

Detecção Remota

Miguel Baio, João Matos

Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura

(Versão 2.0) – 11 de Abril de 2007

Motivação

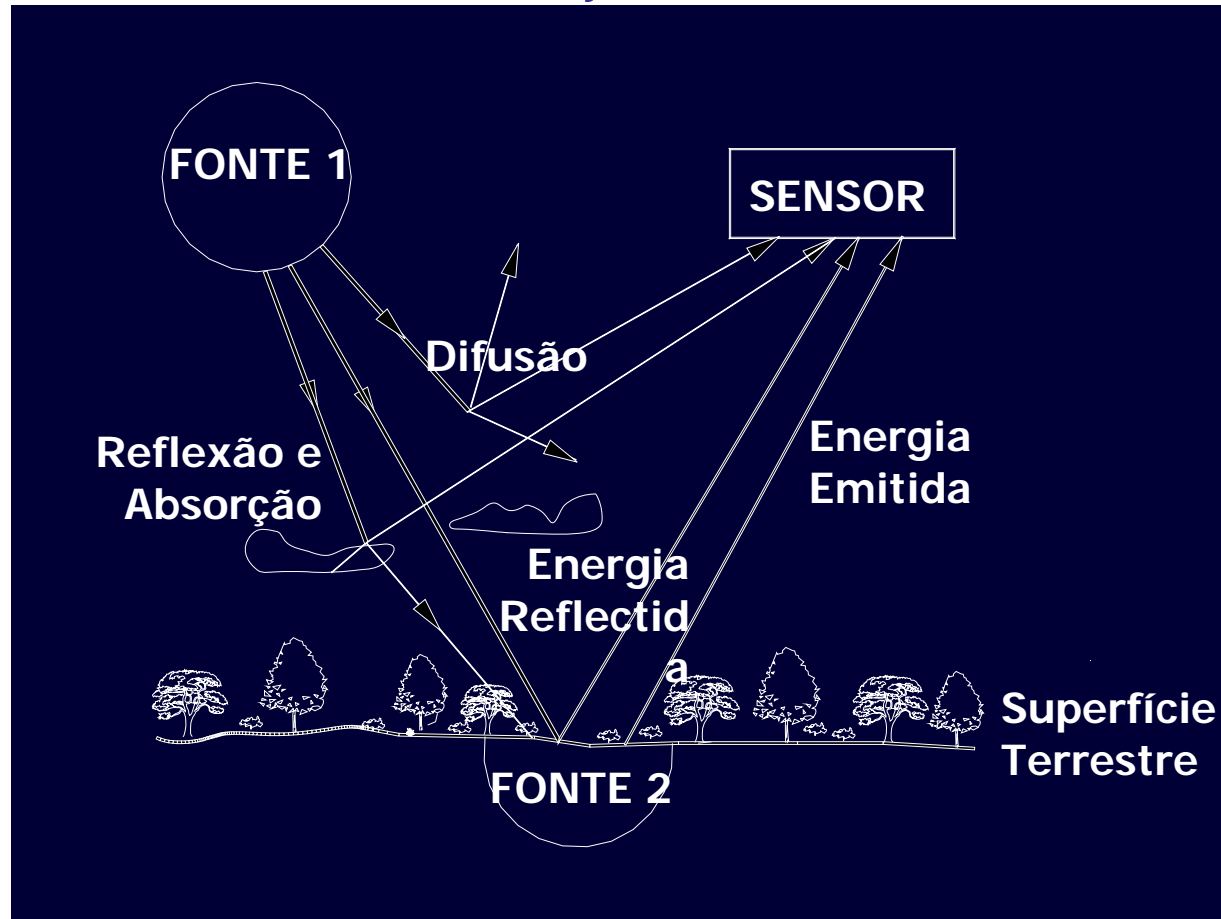
Detecção remota como forma de aquisição sistemática de informação geográfica, com vantagens ao nível de:

- Cobertura de grandes áreas com baixo custo;*
- Possibilidade de identificação (classificação) do coberto do solo*
- Detecção de alterações do coberto do solo.*

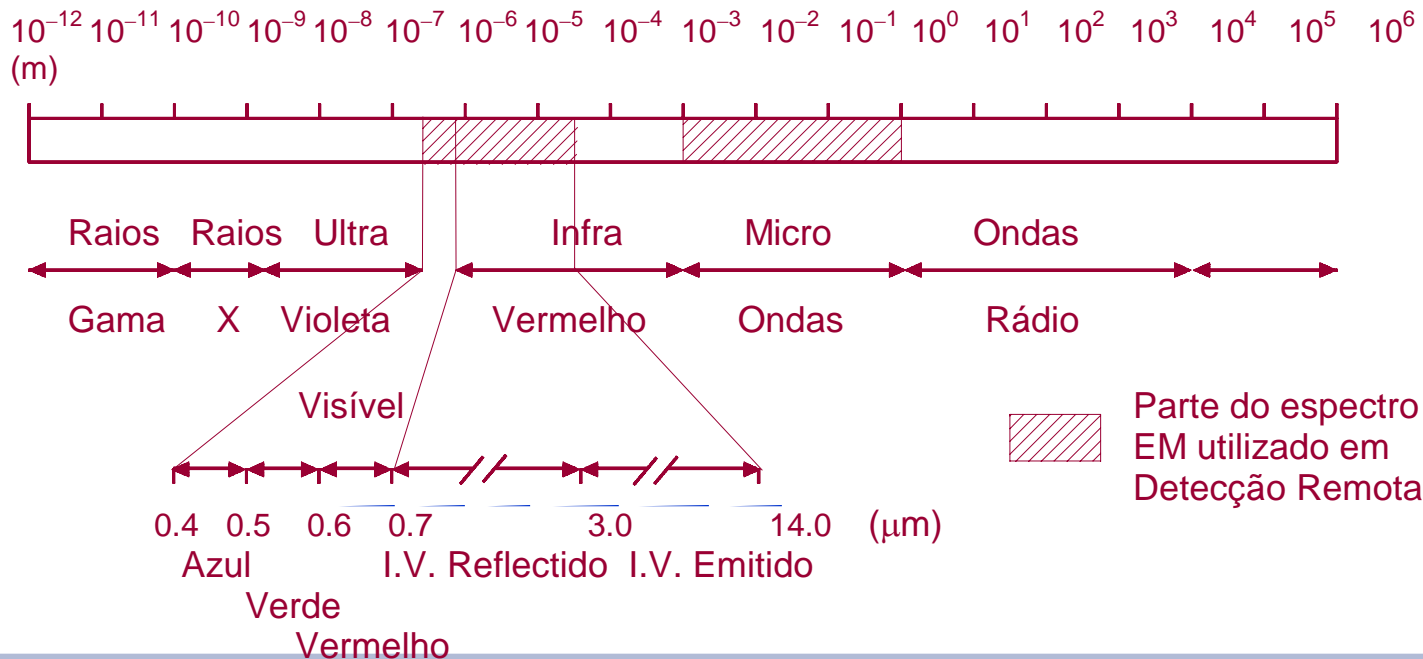
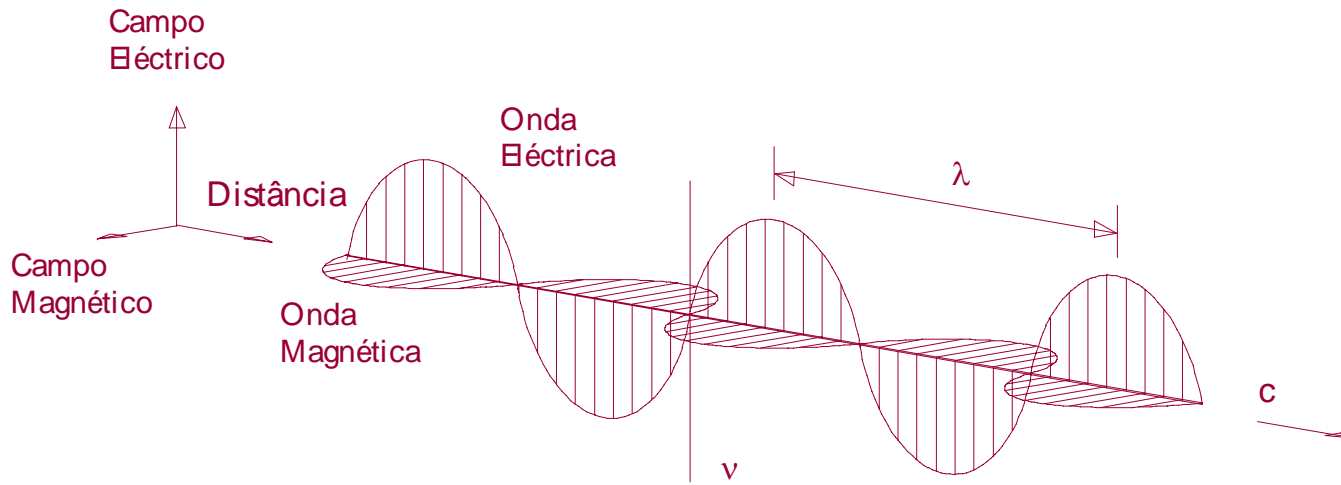
Identificação dos aspectos mais relevantes das imagens para permitir a escolha da imagem mais adequada para uma dada finalidade.

Detecção Remota

Processo que permite extrair informação de um objecto, área ou fenómeno, através da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não esteja em contacto directo com o objecto, área ou fenómeno em estudo.



Espectro Electromagnético



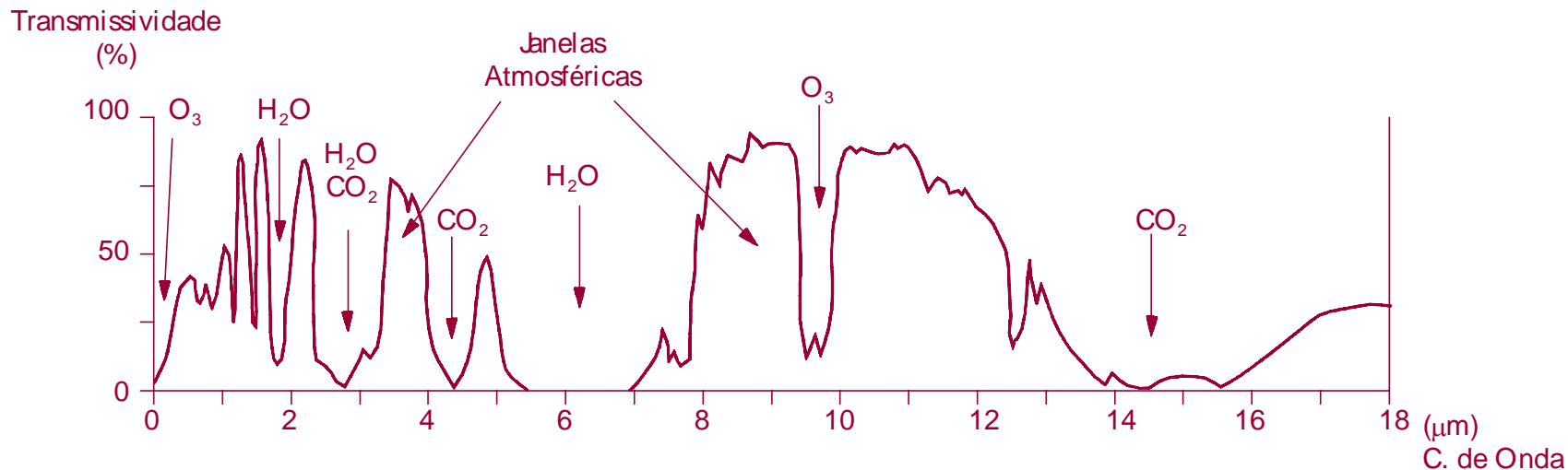
Interacções com a Atmosfera

Absorção

Processo em que a energia EM é convertida noutra forma de energia, e ocorre nos diferentes tipos de meios: gases, líquidos e sólidos.

Janelas Atmosféricas

Zonas do espectro da energia EM para as quais a radiação a atravessa sem sofrer alterações significativas.



Satélites Artificiais e Órbitas Especiais

Um satélite diz-se geostacionário quando permanece na vertical de um ponto fixo da Terra. Para isso o período da órbita tem de ser igual ao período de rotação da Terra em torno do seu eixo. ($i=0$, $e=0$, $a=42000\text{km}$)

Numa órbita geo-síncrona i será diferente de zero, e $T_N=TT$. O traço do satélite descreve um oito cruzando o Equador num ponto fixo, atingindo as latitudes de $\pm i$. ($a=42000\text{km}$, ou então com $T_N=1/2TT$, $e=0.074$ e $a=6900\text{km}$).

Satélites helio-síncronos quando a precessão do satélite é igual à do Sol ($\dot{\Omega} = \dot{\Omega}_S$), então a sua órbita seguirá o Sol e o satélite atravessa um dado ponto a uma latitude sempre à mesma hora solar.

Com $e=0$, para que se mantenha constante a altitude do satélite em relação à Terra, e $a=7878\text{km}$ (órbita 1500km acima da Terra) obtém-se para i o valor de 102° . Para que a órbita seja helio-síncrona é necessário que a inclinação seja superior a 96° .

Imagens Digitais Orbitais

Em detecção remota as imagens podem ser registos contínuos ou discretos, de uma qualquer perspectiva a duas dimensões.

A fotografia aérea é um exemplo duma imagem contínua, onde os objectos aparecem representados por uma série de cambiantes de tonalidade, que facilitam a sua interpretação.

As imagens obtidas por sensores remotos são registos discretos, nos quais aos objectos correspondem valores numéricos, designados por níveis radiométricos (NR), ou níveis de cinzento.

Sensor

Um sensor é um dispositivo que capta determinadas partes do espectro de energia EM, reflectida ou emitida, proveniente dos objectos dispostos sobre a superfície terrestre, e a reflectida ou difundida pelas partículas em suspensão na atmosfera, e a converte num sinal numérico.

Uma imagem obtida por sensores remotos orbitais é constituída por um conjunto de matrizes de valores numéricos, que registam os níveis radiométricos captados pelo sensor, em cada uma das bandas espectrais.

Tipos de sensores

Alta cobertura global: 2 a 5 dias, faixas de 800km, baixa resolução espacial (AVHRR).

Frequente cobertura global: tipo Landsat, 16 dias, resoluções espaciais de 10 a 50m (ETM+, HRVIR).

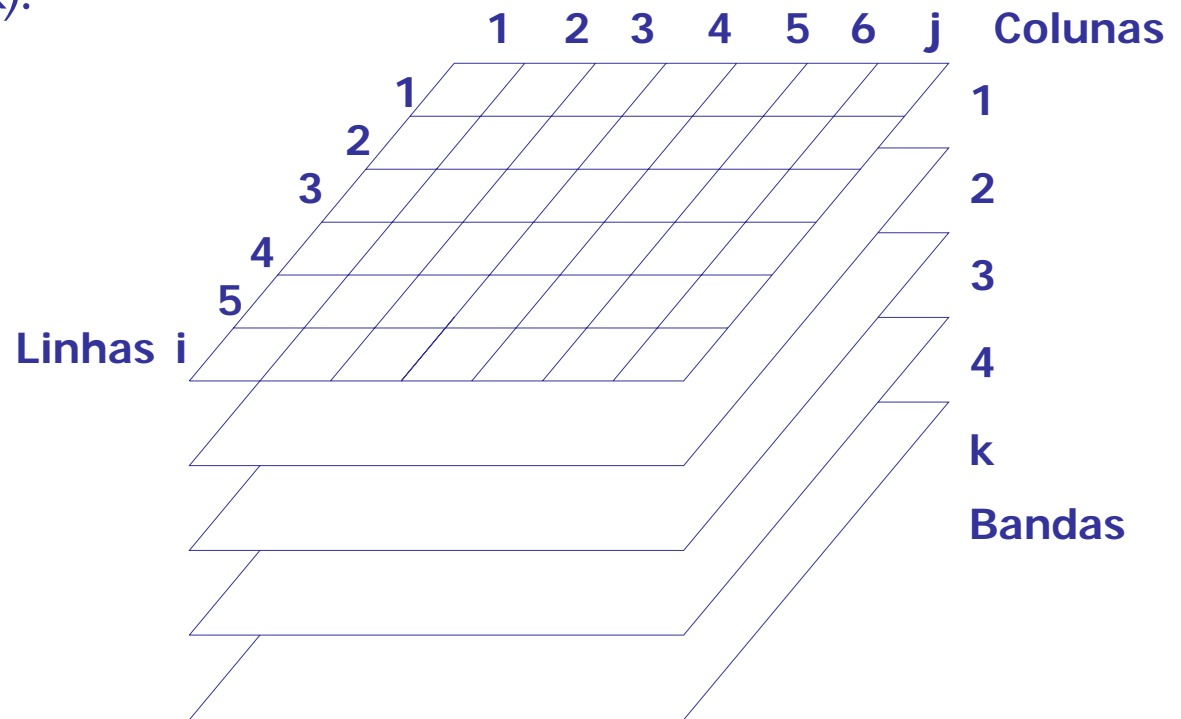
Alta resolução espacial: satélites comerciais, 1 a 5m, baixa cobertura (IKONOS).

Hiperespectrais: derivam de aplicações militares, próximos dos espectrómetros (OrbView-4).

Cada elemento da matriz designa-se por **picture element** ou, simplesmente por **pixel**.

Os objectos na matriz, são referenciados pela sua posição em linha (*i*) e coluna (*j*) na imagem, e identificados pelo **nível radiométrico** registado pelo sensor.

Assim, uma imagem numérica multiespectral é constituída pela informação radiométrica (NR) de um conjunto de elementos dispostos na forma de matrizes, uma por cada banda (*k*).



$$[NRk]_{ij} \quad (i=1, \dots, n; \quad j=1, \dots, m)$$

Resolução

Definição

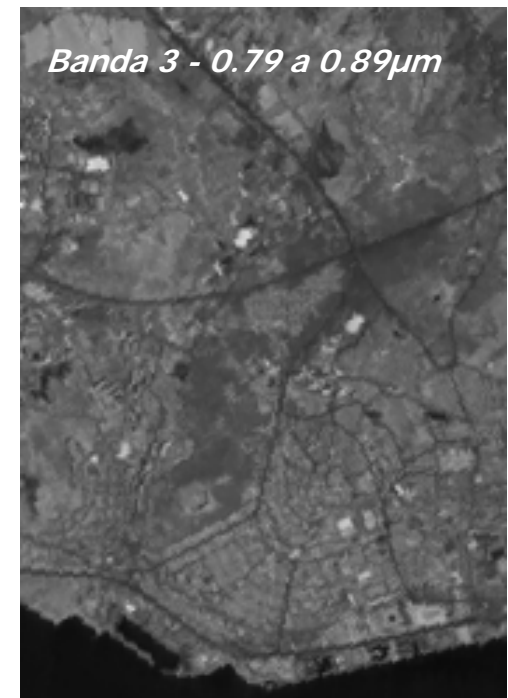
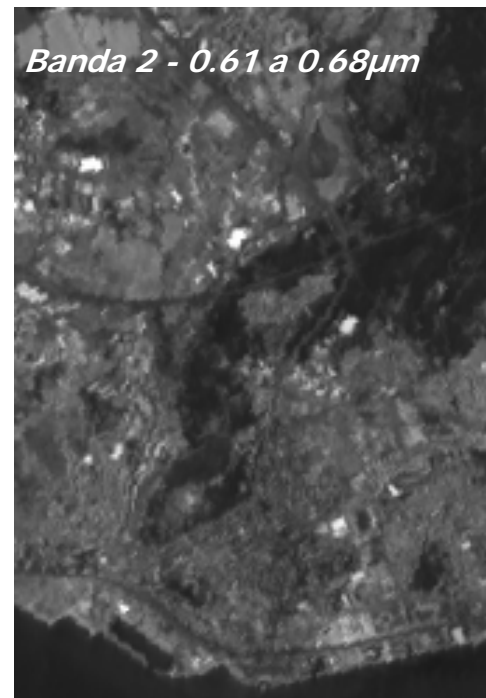
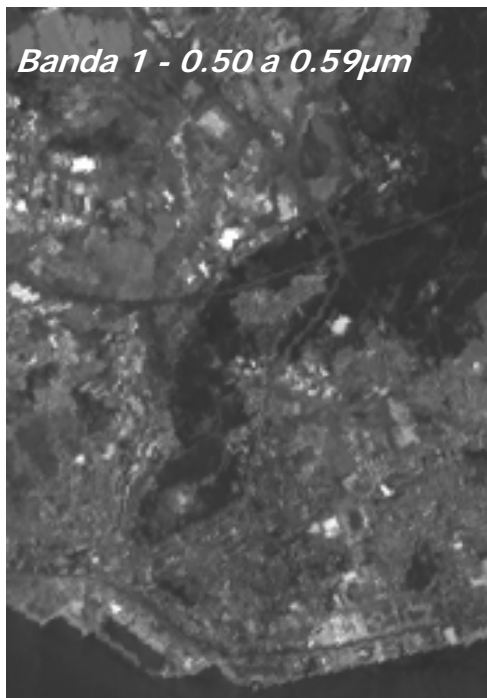
Capacidade que um sistema óptico tem de distinguir dois objectos que estão espacialmente próximos ou que são similares em termos espectrais.

*Segundo Jensen são considerados em detecção remota quatro tipos diferentes de resolução: **resolução espectral, resolução espacial, resolução temporal e resolução radiométrica.***

Resolução Espectral

Dimensão e o número de intervalos do espectro electromagnético possíveis de registar pelo sensor. Por exemplo, quanto mais pequenos forem estes intervalos mais fácil será discriminação de diferentes tipos de objectos.

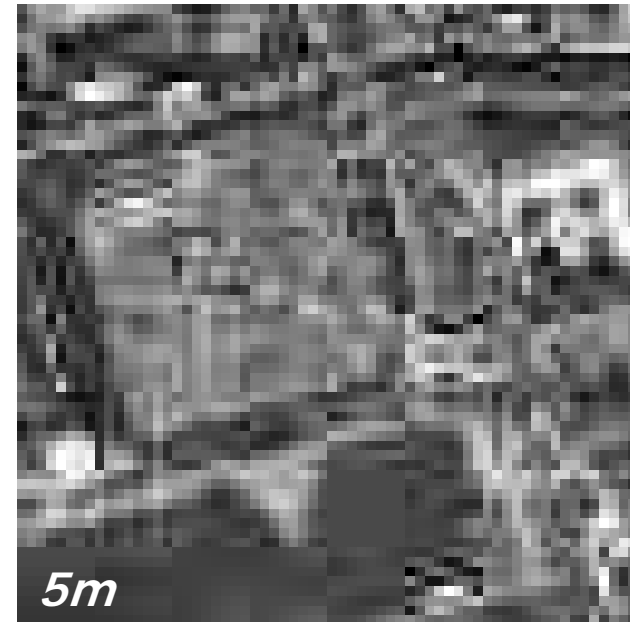
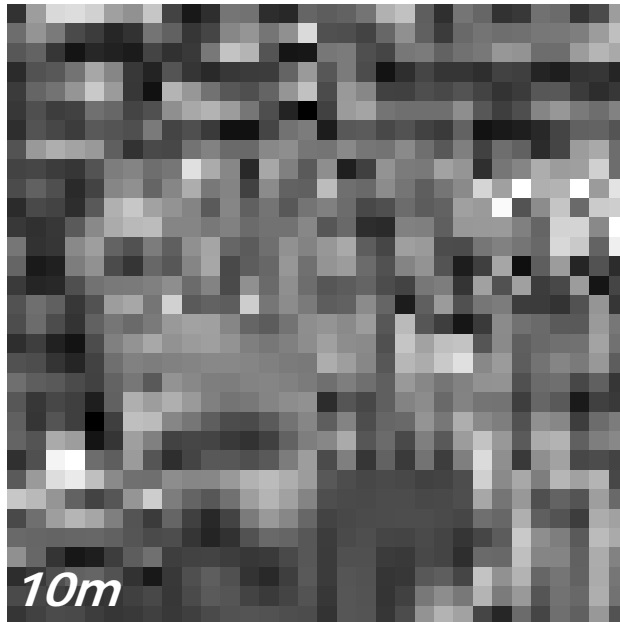
Há sensores que captam a energia EM de todo o visível, enquanto há outros que a diferenciam e a registam em três bandas espectrais diferentes, correspondendo cada uma delas a uma das seguintes três componentes do visível: azul, verde e vermelho.



Resolução Espacial

Menor ângulo, ou a distância mínima entre dois objectos, que pode ser diferenciada pelo sensor.

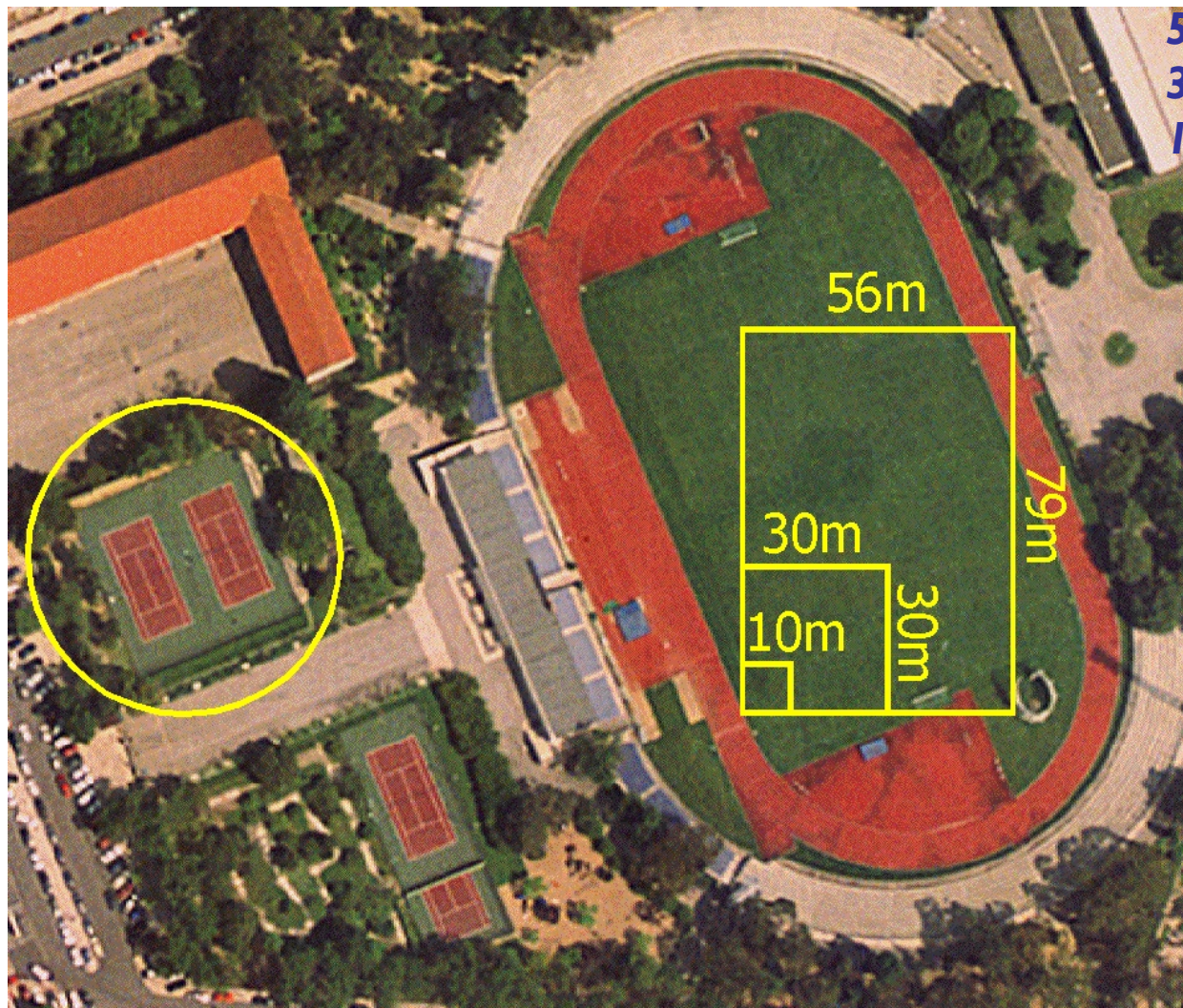
Um dos modos de a definir em detecção remota é pelo campo de visão instantâneo (IFOV — Instantaneous Field Of View) do sensor, que representa a dimensão da parcela de terreno que é captada pelo sensor à medida que este se vai movendo, ao longo da sua órbita, colhendo informação sobre a superfície terrestre.



Terreiro do Paço a 10m de resolução espacial (SPOT PAN) e a 5m de resolução espacial (IRS PAN)

Evolução da Resolução Espacial

56m x 79m - LANDSAT 1
30m x 30m - LANDSAT 4
10m x 10m - SPOT 1



Evolução da Resolução Espacial

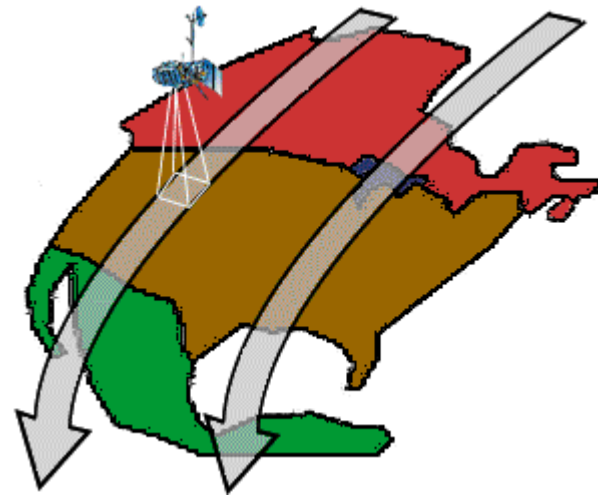
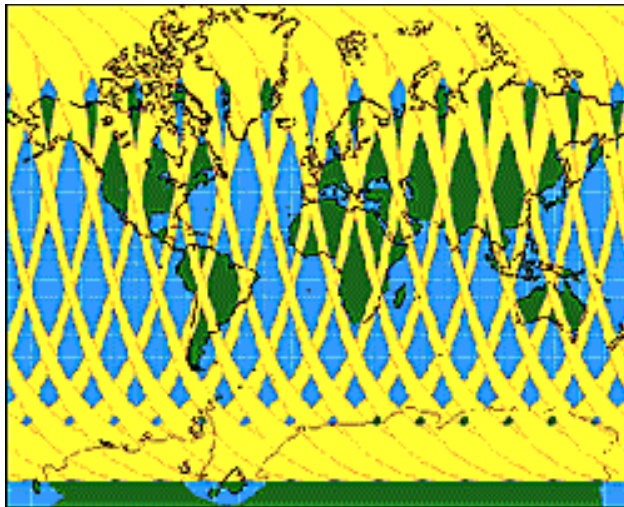


10mx10m - SPOT 1
5.8mx5.8m - IRS IC
1mx1m - IKONOS

Resolução Temporal

Período de tempo que um sensor necessita para voltar de novo a obter imagens sobre a mesma área.

Há uma série de fenómenos 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.



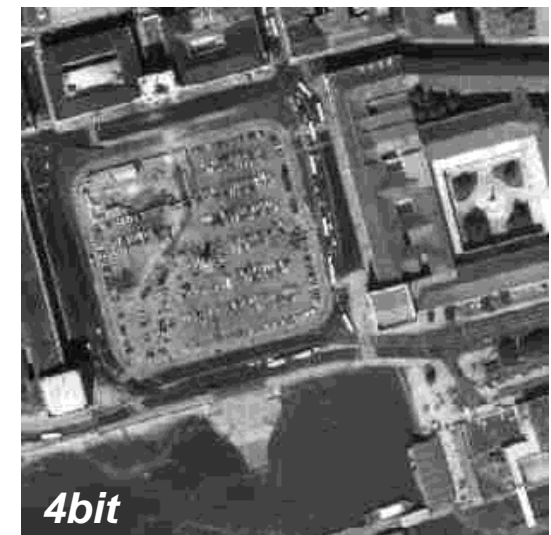
O período orbital do satélite LANDSAT 7 são 98.9 minutos. Em 24 horas percorre 14.5 órbitas, e sobre o Equador o traço desloca-se 2875km para Oeste, ou seja, precisa de 233 órbitas, 16 dias, para passar de novo sobre um dado lugar.



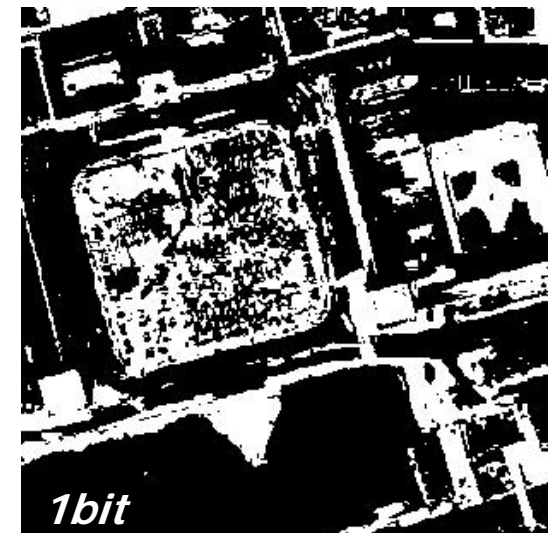
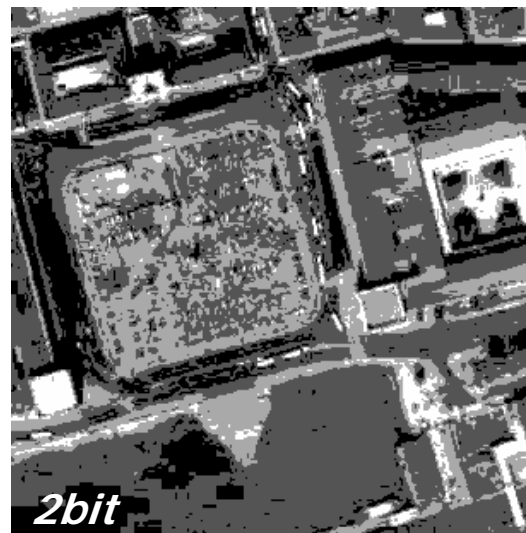
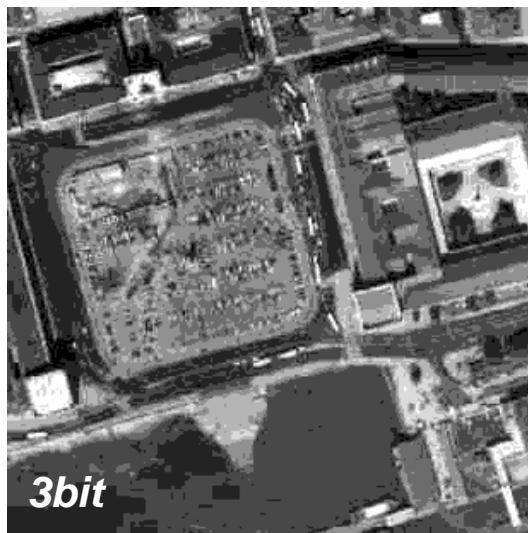
Resolução Radiométrica

Sensibilidade de um sensor para diferenciar a intensidade da energia EM captada, seja ela reflectida ou emitida.

À energia EM captada pelo sensor é atribuído um valor numérico, que regista o nível radiométrico ou nível de cinzento obtido do objecto sobre a superfície terrestre, influenciado ou não pelos objectos que lhe estão próximos, e pelas interacções que a energia EM sofreu ao percorrer a atmosfera.



Imagens com 256 níveis radiométricos (8bit (2^8) - valores de 0 a 255), 32 níveis radiométricos (5bit (2^5) - valores de 0 a 31), e 16 níveis radiométricos (4bit (2^4) - valores de 0 a 15).



Imagens com 8 níveis radiométricos (3bit (2^3) - valores de 0 a 8), 4 níveis radiométricos (2bit (2^2) - valores de 0 a 4), e 2 níveis radiométricos (1bit (2^1) - valores de 0 a 1).

Sistemas Orbitais de Detecção Remota

Programa LANDSAT

Programa SPOT

Programa Ikonos

Programa QuickBird

Programa LANDSAT

Características dos LANDSAT 4 e 5

As órbitas dos satélites LANDSAT 4 e 5 são helio-síncronas, quase polares, com uma inclinação de 98.2° , a 705km de altitude, e com um período de 98.9 minutos.

A resolução temporal é de 16 dias, ou seja, só após 233 órbitas é que o traço do satélite passa novamente sobre o traço da órbita 1.

A resolução espacial é um quadrado de 30m de lado, para todas as bandas com a exceção também da 6, para a qual o poder de resolução espacial é de apenas 120m.

A resolução radiométrica dos sensores TM é de 8bit (256 níveis radiométricos).

Cada imagem TM é constituída por 5760 linhas de 6920 pixels, ou seja aproximadamente 7×40 Mbit de informação, e cobre uma área de terreno de 185km por 172km.

Características do LANDSAT 7

A 15 de Abril de 1999 foi lançado o satélite LANDSAT 7, equipado com um novo sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus).

Está equipado com uma nova banda pancromática, com a resolução espectral de $0.50\mu\text{m}$ a $0.90\mu\text{m}$, e com resolução espacial de 15m. Tem as mesmas bandas multiespectrais dos satélites 4 e 5, com a mesma resolução espacial de 30m, mas a banda 6 passou a ter a resolução de 60m.

Síntese de características dos LANDSAT

<i>Satélite</i>	<i>Data de Lançamento (Fim de Serviço)</i>	<i>Sensor</i>	<i>Resolução Espacial (m)</i>	<i>Resolução Tempor. (dias)</i>
<i>Landsat 1</i>	<i>23/07/72 (06/01/78)</i>	<i>RBV</i>	<i>80</i>	<i>18</i>
		<i>MSS</i>	<i>80</i>	
<i>Landsat 2</i>	<i>22/01/75 (25/02/82)</i>	<i>RBV</i>	<i>80</i>	<i>18</i>
		<i>MSS</i>	<i>80</i>	
<i>Landsat 3</i>	<i>05/03/78 (31/03/83)</i>	<i>RBV</i>	<i>80</i>	<i>18</i>
		<i>MSS</i>	<i>80</i>	
<i>Landsat 4</i>	<i>16/0782</i>	<i>MSS</i>	<i>80</i>	<i>16</i>
		<i>TM</i>	<i>30</i>	
<i>Landsat 5</i>	<i>01/03/84</i>	<i>MSS</i>	<i>80</i>	<i>16</i>
		<i>TM</i>	<i>30</i>	
<i>Landsat 6</i>	<i>05/10/93 (05/10/93)</i>	<i>ETM</i>	<i>15 (pan)</i>	<i>16</i>
			<i>30 (ms)</i>	
<i>Landsat 7</i>	<i>15/04/99</i>	<i>ETM+</i>	<i>15 (pan)</i>	<i>16</i>
			<i>30 (ms)</i>	

Bandas Espectrais dos LANDSAT

Bandas TM

Descrição das suas principais aplicações

Banda 1

0.45 a 0.52 μ m

Para cartografar águas costeiras; utilizada também para diferenciar o solo da vegetação e distinguir as florestas constituídas por árvores de folha caduca das de folha persistente.

Banda 2

0.52 a 0.60 μ m

Permite medir o máximo de reflectividade do verde da vegetação de modo a poder ser averiguado o seu estado sanitário.

Banda 3

0.63 a 0,69 μ m

Banda de absorção da clorofila que permite diferenciar os diferentes tipos de vegetação.

Banda 4

0.76 a 0.90 μ m

Permite determinar o conteúdo de biomassa e delinear os corpos de água.

Banda 5

1.55 a 1.75 μ m

Indicadora do conteúdo de humidade do solo e da vegetação; é também utilizada para diferenciar neve das núvens.

Banda 6

10.40 a 12.50 μ m

Banda utilizada para analisar problemas fito-sanitários, determinar o índice de humidade dos solos, e fazer cartografia térmica.

Banda 7

2.00 a 2.35 μ m)

Usada para diferenciar diferentes tipos de rochas e para a cartografia hidrotérmica.

Programa SPOT

Características dos satélites SPOT

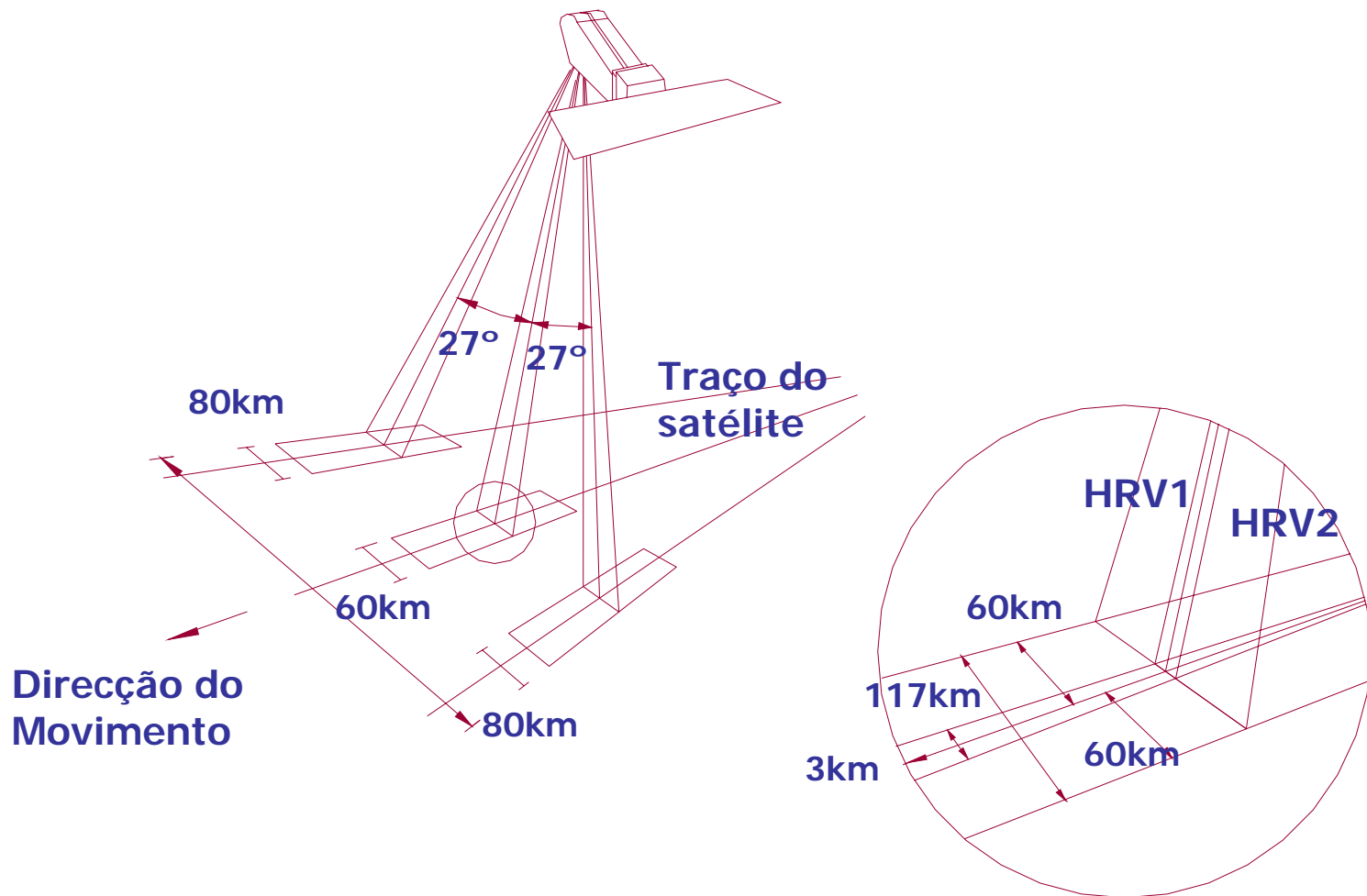
Os satélites SPOT foram colocados em órbitas circulares, quase polares e helio-síncronas, a 852km de altitude, e com a inclinação de 98.7° , e período de 101.4 minutos .

Cruzam o plano equatorial, no sentido descendente da órbita, pelas 10h30 do tempo solar médio local. Por órbita o traço do satélite sobre o Equador, desloca-se 2823.6km para Oeste. Precisa de 26 dias para voltar a passar de novo sobre um dado traço.

Cada um dos dois sistemas de sensores HRV (Haute Résolution dans le Visible) regista, na visada vertical, o fluxo da energia EM proveniente de uma faixa de 60km de largura com uma sobreposição lateral de 3km, o que dá, no seu conjunto, uma faixa de 117km de largura.

Em visadas não verticais pode observar faixas que podem ir até 80km de largura, a 475km do seu traço, através do deslocamento de um espelho que pode rodar um ângulo de 27° .

Modo de Aquisição



Síntese de Características dos SPOT

<i>Satélite</i>	<i>Data de Lançamento (Fim de Serviço)</i>	<i>Sensor</i>	<i>Resolução Espacial (m)</i>	<i>Resolução Radiom. (bit)</i>	<i>Resolução Tempor. (dias)</i>
<i>SPOT 1</i>	<i>22/06/86</i>	<i>HRV</i>	<i>10 (pan) 20 (ms)</i>	<i>7 (128) 8 (256)</i>	<i>26</i>
<i>SPOT 2</i>	<i>22/01/90</i>	<i>HRV</i>	<i>10 (pan) 20 (ms)</i>	<i>7 (128) 8 (256)</i>	<i>26</i>
<i>SPOT 3</i>	<i>26/09/93 (14/11/96)</i>	<i>HRV</i>	<i>10 (pan) 20 (ms)</i>	<i>7 (128) 8 (256)</i>	<i>26</i>
<i>SPOT 4</i>	<i>24/03/98</i>	<i>HRVIR</i>	<i>10 (pan) 20 (ms)</i>	<i>7 (128) 8 (256)</i>	<i>26</i>
<i>SPOT 5</i>	<i>2002</i>	<i>HRG</i>	<i>5 (pan) 10 (ms)</i>		<i>26</i>

<i>Satélites</i>	<i>Banda 1</i>	<i>Banda 2</i>	<i>Banda 3</i>	<i>Banda 4</i>	<i>Banda P</i>
<i>1, 2 e 3</i>	<i>0.50 a 0.59μm</i>	<i>0.61 a 0.68μm</i>	<i>0.79 a 0.89μm</i>	<i>---</i>	<i>0.51 a 0.72μm</i>
<i>4</i>	<i>0.50 a 0.59μm</i>	<i>0.61 a 0.68μm</i>	<i>0.79 a 0.89μm</i>	<i>1.55 a 1.75μm</i>	<i>0.61 a 0.68μm</i>

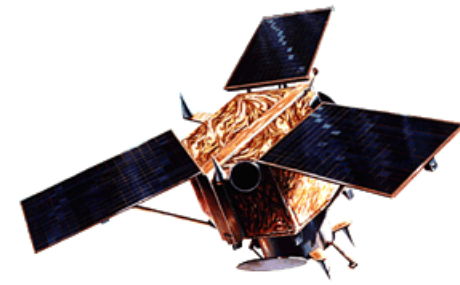
Satélites Alta Resolução Espacial

Lançamentos

<i>Satélite</i>	<i>Lançamento</i>	<i>Imagem</i>	<i>Altitude</i>
<i>IKONOS</i>	<i>1999/09/24</i>	<i>11km</i>	<i>681km</i>
<i>EROS A1</i>	<i>2000/12/05</i>	<i>12.5km</i>	<i>480km</i>
<i>QuickBird</i>	<i>2001/10/18</i>	<i>22km</i>	<i>450km</i>
<i>OrbView-3</i>	<i>2º Trim. 2002</i>	<i>8km</i>	<i>470km</i>
<i>EROS B1</i>	<i>4º Trim. 2002</i>	<i>16km</i>	<i>800km</i>

Satélite IKONOS

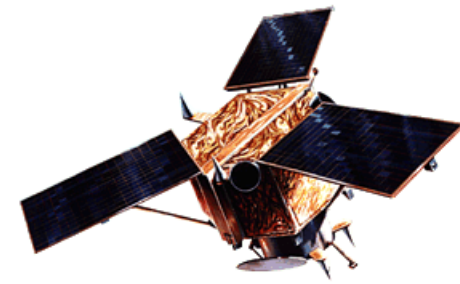
Características Gerais



- **Distância focal:** $f=10\ 000\text{mm}$ (2m)
- **Modo pancromático:** 13 500 pixels de $12\mu\text{m}$
- **Modo multiespectral:** 3 375 pixels de $48\mu\text{m}$
- **Visada Nadiral:** faixa de 11km, com resolução de 0.82m
- **Visada inclinada a 350km da direcção nadiral:** faixa de 13km com resolução de 1m
- **Imagem:** faixas de $11\text{km}\times 100\text{km}$ a $11\text{km}\times 1000\text{km}$

Satélite IKONOS

Características Gerais



Resolução Espacial: 1m (Pan), 4m (XS)

Sensores: do tipo pushbroom

Resolução espectral:

- ***Pan:*** 0.45 a 0.90 μ m;

- ***XS:*** 0.45 a 0.52 μ m,

0.52 a 0.60 μ m,

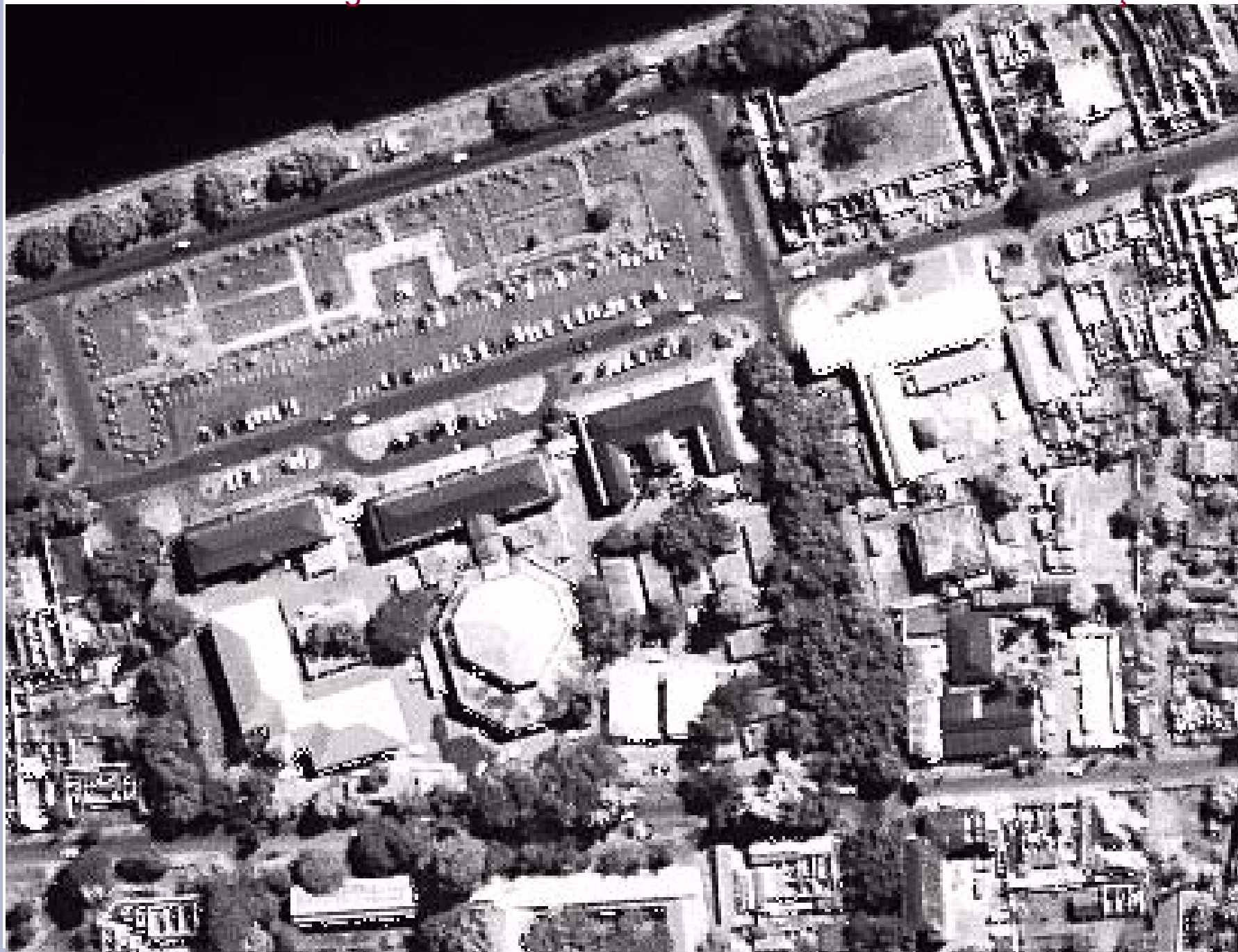
0.63 a 0.69 μ m,

0.76 a 0.90 μ m.

Satélite IKONOS - Imagem Pancromática - Díli Timor Leste – 1m de resolução



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO





Satélite IKONOS - Imagem Multiespectral - Díli Timor Leste – 4m de resolução



Satélite QuickBird

Características Gerais



- **Imagem Pancromática**

Dimensão: 27552 × 27424 pixels

Visada nadiral: faixa de 16.5km, com resolução de 0.61m

Visada inclinada a 25° da direcção nadiral: faixa de 20.8km com resolução de 0.72m

Resolução espectral: 0.45 a 0.90μm

- **Imagem Multiespectral**

Dimensão: 6888 × 6856 pixels

Visada nadiral: resolução espacial de 0.61m

Visada inclinada a 25° da direcção nadiral: resolução espacial de 0.72m

Resolução espectral: azul 0.45 a 0.52μm, verde 0.52 a 0.60μm, vermelho 0.63 a 0.69μm, infravermelho 0.76 a 0.90μm

Processamento de Imagens

Conjunto de técnicas que permite obter informação das imagens numéricas multiespectrais, de modo a que possam fornecer dados passíveis de serem utilizados na produção de informação geográfica.

Estas técnicas, que corrigem as imagens originais, são necessárias devido a vários factores que ocorrem no momento de aquisição da informação.

São exemplos deste tipo de problemas a mudança de atitude da plataforma, a falha do sensor na captação do sinal, distorsões provocadas pela perspectiva da aquisição da imagem, ou a própria rotação da Terra;...

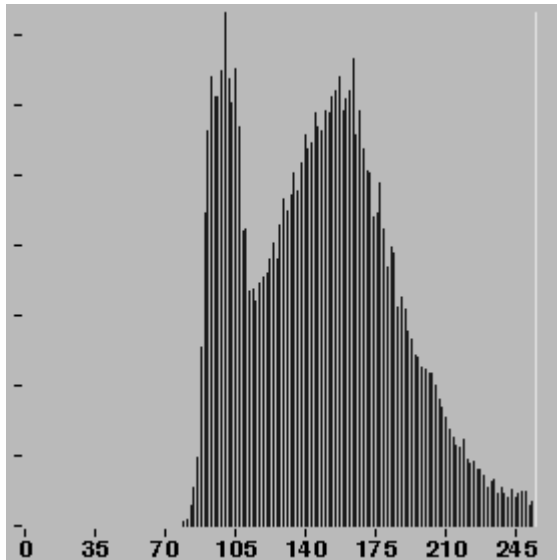
...Mas também devidas ao efeito provocado pela difusão atmosférica que faz diminuir o contraste, e os problemas de iluminação, devidos ao declive e à orientação das encostas, que levam a que um mesmo tipo de objecto possa ter assinaturas espectrais diferentes.

Correcções Radiométricas

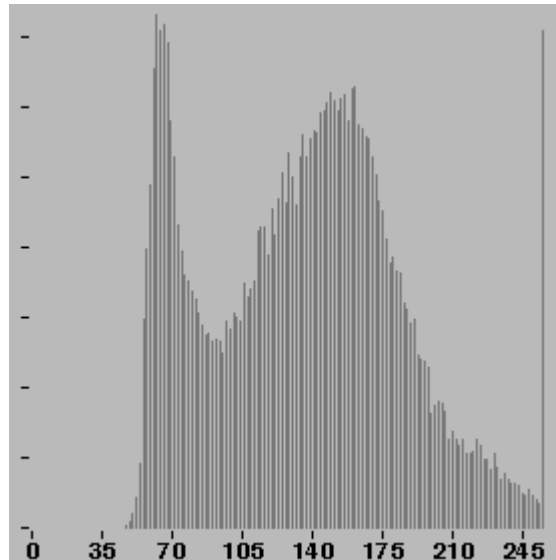
Calibração da imagem de modo que se verifique uma relação perfeita entre o NR registado pelo sensor e o fluxo energético que ele recebeu, em todos os pixels que constituem a imagem.

Os efeitos atmosféricos são considerados como fontes de erro, que podem fazer diminuir a capacidade de interpretação e a extração de informação a partir de imagens obtidas por sensores orbitais.

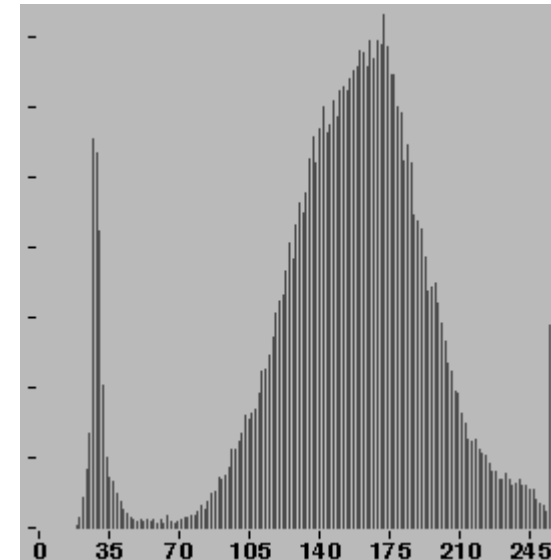
Banda 1 - 0.50 a 0.59 μ m



Banda 2 - 0.61 a 0.68 μ m



Banda 3 - 0.79 a 0.89 μ m

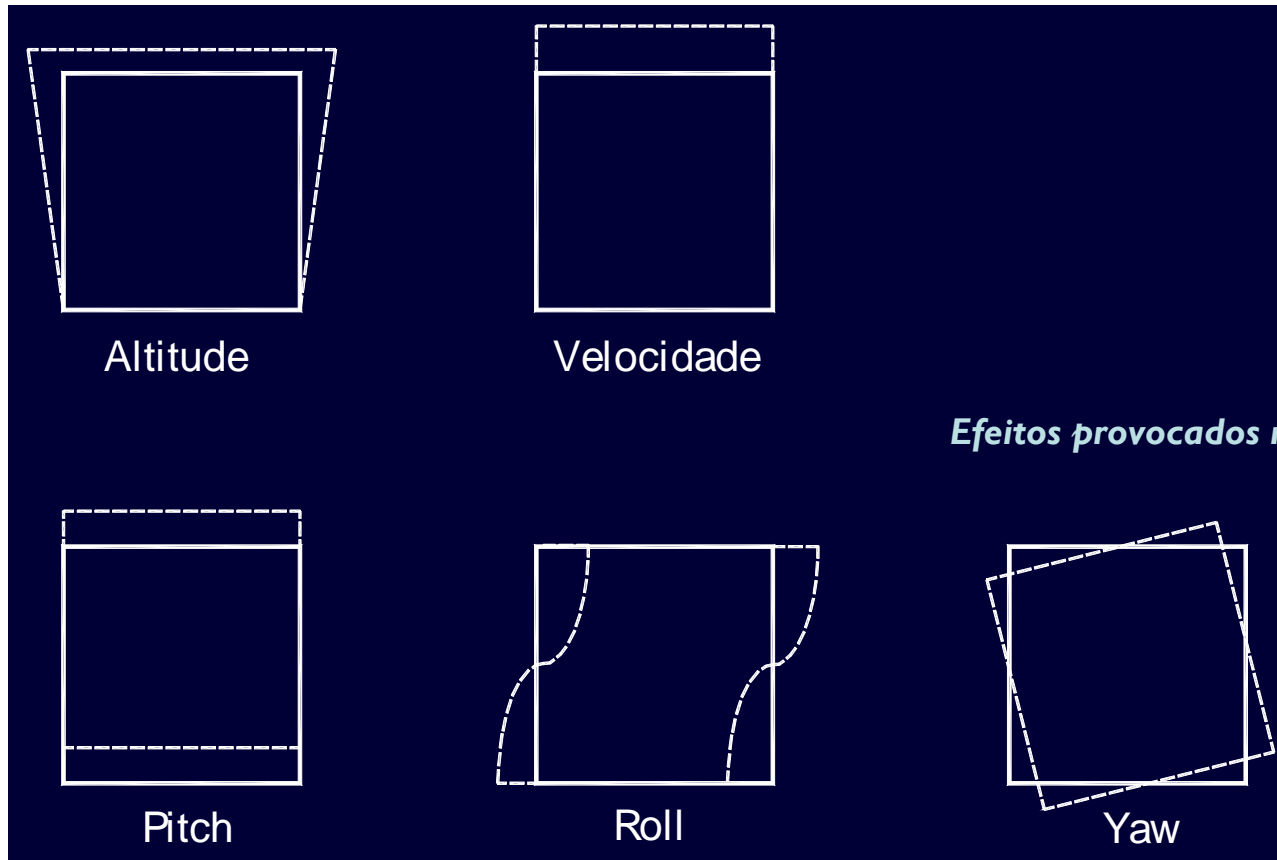


Histogramas do extracto da imagem SPOT XS evidenciando o efeito provocado pela difusão atmosférica, que actua com mais intensidade nas bandas de menores comprimentos de onda.

Correcções Geométricas

Para poderem ser utilizadas cartograficamente é necessário corrigir geometricamente as imagens numéricas orbitais.

As distorções que se pretendem corrigir podem ter várias origens como a variação de altitude, atitude ou velocidade do satélite. Também podem ser devidas à curvatura da Terra, refração atmosférica, desfasamento do relevo, ou provocadas pelo movimento de rotação da Terra durante o período de tempo de aquisição da imagem.

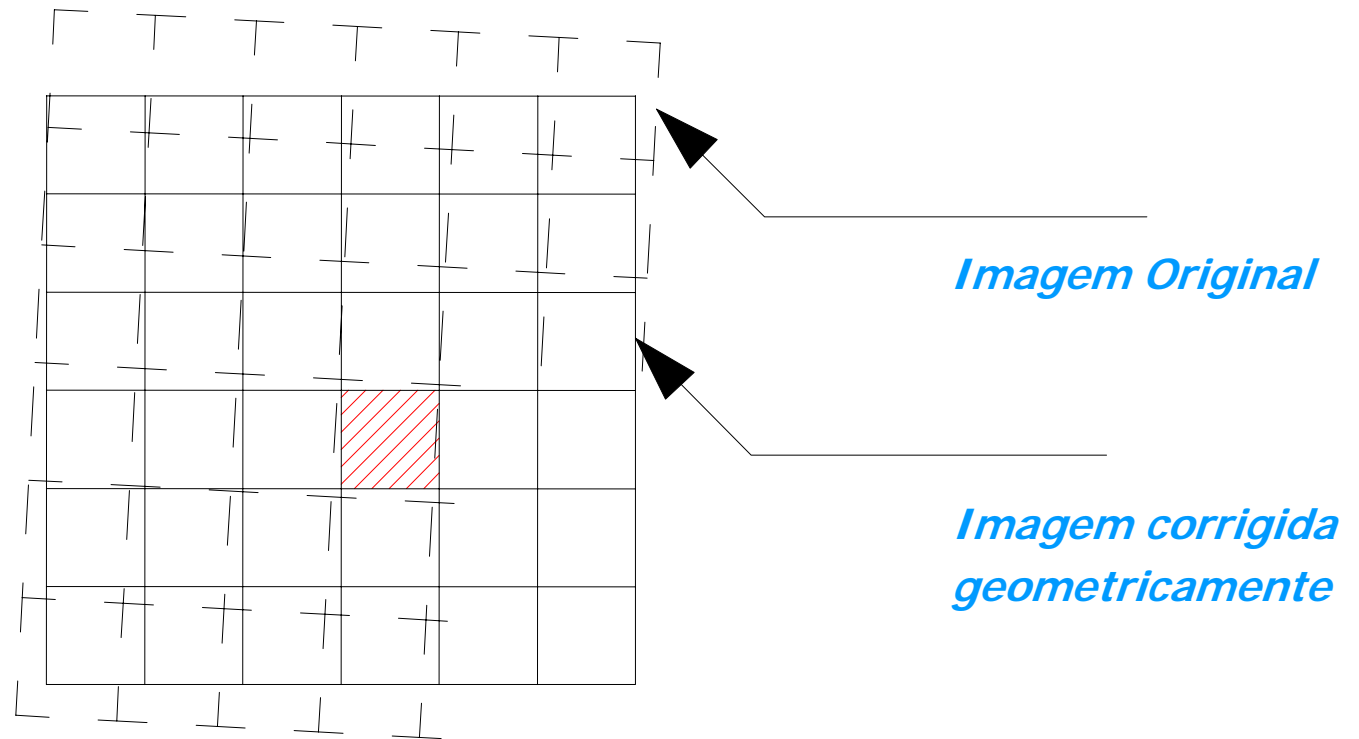


A correcção geométrica é feita a partir de pontos de controlo - pontos em que as suas coordenadas cartográficas, em relação a um dado sistema de projecção cartográfica, e as suas coordenadas imagem, isto é, o seu posicionamento em linha e coluna na imagem, são conhecidas.

Um bom ponto de controlo é um objecto facilmente identificável na imagem, como intersecções de elementos lineares (p.ex. cruzamentos de estradas ou pontos de confluência de cursos de água).

Depois de corrigida geometricamente, cada pixel é referenciado além da sua posição em linha e coluna (coordenadas imagem), também em M e P (coordenadas cartográficas), relativamente a um dado sistema de projecção cartográfica.

As novas posições dos pixels não se sobrepõem com as suas posições originais obrigando, por isso, à reamostragem da imagem, ou seja, calcular um novo valor para o NR dos diferentes pixels.

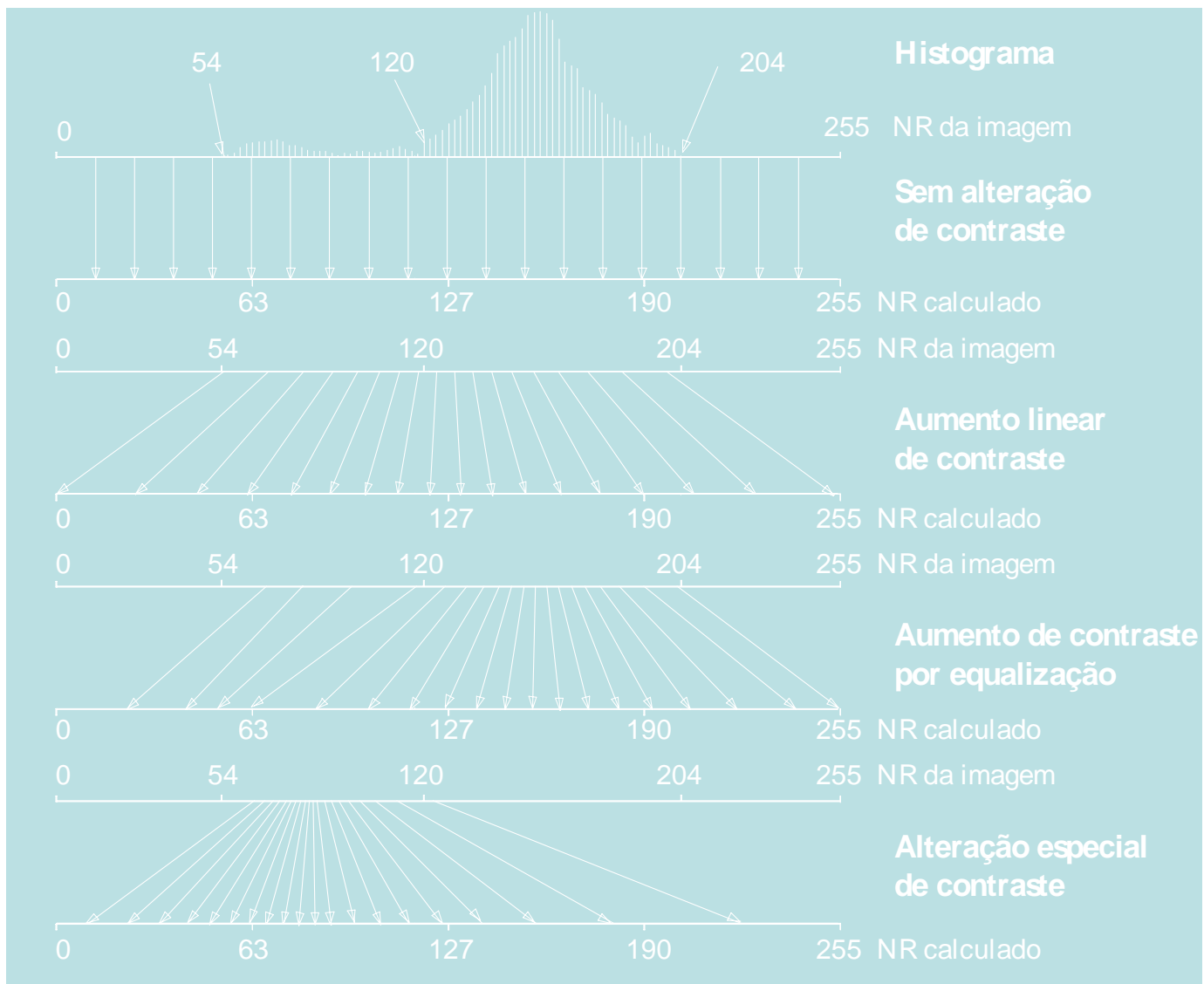


Optimização de Imagens

Alteração de Contraste

Como os materiais não se comportam de uma maneira perfeitamente distinta em relação à energia EM que neles incide, por vezes as imagens apresentam-se pouco contrastadas, dificultando a interpretação e a diferenciação dos objectos situados sobre a superfície terrestre.

Fora da amplitude da resolução radiométrica o sensor fica saturado, não é capaz de registar valores diferentes para quantidades distintas de energia reflectida ou emitida pelos objectos, e as imagens obtidas ficam pouco contrastadas.



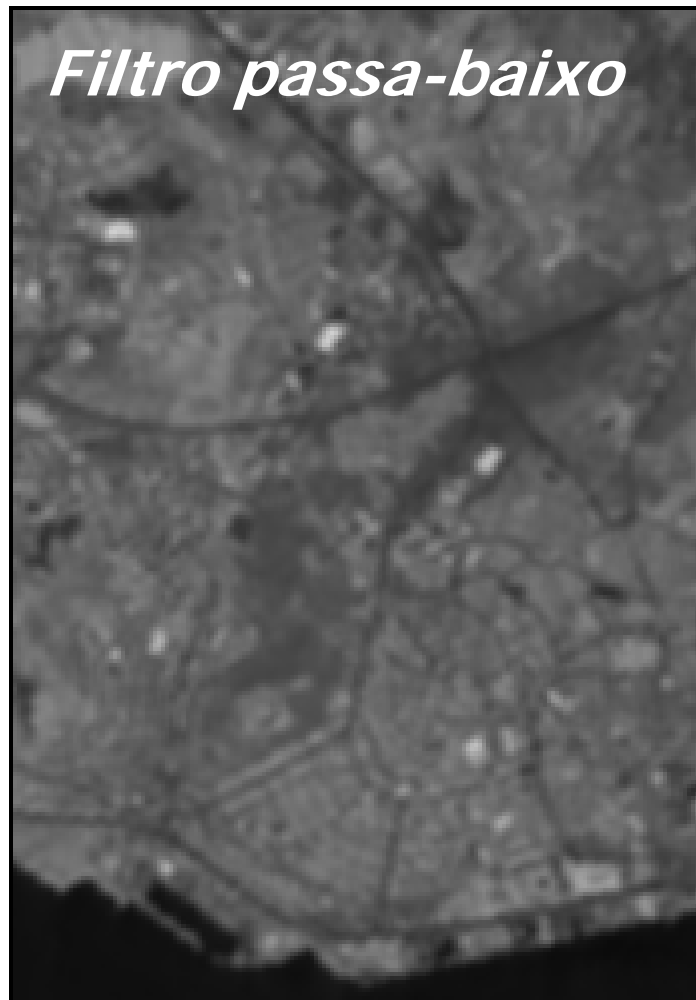
Filtros Espaciais

Fazem realçar ou atenuar variações de frequência espacial. A frequência espacial pode ser definida como o número diferente de NR numa área relativamente pequena.

Áreas com um elevado número de valores de NR diferentes têm elevada frequência espacial (p.ex. zonas de limites de culturas ou as zonas que são cruzadas por estradas ou cursos de água), enquanto que áreas, com NR semelhantes têm frequência espacial baixa (p.ex. grandes manchas do mesmo tipo de coberto vegetal).

Com filtros passa-baixo atenuam-se variações de frequência espacial uniformizando-se a imagem, suprimindo ruído da imagem, como variações de frequência não desejáveis. Aumenta-se a área com o mesmo valor de NR, ao mesmo tempo que são eliminadas variações de alta frequência correspondentes a detalhes pouco significativos.

Pelo contrário com filtros passa-alto é possível fazer realçar os pequenos detalhes, aumentando assim o contraste da imagem e as possíveis fronteiras radiométricas, necessárias para a diferenciação dos objectos. A imagem ficará menos uniforme e com maior variação de NR.



Operações Multiespectrais

Operações Aritméticas

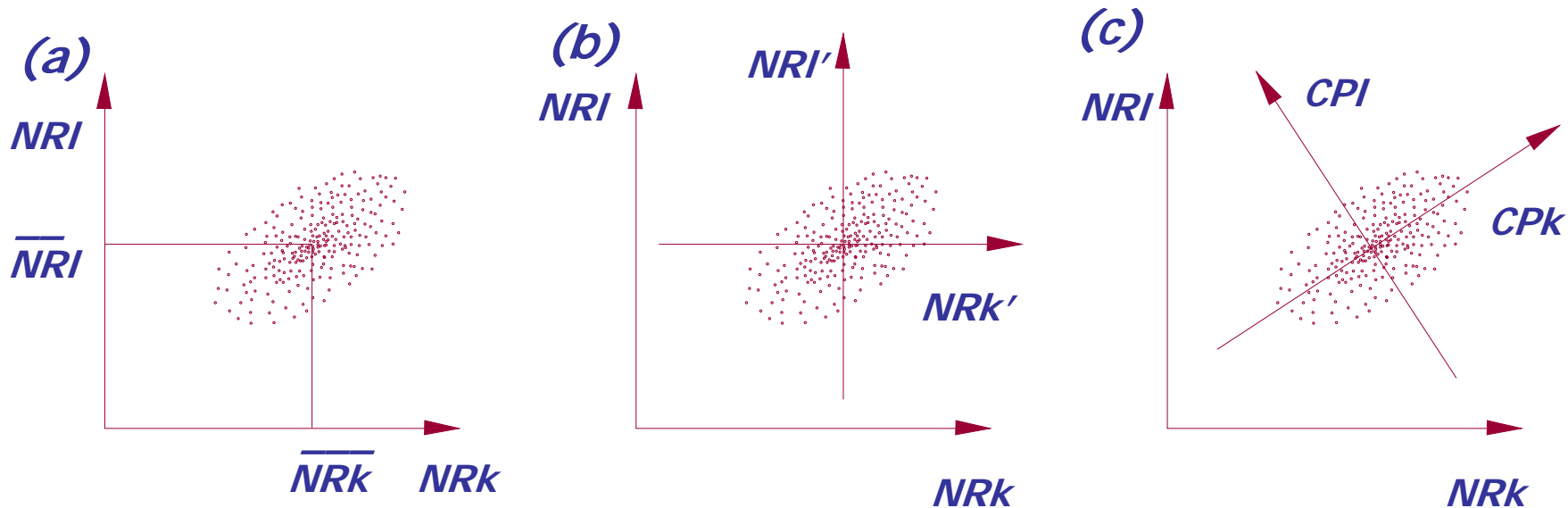
Um mesmo tipo de objectos tem respostas espectrais diferentes, consoante a posição em que se encontra, e daí, apresenta valores distintos de NR numa mesma banda, devido a vários factores (p.ex. iluminação). Isto poderá induzir em erro o analista de imagens e/ou o algoritmo de cálculo na identificação e classificação dos objectos.

Com subtracções ou divisões dos valores de NR dos pixels de uma banda pelos correspondentes valores de outra banda de uma mesma imagem multiespectral podem resolver-se alguns problemas.

Operações Multiespectrais

Componentes Principais

O cálculo das componentes principais permite reduzir a redundância dos dados originais das diferentes bandas de uma imagem multiespectral. O seu uso permite melhorar tanto a interpretabilidade visual da imagem, como a eficiência de cálculo na altura da classificação, pois reduz o número de bandas em estudo.

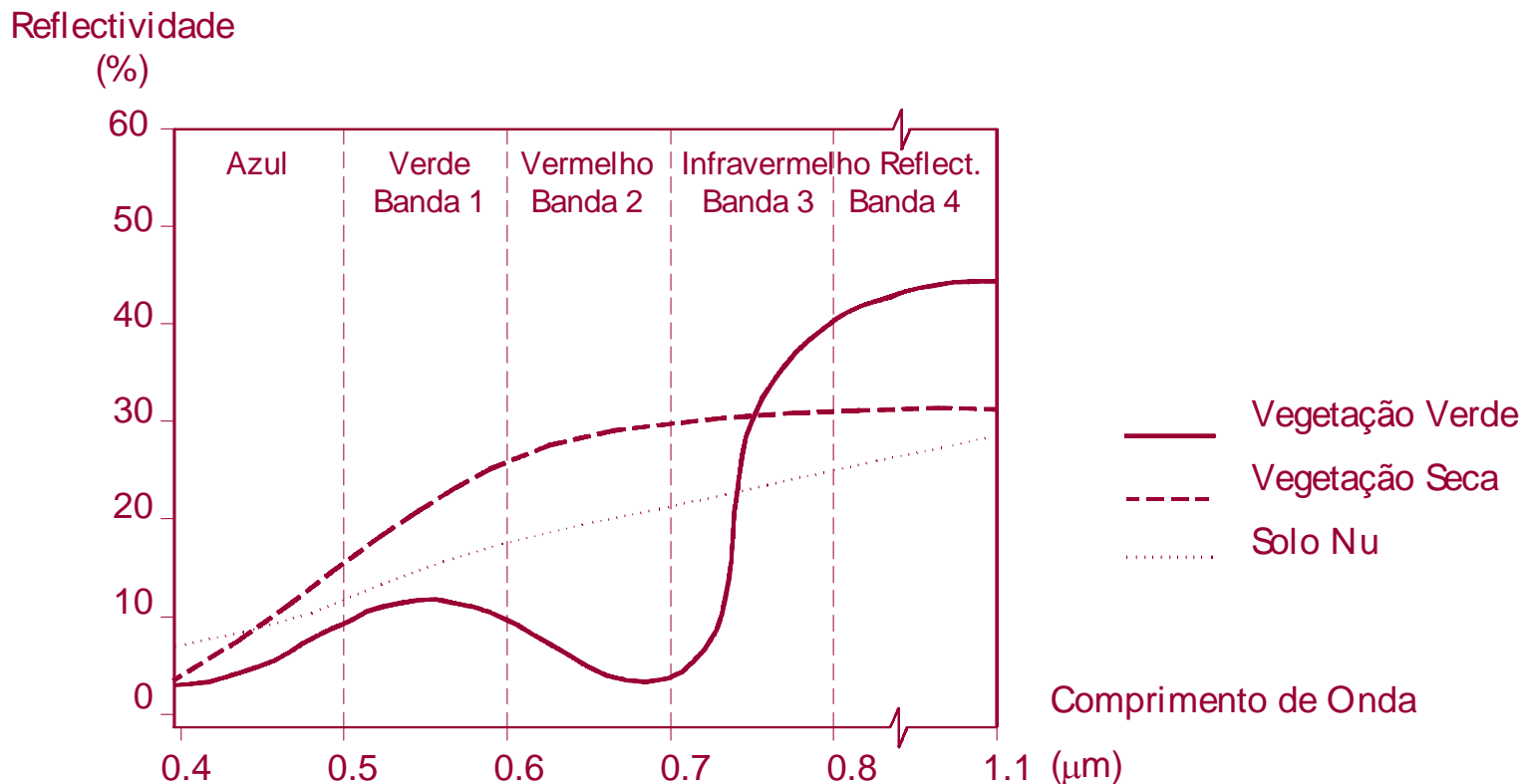


(a) gráfico de distribuição; (b) translacção para o ponto médio da distribuição; (c) componentes principais determinadas pela rotação em torno do ponto médio.

Índices de Vegetação

Os índices de vegetação baseiam-se nas grandes diferenças de reflectividade que a vegetação verde apresenta nas regiões do visível e do infravermelho reflectido, ao contrário da vegetação morta ou seca, e dos outros tipos de ocupação do solo (água, urbano, solo nu, etc.).

São uma combinação de operações aritméticas entre bandas espectrais, testadas primeiramente com o sensor MSS e depois também com os TM e AVHRR.



Índice de vegetação da diferença normalizada (NDI — normalized difference index), dado pela razão entre as bandas 2 e 4 do sensor MSS, através da expressão:

$$NDI = \frac{MSS4 - MSS2}{MSS4 + MSS2}$$



Classificação de Imagens

Processo que permite transformar uma imagem numérica multiespectral — constituída por diferentes bandas — ou multitemporal — formada por uma mesma banda de datas diferentes — numa carta temática, no decorrer do qual os objectos sobre a superfície terrestre são agrupados e identificados, de acordo com as suas características espectrais, espaciais, ou temporais, atribuindo cada pixel a uma determinada classe ou categoria previamente definida.

Os objectos são agrupados em classes de ocupação do solo. A estas classes não correspondem, por vezes, respostas espectrais puras do ponto de vista spectral, mas são antes distribuições multimodais.

A ocupação do solo é a ocupação física de uma dada área numa determinada época, e está relacionada com as construções edificadas pelo homem ou com os diferentes tipos de vegetação que cobrem a superfície terrestre.

No uso são englobadas as actividades humanas relacionadas com o meio.

Existem dois grandes tipos de métodos de classificação: os supervisionados, e os não supervisionados.

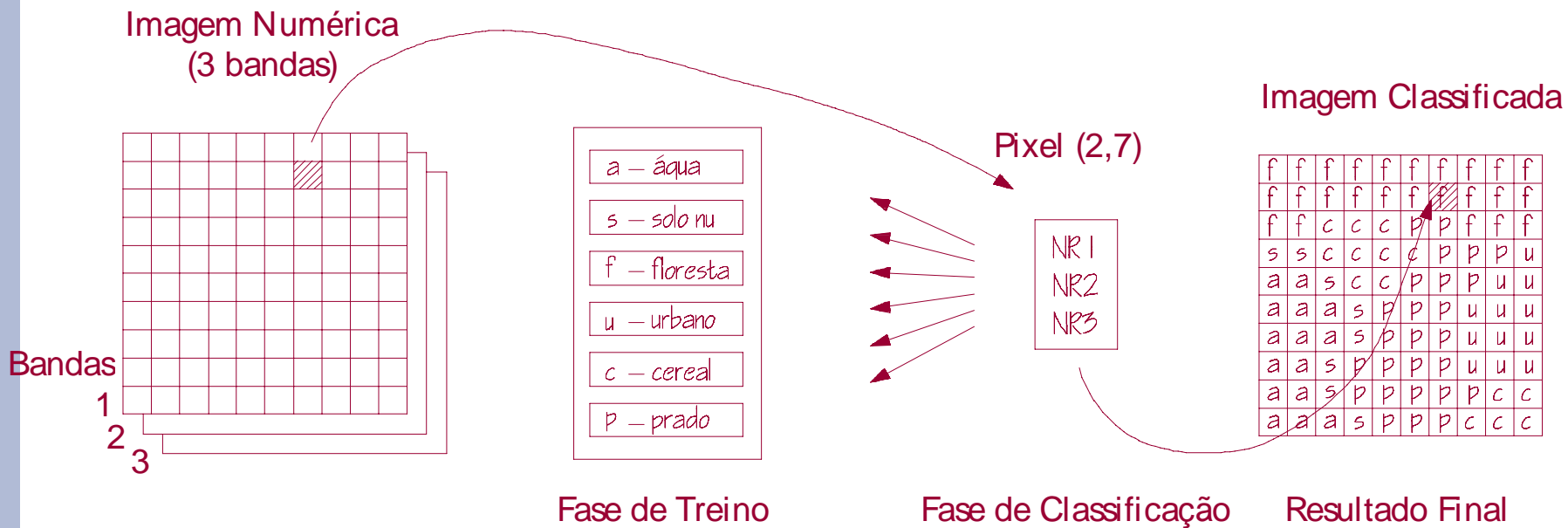
Nos primeiros é necessário o conhecimento prévio da localização de certas áreas — áreas treino — que correspondem aos tipos de ocupação do solo que se pretendem classificar, e que são obtidos a partir dos dados de campo.

Nessas áreas são definidos algoritmos de cálculo baseados em análises estatísticas que caracterizem as classes de ocupação do solo consideradas. Todos os restantes pixels são depois comparados com os valores obtidos de modo a colocá-los numa das categorias previamente definidas.

Na classificação não supervisionada os pixels são agrupados em classes, de acordo com as suas características, determinadas a partir de cálculos estatísticos. Depois de agrupados é atribuído, a cada conjunto de valores, uma determinada classe ou categoria. Estas classes são por vezes utilizadas para definir as áreas treino da classificação.

As áreas teste são também zonas em que é conhecida a ocupação do solo, a partir de informação obtida por dados de campo. Estas áreas só entram na parte final do processo de classificação, para averiguar a qualidade conseguida com os métodos e algoritmos de cálculo considerados.

Classificação Supervisionada



Métodos de Classificação

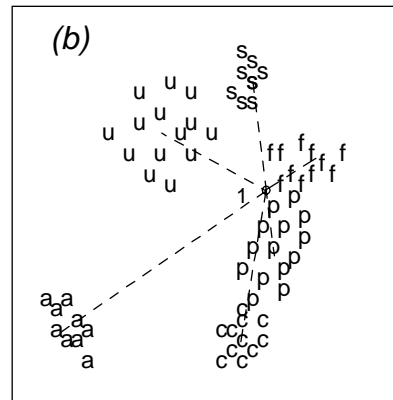
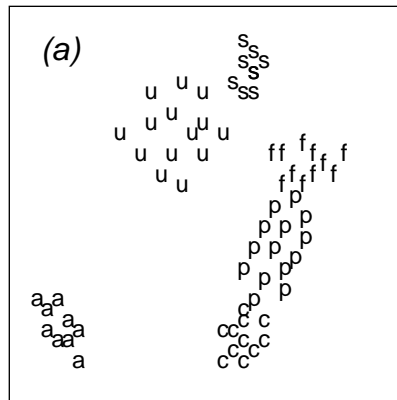
O método mais simples de classificação é o do **classificador da distância mínima à média**. Neste método, depois de calculado o valor da média de cada classe, calcula-se a distância do pixel que se pretende classificar, às médias anteriormente calculadas, para o atribuir à classe que lhe é mais próxima, caso tenha uma distância inferior a um valor previamente determinado.

O método é eficiente para classes bem definidas espectralmente, especialmente separadas umas das outras, e com uma pequena variância.

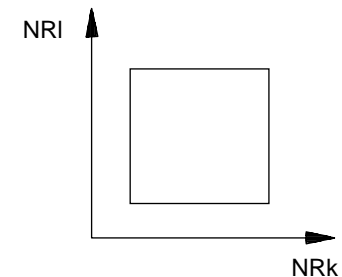
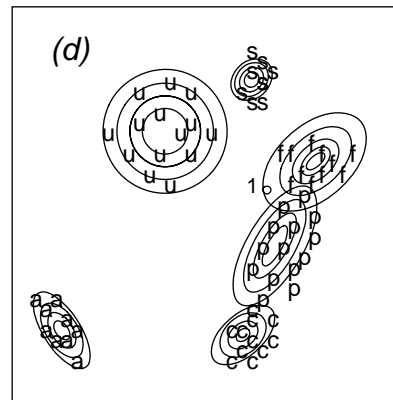
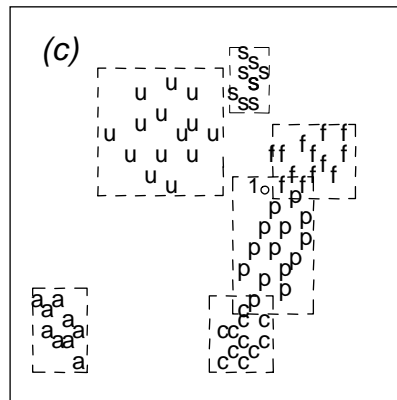
O **classificador do paralelepípedo** determina uma figura através dos valores máximos e mínimos do NR de cada uma das classes, por banda espectral, formando uma região de decisão. Se o pixel que está a ser classificado se encontrar no interior duma região de decisão é atribuído a essa classe, caso contrário é considerado como desconhecido.

No **classificador de máxima verosimilhança** é necessário determinar o vector médio e a matriz de variância-covariância das respostas espectrais de cada classe, partindo do princípio que as núvens de pontos, que formam cada classe, são amostras de uma distribuição normal multidimensional.

O vector médio e a matriz de covariância determinam o valor da função de verosimilhança do pixel relativamente a uma dada classe.



a - água
s - solo
f - floresta
u - urbano
c - cereal
p - prado



(a) gráfico de distribuição; (b) distância mínima à média;

(c) paralelepípedo; (d) máxima verosimilhança com curvas de igual dispersão.

Questões de consolidação e revisão de conhecimentos

Indique situações típicas de aplicação em que a imagem de satélite apresenta vantagens relativamente à fotografia aérea?

Quais as limitações da utilização de imagens de satélite para a monitorização de fenómenos com evolução rápida ?

Em que consiste a classificação de uma imagem ?

Sugestões de Pesquisa

EROS A1 – ImageSat International (<http://www.imagesatintl.com/>)

IKONOS – Space Imaging (<http://www.spaceimaging.com/>)

OrbView 3 – Orbimage
(<http://www.orbimage.com/>)

QuickBird – Digital Globe
(<http://www.digitalglobe.com/>)

SPOT 5 – Spot Image
(<http://www.spotimage.fr/home/>)

<http://www.mapasnet.com>

Casos de aplicação

Exemplo de classificação de imagem

Detecção de Alterações

Produção de carta-imagem

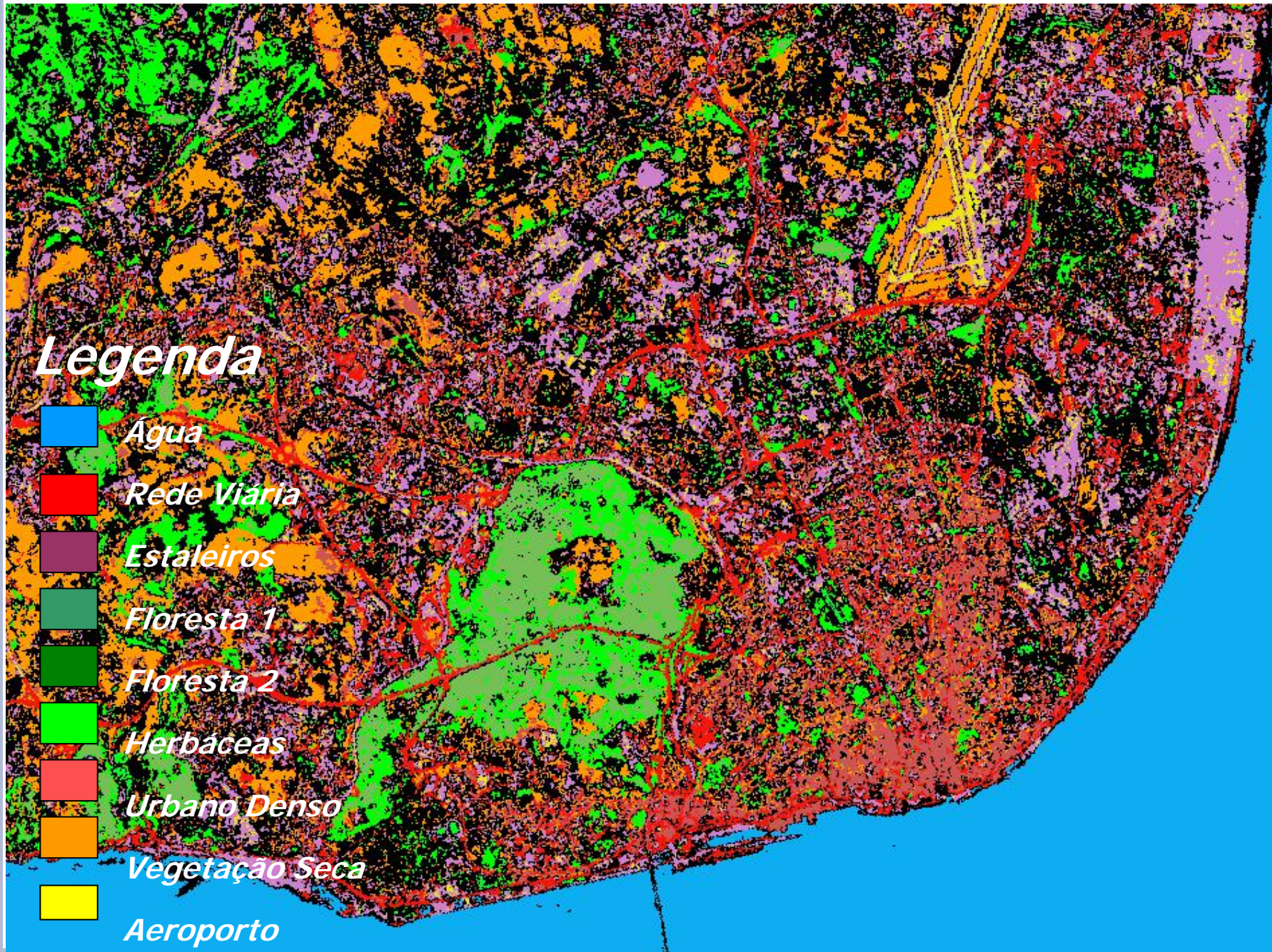


INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

Classificação



Imagem original multi-espectral SPOT de 1995 (20m de resolução espacial)



Legenda

-  *Água*
-  *Rede Viária*
-  *Estaleiros*
-  *Floresta 1*
-  *Floresta 2*
-  *Herbáceas*
-  *Urbano Denso*
-  *Vegetação Seca*
-  *Aeroporto*

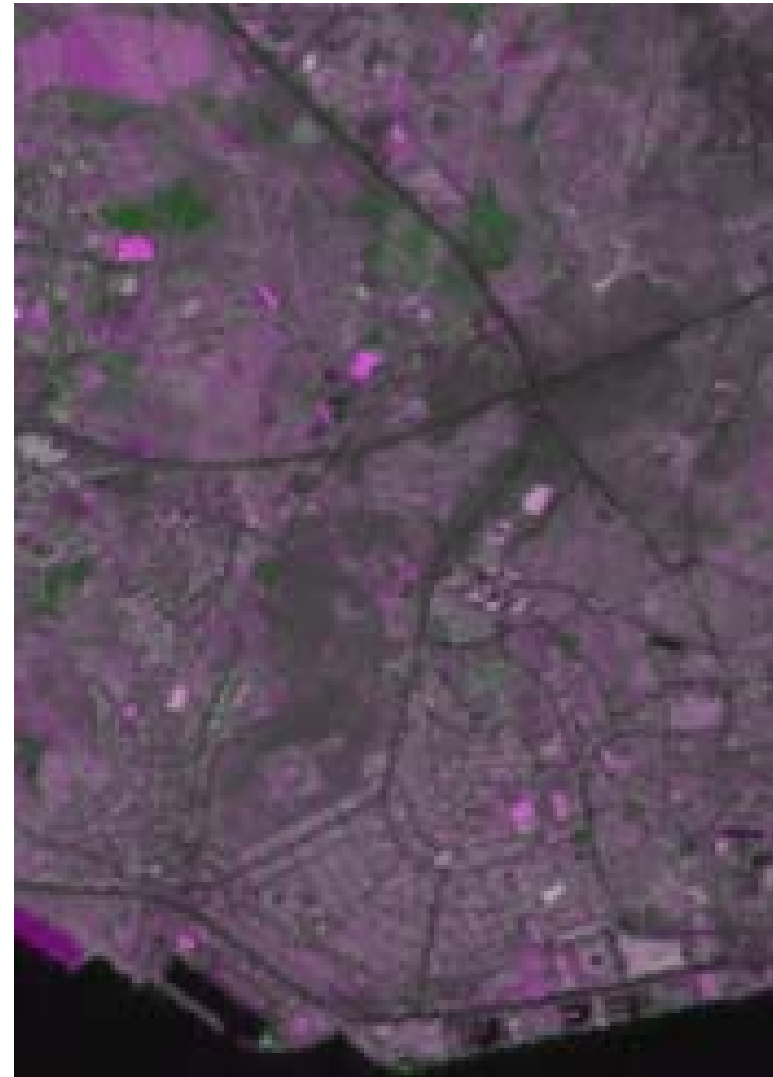
Detecção de Alterações

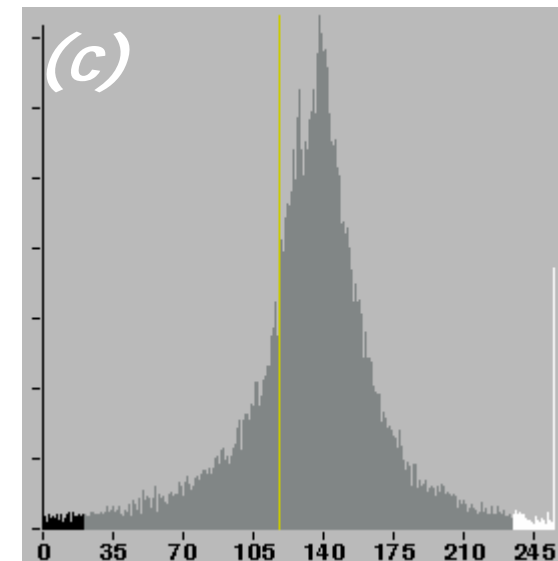
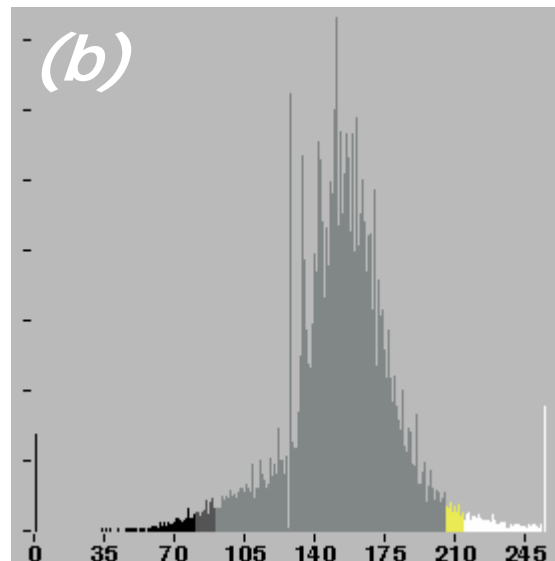
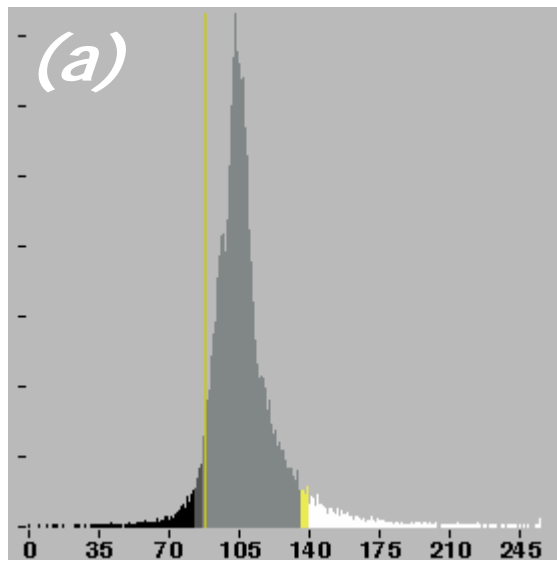
*Composição colorida da
banda 3 das imagens SPOT
XS (20m) de 1986 e 1991*

R = banda 3 de 91

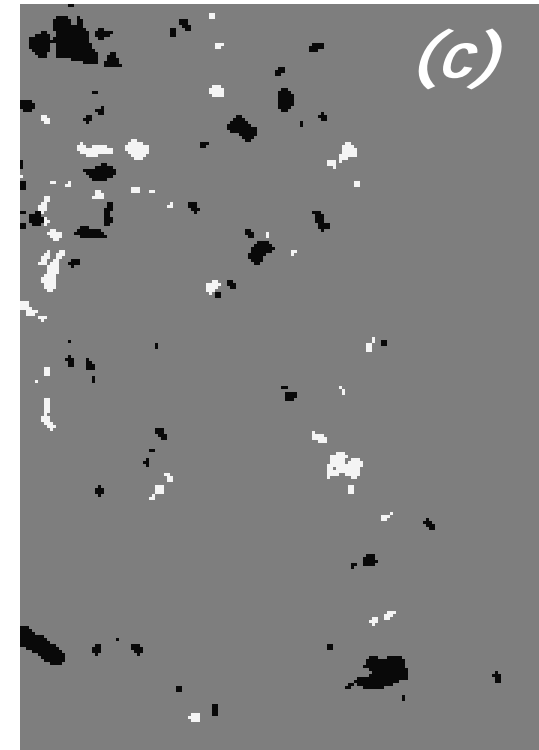
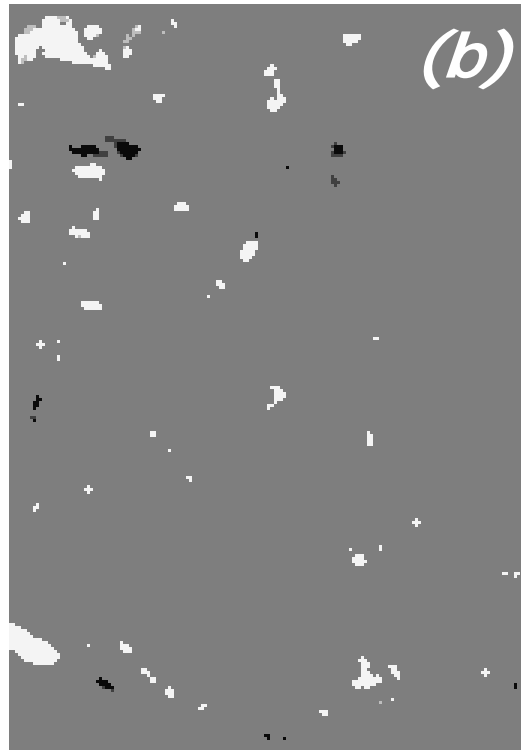
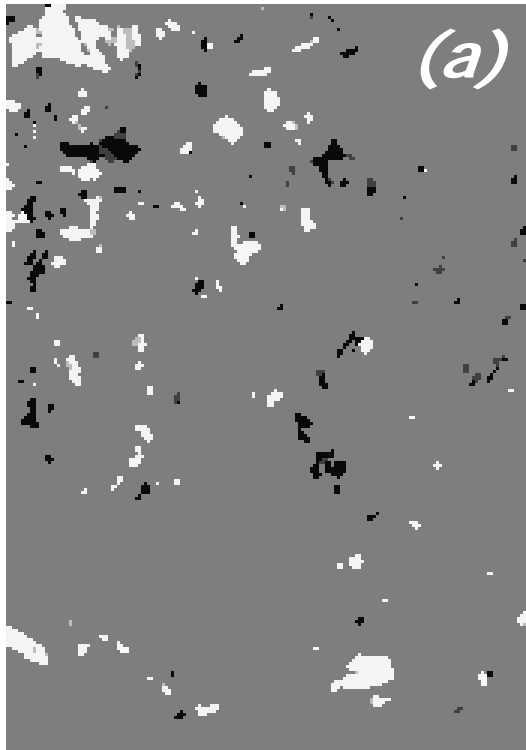
G = banda 3 de 86

B = banda 3 de 91





Histogramas de imagens resultantes de operações multiespectrais: (a) subtração da banda 2; (b) divisão da banda 2; (c) terceira componente principal.



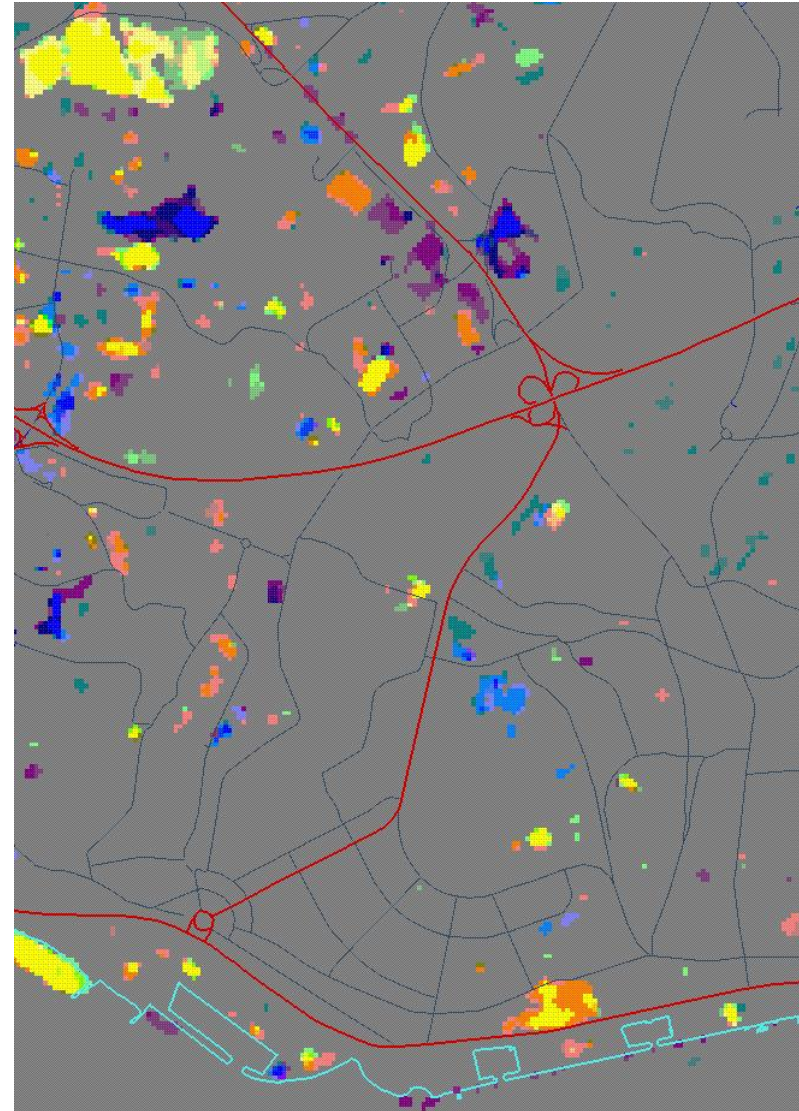
*(a) subtracção da banda 2; (b) divisão da banda 2;
(c) terceira componente principal.*

*Composição colorida obtida
pela aplicação de diferentes
métodos*

subtração banda 2 = R

divisão banda 2 = G

3^a componente principal = B



Cartas Imagem Ikonos de Setúbal



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO





INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

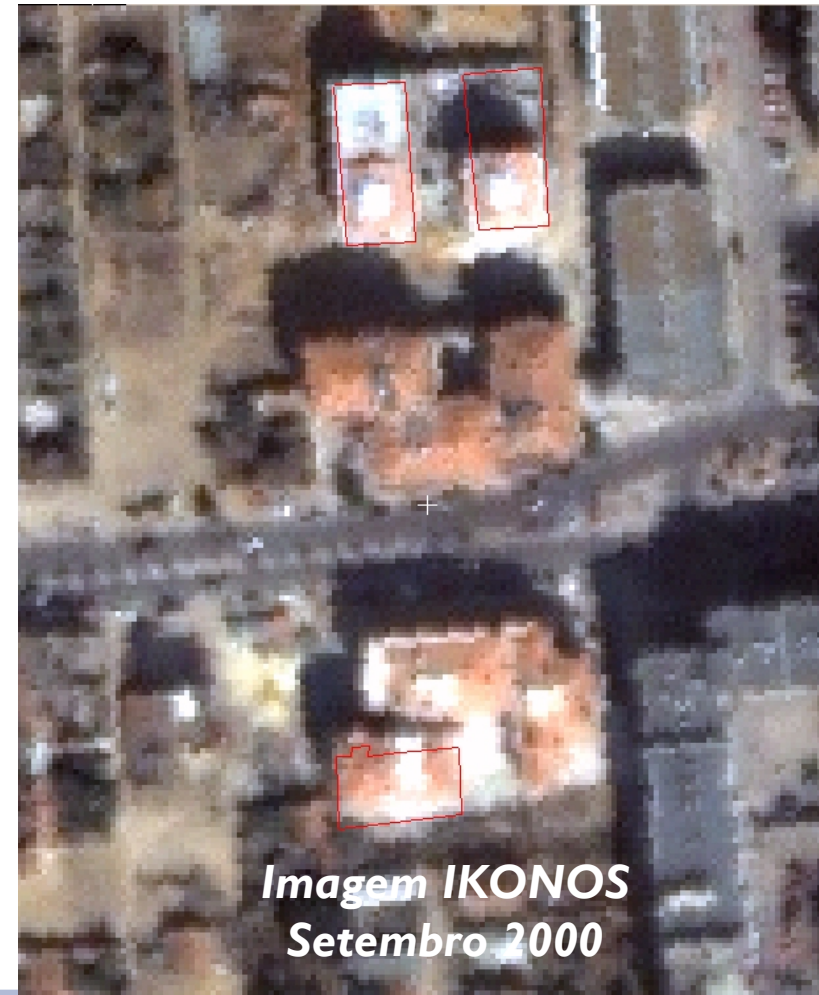


Pormenor do centro urbano

Comparação com os resultados obtidos com a ortofotoplanta



Comparação com os resultados obtidos com a ortofotoplanta



Pesquisa de Imagens

CARTERRA ONLINE HTML Client V3.2.6 - Microsoft Internet Explorer

Select Products

Layers Symbology

Edit Legend

mapserver.spaceimaging.com

	Display	Info
Airports	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Cultural Places	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Populated Places	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Spot Heights	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Railroads	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Roads	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Rivers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
US Zip Codes	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
UTM Zones	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
State Plane Zones	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

2000011649600THC
2000010286600THC
2000011736900THC
2000011737000THC

Salao
Capelo
HORTA
MADALE

Imagens arquivo da Spacing Imaging IKONOS

	Preview Image	Show Footprint	Image Order Preview	Metadata Gallery Qty	Date Acquired	Cloud Cover	Elevation Angle	Image ID
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2001/11/12	17	80.1429	2000011737000THC
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2001/11/12	9	69.6599	2000011736900THC
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2001/11/12	0	80.1429	2000011737001THC
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2001/11/12	0	69.6599	2000011736901THC
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2001/11/04	25	65.3289	2000011649500THC

Map Details 1 Meter



CARTERRA ONLINE HTML Client V3.2.6 - Microsoft Internet Explorer

Pan Zoom In Zoom Out Full Extent Footprint Select AOI Calc. AOI Info Print Help Exit

Select Products Space **Zoom Out Full Extent** Prepackaged Products

Layers Symbology

Edit Legend

mapserver.spaceimaging.com

	Display	Info
Airports	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Cultural Places	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Populated Places	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Spot Heights	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Railroads	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Roads	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Rivers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
US Zip Codes	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
UTM Zones	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
State Plane Zones	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

Corvo

Imagens arquivo da Spacing Imaging IKONOS

Ponta Delgada
Fajazinha
Lajes

2000015777600THC

Preview Image	Show Footprint	Image Order Preview	Metadata Gallery	Qty	Date Acquired	Cloud Cover	Elevation Angle	Image ID
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2002/08/22	4	67.3195	2000015777600THC
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2002/08/19	75	70.404	2000015730700THC
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2002/08/11	99	72.6995	2000015613300THC
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2002/08/08	32	69.1567	2000015564400THC
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2002/08/03	14	68.4235	2000015484100THC

Map Details 1 Meter



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

Browse image for row 1 of 1 Meter - Microsoft Internet Explorer

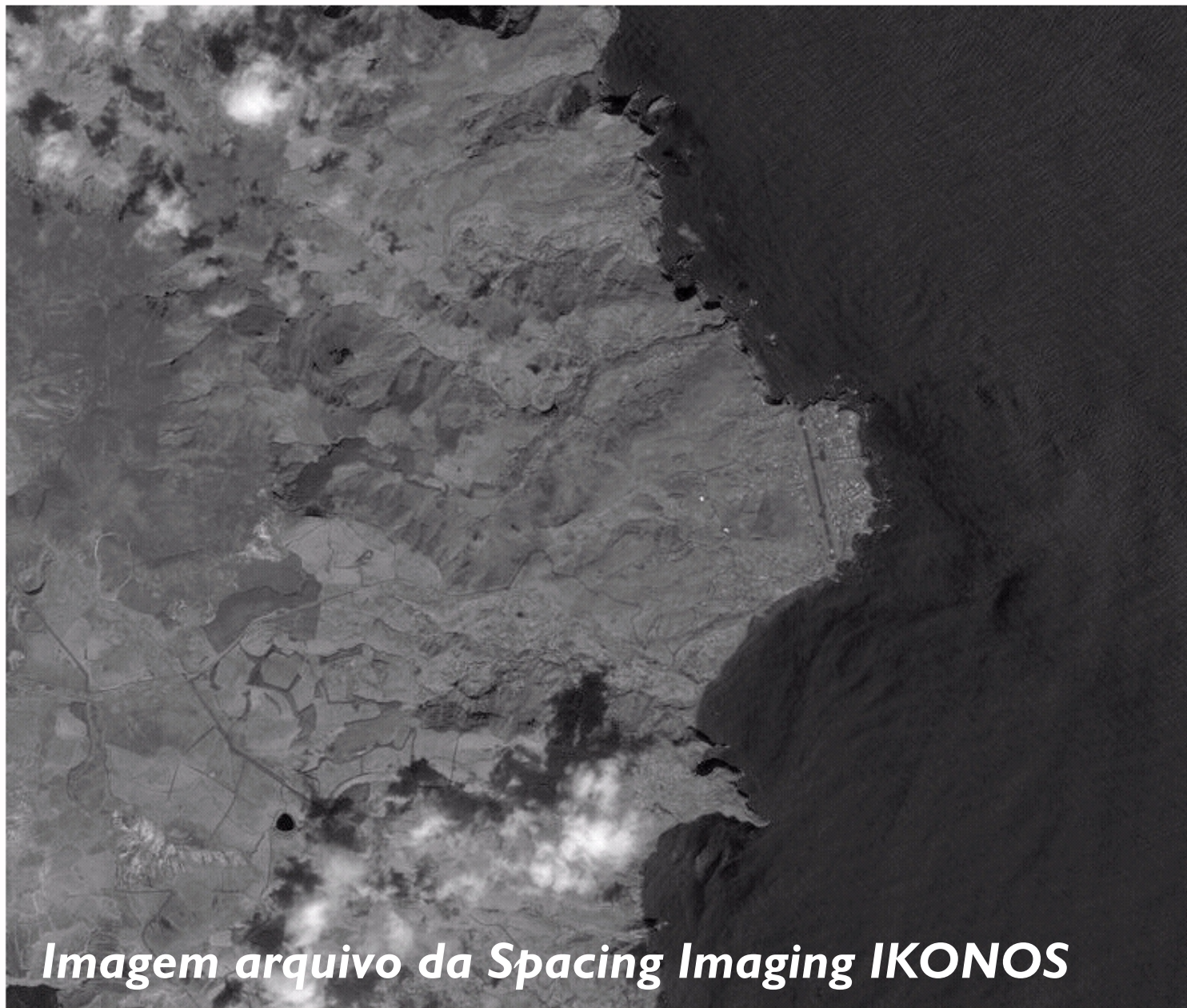


Imagem arquivo da Spacing Imaging IKONOS

SET MAP VIEW ?

Center Point:
-25.5 Lon 37.8 Lat

SEARCH CRITERIA ?

Cloud Cover:
20% or less

Image Quality:
50 - Fair or better

Off Nadir Angle:
30 degrees or less

Begin Date:
2002-01-19

End Date:
2002-10-03

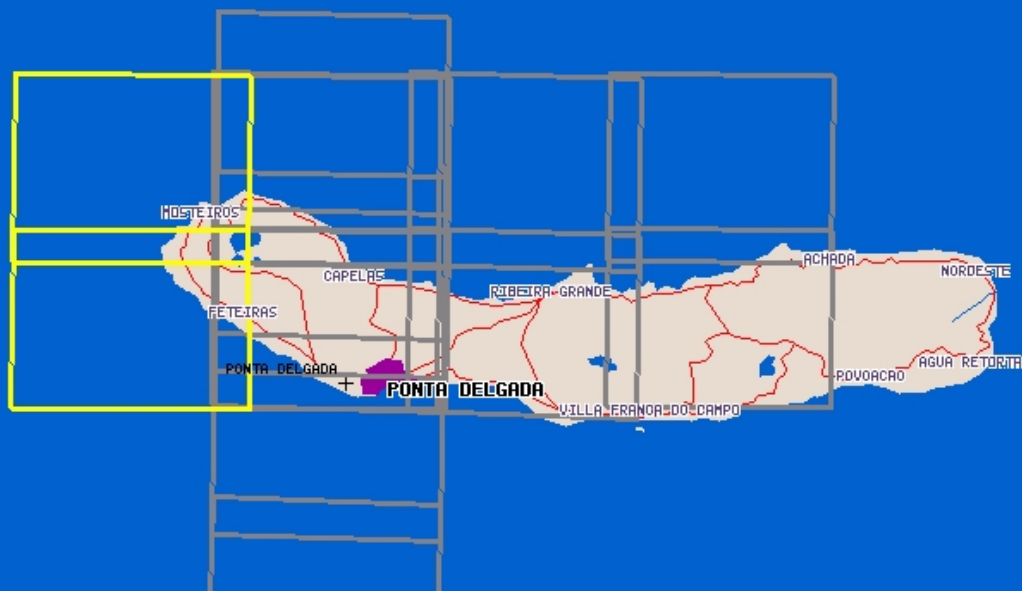
LAST 30 DAYS

SHOW ALL

DEFAULT CRITERIA

Server Load:
Moderate

Imagem arquivo da Digital Globe QuickBird



SUBMIT BASKET ?

ENTIRE ARCHIVE HIGHLIGHT MEETS CRITERIA BASKET

SEARCH RESULTS

SHOPPING BASKET

BASKET	HIGHLIGHT	DETAILS	ACQUISITION DATE	CLOUD COVER	OFF-NADIR	QUALITY	CATALOG ID ↑
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	view	2002-09-02	10%	14	90 - Excellent	10100100011D8A01
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	view	2002-09-02	2%	14	90 - Excellent	10100100011D8A02

Catalog ID: **10100100011D8A02** Acq Date: **02-Sep-2002 12:38:09GMT** Lat/Long: **37.79567° / -25.88288°**

Off Nadir Angle: **15°** Target Azimuth: **83°** Cloud Cover: **3%** Image Quality: **90**



**Imagem arquivo da Digital Globe
QuickBird**

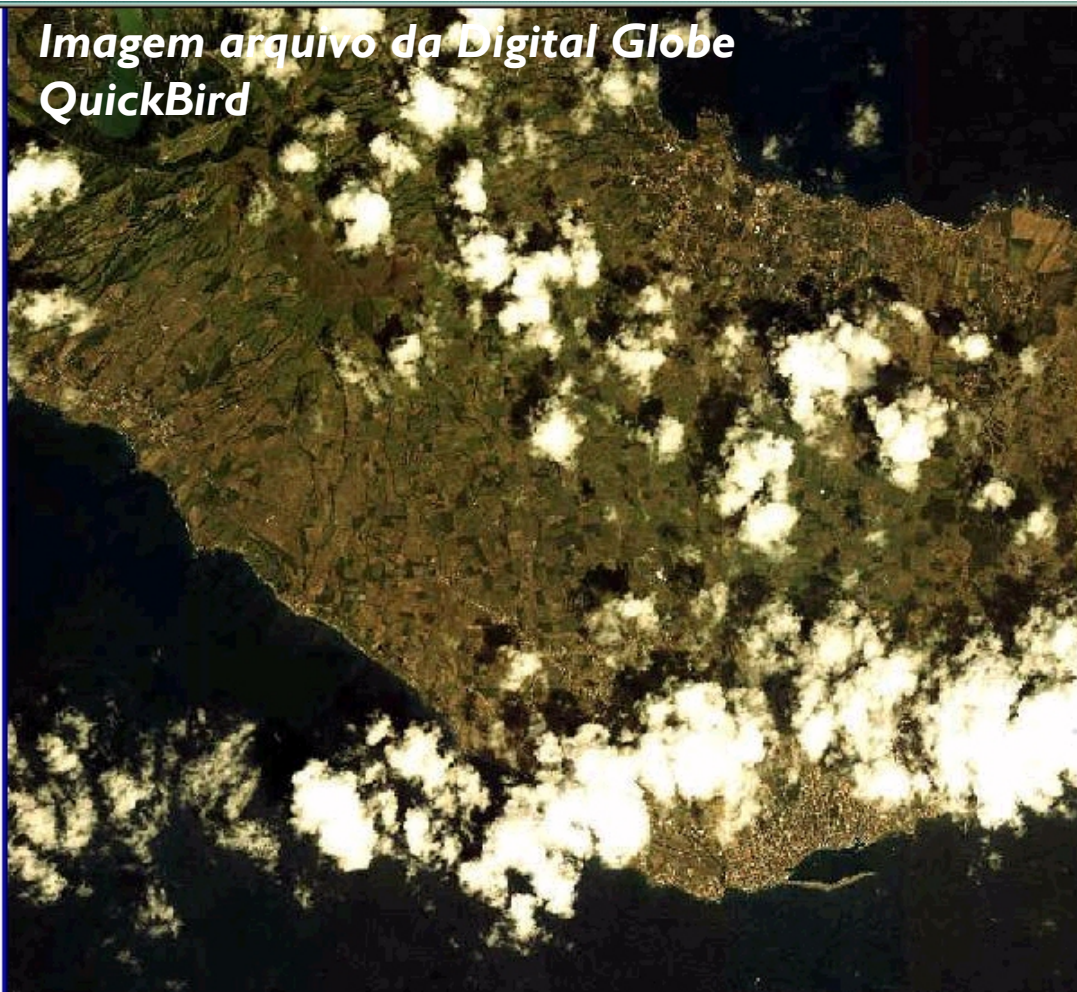
Image Metadata

ACQUISITION DATE	2002-09-02
ACQUISITION TIME	12:38
CLOUD COVER	2%
CATALOG ID	10100100011D8A02
PAN RESOLUTION	0.64 meters
MULTI RESOLUTION	2.57 meters
QUALITY	90 - Excellent
OFF-NADIR	14 degrees

Image Location

Vertex	Latitude	Longitude
southwest	37.7183	-25.985
northwest	37.8729	-25.983
northeast	37.8724	-25.781
southeast	37.7191	-25.781
center	37.7957	-25.8825

Imagem arquivo da Digital Globe QuickBird



DIGITALGLOBE™

©DigitalGlobe 2002. All Rights Reserved

To Order Call: 303-702-5561 or 800-496-1225
Email: orders@digitalglobe.com
Or [Click Here To Find Your DigitalGlobe Reseller](#)

Image Metadata

ACQUISITION DATE	2002-08-28
ACQUISITION TIME	12:33
CLOUD COVER	37%
CATALOG ID	101001000115A902
PAN RESOLUTION	0.61 meters
MULTI RESOLUTION	2.45 meters
QUALITY	70 - Good
OFF-NADIR	4 degrees

Image Location

Vertex	Latitude	Longitude
southwest	37.7189	-25.815
northwest	37.8719	-25.813
northeast	37.8715	-25.622
southeast	37.7186	-25.624
center	37.7952	-25.7185

Close