reflectância espectral e acentuando ligeiramente o efeito das bandas de absorção.
- ◆ O teor em matéria orgânica, assim como o seu grau de decomposição, que permite avaliar a aptidão dum solo para a agricultura é outro factor que influencia a sua reflectância.
- ◆ A informação disponibilizada pela banda do infravermelho térmico é de grande utilidade quando se pretende avaliar a qualidade dos solos
- ◆ Um solo que apresenta valores de reflectância baixos no visível e mantém valores baixos no infravermelho térmico, é um solo que apresenta valores baixos no visível e valores altos no infravermelho térmico é um solo relativamente seco, que contém um alto teor em matéria orgânica.

Interacção da REM com a água

- ◆ A água apresenta uma curva de reflectância espectral muito característica, devido ao facto de absorver totalmente a REM para comprimentos de onda acima do visível e logo não reflectir praticamente nenhuma radiação nos comprimentos de onda do infravermelho.
- ◆ Se o objectivo for a análise da qualidade da água, as bandas do visível

Comprimentos de onda das bandas espectrais do Spot



Exercícios práticos

- ◆ Adquira, via internet, uma imagem do satélite Landsat 7 para uma área situada em Portugal.
 - A) Indique o procedimento utilizado para adquirir a imagem
 - B) Caracterize a informação recebida.
- ◆ Caso tenha dificuldades nesta operação utilize o extracto disponibilizado para o efeito

Formato da informação recebida:

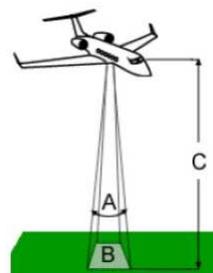
LLfpprrr_rrYYYYMMDD_AAA.TIF where:
LL = Landsat sensor (LE for ETM+ data; LT for TM data)
f = ETM+ data format (1, 2, or G) (character omitted from TM file name)
ppp = starting path of the product
rr_rrr = starting and ending rows of the product
YYYYMMDD = acquisition date of the image
AAA = file type:
B10 = band 1
B20 = band 2
B30 = band 3
B40 = band 4
B50 = band 5
B61 = band 6L (low gain)
B62 = band 6H (high gain)
B70 = band 7
B80 = band 8
MTL = Level-1 metadata
GCP = ground control points
TIF = GeoTIFF file extension

Resoluções

- ◆ Definição: Capacidade que um sistema óptico tem de distinguir dois objectos que estão espacialmente próximos ou que são similares em termos espectrais.
- ◆ As características dos sistemas de detecção remota podem ser descritas pelos seguintes tipos de resoluções:
 - Resolução espacial
 - Resolução radiométrica
 - Resolução espectral
 - Resolução temporal
- ◆ Estas resoluções condicionam a nossa capacidade para interpretar dados de detecção remota

Resolução espacial

- ♦ A resolução espacial define a quantidade de detalhe discernível numa imagem
 - O tamanho da entidade mais pequena que pode ser detectada
- ♦ Em geral a resolução espacial depende do IFOV (instantaneous field of view), A, de um sensor
- ♦ O IFOV é o cone angular da visibilidade do sensor
 - A projecção do IFOV na superfície terrestre é conhecida por resolução da célula (B) ou GSD
 - $GSD = (H/f) * \text{pixelsize}$
- ♦ A resolução espacial é controlada principalmente pela distância entre o sensor e o alvo (C)
- ♦ Para uma entidade homogénea ser detectada o seu tamanho deverá em geral ser maior do que a resolução da célula
 - Se a entidade for mais pequena, esta pode não ser detectada se apenas for detectado o brilho médio de todas as entidades presentes nesta célula
 - No entanto, podem ser detectadas entidades mais pequenas se a sua refletância domina dentro de uma dada célula de resolução permitindo a detecção de sub-pixeis ou célula de sub-resolução



Exemplo: Um sensor espacial tem pixeis quadrados do tamanho 0.015mm e uma distancia focal de 1000mm. Qual é o IFOV? Qual é o GSD no nadir assumindo uma altitude orbital de 650km?

Resolução espacial - exemplos



LANDSAT (30m)



LANDSAT (15m)



SPOT (10m)



KOMPSAT-1 (6m)



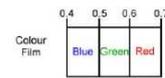
IKONOS (1m)

Resolução espectral

- ♦ A resolução espectral descreve a capacidade do sensor para definir pequenos intervalos de comprimento de onda
- ♦ Quanto mais fina for a resolução espectral, mais estreita será a amplitude de comprimento de onda de um canal ou banda particular
 - Os filmes a preto e branco registam comprimentos de onda que ultrapassam em muito a parte visível do espectro electromagnético
 - Os filmes a cores são sensíveis, individualmente, à energia reflectida nos comprimentos de onda do azul, verde e vermelho
 - Os filmes a cores têm uma maior resolução espectral quando comparados com os filmes a preto e branco.
- ♦ Os sensores multi-espectrais registam a energia em vários intervalos separados de comprimentos de onda



Spectral sensitivity of black and white films



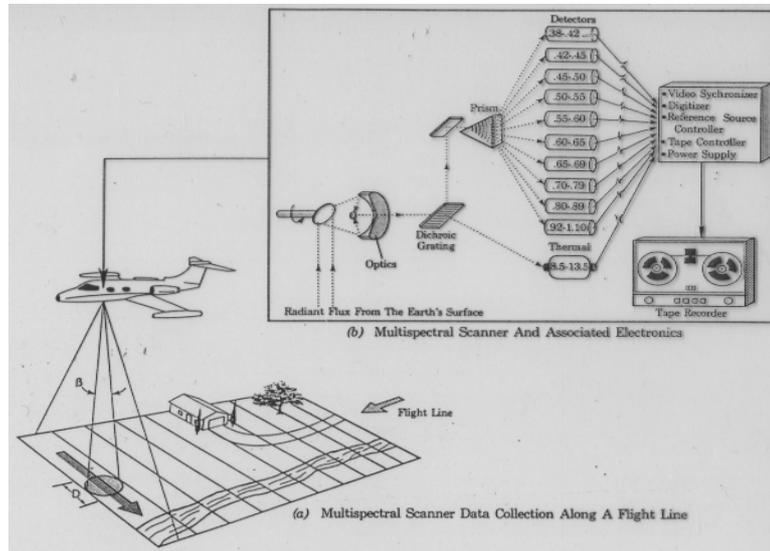
Spectral sensitivity of color film

- ♦ Os sensores multi-espectrais avançados chamados hiper-espectrais, detectam centenas de bandas espectrais muito estreitas sobre as partes visíveis, próximo infravermelho (near-infrared) meio-infravermelho (mid-infrared) do espectro electromagnético
- ♦ Tais sensores possibilitam discriminações finas entre diferentes alvos baseando-se nas suas respostas espectrais em cada uma dessas bandas estreitas

Resolução espectral - exemplo



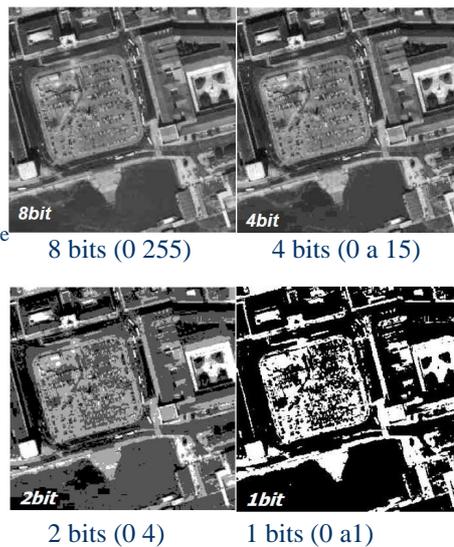
Scanner multi-espectral



Caracterização da imagem - resolução radiométrica

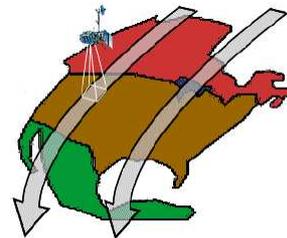
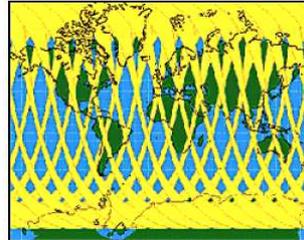
- ♦ A resolução radiométrica de um sistema de aquisição de imagem descreve a capacidade para discriminar pequeníssimas diferenças na imagem registada
- ♦ Quanto mais fina for a resolução radiométrica do sensor maior será a sua sensibilidade para detectar pequenas diferenças na energia reflectida ou emitida.
- ♦ Para imagens digitais a resolução radiométrica é definida pelo número de bits utilizado para codificar os valores de cinzento
 - Comparando uma imagem de 2-bit com uma imagem de 8-bit, podemos ver que existe uma grande diferença no nível de detalhes discernível

Exemplo de 2ⁿ níveis radiométricos (n bits)



Resolução temporal

- ◆ Período de tempo que um sensor necessita para voltar de novo a obter imagens sobre a mesma área.
- ◆ Há uma série de fenômenos que, para serem analisados e avaliados, necessitam de imagens obtidas nos seus períodos críticos, como é o caso do acompanhamento do crescimento de certos tipos de plantas, ou da evolução de cheias e marés negras.
- ◆ O período orbital do satélite LANDSAT 7 são 98.9 minutos. Em 24 horas percorre 14.5 órbitas, e sobre o Equador o traço desloca-se 2875km para Oeste, ou seja, precisa de 233 órbitas, 16 dias, para passar de novo sobre um dado lugar.



Sensores e suas resoluções

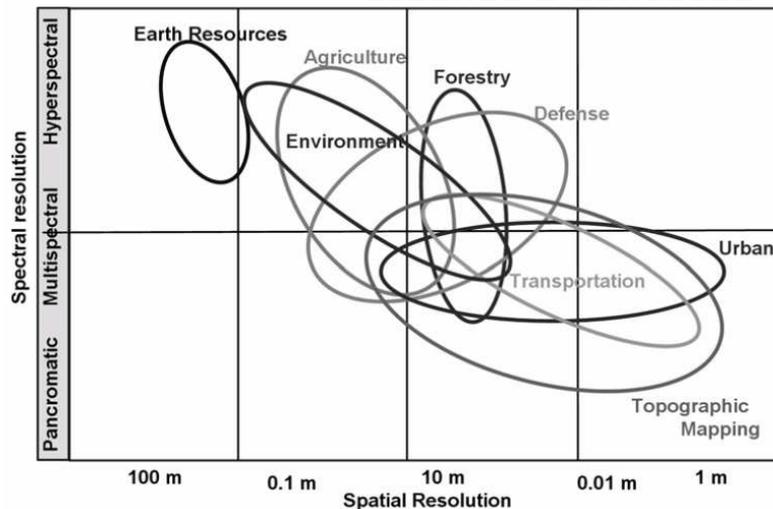
sensor	espacial	espectral	radiométrica	temporal
AVHRR	1.1 and 4 KM	4 or 5 bands	10 bit	12 hours
	2400 Km	.58-.68, .725-1.1, 3.55-3.93, 10.3-11.3, 11.5-12.5 (um)	(0-1023)	(1 day, 1 night)
Landsat TM	30 m	7 bands	8 bit	16 days
	185 Km	45-.52, .52-.6, .63-.69, .76-.9, 1.55-1.75, 10.4-12.5, 2.08-2.3 um	(0-255)	
SPOT	10m P / 20m X	P -1 band X- 3 bands	8 bit	26 days
	60 Km	P - .51-.73 um X - .5-.59, .61-.68, .79-.89 um		(2 out of 5)
IRS1	5.8 m	1 band	6 bit	22 days
	70 km	5-.75	0-63	
Ikonos	1m P/ 4m X	P -1 band ; X-4 bands	10 bit	1-2 days
	11 km	P=.45-.9; X=.44-.51, .52-.60, .63-.70, .76-.85 um	(0-1023)	(1.5 out of 3)
Quickbird	.6-1m P/ 2.5-4m	P -1 band ; X-4 bands	11 bit	1-2 days
	16-21 km	P=.45-.9; X=.45-.52, .52-.60, .63-.69, .76-.90 um		
GeoVantage Digital Camera	.1-1.1m	4 bands	8 bit	airborne
	1.5-15km	41-.49m .51-.59, .61-.69, .80-.90 um		

1- Tamanho da imagem; um = 10^{-6} m; P= pancromático; X = multiespectral

Bandas espectrais do sensor Landsat 7 (ETM+)

Channel	Spectral Range (microns)	Band	Spatial Resolution (metres)	Applications
1	0.45-0.52	Blue	30	Coastal water mapping, differentiation of vegetation and soils.
2	0.52-0.60	Green	30	Assessment of vegetation vigor.
3	0.63-0.69	Red	30	Chlorophyll absorption for vegetation differentiation.
4	0.76-0.90	Near Infrared	30	Biomass surveys and delineation of water bodies
5	1.55-1.75	Middle Infrared	30	Vegetation and soil moisture measurements. Differentiation of ice and clouds.
6	10.40-12.50	Thermal Infrared	60	Thermal mapping, soil moisture studies, plant heat stress measurement.
7	2.08-2.35	Middle Infrared	30	Hydrothermal mapping.
8	0.52-0.90	Green, Red, Near Infrared	15	Panchromatic band. Large area mapping, urban change studies.

Combinação das resoluções espectrais e espaciais segundo a aplicação

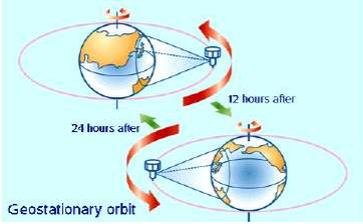


Fonte: LH-Systems, 2004. <http://www.leica-geosystems.com>

Plataformas espaciais

- ◆ Principais agentes de Detecção Remota:
 - Sensor: Medição (eventualmente de sinais emitidos) e registo das radiações (sinal)
 - Plataforma: dispositivos de orientação das radiações, de controlo programado e de alimentação do sistema de aquisição
 - Vector: sistema de transporte da plataforma
- ◆ Em geral, os sensores que registam imagens de Detecção Remota são transportados por satélites artificiais da Terra que se deslocam a diferentes velocidades e cujas órbitas se desenvolvem a altitudes diferentes.
- ◆ As principais características que permitem distinguir as órbitas das plataformas de DR, e que condicionam a informação adquirida pelos sensores que estas transportam são a geometria da órbita e a velocidade e atitude da plataforma na órbita.
- ◆ Classificação dos satélites em função da órbita
 - Satélites com órbitas quase polares e heliosíncronas
 - Satélites com órbitas equatoriais e geossíncronas
 - Satélites com órbitas gerais

Elementos de órbitas de satélites

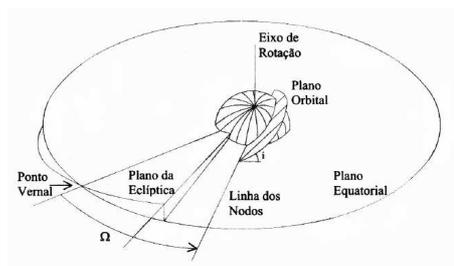
- ◆ Satélites **geoestacionários** possibilitam um tempo de amostragem quase contínuo sobre certas regiões da Terra
 - ◆ Estes satélites são geosíncronos, o que significa que as suas órbitas estão sincronizadas com a rotação da Terra (levam 24h a completar uma órbita)
 - ◆ Quando estes satélites orbitam sobre o equador, com zero inclinação, estão também geoestacionários (fixos) relativamente a um ponto sobre o equador (observam a Terra sem qualquer movimento relativo significativo)
- 
- Geostationary orbit
- ◆ Existe apenas uma órbita para a qual o satélite pode ser geoestacionário: para termos um período orbital de 24h, é necessário uma altitude orbital de 35780km a que corresponde uma velocidade de 3.07km/s
 - ◆ Um ponto equatorial viajará a uma velocidade de 0.465 km/s

Órbitas de satélites - classificação

- ◆ Órbitas geoestacionárias (inclinação zero)
 - Órbitas geo-sincronas
- ◆ Órbitas de pequena inclinação
- ◆ Órbitas quase polares
 - Órbitas solar-sincronas

Geometria orbital

- ◆ Leis de Kepler
 - 1ª Lei: a órbita dum satélite em torno da Terra é uma elipse em que o centro de massa está num dos focos
 - 2ª Lei: a linha que liga o satélite à Terra varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais
 - 3ª Lei: o quadrado do período da orbita do satélite é proporcional ao cubo do seu semi-eixo maior.
- ◆ Lei de Newton
 - A atracção gravitacional entre dois objectos é directamente proporcional ao produto das suas massas e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias dos seus centros

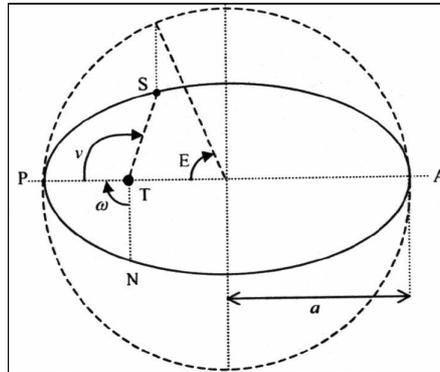


Orbita	Par	Definição
Posição	i	Inclinação do plano orbital
Posição	Ω	Ascensão recta do nodo asc.
Orientação	ω	Argumento do perigeu
Forma	a	Semi-eixo maior
Forma	e	Excentricidade(orb e): $0 < e < 1$

Movimento da plataforma

- ◆ Para podermos posicionar em cada instante o satélite na orbita temos os seguintes parâmetros (além dos parâmetros orbitais):

- Anomalia verdadeira (v):
- Anomalia excêntrica (E)
- Anomalia média (M):



$$M = E - e \sin E$$
$$\tan \frac{E}{2} = \frac{1-e}{1+e} \tan \frac{v}{2}$$

Plataformas espaciais

- ◆ Vantagens

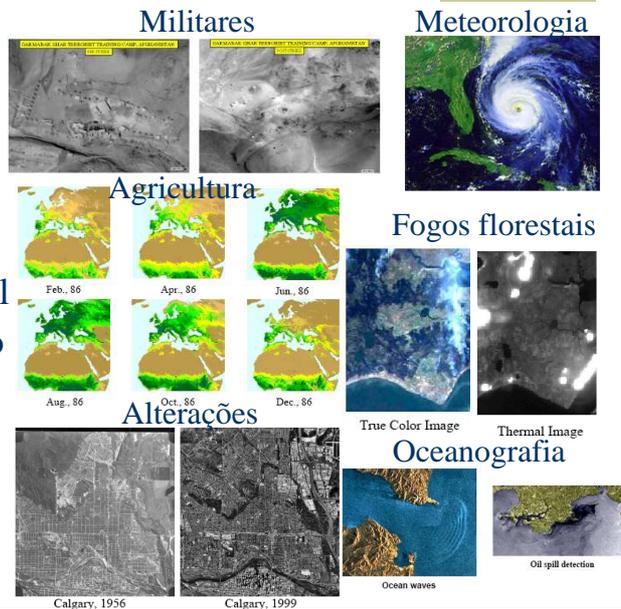
- Capacidade de observação sobre uma larga zona da Terra
- Baixa relação preço/qualidade
- Órbitas não influenciáveis pela atmosfera
- Cobertura terrestre global
- Resolução utilizáveis para cartografia até 1:10K (1:5k ?)
- Adaptáveis a fins militares

- ◆ Desvantagens

- Grande distância ao objecto
- Sobre todos os efeitos da atmosfera
- Resolução limitada
- Órbitas fixas a nível temporal e espacial
- Tecnologia a bordo inalterável
- Quase impossibilidade em resolver problemas técnicos a bordo.

Aplicações da detecção remota

- ◆ Meteorologia
- ◆ Agricultura
- ◆ Floresta
- ◆ Oceanografia
- ◆ Cartografia
- ◆ Protecção civil
- ◆ Monitorização ambiental
- ◆ Recursos naturais



Observações finais

- ◆ Na detecção remota é necessário
 - Compreender as características da energia que é registada pelo sensor e como esta interagiu com a atmosfera (cap. II) e a matéria
 - Perceber as características dos sistemas de detecção remota
 - Perceber o mecanismo do processamento dos dados adquiridos
 - Processamento radiométrico
 - Processamento geométrico
 - Interpretar e analisar manualmente e/ou digitalmente os dados obtidos pelos diferentes sensores.