



Satélites para deteção remota aplicada à Gestão Territorial



Satélites para deteção remota

aplicada à Gestão Territorial

Mauricio Labrador García
Juan Antonio Évora Brondo
Manuel Arbelo Pérez

Tradução: Artur Gil

Parceiros:

*Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas. Gobierno de Canarias.
Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera (GOTA). Universidad de La Laguna
IROA, S.A. - Instituto Regional de Ordenamento Agrário Região Autónoma dos Açores.*

*Projecto SATELMAC, Programa de Cooperação Transnacional Madeira - Açores
- Canárias -2007-2013 (PCT-MAC) .*

*Co-financiado pelo Fundo Europeu para o Desenvolvimento Regional (FEDER) e pelo
Governo das Canárias.*

Editor: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias.

ISBN:

Depósito legal: *TF 433-2012*

Autores:

Mauricio Labrador García. GMR Canarias.

Juan Antonio Évora Brondo. Dirección General de Agricultura y Desarrollo Rural.

Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias.

Manuel Arbelo Pérez. Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera (GOTA).

Universidad de La Laguna.

Desenho Gráfico e Maquetagem: *Ayatima Tenorio Herrera. GMR Canarias.*

Tradução: *Artur Gil. Universidade dos Açores*

Índice

APRESENTAÇÃO	7
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA DETEÇÃO REMOTA	9
Introdução	9
Um pouco de história	10
Componentes do processo de Detecção Remota	12
O espectro eletromagnético	13
Refletância da superfície terrestre	14
Características orbitais dos satélites para Detecção Remota	15
Resolução dos sensores remotos: Espacial, Espectral, Radiométrica, Temporal	16
Tipos de imagens de Detecção Remota	21
SATÉLITES PARA DETEÇÃO REMOTA	22
DMC	24
EARTH OBSERVING-1 (EO-1)	26
EROS-A/EROS-B	28
FORMOSAT-2	30
GEOEYE-1	32
IKONOS	34
KOMPSAT-2	36
LANDSAT-7	38
QUICKBIRD	40
RAPIDEYE	42
RESOURCESAT-2	44
SPOT-5	46
TERRA (EOS-AM 1)	48
THEOS	50
WORLDVIEW-2	52
MISSÕES FUTURAS	54
PARÂMETROS BÁSICOS PARA A AQUISIÇÃO DE IMAGENS DE DETEÇÃO REMOTA	57
GLOSSÁRIO	59
BIBLIOGRAFIA	62



Imagem PS (0,6m/pixel) do QUICKBIRD.
Central Solar Térmica em Sevilha (Espanha)
Fonte: DigitalGlobe

Apresentação

A Detecção Remota converteu-se nas últimas décadas numa ferramenta imprescindível em vários domínios da nossa sociedade. São numerosos os exemplos de aplicações de Detecção Remota usado no apoio à tomada de decisão na gestão de recursos naturais, meteorologia, agricultura e gestão florestal de precisão, ordenamento do território, elaboração de cartografia temática, etc. Atualmente, o grande potencial de utilização que oferece esta tecnologia reflete-se na extensa oferta de imagens captadas pelo numeroso conjunto dos satélites para observação da Terra que orbitam o nosso planeta. Esta diversidade de opções obriga o investigador, técnico ou decisor a realizar uma análise exaustiva da oferta existente e dos respectivos custos, estudo este que requer um conhecimento básico da oferta disponível e do respectivo potencial. Eleger correta e eficientemente o conjunto de imagens que se pretende adquirir requer a existência de um inventário atualizado que liste e resuma de modo objetivo as principais opções atualmente disponíveis no mercado. Este tipo de informação ainda não tem sido efetiva e eficazmente disponibilizado aos potenciais utilizadores de dados de deteção remota.

A presente publicação consiste na caracterização das diferentes plataformas de satélite para observação da Terra que possam proporcionar ao utilizador um uso potencial na gestão do território macaronésico. Inclui um catálogo esquematizado y prático da oferta atualmente existente dos sensores de alta e média resolução mais populares. Por cada opção existente no mercado são descritas as suas características principais, os produtos que oferecem e as formas de aquisição e custos atuais, com o objetivo de facilitar a tarefa às pessoas e/ou instituições que pretendam adquirir este tipo de imagens. Também é apresentada uma breve introdução à Detecção Remota para que o leitor não especializado tenha a possibilidade de adquirir conhecimentos básicos acerca desta tecnologia.

Este trabalho é fruto de um dos objetivos decorrentes do Projeto “Uso de imagens de satélite de alta resolução para a gestão do território macaronésico” (SATELMAC), aprovado na primeira convocatória do Programa de Cooperação Transnacional Madeira Açores Canárias (PCT-MAC) 2007-2013, que tem como líder a “Direção Geral de Agricultura y Desarrollo Rural de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias”, e cujos parceiros de projeto são o “Grupo de Observación de la Tierra y la Atmosfera de la Universidad de La Laguna (GOTA)” e o “Instituto Regional de Ordenamento Agrário dos Açores, S.A. (IROA)”.

O projeto SATELMAC enquadra-se no Eixo 1 do PCT-MAC 2007-2013, que promove a investigação, o desenvolvimento tecnológico, a inovação e a sociedade de informação. O seu objetivo principal é impulsionar o uso de novas tecnologias através do uso de Detecção Remota na região macaronésica, em aplicações de apoio à decisão à gestão territorial nos domínios da agricultura, conservação da natureza e florestas.

Toda a informação relacionada com este projeto pode ser consultada na página web do SATELMAC em <http://www.satelmac.com>.

Introdução

A Terra só foi observada como sendo uma esfera azulada no meio do Espaço (Figura 1) por apenas uma vintena de privilegiados: os astronautas que viajaram à Lua. Foram os tripulantes do vaivém espacial Apolo 8, no final de 1968, os primeiros a desfrutar desse espetáculo. Felizmente todos podemos ter essa visão da Terra na atualidade graças aos satélites de Detecção Remota.

Mas afinal como pode ser definido o termo “Detecção Remota”? “Detecção Remota” é a expressão usada na Língua Portuguesa que é a tradução literal do termo inglês “*Remote Sensing*”. Refere-se à ciência, técnica e inclusivamente “arte” (segundo alguns autores) de obtenção de informação (imagens) de forma remota da superfície terrestre, sem que haja contacto direto com esta. A Detecção Remota também inclui todo o trabalho realizado a posteriori com estas imagens, desde o processamento à interpretação dos resultados.

O tipo de Detecção Remota mais usado é a captura de imagens desenvolvida com recurso a satélites ou plataformas aerotransportadas (aviões, helicópteros ou veículos aéreos não tripulados). No entanto, as vantagens oferecidas pela observação espacial por satélite - de entre as quais se destacam a cobertura global, repetitiva e exaustiva da superfície terrestre assim como a observação multiescolha e não invasiva - têm proporcionado o desenvolvimento e utilização massiva deste tipo de tecnologia de forma sistemática.



Figura 1. Imagem da Terra resultante da combinação de vários sensores de Detecção Remota.

Um pouco de história

A Detecção Remota, tal como é entendida e perspetivada na atualidade, teve o seu início no período entre 1946 e 1950 com o lançamento no Novo México (EUA) dos primeiros foguetes V-2 com pequenas câmeras fotográficas integradas como sensores remotos (Figura 2). A partir deste instante, sucederam-se diferentes projetos e missões que obtiveram fotografias da Terra perpetrados por outros foguetes, mísseis balísticos e satélites. Embora a qualidade das primeiras fotografias desde o espaço não fosse boa, permitiu revelar o verdadeiro potencial associado a esta técnica.

A observação sistemática da Terra teve início em 1960 com o lançamento do TIROS-I (*Television Infrared Observation Satellite-I*) (Figura 3), o primeiro satélite meteorológico dotado de uma câmera televisiva de baixa resolução espacial, que permitia aos meteorologistas a distinção entre nuvens, água, gelo e neve. A série de satélites TIROS, conhecida desde 1970 como NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), continua ativa atualmente, sendo o satélite NOAA-19 o último a ter sido colocado em órbita (informação referente a Fevereiro de 2012).

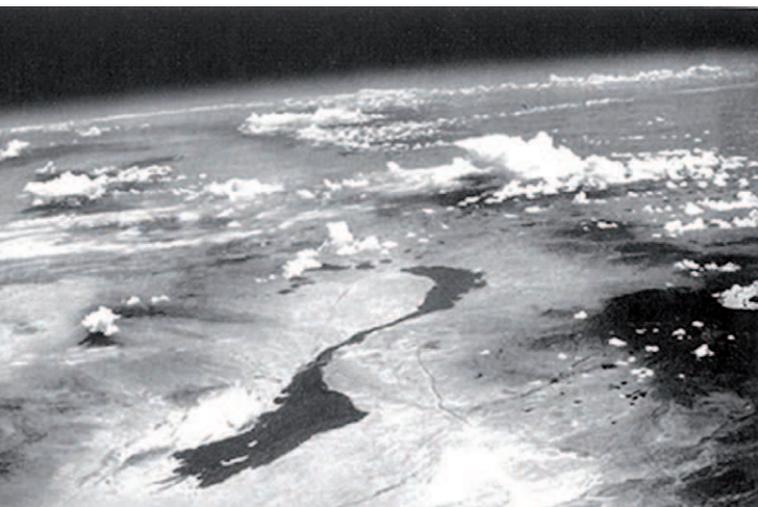
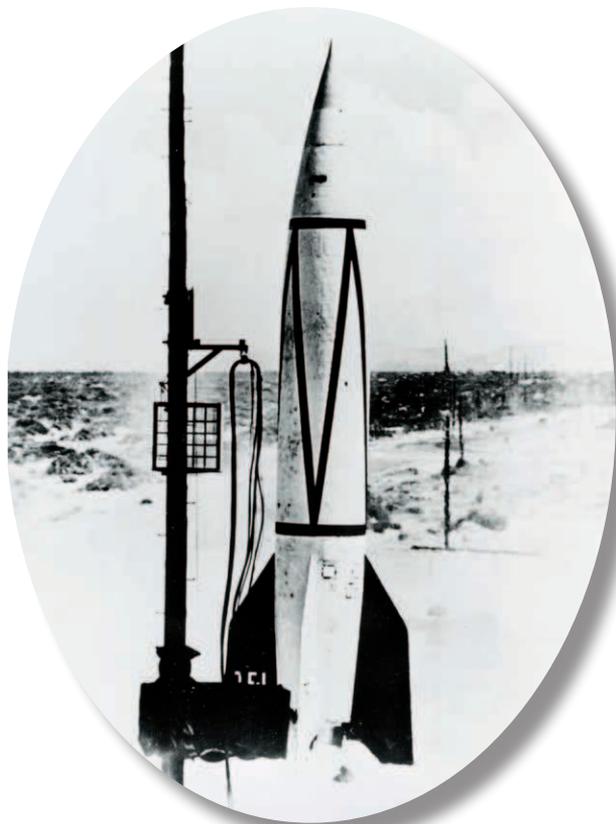


Figura 2.
Foguete V-2 (em cima)
e uma das primeiras
fotografias tiradas a
partir deste tipo de
foguete (à esquerda).

O promissor futuro que aguardava a Detecção Remota confirmou-se definitivamente com os primeiros programas espaciais tripulados da década de 1960: *Mercury*, *Gemini* e *Apolo*. Nas órbitas descritas pelo Apolo 9 em redor da Terra antes de aluar, foi levada a cabo a primeira experiência controlada de fotografia multispectral para estudar os recursos naturais da superfície terrestre. As fotografias foram captadas usando uma película pancromática com filtros vermelhos e verdes, outra película a preto e branco do infravermelho próximo, e uma última a cores. Os bons resultados obtidos, em conjunto com o sucesso das imagens dos primeiros satélites meteorológicos, levaram em 1967 a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e o Departamento do Interior dos EUA a desenvolver o programa de observação ERTS (*Earth Resources Technology Satellites*), mais conhecido por LANDSAT (Figura 4). O primeiro satélite desta série foi lançado a 23 de Julho de 1972 e foi operado até 6 de Janeiro de 1978. Este projeto afirmou-se como sendo um dos de maior sucesso até à atualidade. O último satélite desta série, o LANDSAT 7, foi lançado a 15 de Abril de 1999. Embora tendo tido problemas técnicos relevantes (sobretudo a partir de 2003), continua em atividade até à data.

A partir dos satélites LANDSAT, o interesse da comunidade científica internacional e da sociedade em geral pela Detecção Remota cresceu exponencialmente, sendo na atualidade na ordem dos milhares os estudos realizados com as imagens adquiridas pelos satélites. Novas missões e projetos para a observação da Terra foram desenhados e continuam a ser desenvolvidos, alguns dos quais serão descritos no âmbito deste documento.



Figura 3. TIROS-I (em cima).
Primeira imagem televisiva desde o espaço (em baixo).

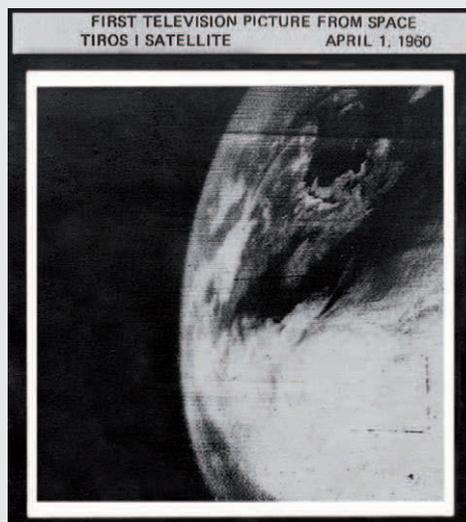
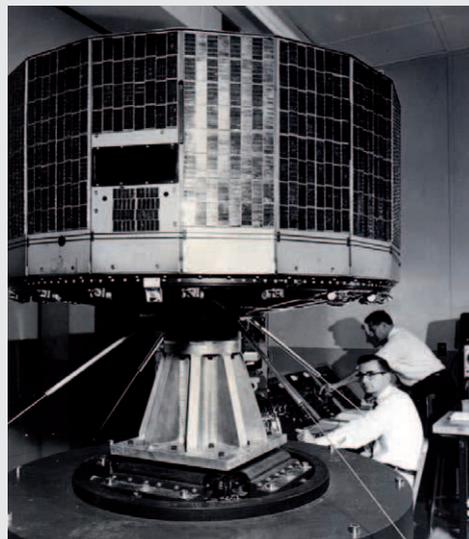


Figura 4. LANDSAT 7 antes da sua colocação em órbita.

Componentes do processo de Detecção Remota

Os componentes que integram o processo usual de Detecção Remota por satélite estão representados na Figura 5. O primeiro requisito supõe dispor de uma fonte de energia que ilumine ou forneça energia ao objeto de interesse (campo cultivado, bosque, mar, cidade, etc.). O caso mais habitual consiste em que esta fonte energética seja o próprio Sol (A). A radiação solar, no seu percurso até à Terra, atravessa e interage com a atmosfera (B). Após alcançar a superfície terrestre, interage com os objetos que nela se encontram. A radiação refletida depende das características dos objetos, permitindo assim estabelecer uma distinção entre eles (C). Um sensor a bordo de um satélite recolhe e grava a radiação refletida pela superfície terrestre e pela própria atmosfera (D). A energia captada pelo sensor é transmitida a uma estação de receção e processamento na qual os dados fornecidos são convertidos em imagens digitais (E). A imagem processada é visual e digitalmente interpretada de modo a extrair informação acerca dos objetos que foram iluminados (F). O passo final do processo de Detecção Remota consiste em integrar e aplicar a informação extraída da imagem em procedimentos de caracterização e avaliação da zona de estudo, para incrementar o conhecimento acerca da mesma e para suportar um melhor planeamento e gestão (G).

A energia captada pelo sensor é transmitida a uma estação de receção e processamento na qual os dados fornecidos são convertidos em imagens digitais (E). A imagem processada é visual e digitalmente interpretada de modo a extrair informação acerca dos objetos que foram iluminados (F). O passo final do processo de Detecção Remota consiste em integrar e aplicar a informação extraída da imagem em procedimentos de caracterização e avaliação da zona de estudo, para incrementar o conhecimento acerca da mesma e para suportar um melhor planeamento e gestão (G).

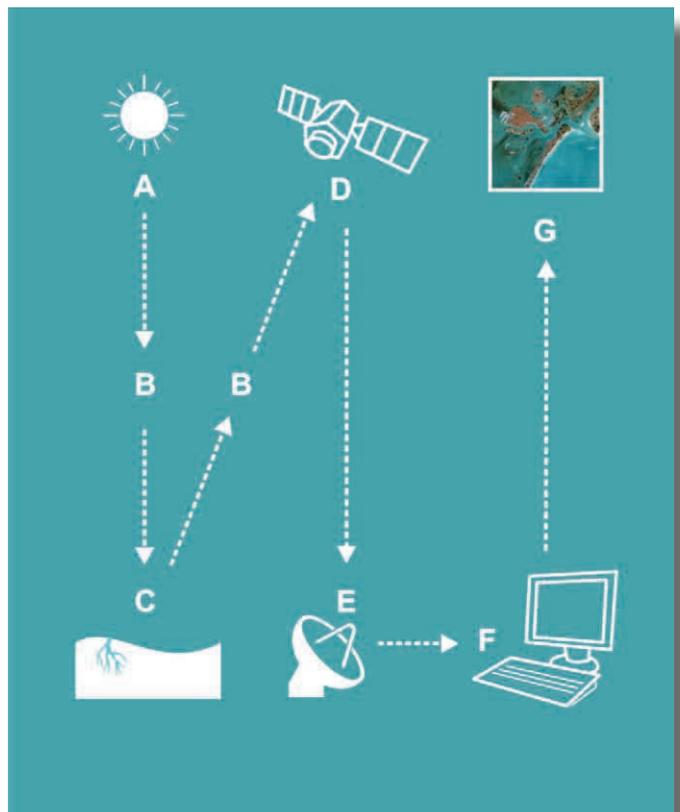


Figura 5.
Componentes do processo
de Detecção Remota por
satélite.

O espectro eletromagnético

Os olhos dos seres humanos podem ser considerados sensores remotos dado que detectam a luz refletida pelos objetos em seu redor. No entanto, a visão humana apenas consegue processar uma pequena parte do espectro eletromagnético, o “visível”.

A luz visível é apenas uma das muitas formas de radiação eletromagnética existentes; as ondas de rádio, o calor, os raios ultravioleta e o raio-X são outras formas bastante comuns. Em Detecção Remota, é comum caracterizar as ondas eletromagnéticas pelo seu comprimento de onda, em micrómetros (μm , 10^{-6} m) ou em nanômetros (nm, 10^{-9} m), consoante a posição que ocupam no espectro eletromagnético, ficando desta forma definidas as diferentes regiões do mesmo. Embora por convenção lhes sejam associadas determinadas denominações (ultravioleta, visível, infravermelho, micro-ondas, etc.), não existem divisões exatas entre umas e outras (Figura 6).

Os sensores para Detecção Remota existentes a bordo de satélites são capazes de detectar e registar radiações das regiões não visíveis do espectro eletromagnético, desde o ultravioleta às micro-ondas.

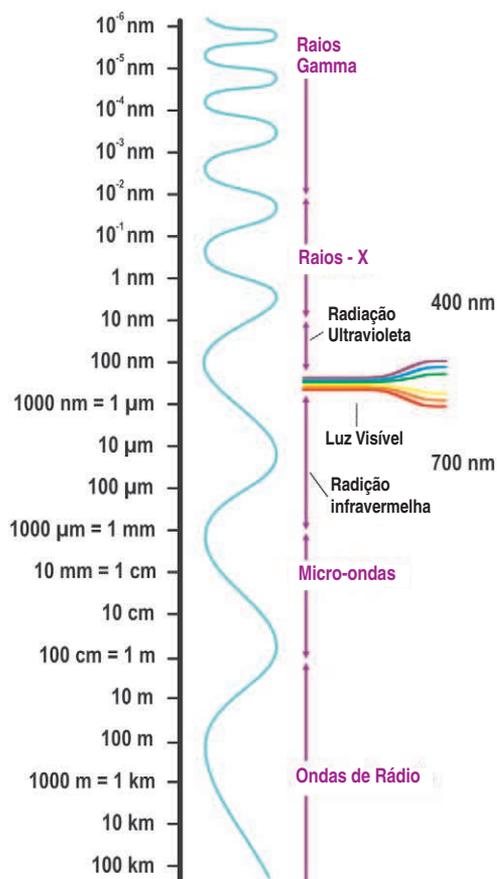


Figura 6.
Espectro
eletromagnético.

O visível (VIS) é uma pequena região do espectro eletromagnético que apenas abrange o intervalo entre $0.4 \mu\text{m}$ - $0.7 \mu\text{m}$. A cor azul situa-se de 0.4 a $0.5 \mu\text{m}$; o verde de $0.5 \mu\text{m}$ a $0.6 \mu\text{m}$; e o vermelho de $0.6 \mu\text{m}$ a $0.7 \mu\text{m}$. A energia ultravioleta (UV) encontra-se imediatamente abaixo da cor azul. Acima da cor vermelha situa-se a região do infravermelho (IV), dividida em três categorias: IV próximo (NIR) ($0.7 - 1.3 \mu\text{m}$), IV médio (SWIR) ($1.3 - 3 \mu\text{m}$) e IV térmico (TIR) ($3 - 100 \mu\text{m}$). A porção do espectro associada às micro-ondas situa-se para além do IV, registando os maiores comprimentos de onda usadas em Detecção Remota ($1 \text{ mm} - 1 \text{ m}$). Neste mesmo grupo, as ondas mais curtas têm propriedades similares ao IV térmico. As restantes são similares às usadas nas telecomunicações. Existem atualmente discrepâncias entre vários cientistas e especialistas no que respeita ao uso associado à radiação desta região do espectro, nomeadamente na determinação de frequências de onda para telecomunicações por um lado, e na classificação e aplicações de micro-ondas em Detecção Remota por outro.

Refletância da superfície terrestre

A Refletância espectral é uma característica da superfície terrestre que é fundamental em Detecção Remota. Pode ser definida como a proporção de energia incidente que é refletida por uma determinada superfície. Caracteriza-se por ser uma grandeza adimensional que pode apresentar valores entre 0 e 1 ou expressos em percentagem (0 - 100%). Para uma determinada superfície, este parâmetro varia em função do comprimento de onda. O gráfico que ilustra a relação entre a refletância espectral e o comprimento de onda é denominado de curva de refletância espectral ou assinatura espectral (Figura 7). A configuração destas curvas permite extrair as características espectrais de uma superfície e deverá ter uma grande influência na escolha da região espectral sobre a qual deverão incidir os dados de Detecção Remota a adquirir e a processar no âmbito de uma determinada aplicação ou estudo.

Por exemplo, as curvas de refletância espectral da vegetação apresentam geralmente uma configuração semelhante (de picos e vales) à ilustrada na Figura 7. Os vales na região do visível resultam da existência de pigmentação nas folhas das plantas.

A clorofila absorve fortemente energia nas bandas centradas em 0.45 e 0.67 μm . É por esta razão que os nossos olhos vêem a vegetação sã e vigorosa com a cor verde, devida à elevada absorção no azul e vermelho e à reflexão no verde pelas folhas. Quando a vegetação não está sã, a clorofila diminui e daí resulta um aumento da refletividade espectral no vermelho que irá provocar que vejamos essa mesma vegetação com um tom amarelado (mistura de verde e vermelho). Ao chegar à zona do IV próximo a refletância da vegetação sã aumenta drasticamente. A região do espectro situada entre 0.7-1.3 μm reflete de 40 a 50% da energia incidente. O resto da energia é transmitida na sua quase totalidade, dado que nesta região a absorção é inferior a 5%. A refletância de entre 0.7-1.3 μm é função da estrutura interna das folhas. Como estas são distintas, permite distinguir diferentes tipos de vegetação que parecem muito similares na região do visível. Para além de 1.3 μm , a refletância das folhas é inversamente proporcional ao seu conteúdo total de água, razão pela qual esta região do espectro é útil para detectar stress hídrico na vegetação.

Os solos não apresentam praticamente nenhuma variação na refletância ao longo de todo o espectro eletromagnético (Figura 7). No entanto, os principais fatores que podem afetar esta variação são a humidade, a textura, a rugosidade, a presença de óxidos de ferro e de matéria orgânica. Uma maior presença destes fatores implica a redução de refletância do solo (principalmente no visível no caso dos óxidos de ferro).

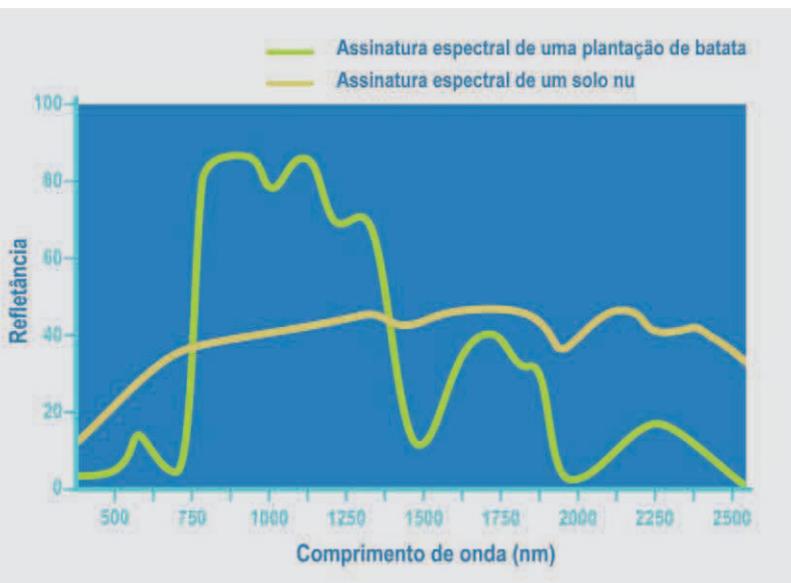


Figura 7.
Curvas de refletância espectral.

Características orbitais dos satélites para Deteção Remota

É denominada de órbita a trajetória seguida por um satélite à volta da Terra. Esta depende das características e objetivos dos sensores que vão a bordo do satélite. Em geral, as órbitas são definidas pela altitude, orientação e rotação relativamente à Terra.

As órbitas geoestacionárias são as descritas pelos satélites que estão situados a grandes alturas e que observam sempre a mesma porção de superfície terrestre (Figura 8 – à esquerda). A sua altura situa-se geralmente cerca dos 36.000 km o seu movimento é efetuado a uma velocidade angular igual à da rotação da Terra, daí permanecerem sempre na mesma posição relativamente à superfície terrestre. Satélites meteorológicos como o METEOSAT têm este tipo de órbitas.

No entanto, a maioria dos satélites para Deteção Remota são desenhados de modo a descrever uma órbita de Norte para Sul. Esta órbita, em conjunto com o movimento de rotação da Terra (de Oeste para Este), permite aos satélites cobrir grande parte da superfície terrestre durante um certo período de tempo. Estas órbitas são denominadas de quase polares devida à inclinação relativamente a uma linha traçada entre os Polos Norte e Sul (Figura 8 – à direita). Muitos dos satélites de órbita quase polar são também denominados de heliosíncronos, dado que cobrem a mesma área da superfície terrestre a uma determinada hora fixa do dia, na chamada hora solar local. Isto significa que, a uma dada

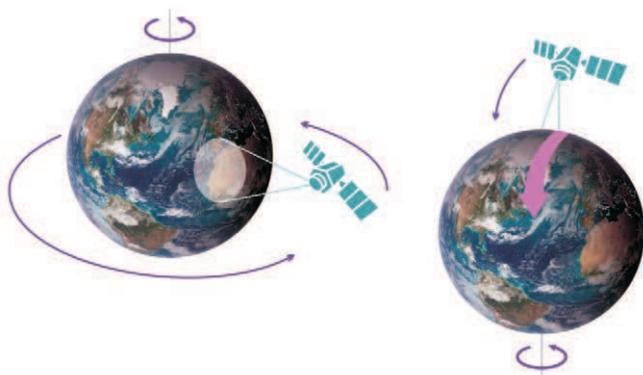


Figura 8. Órbita geoestacionária. Órbita quase polar .



Figura 9. Largura de varredura.

latitude, a posição do Sol no céu, tal como a posição do satélite que passa por cima desta área, serão aproximadamente as mesmas na mesma estação do ano. Este fator assegura condições de iluminação similares quando se adquirem imagens numa estação específica durante diferentes anos consecutivos, ou numa área particular durante uma série de dias. Esta questão é fundamental para detectar e monitorizar alterações verificadas entre imagens ou para construir mosaicos de imagens adjacentes, por não implicar nem o ajustamento nem a correção da luminosidade entre as imagens analisadas.

No seu movimento à volta da Terra, o satélite só regista a informação relativa a uma porção da superfície. A largura da franja da superfície terrestre passível de ser registada pelo sensor é denominada de “largura de varredura” (Figura 9). Esta pode abranger de algumas dezenas a centenas de quilómetros, dependendo do tipo de sensor e da altura do satélite. A largura de varredura de um satélite determina fortemente a sua capacidade de, numa só passagem, registar uma determinada área. Se a largura da área de estudo superar a largura de varredura, a imagem desejada não poderá ser captada numa só passagem, sendo necessária pelo menos mais uma segunda passagem para abranger a totalidade da área de estudo.

Vários satélites modernos possuem a capacidade de reorientar para qualquer direção (*off-nadir*) o sensor durante o processo de aquisição de imagens, captando franjas adjacentes numa só passagem. Este fator traduz-se num incremento da largura de varredura operacional do satélite, o que por sua vez supõe um aumento importante da capacidade de aquisição de imagens por parte dos satélites que integram esta tecnologia (Figura 10).

É preciso também ter em conta que os satélites com órbita quase polar podem captar muitas mais imagens de altas latitudes do que das zonas equatoriais, devido ao incremento do potencial de sobreposição usando larguras de varredura adjacentes, dado que as trajetórias da órbita passam todas muito próximas dos polos.

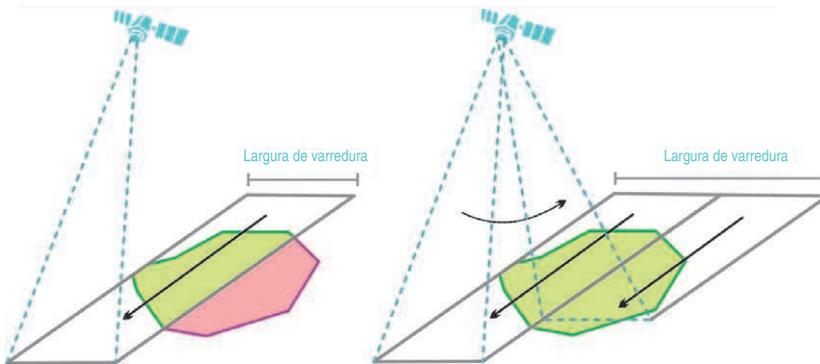


Figura 10: Varrimento simples (à esquerda) e varrimento múltiplo (à direita) numa só passagem do satélite.

Resolução dos sensores remotos

Os sensores instalados nos satélites para Detecção Remota possuem uma série de particularidades que determinam as características das imagens que vão resultar do processo. Estas características são definidas basicamente por diferentes tipos de resolução:

Resolução espacial

A resolução espacial é uma medida da distância angular ou linear mais pequena que pode captar um sensor remoto da superfície terrestre, e é representada por um pixel. Um pixel é a unidade mínima que conforma uma imagem digital (Figura 11).

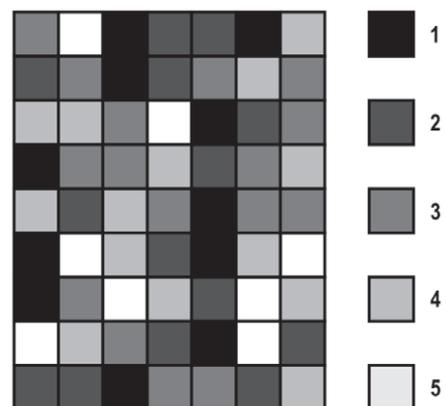


Figura 11. Formato de uma imagem digital (7 x 9 pixels). Cada pixel representa uma área da superfície terrestre. Os tons de cinza de cada pixel estão associados aos distintos níveis de energia detectada.

O pixel tem geralmente uma forma quadrada, pelo que o comprimento no terreno equivalente a um lado do pixel define a resolução espacial do sensor. A resolução espacial de um sensor é normalmente expressa em metros ou metros/pixel.

São vários os fatores que determinam a resolução espacial de um sensor remoto (distância sensor-superfície terrestre, ângulo de visão e campo de visão instantâneo). No caso dos sensores a bordo de satélites, estes fatores são praticamente fixos, razão pela qual a resolução espacial pode ser considerada constante, sempre que o ângulo de visão não seja grande. Por exemplo, a resolução espacial do sensor do satélite GEOEYE-1 é de 1,64 m em visão vertical (nadir) mas a 28° passa a ser de 2 m, ou seja 22% menor.

Quanto maior é a resolução espacial, isto é menor a superfície representada por um único pixel, mais pequenos são os objetos que se podem distinguir na área de estudo. Por exemplo, uma imagem com uma resolução de 0,5 m/pixel permitirá distinguir objetos mais pequenos que uma imagem de 2 m/pixel, como se pode observar na Figura 12.

Para que um objeto homogéneo possa ser detectado, o seu tamanho tem de ser geralmente igual ou maior que a superfície de terreno que representa um pixel. Se o objeto é menor, poderá não ser detectado e o sensor registará um valor correspondente à média de tudo o que exista no interior da área correspondente ao respectivo pixel. No entanto, em alguns casos objetos menores são detectados pelo facto da sua refletância ser a dominante dentro da superfície do pixel.



Figura 12. Imagens com distinta resolução espacial: 2 m/pixel (em cima) face a 0,5 m/pixel (em baixo). Fonte: SATELMAC.

Resolução Espectral

Como referido anteriormente, diferentes superfícies respondem de maneira diferente à radiação eletromagnética. Isto significa que se pode obter uma assinatura espectral específica para cada superfície. Consequentemente, os diferentes tipos de superfícies, naturais ou não, podem ser identificadas com base nas suas assinaturas espectrais (Figura 7), sendo para tal necessário que o espectro seja suficientemente detalhado em termos de intervalos de comprimento de onda, além de cobrir uma larga faixa espectral.

Geralmente, nos dispositivos de Detecção Remota, o registo da radiação é feito tendo como referencia um determinado intervalo de comprimentos de

onda do espectro eletromagnético (Figura 13). Por exemplo, um sensor sensível a comprimentos de onda entre $0,4$ e $0,5 \mu\text{m}$ detectaria a luz azul. Este intervalo é conhecido por “banda espectral” ou “canal dos dados” de uma imagem.

Por resolução espectral de um sensor entende-se o número e largura das bandas espectrais que podem ser discriminadas.

Um incremento da resolução espectral resulta num maior número de canais ou bandas espectrais. No entanto, esta resolução adicional também supõe um custo acrescido em termos de volume de dados e processamento.

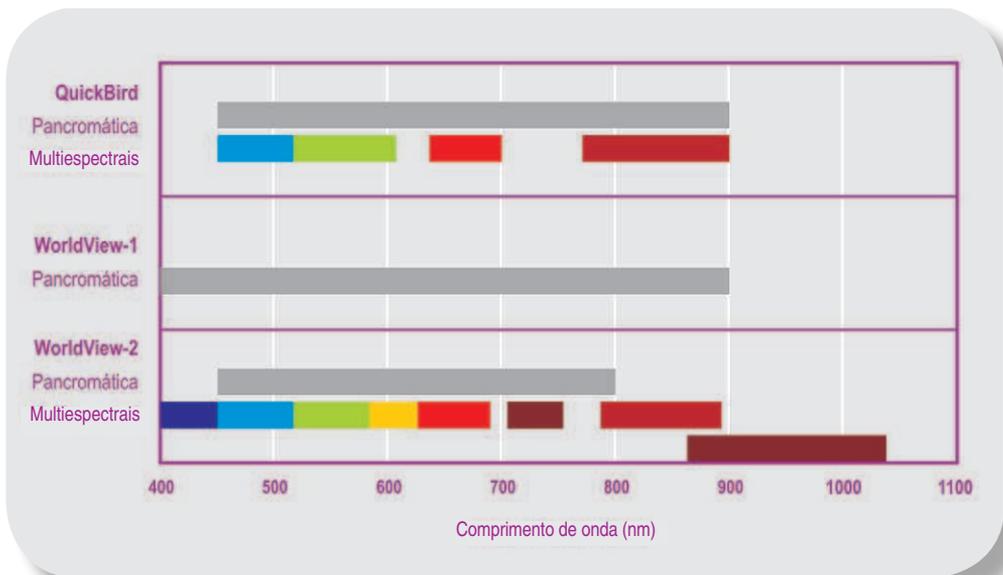


Figura 13. Bandas espectrais de diferentes sensores para Detecção Remota.

Resolução radiométrica

A resolução radiométrica pode ser definida como a quantidade mínima de energia requerida para incrementar o valor de um pixel em um nível digital (ND).

A amplitude ou extensão radiométrica é definida como o intervalo dinâmico - o número máximo de níveis digitais - que podem ser detectados por um determinado sensor. Nos sensores mais recentes, é comum a existência de um intervalo de níveis que vai de 0 a 2047. Neste caso, a resolução radiométrica é de 11 bits, dado que todos os valores deste intervalo podem ser representados mediante 11 bits (dígitos binários) num sistema digital.

A resolução radiométrica em imagens digitais é comparável ao número de níveis de cinzento numa fotografia a preto e branco, dado que ambos estão relacionados com o contraste. O olho humano apenas consegue distinguir aproximadamente 30 tons de cinzento diferentes, o que implica que normalmente a informação visual nas imagens digitais é menor do que a que realmente possuem.

Embora a amplitude radiométrica defina o número máximo de níveis digitais detectáveis por um sensor, normalmente uma imagem real não inclui todos os níveis possíveis. Geralmente, também não coexistem valores máximos e mínimos. Nestes casos podem ser aplicadas técnicas de tratamento de imagens que melhorem a sua aparência visual, mas nunca a resolução radiométrica específica do próprio sensor.

A dispersão e absorção da radiação captada pelo sensor provocadas pela atmosfera reduzem o número de ND nas imagens, especialmente nos comprimentos de onda mais curtos. Em termos visuais isto traduzir-se-ia numa perda de contraste. Existem procedimentos que permitem obter medições de Refletância relativas aos objetos da superfície, eliminando ou reduzindo o efeito da atmosfera (Figura 14).



Figura 14.
Imagem original captada por um satélite (em cima). Imagem com efeito atmosférico corrigido (em baixo). Fonte: Satellite Imaging Corporation.

Resolução temporal

A resolução temporal consiste no ciclo de repetição, ou seja, no intervalo de tempo que decorre entre duas aquisições sucessivas de imagens da mesma porção da superfície terrestre pelo mesmo sensor. Esta característica depende sobretudo das características orbitais do satélite, sendo frequentemente denominada também de "período de revisitação". Normalmente, os satélites meteorológicos têm uma frequência diária (NOAA) ou inclusivamente menor (METEOSAT), enquanto os satélites mais populares para deteção remota de recursos naturais (tipo LANDSAT) têm uma resolução temporal da ordem dos 16 a 18 dias. No entanto, muitos satélites atuais possuem a capacidade de reorientar o sensor (Figura 15), o que lhes permite aumentar a sua frequência de revisitação de uma determinada área. Esta capacidade acrescida é muito importante no acompanhamento e monitorização de desastres

naturais ou para detectar processos de curta durabilidade temporal.

A resolução temporal de um sensor depende principalmente de três fatores: (1) capacidade de reorientação do sensor para ambos os lados da linha de passagem do satélite; (2) largura de varredura; (3) latitude (no caso de órbitas quase polares, a uma maior latitude corresponde um menor período de revisitação do sensor).

A possibilidade de captar imagens de uma determinada zona da superfície terrestre em diferentes períodos de tempo ou épocas do ano é uma das características más importantes dos satélites para Detecção Remota. As características espectrais de uma superfície terrestre podem mudar ao longo do tempo. Estas alterações podem ser detectadas com a aquisição e comparação de imagens multitemporais.

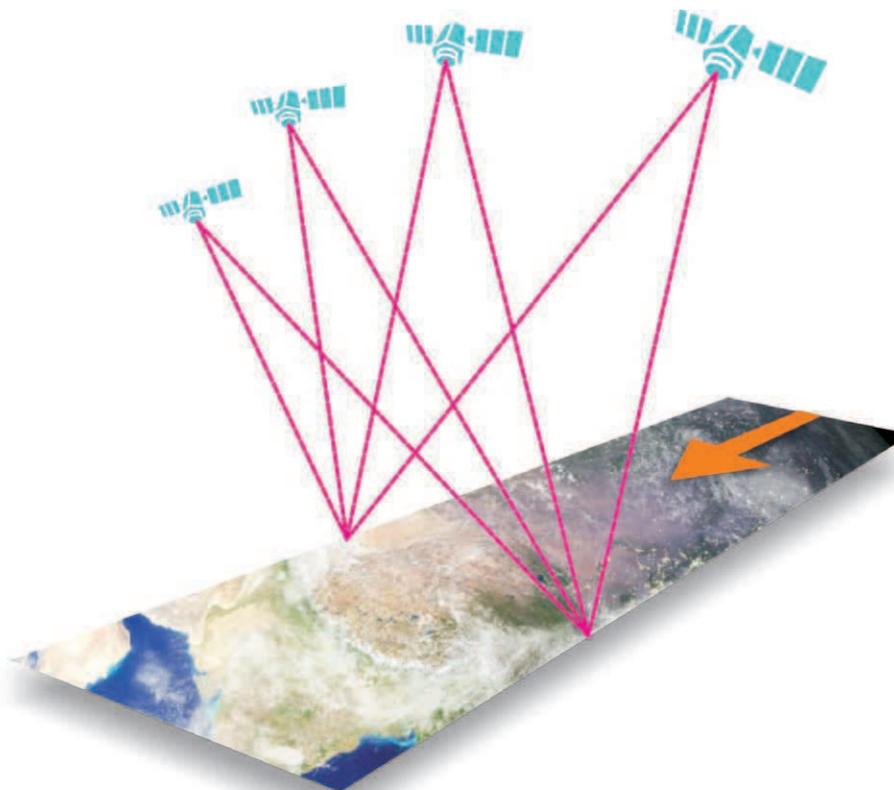


Figura 15.
Maior resolução temporal decorrente da reorientação de sensores para passagens consecutivas.



Tipos de imagens de Detecção Remota

O tipo de produto mais comum fornecido pelos satélites de observação da Terra é uma imagem digital do tipo *raster* (Figura 11), na qual cada pixel tem associado a si um ou vários valores numéricos (níveis digitais) que resultam da energia média recebida dentro de uma determinada banda espectral. Tendo isto em conta, podem ser adquiridas os seguintes tipos de imagens:

Imagem multiespectral (MS). Imagem cujos pixéis têm a si associados um número de valores numéricos igual ao número de bandas espectrais detectáveis pelo sensor. A priori, é o tipo de produto mais útil dado que nos fornece, de certo modo, a assinatura espectral dos diferentes elementos presentes na imagem. Por exemplo, o satélite *IKONOS* fornece uma imagem multiespectral com 4 bandas que cobrem as regiões espectrais correspondentes ao azul, verde, vermelho e infravermelho próximo. Quanto maior for o número de bandas espectrais discriminadas pelo sensor, maior será a capacidade de análise dos elementos presentes na imagem.

Além das imagens multiespectrais existem também as denominadas **imagens hiperespectrais**, que são menos comuns. São caracterizadas por possuir informação associada a um elevado número de bandas espectrais. São obtidas sobretudo para estudos de identificação e classificação de alta precisão, nomeadamente em mineralogia. Atualmente provêm de alguns satélites de âmbito experimental, como é o caso do sensor *HYPERION* (220 bandas) a bordo do satélite *EO-1*, pelo que a sua disponibilidade é bastante limitada.

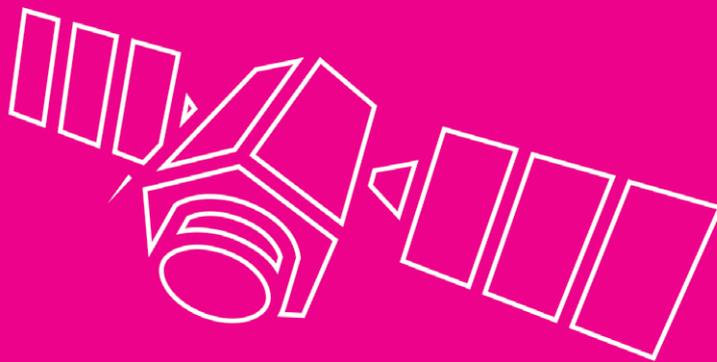
Imagem pancromática (PAN). Dispõe de uma única banda espectral que abrange grande parte do visível e início do infravermelho, daí resultando uma imagem que habitualmente se representa numa escala de cinzentos (imagem a preto e branco). A sua principal vantagem decorre do facto de apresentar uma maior resolução espacial

que as imagens multiespectrais do mesmo satélite. Este tipo de imagens tem especial interesse na deteção de pequenos elementos da superfície terrestre que não são distinguíveis numa imagem multiespectral.

Nos satélites que oferecem a possibilidade de obter imagens multiespectrais e pancromáticas em simultâneo, é usual a opção para o utilizador de poder adquirir a pedido ambas imagens no que é denominada de aquisição em *Bundle*.

Imagem fusionada (PS). Este tipo de imagem é obtido mediante a fusão de uma imagem multiespectral com uma pancromática. A sigla PS advém da expressão inglesa *“pan-sharpened”*. Basicamente, consiste em associar a cada pixel da imagem pancromática os valores procedentes de um algoritmo que combina a imagem pancromática com a multiespectral. O resultado final é uma imagem multiespectral com a resolução espacial da pancromática. O inconveniente deste tipo de imagens decorre da modificação pelos algoritmos usados da informação espectral original captada pelos sensores, pelo que são normalmente utilizadas apenas como ferramentas de fotointerpretação e não para análise espectral. Este tipo de fusão está usualmente incluído na oferta de serviços prestados pelos distribuidores oficiais de imagens de satélites multiespectrais e pancromáticas. No entanto, esta fusão pode ser operada pelo próprio utilizador com recurso a software adequado de processamento de imagem.

Imagem Estéreo. Consiste num conjunto de duas imagens da mesma zona captadas com diferentes ângulos de visão. Muitos satélites têm a capacidade de reorientar o sensor, o que lhes permite captar este tipo de imagens numa ou em várias passagens. São normalmente empregues para gerar Modelos Digitais do Terreno (MDT).



Satélites para Deteção Remota

Segundo dados oriundos da *Union of Concerned Scientists* (<http://www.ucsusa.org>), existem atualmente (Fevereiro de 2012) mais de 900 satélites orbitando a Terra, sendo que aproximadamente 60% deles são de telecomunicações. Os satélites para Deteção Remota são cerca de 120. Todos os anos são vários os satélites para observação da Terra que são lançados para o Espaço, havendo outros que deixam de estar operacionais, pelo que o número total de satélites existentes está em permanente mudança.

Futuramente, o número de satélites em órbita para Deteção Remota continuará a aumentar. Por sua vez, o número de constelações de satélites com sensores cada vez mais avançados e eficientes também continuará a sofrer um incremento, permitindo um melhor conhecimento dos fenómenos a observar.

Neste documento apenas são caracterizados os satélites para Deteção Remota que cumpram as seguintes condições:

- Estatuto operacional aquando da elaboração desta publicação.
- Resolução espacial igual ou superior a 30 metros/pixel (aproximadamente).
- Produtos disponíveis por via comercial e com acesso facilitado.

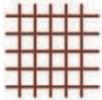
Nesta publicação não são caracterizados os sensores de micro-ondas do tipo RADAR, que apresentam a vantagem de poder operar em praticamente qualquer contexto meteorológico (nebulosidade, precipitação ligeira, etc.). No entanto, o processamento e interpretação deste tipo de imagens requer uma abordagem metodológica muito diferente da descrita neste documento.

Para cada um dos satélites descritos (ordenados por ordem alfabética), houve uma tentativa de homogeneizar o tipo de informação disponibilizada, embora tal não tenha sido sempre possível devido à grande disparidade de documentação existente associada a cada um deles.

Cada ficha técnica de satélite inclui um cabeçalho que descreve de forma esquemática as suas principais características.



Indica o nome do sensor. Sempre que cada satélite dispõe de mais de um sensor, optou-se por indicar o nome do próprio satélite. No caso de satélites com vários sensores foi acrescentado um número de células igual ao número de sensores existentes.



Indica a resolução espacial oferecida pelo sensor. Esta pode variar segundo o ângulo de visão do satélite, pelo que o valor indicado refere-se à resolução máxima obtida segundo um eixo vertical definido pelo sensor em relação à superfície (nadir). No caso de satélites com vários sensores é indicada a resolução espacial máxima de cada sensor.



Indica o número de bandas espectrais que proporciona o sensor.



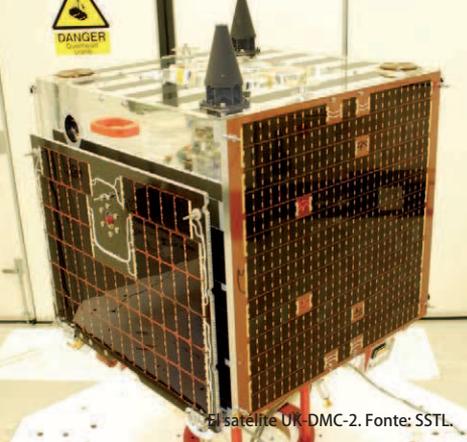
Indica a resolução temporal do sensor. Esta informação pode ser relativamente ambígua, dado que esta característica varia em função da altitude e do ângulo a partir do qual o satélite adquire a imagem. Consequentemente, esta informação é apenas de carácter indicativo e tem como objetivo que o leitor tenha noção da periodicidade potencial do satélite para cobrir consecutivamente a mesma área.



Este item reflete o preço mínimo por quilómetro quadrado (km²) de uma imagem encomendada, com base nos valores vigentes aquando da elaboração desta publicação. Optou-se por incluir esta informação para que o leitor tenha noção do custo aproximado de aquisição de uma imagem para uma determinada área de estudo. O preço final depende de uma panóplia de fatores (dimensão da área requisitada, prioridade, percentagem mínima de nebulosidade, nível de processamento da imagem, existência de promoções, etc.), pelo que para saber o preço exato de toda a gama de produtos associados a uma determinada imagem, é obrigatório o contacto com a empresa distribuidora da mesma.

Além destas características básicas, é indicada a página web da missão ou do gestor atual do satélite.

No final da ficha descritiva de cada satélite são indicadas as fontes a partir das quais foi obtida a informação publicada, para que o leitor possa ampliar de forma autónoma o seu conhecimento sobre cada um dos satélites.



Satélite UK-DMC-2. Fonte: SSTL.

DMC

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
SLIM-6	32 m	3	< 1 dia	0,13 €/km ²
SLIM-6-22	22 m	3	< 1 dia	0,14 €/km ²

<http://www.dmcii.com>

Descrição geral

A DMC (*Disaster Monitoring Constellation*) consiste numa constelação de satélites de vários países para deteção remota, tendo sido inicialmente concebida para a monitorização de catástrofes naturais por permitir mais de uma cobertura diária de qualquer ponto do globo. Este curto período de revisitação permite a sua utilização em numerosas aplicações e domínios técnico-científicos.

Os satélites desta constelação foram desenhados e construídos pela empresa britânica *Surrey Satellite Technology Ltd.* (SSTL), sendo operados por diferentes empresas ou instituições, de acordo com o seu país de proveniência. As empresas que operam estes satélites formam um consorcio que implica a partilha entre todas elas das imagens obtidas por cada sensor.

O DEIMOS-1, primeiro satélite comercial espanhol para observação da superfície terrestre, forma parte deste consorcio. É operado pela *Deimos Imaging*, empresa especializada no sector aeroespacial e sediada no parque tecnológico de Boecillo, em Valladolid (Espanha).

Atualmente esta constelação é formada pelos satélites apresentados na Tabela 1.

Satélite	País	Lançamento
ALSAT-1	Argélia	28-11-2002
NIGERIASAT-1	Nigéria	27-09-2003
UK-DMC	Reino Unido	27-09-2003
BEIJING-1	China	27-10-2005
DEIMOS-1	Espanha	29-07-2009
UK-DMC2	Reino	29-07-2009

Tabela 1. Satélites operacionais da DMC.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
0	NIR	770-900	32 (nadir)
1	Vermelho	630-690	
2	Verde	520-600	

Tabela 2. Bandas espectrais do sensor SLIM-6.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
0	Verde	520-600	22 (nadir)
1	Vermelho	630-690	
2	NIR	770-900	

Tabela 3. Bandas espectrais do sensor SLIM-6-22.

Sensores

Em toda a constelação coexistem dois tipos de câmeras multiespectrais: a **SLIM-6** (ALSAT-1, BEIJING-1, NIGERIASAT-1 e UK-DMC) e a **SLIM-6-22** (DEIMOS-1 e UK-DMC2). As características básicas de cada um destes sensores podem ser observadas nas Tabelas 2 e 3.

Os sensores SLIM-6 e SLIM-6-22 cobrem uma faixa de 600 e 660 km respectivamente na direção de passagem dos satélites.

Imagens

As imagens obtidas e comercializadas por esta constelação de satélites são do tipo multispectral. A área mínima para pedido de novas aquisições é de 25.600 km² (160 x 160 km). As imagens são disponibilizadas depois de três capturas, havendo lugar a um desconto no preço das mesmas (referido na Tabela 4) caso a percentagem de nuvens ultrapasse os 20%.

As imagens são disponibilizadas por defeito com o nível **L1T** (orto-retificadas), embora também estejam disponíveis a pedido com o nível **L1R** (correção radiométrica).

No caso de pedidos de imagens unicamente procedentes do DEIMOS-1, haverá que ter em conta que o período de revisitação oscila entre 2 e 3 dias. Para este caso específico, a *Deimos-Imaging* forneceu os dados comerciais que constam da Tabela 5.

Para imagens de arquivo DEIMOS-1, a área mínima para pedido é de 6.000 km², sendo que para novas aquisições esta área mínima se eleva para os 10.000 km². As imagens de arquivo disponíveis podem ser consultadas em: <http://www.deimos-imaging.com/extcat/>.

	Resolução 32 m-22m	Resolução 22 m
Nova aquisição standard	0,13	0,14
Arquivo (<3 meses)	0,05	0,06
Arquivo (<1 ano)	0,03	0,04
Arquivo (>1 ano)	0,02	0,02

Tabela 4. Preços de novas aquisições e imagens de arquivo da DMC (€/km²).

Produto	€/km ²
Arquivo recente (menos de 3 meses)	0,09
Arquivo standard	0,06
Programação standard	0,15
Programação prioritária	0,25

Tabela 5. Preços dos produtos DEIMOS-1

Comercialização

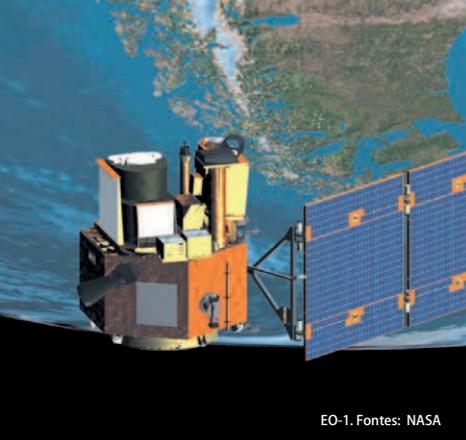
As imagens da DMC são comercializadas pela DMC Internacional Imaging <http://www.dmcii.com>.

Para pedidos de imagens DEIMOS-1 ou para programação de novas aquisições devem ser diretamente contactadas a Deimos Imaging <http://www.deimos-imaging.com> u a Astrium Geo-Information Services (SPOT Image), que é o distribuidor internacional de imagens DEIMOS-1.



Imagem DEIMOS-1. Áreas cultivadas na Louisiana (EUA).
Fonte: Spot Image.

Fontes:
DMC <http://www.dmcii.com>
SSTL <http://www.sstl.co.uk>
Deimos Imaging <http://www.deimos-imaging.com>
Spot Image <http://www.spotimage.com>



EO-1. Fontes: NASA

EARTH OBSERVING – 1 (EO-1)

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
ALI	MS: 30 m PAN: 10 m	9	16 dias	-----
HYPERION	30 m	220	16 dias	-----

<http://eo1.usgs.gov>

Descrição geral

Satélite experimental da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) do denominado "New Millennium Program" (NMP), lançado a 21 de Novembro de 2000. Através dele foram testadas e validadas novas tecnologias a aplicar em futuras missões continuadoras do programa LANDSAT, com o objetivo principal de reduzir os altos custos atuais. Com a pretensão de comparar espacial e temporalmente ambos tipos de imagens obtidas, a órbita do EO-1 foi desenhada de modo que passasse apenas 1 ou 2 minutos após o LANDSAT-7. O satélite orbita a uma altitude de 705 km..

Sensores

O satélite transporta a bordo os seguintes sensores:

- **ALI** (*Advanced Land Imager*). Sensor multiespectral equivalente ao ETM+ do LANDSAT-7, com a única diferença de possuir 10 bandas (ETM+ possui 7) que abrangem a mesma largura do espectro, com uma resolução espacial de 30 metros. Uma destas bandas corresponde ao canal pancromático (480-690 nm), apresentando uma resolução espacial de 10 metros. A largura de varredura é de 37 km e tem uma capacidade de visão lateral que vai até 15°.

- **HYPERION**. Sensor hiperespectral que dispõe de 220 bandas que vão desde os 400 aos 2.500 nm. Cada banda apresenta uma largura espectral de 10 nm e uma resolução espacial de 30 metros. A largura de varredura deste sensor é de 7,7 km.

Imagens

O EO-1 fornece imagens multiespectrais captadas pelo sensor ALI e imagens hiperespectrais captadas pelo sensor HYPERION, com a resolução espacial acima referida. A área abrangida por cada cena é de 37 x 42 km no caso do ALI e de 7,7 x 42 km no caso do HYPERION. Existe a opção, em ambos os casos, de ampliar a largura da cena até aos 185 km. Tanto as imagens de arquivo como as novas aquisições são gratuitas.

Comercialização

Este satélite, por ser experimental, não adquire imagens de forma contínua, havendo ainda períodos durante os quais não opera. Para fazer o *download* de imagens de arquivo basta aceder aos *websites* <http://glovis.usgs.gov> ou <http://earthexplorer.usgs.gov>.

Para pedidos de novas imagens é necessário ser utilizador registado da USGS (United States Geological Survey) e submeter on-line uma solicitação de aquisição de novos dados em <http://edcscns17.cr.usgs.gov/eo1/dar/instructions>.

Fontes:
USGS <http://eo1.usgs.gov>



Erupção submarina de El Hierro, Ilhas Canárias. Imagem do sensor ALI captada a 2 de Novembro de 2011. Fonte: NASA.

EROS-A / EROS-B



EROS-A. Fonte: Image Sat

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
CCD (EROS A)	PAN: 1,8 m	1	4 dias	-----
CCD-TDI (EROS B)	PAN: 0,7 m	1	4 dias	15 €/km ²

<http://www.imagesatintl.com>

Descrição geral

O EROS (*Earth Resources Observation Satellite*) consiste numa série de satélites comerciais israelitas desenhados pela *Israel Aircraft Industries*. Os satélites são operados pela empresa *ImageSat International*.

Atualmente encontram-se dois operacionais, o EROS-A e o EROS-B, orbitando a 510 km de altura. O primeiro foi lançado a 5 de Dezembro de 2000, e o segundo a 25 de Abril de 2006.

As imagens obtidas por estes satélites são pancromáticas e são normalmente usadas na deteção e controlo de alterações ao nível da ocupação do solo, na área de segurança, em aplicações militares, em análises de textura, etc. O período de revisitação para a latitude das Canárias (28°N), de acordo com a informação facultada pela *ImageSat*, é em média de 4 dias.

Sensores

Os sensores destes satélites são câmeras pancromáticas com uma capacidade de visão lateral de até 45° relativamente ao eixo vertical, o que se traduz num corredor potencial de 960 km para a captação de imagens. A largura de varredura é de 14 km no caso do EROS-A e de 7 km no caso do EROS-B. Também possuem a capacidade de obter imagens estéreo.

As características básicas das câmeras pancromáticas transportadas por cada um dos satélites são apresentadas nas Tabelas 6 e 7.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	500-900	1,9 (nadir)

Tabela 6. Banda espectral da câmara do EROS-A.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	500-900	0,7 (nadir)

Tabela 7. Banda espectral da câmara do EROS-B.

Imagens

Os satélites EROS adquirem e fornecem os seguintes tipos imagens pancromáticas:

- **Basic:** O tamanho mínimo de cada cena é de 14 x 14 km no caso do EROS-A e de 7 x 7 km no caso do EROS-B. A pedido do cliente a dimensão da cena poderá ser incrementada. O preço de aquisição atualmente praticado é de 15 €/km² (EROS-B).

- **Stereo:** Duas imagens sobrepostas da mesma zona, embora captadas de ângulos diferentes. Tamanho da cena: 14 x 14 km (EROS-A) e 7 x 21 km (EROS-B). O preço é de 30 €/km² (EROS-B).

As imagens de arquivo têm um custo de 400 € por cena.

Atendendo ao grau de processamento aplicado, os tipos de produtos acima referidos estão disponíveis em 3 diferentes níveis: 0A (dados brutos procedentes do satélite), 1A (com correção radiométrica) e 1B (com correção geométrica).

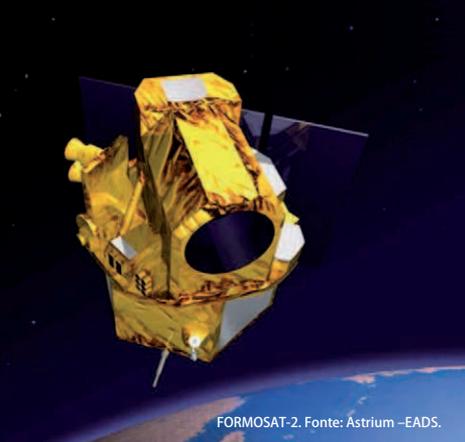
Comercialização

As imagens EROS são distribuídas e comercializadas pela *ImageSat International* <http://www.imagesatintl.com>.

Fonte:
ImageSat <http://www.imagesatintl.com>



Imagem do porto ucraniano de Odessa, captada pelo EROS-B. Fonte: ImageSat.



FORMOSAT-2. Fonte: Astrium –EADS.

FORMOSAT-2

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
				
FORMOSAT-2	MS: 8 m PAN: 2 m	4	1 dia	6,08 €/km ²

<http://www.nspo.org.tw>

Descrição geral

O FORMOSAT-2, inicialmente denominado de ROCSAT-2, é um satélite de Taiwan pertencente à NSPO (*National Space Organization*) e de fabrico europeu (*Astrium-EADS*). Foi lançado a 21 de Maio de 2004.

O FORMOSAT-2 é um dos poucos satélites para Detecção Remota que alia uma boa resolução espacial com um período de revisitação diária, embora esta capacidade decorrente da sua órbita geossíncrona implique a impossibilidade de cobrir toda a superfície terrestre. Uma série de franjas terrestres com orientação nortesul, que alargam com a proximidade do equador, não são cobertas pelo satélite (Figura 16).

Por exemplo, devido a esta característica, o satélite só pode adquirir imagens com um ângulo de visão muito oblíquo das ilhas canarienses de Lanzarote e Fuerteventura, ficando as restantes ilhas deste arquipélago fora de alcance. No entanto, existe uma cobertura total relativamente à Península Ibérica e ao arquipélago dos Açores, dos quais podem ser adquiridas imagens com uma frequência diária.

Sensores

As características básicas do sensor associado a este satélite são apresentadas na Tabela 8. O ângulo de visão do satélite pode alcançar os 45° e a sua largura de varredura no nadir é de 24 km. A capacidade de reorientação do sensor permite a captura de imagens estereoscópicas.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	450-900	2
1	Azul	450-520	8
2	Verde	520-600	
3	Vermelho	630-690	
4	NIR	760-900	

Tabela 8. Bandas espectrais do satélite FORMOSAT-2.

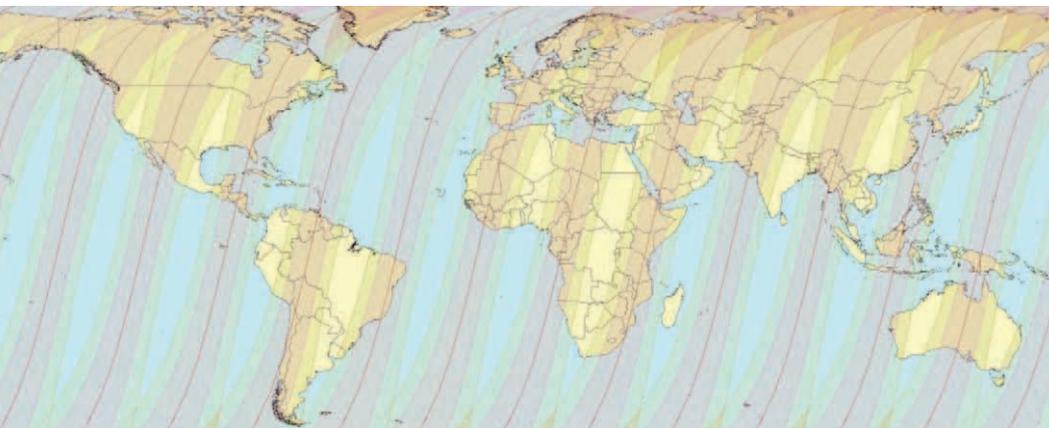


Figura 16. Cobertura diária do satélite FORMOSAT-2, a 30 e 45 graus. Fonte: Infoterra.

Imagens

As imagens FORMOSAT-2 são fornecidas como cenas completas de 24 x 24 km (576 km²). Podem ser adquiridos 3 tipos de imagens:

- **B&W 2m:** Imagem pancromática com resolução espacial de 2 m/pixel.
- **Multispectral 8m:** Imagem multiespectral com resolução espacial de 8 m/pixel, com 4 bandas (azul, verde, vermelho e NIR).
- **Colour 2m:** Composição colorida composta por 3 bandas, com resolução espacial de 2 m/pixel.

É possível o fornecimento conjunto das imagens pancromática e multiespectral (**Bundle**).

Graus de processamento:

- **Nível 1A:** Imagem corrigida radiometricamente.
- **Nível 2A:** Além da correção radiométrica, é realizada uma correção geométrica de modo a projetar a imagem num determinado sistema de coordenadas (UTM WGS84, por defeito).

• **Ortho:** A imagem corrigida radiométrica e geometricamente é orto-retificada com base em pontos de controlo e num Modelo Digital do Terreno previamente fornecido pelo cliente.

Em função do nível de processamento selecionado e do tipo de imagem solicitada, os preços de aquisição podem ir desde os 3.500 €/cena (6,08 €/km²) da imagem a preto/branco ou da imagem multiespectral (nível **1A** ou **2A**), até aos 4.600 €/cena (7,99 €/km²) da composição colorida orto-retificada. São também aplicadas tarifas variadas consoante a prioridade do pedido, a finalidade do uso da imagem ou ainda de acordo com o número de licenças solicitadas.

Comercialização

A *Spot Image* <http://www.spotimage.com> é o distribuidor exclusivo a nível mundial das imagens captadas pelo satélite FORMOSAT-2.

Fontes:
NSPO <http://www.nspo.org.tw>
Spot Image <http://www.spotimage.com>



Península de Gibraltar.
Imagem pancromática do satélite Formosat-2 com resolução espacial de 2m.
Fonte: Satellite Imaging Corporation.



GeoEye-1. Fonte: Spacenews

GEOEYE-1

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
				
GEOEYE-1	MS: 2 m PAN: 0,5 m	4	3 dias	25 \$/km ²

<http://www.geoeye.com>

Descrição geral

Lançado no dia 6 de Setembro de 2008, o GEOEYE-1 é um satélite comercial norte-americano de muito alta resolução espacial. É um dos satélites comerciais que oferece atualmente a maior resolução espacial disponível. O principal investidor e cliente deste satélite é a *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA), sendo a Google o seu segundo maior investidor e mais conhecido cliente, com acesso direto às imagens com as quais atualiza diariamente o seu visor cartográfico *Google Earth*. O satélite orbita a 681 km de altura.

Está previsto até 2013 o lançamento do GEOEYE-2, que proporcionará uma resolução espacial de 0,25 m/pixel, embora as limitações impostas pelo Governo dos EUA não permitam a comercialização de imagens com resolução superior a 50 cm/pixel.

Sensores

O sensor do GEOEYE-1 possui a capacidade de adquirir diariamente 350.000 km² de imagens multiespectrais. A sua agilidade de captura permite também registar, numa só passagem, uma superfície contígua que pode ir até 300 x 50 km, apesar da largura de varredura ser apenas de 15,2 km no nadir. O ângulo de visão lateral do sensor pode alcançar os 30 graus.

As principais características do sensor estão patentes na Tabela 9.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	450-800	0,41 (nadir)* 0,50 (a 28°)
1	Azul	450-510	1,64 (nadir)** 2 (a 28°)
2	Verde	510-580	
3	Vermelho	655-690	
4	NIR	780-920	

Tabela 9. Bandas espectrais do satélite GEOEYE-1.

*A resolução baixa para 0,50 metros no caso da aquisição de imagens para uso comercial.

** A resolução baixa para 2 metros no caso da aquisição de imagens para uso comercial.

Imagens

São fornecidos três tipos de imagens:

- **PAN:** Imagem pancromática com 0,5 m de resolução espacial.
- **MS:** Imagem multiespectral (4 bandas), com resolução espacial de 2 m.
- **PS:** Fusão das imagens PAN e MS, que resulta numa imagem de 3 ou 4 bandas com uma resolução espacial de 0,5 m.

De acordo com o **grau de processamento** aplicado, são fornecidos três tipologias básicas de imagens:

- **Geo**: imagem está corrigida radiometricamente e projetada num determinado sistema de coordenadas, não estando no entanto orto-retificada, embora seja fornecida ao utilizador a informação necessária ao desenvolvimento deste processo. O preço-base destas imagens parte dos 25 \$/km² no caso de um pedido normal e vai aumentando consoante vários fatores como o grau de prioridade do pedido, o ângulo máximo de aquisição ou a percentagem máxima de nuvens. A área mínima para pedidos de aquisição é de 100 km².

- **Geoprofessional**: Neste caso, a imagem fornecida está corrigida radiometricamente e encontra-se orto-retificada, podendo ser usada diretamente como produto cartográfico. O preço-base de aquisição tem início nos 35 \$/km² e vai aumentando da mesma forma que as imagens **Geo** (ver acima). A área mínima para pedidos de aquisição é de 100 km². É ainda possível adquirir um produto com maior precisão -**Geoprofessional Precision**-, que inclui os pontos de controlo usados na correção geométrica, por um preço-base inicial de 40 \$/km².

- **GeoStereo**: São duas imagens de uma mesma zona captadas desde distintos ângulos de visão e que permitem por exemplo a elaboração de Modelos Digitais do Terreno ou ainda a extração de alturas de edifícios. O seu preço-base parte dos 40 \$/km² e vai aumentando da mesma forma que as imagens **Geo** (ver acima). Existe igualmente a opção de adquirir o produto **GeoStereo Precision**, com maior precisão geométrica, por um custo-base inicial de 50 \$/km².

Todas as imagens anteriores podem ser adquiridas nos formatos PAN, MS, PS (3 ou 4 bandas) ou PAN+MS (**Bundle**), pelo mesmo preço.

As imagens GEOEYE-1 são fornecidas por defeito com uma cobertura máxima de nuvens de 15%. Uma menor percentagem pode ser solicitada ao fornecedor a troco de um custo acrescido de aquisição.

Comercialização

Las imagens do satélite GEOEYE-1 são comercializadas na Europa e Norte de África pela e-GEOS <http://www.e-geos.it>. Esta empresa é constituída maioritariamente pelo grupo *Telespazio* (80%), tendo como um dos seus associados a empresa espanhola *Aurensis*.

Legenda de Imagem:
Imagem GEOEYE-1 de cor real
da costa norte de Tenerife.
Fonte: SATELMAC.

Fontes:
GEOEYE <http://www.geoeeye.com>
e-GEOS <http://www.e-geos.it>





IKONOS

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
IKONOS	MS: 4 m PAN: 1 m	4	3 a 5 dias	20 \$/km ²

<http://www.geoeye.com>

Descrição geral

O IKONOS foi o primeiro satélite comercial a proporcionar imagens de muito alta resolução espacial (1 m no canal pancromático e 4 m nas bandas multiespectrais), o que supôs um importante marco na história da Observação da Terra desde o Espaço.

O seu lançamento ocorreu a 24 de Setembro de 1999, depois de uma tentativa falhada de pôr em órbita o sensor IKONOS-1. As suas imagens começaram a ser comercializadas a 1 de Janeiro de 2000. O proprietário atual deste satélite é a companhia GeoEye. O satélite gira em redor da Terra numa órbita heliossíncrona a 681 km de altura.

Sensor

O sensor transportado pelo satélite IKONOS proporciona 4 bandas espectrais com uma resolução espacial de 4 m/pixel e uma banda pancromática com resolução espacial de 1 m/pixel. A largura de varredura no nadir é de 11,3 km, o que permite um período de revisitação que pode ir de 3 a 5 dias, dependendo do ângulo empregue para captar imagens e também da latitude da zona a registar. A Tabela 10 apresenta um resumo das características espectrais deste sensor.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	526-929	0,82 (nadir) 1 (a 26°)
1	Azul	445-516	3,28 (nadir) 4 (a 26°)
2	Verde	505-595	
3	Vermelho	632-698	
4	NIR	757-853	

Tabela 10. Bandas espectrais do satélite IKONOS.

Imagens

As características das imagens são exatamente iguais às anteriormente apresentadas para o satélite GEOEYE-1, no que diz respeito à tipologia (**PAN**, **MS** e **PS**) e ao grau de processamento (**Geo**, **GeoProfessional** e **GeoStereo1**), com a diferença da resolução espacial do IKONOS ser de 1 m na banda pancromática e **PS**, e de 4 m no caso das imagens multiespectrais.

Os preços praticados são sensivelmente inferiores aos das imagens GEOEYE-1. O preço-base das imagens encomendadas vai desde os 20 \$/km² no caso do nível de processamento **Geo**, até aos 45 \$/km² no caso do nível de processamento **GeoStereo Precision**.

Comercialização

As imagens do satélite IKONOS são comercializadas na Europa e Norte de África pela e-GEOS <http://www.e-geos.it>.

Fontes IKONOS:
GEOEYE <http://www.geoeye.com>
e-GEOS <http://www.e-geos.it>



Áreas de regadio na Arábia Saudita.
Imagem PS do satélite IKONOS.
Fonte: Space Imaging.



KOMPSAT-2. Fonte: KARI.

KOMPSAT-2

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
				
KOMPSAT-2	MS: 4 m PAN: 1 m	4	3 dias (*)	15 \$/km ²

<http://www.kari.re.kr/english>

Descrição geral

O KOMPSAT-2 (*KO*rea *Mu*lti-*Pur*pose *SAT*ellite-2), também conhecido como ARIRANG-2, é um satélite sul-coreano para Detecção Remota cujo lançamento teve lugar a 26 de Julho de 2006. O satélite foi fabricado pela *EADS/Astrium* e é operado pelo KARI (*Korea Aerospace Research Institute*). Encontra-se numa órbita heliosíncrona a 685 km de altura.

Está previsto o lançamento do KOMPSAT-3 no primeiro semestre de 2012, passando a ser em princípio um satélite de observação terrestre que cobrirá exclusivamente a península coreana.

Sensor

O satélite transporta um sensor cujas características estão patentes na Tabela 11.

O satélite possui uma capacidade de visão lateral que pode ir até 30°, o que se traduz num corredor potencial de 790 km para a captura de imagens. A largura de varredura do sensor é de 15 km.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	500-900	1 (nadir)
1	Azul	450-520	4 (nadir)
2	Verde	520-600	
3	Vermelho	630-690	
4	NIR	760-900	

Tabela 11. Bandas espectrais do satélite KOMPSAT-2.

Imagens

O KOMPSAT proporciona os seguintes tipos de imagens:

- **PAN:** Imagem pancromática com 1 metro de resolução espacial.
- **MS:** Imagem multiespectral de 4 bandas com 4 metros de resolução espacial.
- **PS:** Fusão das imagens **PAN** e **MS**, que resulta numa imagem de 4 bandas com uma resolução espacial de 1 m.

É possível o fornecimento conjunto das imagens pancromática e multiespectral (**Bundle**).

A área mínima para aquisição de imagens, para qualquer uma destas opções, varia entre 100 e 225 km², em função do nível de processamento solicitado. O preço-base para aquisição de novas imagens oscila entre os 15 e os 25 \$/km², para os casos do nível de processamento **standard** (**1A:** correção radiométrica e **2A:** correção geométrica) e **orto** (orto-retificação), respectivamente. No caso de aquisição de imagens de arquivo, os preços são de 7,5 \$/km² (**standard**) e 16 \$/km² (**orto**).

Comercialização

A *Spot Image* <http://www.spotimage.com> é a distribuidora mundial de imagens captadas pelo KOMPSAT.



Imagem PS do KOMPSAT, 1m/pixel. Tóquio (Japão). Fonte: Spot Image.

Fontes:
KARI <http://www.kari.re.kr/english>
Spot Image <http://www.spotimage.com>



LANDSAT 7. Fonte: NASA

LANDSAT-7

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
ETM+	MS: 30 m PAN: 15 m	8	16 dias	-----

<http://landsat.usgs.gov>

Descrição geral

O LANDSAT-7, lançado para o espaço a 15 de Abril de 1999, é até à data o último satélite da série iniciada com o lançamento do LANDSAT-1 em 1972. Os satélites que se sucederam proporcionaram a existência e disponibilidade por parte de satélites comerciais para observação terrestre da série temporal mais alargada até à data, permitindo o acompanhamento das principais alterações ocorridas na superfície terrestre durante este período. O satélite orbita a 705 km de altura e tem um período de revisitação de 16 dias, período durante o qual efetua 232 órbitas em redor da Terra.

O programa LANDSAT é coordenado conjuntamente pela NASA e pela USGS (*United States Geological Survey*) dos EUA. As expectativas de continuação do programa estão atualmente centradas no satélite LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*), cujo lançamento está previsto para o final de 2012.

Sensor

• **ETM+** (*Enhanced Thematic Mapper +*): Este sensor é capaz de captar informação em 6 bandas espectrais que vão desde o espectro visível ao infravermelho, com uma resolução espacial de 30 m/pixel. Possui um canal no infravermelho térmico com resolução espacial de 60 m/pixel. Disponibiliza também um canal pancromático com 15 m/pixel de resolução espacial que possibilita a fusão com imagens multiespectrais (Tabela 12).

Este maior número de bandas em comparação com outros satélites similares ou com resolução espacial superior, possibilita o uso de imagens LANDSAT numa elevada panóplia de estudos de vegetação e de âmbito geológico. A 31 de Maio de 2003, avariou o mecanismo corretor do scanner ao longo do movimento do sensor. Esta avaria teve como consequência a produção de imagens sem dados em aproximadamente ¼ da sua superfície.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
1	Azul-verde	450-520	30
2	Verde	520-600	
3	Vermelho	630-690	
4	NIR	760-900	
5	Infravermelho de onda curta	1550-1750	60
6	Infravermelho térmico	10400-12500	
7	Infravermelho de onda curta	2080-2350	30
8	Pancromática	500-900	15

Tabela 12: Bandas espectrais do LANDSAT-7.

Ausência de dados
numa quarta
parte das imagens
LANDSAT-7.
Fonte: USGS



Imagens

As imagens LANDSAT-7 são fornecidas com distintos níveis de processamento. O primeiro nível disponível é o L0R, que consiste na imagem em bruto, incluindo ainda a informação auxiliar necessária à realização das correções geométrica e radiométrica, os metadados, e também um ficheiro para calibração.

São também fornecidas imagens de nível 1 (L1G: imagem L0 corrigida radiométrica e geometricamente, e L1T: imagem de máxima precisão geométrica obtida com base no uso de pontos de controle, modelos digitais do terreno e da informação existente no arquivo de calibração).

Diariamente, o LANDSAT-7 capta cerca de 250 cenas fixas, sendo que as que apresentarem uma cobertura de nuvens igual ou inferior a 40% passarão a integrar o arquivo histórico do programa. Cada cena abrange uma área de 172,8 x 183 km.

Comercialização

As imagens de arquivo LANDSAT estão disponíveis de forma gratuita a partir dos links <http://glovis.usgs.gov> e <http://earthexplorer.usgs.gov>, sendo necessário um pré-registo como utilizador da USGS.

Também existem distribuidores comerciais a nível europeu (*e-Geos*, *Spot Image*, etc.).

No caso de Espanha, é possível fazer o download gratuito de imagens LANDSAT-5 com cobertura nacional através do "Programa Nacional de Deteção Remota" (PNT) <http://www.ign.es/PNT/>.

Fontes:
Landsat Missions <http://landat.usgs.gov>

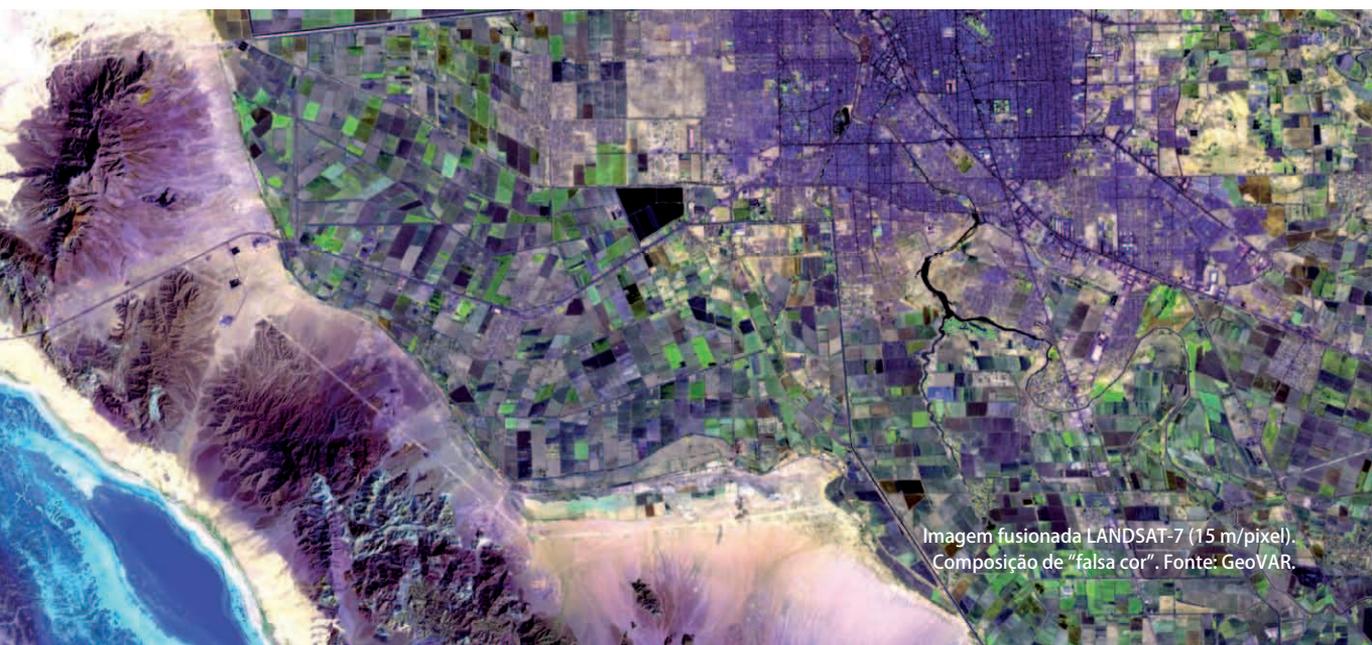


Imagem fusionada LANDSAT-7 (15 m/pixel).
Composição de "falsa cor". Fonte: GeoVAR.



QUICKBIRD. Fonte: DigitalGlobe

QUICKBIRD

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
				
QUICKBIRD	MS: 2,44 m PAN: 0,61 m	4	2 a 4 dias	20 \$/km ²

<http://www.digitalglobe.com>

Descrição geral

Satélite comercial norte-americano de muito alta resolução espacial operado pela empresa *DigitalGlobe*. O primeiro QUICKBIRD, lançado a 20 de Novembro de 2000, não conseguiu pôr-se em órbita. Foi substituído pelo satélite atual, lançado com sucesso a 18 de Outubro de 2001.

Este satélite orbita a 450 km de altura, embora em Março de 2011 tenha subido para os 482 km, de modo a poder ser prolongado o seu período de vida útil.

O QUICKBIRD constitui uma constelação de satélites de muito alta resolução espacial e alta resolução temporal da *Digital Globe*, em conjunto com os satélites WORLDVIEW-1 e WORLDVIEW-2.

Sensor

O QUICKBIRD proporciona imagens com uma resolução espacial máxima de 2,44 m/pixel no caso das bandas multiespectrais e de 0,61 m/pixel no caso da banda pancromática.

O ângulo de visão do sensor pode alcançar até aos 450, razão pela qual poderá captar qualquer zona abrangida por uma franja de 1.036 km de largura definida pela sua trajetória. A largura de varredura é de 16,5 km no nadir.

Na Tabela 13 estão patentes as características espectrais das imagens oferecidas pelo QUICKBIRD.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	445-900	0,61 (nadir) 0,85 (a 25°)
1	Azul	450-520	2,44 (nadir) 2,88 (a 25°)
2	Verde	520-600	
3	Vermelho	630-690	
4	NIR	760-900	

Tabela 13. Bandas espectrais do QUICKBIRD.

Imagens

O QUICKBIRD fornece três tipos de imagens:

- **PAN:** Imagem pancromática, com 0,61 a 0,85 m/pixel de resolução espacial.
- **MS:** Imagem multiespectral de 4 bandas e com 2,44 a 2,88 m/pixel de resolução espacial.
- **PS:** Fusão das imagens **PAN** e **MS**, resultando uma imagem de 3 ou 4 bandas com resolução espacial igual à da imagem pancromática.

De acordo com o **grau de processamento** aplicado, são fornecidas 4 tipologias de imagens:

- **Basic:** Imagem corrigida radiometricamente que implica uma depuração das distorções associadas ao sensor. O produto inclui ainda toda a informação necessária para que o utilizador possa proceder à correção geométrica da imagem. Só pode ser adquirido através de cenas representando áreas de 16,5 x 16,5 km.
- **Standard:** Esta imagem está corrigida radiométrica e geometricamente, estando projetada sobre um plano tendo em conta um

sistema de referência e um datum, não estando no entanto orto-retificada. O distribuidor fornece a informação necessária à sua orto-retificação, que terá de ser feita com o apoio de um modelo digital del terreno.

• **Ortho:** A imagem está projetada no sistema de coordenadas selecionado pelo utilizador, estando orto-retificada e pronta a ser usada diretamente como produto cartográfico. Caso a empresa distribuidora não possua um modelo digital do terreno suficientemente preciso para proceder à orto-retificação, este deverá ser fornecido pelo próprio cliente. O uso acrescido de pontos de controlo em coordenadas conhecidas poderá melhorar o resultado da orto-retificação.

• **Stereo:** Consiste num conjunto de duas imagens da mesma zona captadas com diferentes ângulos de visão. São normalmente empregues para gerar Modelos Digitais do Terreno (MDT).

Quanto aos preços de aquisição associados a cada tipo de imagem:

• **Basic:** Os preços associados a pedidos de novas aquisições podem variar entre os 5.540 \$/cena num caso de prioridade normal (**PAN** ou **MS**), e os 17.136 \$/cena num caso de máxima prioridade que inclua as 4 bandas e a imagem pancromática. Este mesmo tipo de imagem, quando obtida num período restrito definido pelo cliente, pode chegar aos 22.575 \$/cena.

• **Standard:** Os preços associados a pedidos de novas aquisições deste tipo de imagem podem

variar entre os 20 \$/km² e os 63 \$/km² dependendo do grau de prioridade do pedido. O preço associado a um pedido mínimo de aquisição pode oscilar entre os 1.800\$ e os 10.000\$.

• **Ortho:** O preço destas imagens é similar ao das imagens standard com um acréscimo de 10 a 14 \$/km² consoante a escala a que é fornecido o produto. O pedido mínimo é de 100 km².

• **Stereo:** Os preços associados a pedidos de novas aquisições podem variar entre os 40 e os 49 \$/km² dependendo do tipo de produto com que são elaboradas estas imagens. O pedido mínimo é de 210 km².

Todas as imagens QUICKBIRD adquiridas a um distribuidor podem apresentar por defeito uma cobertura de nuvens máxima até 15%. Uma menor percentagem pode ser previamente solicitada a troco de um acréscimo do custo-base da imagem.

Comercialização

As imagens da *DigitalGlobe* (*Quickbird*, *WorldView-1*, *WorldView-2*) são distribuídas na Europa pela e-GEOS <http://www.e-geos.it> e pela *European Space Imaging* (EUSI) <http://www.euspaceimaging.com>, e pela sua respectiva rede de distribuidores nacionais.

Fontes:
DigitalGlobe <http://www.digitalglobe.com>
e-GEOS <http://www.e-geos.it>



Pirâmides do Egito. Imagem captada pelo satélite QUICKBIRD. Fonte: DigitalGlobe.

RAPIDEYE



Los 5 satélites tras finalizar su construcción. Fonte: SSTL

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
				
RAPIDEYE	6,5 m	5	1 dia	0,95 €/km ²

<http://www.rapideye.de>

Descrição geral

O RAPIDEYE consiste numa constelação formada por 5 satélites comerciais, sendo propriedade da empresa alemã fornecedora de informação geoespacial *RapidEye AG*. Os cinco satélites, denominados de TACHYS (Rapid), MATI (Eye), CHOMA (Earth), CHOROS (Space) e TROCHIA (Orbit), estão equipados com sensores idênticos e situados no mesmo plano orbital, incrementando significativamente a sua capacidade de revisitação e o seu potencial de captação de imagens. Os 5 satélites orbitam a uma altura de 630 km relativamente à superfície terrestre.

A constelação foi construída pela SSTL (*Surrey Satellite Technology Ltd*) e destaca-se pelo reduzido tamanho de cada satélite (cerca de 1m³).

Em conjunto, os 5 satélites têm a capacidade de cobrir uma superfície de 4.000.000 km²/dia, aproximadamente 8 vezes a área de Espanha.

Imagens

O RAPIDEYE fornece dois tipos de imagens com diferentes níveis de processamento:

- **Nível 1B:** Imagem corrigida radiometricamente (sem distorções associadas ao sensor). É fornecida com os ficheiros RPC (*Rational Polynomial Coefficient*) associados e a meta-informação necessária ao processo de correção geométrica, de modo a poder ser desenvolvida pelo próprio utilizador.

- **Nível 3A:** Além das correções efetuadas para o nível 1B, a imagem é orto-retificada com o auxílio de um modelo digital do terreno e de pontos de controlo conhecidos. Estas imagens são fornecidas com uma resolução espacial de 5 m/pixel.

Sensor

A largura de varredura de cada sensor (77 km) aliada à ação conjunta dos 5 satélites gémeos permite uma revisitação diária. O sensor transportado por cada um dos cinco satélites apresenta características espectrais como as referidas na Tabela 14.

É de realçar a ausência de um sensor pancromático que poderia permitir a obtenção de imagens fusionadas a cores com maior resolução espacial.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
1	Azul	440-510	6,5
2	Verde	520-590	
3	Vermelho	630-685	
4	Vermelho distante	690-730	
5	NIR	760-850	

Tabela 14. Bandas espectrais da constelação RAPIDEYE.

As imagens são sempre fornecidas com as 5 bandas espectrais registadas pelo sensor. A superfície abrangida por cada imagem é de 77 km x 50 a 300 km.

O custo de aquisição de novas imagens é de 0,95 €/km² para ambos os níveis de processamento, embora possa sofrer um acréscimo se for reduzido o período de aquisição das mesmas ou ainda se for solicitada uma menor cobertura de nuvens. O pedido mínimo deve corresponder a uma área contínua de 5.000 km² (4.750 €). No caso de aquisição de imagens de arquivo, o preço por km² mantém-se, embora a área mínima para aquisição seja reduzida para 1.000 km² (950 €).

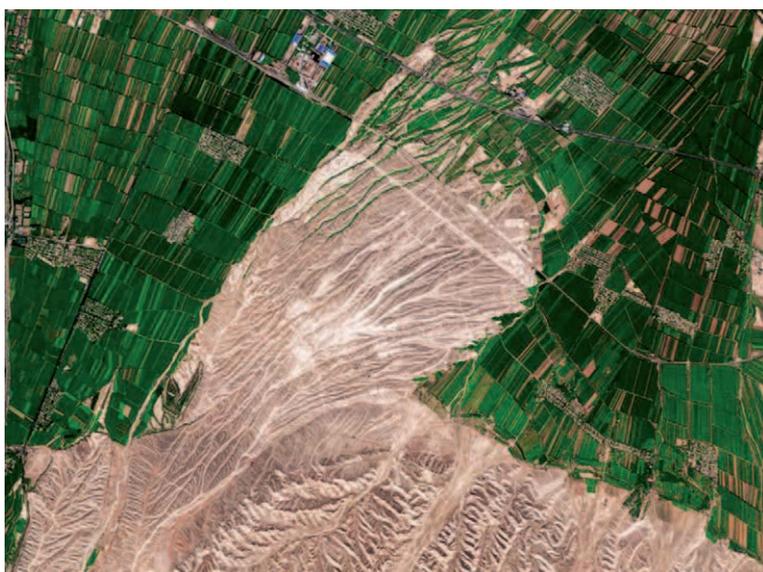
Comercialização

O *RapidEye* permite a busca interativa de imagens de arquivo captadas para uma área específica através do motor de pesquisa *EyeFind* <http://eyefind.rapideye.de>. Este motor de pesquisa apresenta todos os metadados e *quicklooks* que permitam decidir acerca da adequabilidade de determinada imagem para o estudo a efetuar. É necessário contactar a empresa *RapidEye* a posteriori para solicitar um orçamento das imagens referenciadas.

As imagens a adquirir podem ser diretamente encomendadas à *RapidEye* <http://www.rapideye.de>. Atualmente, não existe um distribuidor oficial destes produtos em Espanha.



Monte Ararat. Imagem obtida pelo RAPIDEYE em 2009. Fonte: RapidEye.



Xinjiang (China). Imagem obtida pelo RAPIDEYE. Fonte: RapidEye.

Fonte:
RapidEye <http://www.rapideye.de>

RESOURCESAT-2



RESOURCESAT-2.
Fonte: ISRO.

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
				
LISS-IV	5,8 m	3	5 dias	0,82 €/km ²
LISS-III	23,5 m	4	24 dias	0,14 €/km ²

<http://www.isro.org/satellites/resourcesat-2.aspx>

Descrição geral

O satélite RESOURCESAT-2, lançado a 20 de Abril de 2011, constitui o 18º satélite indiano da série IRS (*Indian Remote Sensing*), dando sequência melhorada e continuidade à atividade desenvolvida pelo satélite IRS-P6 (RESOURCESAT-1), colocado em órbita em 2003 e que continua operacional.

O RESOURCESAT-2, que orbita a uma altura de 822 km, possui vários sensores que proporcionam imagens com distintas resoluções espaciais e espectrais, além de diferentes larguras de varredura.

Sensor

Os sensores do RESOURCESAT-2 apresentam as seguintes características:

- **LISS-IV:** Sensor de alta resolução espacial (5,8 m/pixel no nadir) com três bandas espectrais (verde, vermelho e NIR). Pode operar em modo multispectral (modo *Mx*), a partir do qual apresenta uma largura de varredura de 23,5 km, ou em alternativa usando uma única banda (modo *mono*), sendo neste caso a sua largura de varredura de 70 km. A capacidade de visão lateral deste sensor pode ir até aos 26º relativamente ao eixo vertical, o que lhe confere uma capacidade de revisitação de 5 dias (Tabela 15).

- **LISS-III:** Sensor composto por 4 lentes ópticas independentes com registo de 4 bandas espectrais, duas delas correspondentes ao espectro visível (verde e vermelho) e as outras duas com comprimentos de onda no domínio do infravermelho (NIR e SWIR). A resolução espacial nas 4 bandas é de 23,5 m/pixel. O seu período de revisitação é apenas de 24 dias devido à ausência de capacidade de reorientação do sensor. A largura de varredura deste sensor é de 141 km (Tabela 16).

As siglas dos sensores LISS têm origem na sua denominação em inglês: *Linear Imaging Self Scanner*.

O satélite transporta também um terceiro sensor denominado **AWiFS** (*Advance Wide Field Sensor*), de quatro bandas espectrais (similares às do LISS-III) com uma resolução espacial de 56 a 70 m/pixel.

O RESOURCESAT-1, seu antecessor, possui estes mesmos três sensores, com a grande diferença de patentear uma menor resolução radiométrica.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
<i>mono</i>	Vermelho	620-680	5,8 m
2	Verde	520-590	5,8 m
3	Vermelho	620-680	
4	NIR	770-860	

Tabela 15. Bandas espectrais do sensor LISS-IV.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
1	Verde	520-590	23,5 m
2	Vermelho	620-680	
3	NIR	770-860	
4	SWIR	1550-1700	

Tabela 16. Bandas espectrais do sensor LISS-III.

Imagens

As imagens deste satélite são fornecidas como cenas completas:

- **LISS-IV:** Cenas de 70 x 70 km. O preço varia desde os 2.500 \$/cena (banda única) até aos 4.500 \$/cena no caso de incluir todas as bandas.

- **LISS-III:** Cenas de 140 x 140 km ou 70 x 70 km. O seu preço varia desde os 1.700 \$/cena (multiespectral 70 x 70 km) até aos 2.800 \$/cena (multiespectral 140 x 140 km).

A estes preços serão acrescentados custos adicionais de 300 a 500 \$ pelo serviço de entrega rápida, e de 500 a 750 \$ pela orto-retificação da imagem. Os preços indicados correspondem às imagens do RESOURCESAT-1, pelo que devem ser considerados como meramente indicativos.

Também existem produtos disponíveis que combinam as imagens de dois sensores ou que incorporam ainda uma banda sintética correspondente ao espectro de cor azul, de modo a poderem ser obtidas imagens de “cor real”.

As imagens deste satélite são fornecidas com dois níveis distintos de processamento:

- **Radiometrically corrected:** As imagens são corrigidas radiometricamente (de possíveis distorções associadas aos respectivos sensores).

- **System corrected:** As imagens são corrigidas radiométrica e geometricamente, podendo ser fornecidas com orientação norte ou na direção da própria aquisição.

Em qualquer dos casos, as imagens são sempre fornecidas com toda a informação associada necessária para que o utilizador possa proceder às correções que achar convenientes.

Comercialização

As imagens RESOURCESAT-2 são comercializadas pela empresa *Antrix* <http://www.antrix.gov.in>. As imagens RESOURCESAT-1 são comercializadas na Europa e Norte de África pela e-GEOS <http://www.e-geos.it>. No momento de elaboração desta publicação, ainda não existia nenhum distribuidor de imagens RESOURCESAT-2 para a Europa.

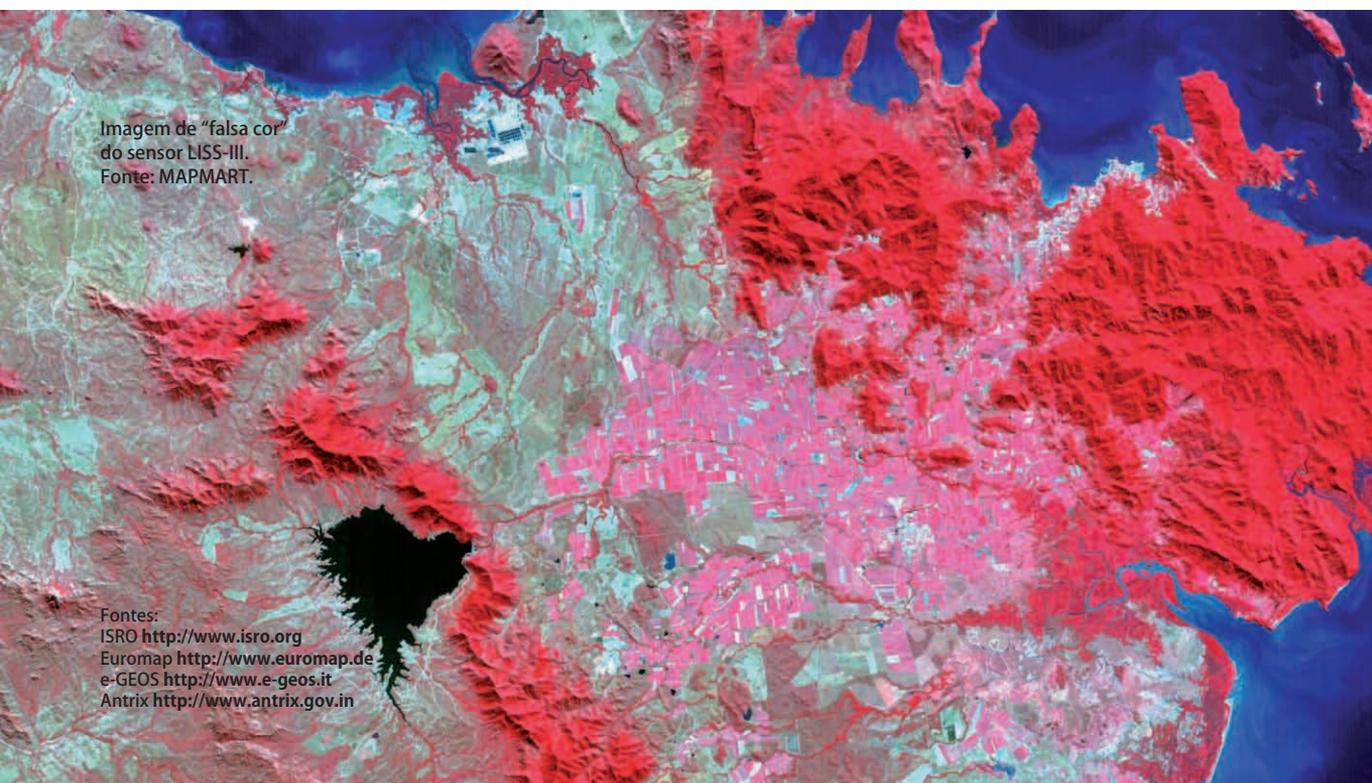


Imagem de “falsa cor”
do sensor LISS-III.
Fonte: MAPMART.

Fontes:
ISRO <http://www.isro.org>
Euromap <http://www.euromap.de>
e-GEOS <http://www.e-geos.it>
Antrix <http://www.antrix.gov.in>



SPOT-5. Fonte: CNES.

SPOT-5

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
HRG	MS: 10 m PAN: 2,5 ou 5m	4	2,4 - 3,7 dias	0,75 €/km ²
HRS	PAN: 10 m	1	26 dias	2,3 €/km ²

<http://spot5.cnes.fr/gb/index2.htm>

Descrição geral

O programa francês SPOT (*Système Probatoire d'Observation de la Terre*), aprovado em 1978 e desenvolvido pelo CNES (*Centre National d'Études Spatiales*), em colaboração com a Bélgica e a Suécia, deu origem até à atualidade a um total de 5 satélites para uso civil. O primeiro satélite da série (SPOT-1) foi lançado a 22 de Fevereiro de 1986. Mantêm-se atualmente operacionais o SPOT-4 (lançamento a 24 de Março de 1998) e o SPOT-5 (lançamento a 4 de Maio de 2002). O arranque do programa SPOT representou naquela época um importante salto tecnológico para a observação terrestre, ao gerar imagens com uma resolução espacial inédita até à data para um satélite civil (10 m/pixel).

Os satélites SPOT, operados atualmente pela *Astrium* GEO-Information, têm a sua continuidade assegurada e programada com o lançamento em 2012 e 2013, respectivamente, do SPOT-6 e do SPOT-7.

O satélite orbita a uma altura de 822 km relativamente à superfície terrestre.

Sensores

O SPOT-5 pode fornecer imagens multiespectrais num corredor de até 900 km de largura. O satélite transporta os seguintes sensores:

- **HRG** (*High Resolution Geometric*): Sensor óptico de alta resolução espacial que apresenta 4 bandas multiespectrais e uma pancromática. O satélite possui duas destas unidades, de

modo a poder executar observações oblíquas. Os dois instrumentos HRG podem funcionar independentemente ou em simultâneo, em modo pancromático ou multiespectral (Tabela 17).

A largura de varredura de cada sensor é de 60 km, pelo que quando operam em tandem (simultaneamente e de modo coordenado) apresentam uma largura de varredura combinada de até 120 km. Podem ainda ser reorientados lateralmente até um ângulo máximo de 27°.

- **HRS** (*High Resolution Stereoscopic*): Sensor dedicado à aquisição simultânea de pares estereoscópicos, num corredor de 120 km de largura por um máximo de 600 km de comprimento, com uma banda espectral pancromática (490-690 nm) com 10 m de resolução espacial. O sensor possui um ângulo de visão dianteira/traseira de $\pm 20^\circ$.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	480-710	2,5 (modo "super") ou 5
1	Verde	500-590	10
2	Vermelho	610-680	
3	NIR	780-890	
4	SWIR	1580-1750	

Tabela 17. Bandas espectrais do sensor HRG.

Fontes:
 CNES <http://spot5.cnes.fr/gb/index2.htm>
 Spot Image <http://www.spotimage.com>
 Ekodes <http://www.ekodes.com>



Monte Fuji (Japão). Imagem com 2,5m/pixel de resolução espacial capturada pelo SPOT-5.
Copyright: CNES. Distribuição: Astrium Services / SPOT Image.

Imagens

O SPOT-5 fornece os seguintes tipos de imagens:

- **PAN:** Imagem pancromática com uma resolução espacial de 5 ou 2,5 metros (modo “super”). Existem até 4 tamanhos de cena disponíveis, que vão desde os 20 x 20 km aos 60 x 60 km.
- **MS:** Imagem multiespectral, de 4 bandas e com 10 metros de resolução espacial. Os tamanhos das cenas são similares aos indicados para as imagens pancromáticas. Existe também a opção de fornecimento de imagens multiespectrais de 3 bandas com resolução espacial de 2,5 a 5 metros, produzidas a partir da fusão com uma imagem pancromática.

Existem até 5 níveis de processamento disponíveis para as imagens a adquirir, estando agrupados em duas gamas de produtos:

- **SPOT Scene:** Imagens corrigidas radiometricamente (nível **1A**); imagens corrigidas radiométrica e geometricamente (nível **1B**); imagens corrigidas radiométrica e geometricamente e projetadas sobre um plano com base num sistema de referência e num datum (nível **2A**).

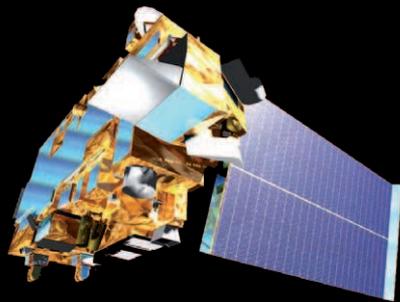
- **SPOTView:** Imagens com o nível **2A** mas apresentando uma maior precisão de localização devido à utilização de pontos de controlo (nível **2B**); imagens com todas as correções anteriores e ainda orto-retificadas com recurso a um modelo digital do terreno (nível **3**).

Para os níveis de processamento correspondentes à gama **SPOT Scene**, o preço de uma imagem multiespectral com resolução espacial de 10 metros ou de uma imagem pancromática com resolução espacial de 5 metros oscila entre os 0,75 €/km² e os 2,55 €/km², em função do tamanho da cena. Para os mesmos níveis de processamento e para uma imagem multiespectral com 5 metros de resolução espacial (fusão) ou para uma imagem pancromática com 2,5 metros de resolução espacial, o preço varia entre 1,5 e 5,1 €/km².

O preço de uma imagem **SPOTView** varia entre 0,69 e 17,75 €/km², em função da resolução espacial solicitada e do tamanho da cena.

Comercialização

As imagens SPOT são comercializadas através da sociedade *Spot Image* <http://www.spotimage.com> e da sua rede de distribuidores oficiais.



TERRA. Fonte: NASA

TERRA (EOS-AM 1)

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
				
ASTER	15 a 90 m	14	16 dias	0,08 €/km ²

<http://terra.nasa.gov>

Descrição geral

O TERRA é um satélite científico colocado em órbita pela NASA a 18 de Dezembro de 1999, resultando da colaboração das agências espaciais norte-americana, japonesa e canadiana. O objetivo principal deste satélite consiste no estudo dos ciclos de carbono e da energia, visando assim contribuir para a monitorização ambiental global no Planeta Terra. O TERRA foi o primeiro satélite do programa EOS (*Earth Observing System*), que consiste num sistema integral de monitorização da Terra através de uma série de satélites com órbitas polares sincronizadas que levam a cabo observações a nível global da superfície terrestre, da atmosfera e dos oceanos.

O satélite TERRA possui vários sensores, embora nesta publicação apenas seja descrito o sensor ASTER, que proporciona imagens com uma resolução espacial de 15 a 90 m/pixel. O satélite orbita a 705 km de altura.

Sensores

• **ASTER** (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*): Sensor desenvolvido graças à colaboração estabelecida entre o Governo do Japão e distintas sociedades e unidades de I&D. Proporciona imagens em 14 canais espectrais e com distintas resoluções espaciais. É constituído por três subsistemas que captam imagens em diferentes regiões do espectro eletromagnético (Tabela 18). O sensor apresenta uma largura de varredura de 60 km.

É de realçar o facto das bandas SWIR deste sensor terem desde logo apresentado problemas de interferências devido principalmente à energia indevidamente refletida pelo recetor da banda 4. Foi desenvolvida uma série de algoritmos para corrigir esta interferência, de modo que estas bandas SWIR pudessem ser usadas durante vários anos. No entanto, a partir de Abril de 2008, este subsistema e todas as bandas SWIR a si associadas deixaram completamente de estar operacionais, pelo que o sensor ASTER apenas fornece na atualidade produtos derivados dos subsistemas VNIR e TIR, ou sejam as bandas 1 a 3 e 10 a 14.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
1	Visível e NIR	520-600	15
2		630-690	
3		760-860	
4	SWIR	1600-1700	30
5		2145-2185	
6		2185-2225	
7		2235-2285	
8		2295-2365	
9	2360-2430		
10	TIR	8125-8475	90
11		8475-8825	
12		8925-9275	
13		10250-10950	
14		10950-11650	

Tabela 18: Bandas espectrais do sensor ASTER

Imagens

As imagens ASTER são distribuídas em vários níveis de processamento:

- **1A:** Nível com um grau de processamento mais baixo, e normalmente utilizado para a geração de modelos digitais do terreno.
- **1B:** A imagem encontra-se corrigida radiometricamente e todas as bandas estão perfeitamente alinhadas e georreferenciadas. Este nível é normalmente usado pelos utilizadores que procurem obter dados de Refletância usando o seu próprio software.
- **2:** Estas imagens apresentam um maior grau de processamento. São muito variados os tipos de produtos existentes, já que abrangem diferentes porções do espectro eletromagnético, de acordo com o tipo de aplicações pretendidas. Como exemplos, podem ser obtidas imagens térmicas para cada uma das bandas TIR, ou ainda

imagens da Refletância à superfície (corrigidas atmosféricamente) produzidas a partir das bandas VNIR.

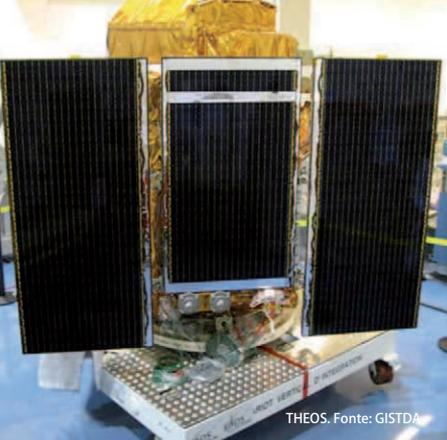
As imagens são fornecidas em cenas de 60 x 60 km, embora o satélite tenha capacidade para capturar franjas mais largas da superfície terrestre. Os respectivos preços variam desde os 75 aos 300 euros por cena, consoante se tratam de imagens de arquivo ou de novas aquisições de zonas com datas de captura previamente definidas pelo utilizador.

Comercialização

As imagens ASTER podem ser obtidas por diferentes meios. Atualmente, a sua distribuição comercial está a cargo da agência japonesa ERSDAC <http://www.ersdac.or.jp/eng/index.E.html>. A nível europeu, a e-Geos <http://www.e-geos.it> também distribui estas imagens, fornecendo três produtos por cada pedido: os níveis **1A**, **1B** e a imagem orto-retificada.



Imagem do sensor ASTER das estufas de El Ejido, Almería (Espanha). Fonte: NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS and U.S./Japan ASTER Science Team



THEOS. Fonte: GISTDA

THEOS

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
				
THEOS	MS: 15 m PAN: 2 m	4	1 - 5 dias	0,20 €/km ²

<http://www.gistda.or.th>

Descrição geral

O THEOS (*Thailand Earth Observation Satellite*) constitui o primeiro satélite tailandês para observação da superfície terrestre, tendo o seu lançamento tido lugar a 1 de Outubro de 2008.

É atualmente operado pela GISTDA (*Geo-Informatics and Space Technology Development Agency*), da Tailândia. O satélite orbita a uma altura de 822 km.

Sensores

Este satélite de cobertura global dispõe de uma câmara multiespectral com 15 metros de resolução espacial e uma câmara pancromática com 2 metros de resolução espacial. Pode captar imagens num corredor de até 1000 km de largura graças à sua capacidade de visão lateral, que pode alcançar os 30°. Este satélite pode ser programado para a aquisição de imagens estéreo de uma determinada zona no decorrer da mesma passagem. A câmara multiespectral apresenta uma largura de varredura de 90 km, sendo esta mesma variável de 22 km no caso da câmara pancromática. O período médio de revisitação é de 3 dias (oscilando entre 1 e 5 dias).

As características básicas dos sensores multiespectral e pancromático transportados por este satélite estão patentes na Tabela 19.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	450-900	2 (nadir)
0	Azul	400-520	15 (nadir)
1	Verde	530-600	
2	Vermelho	620-690	
3	NIR	770-900	

Tabela 19. Bandas espectrais do satélite THEOS.

Imágenes

O THEOS fornece três tipos de imagens:

- **PAN:** Imagem pancromática com 2 metros de resolução espacial. O tamanho mínimo da cena é de 22 x 22 km. A pedido do cliente, o comprimento da cena pode ser incrementado ou, em alternativa, pode ser definida uma área contínua poligonal com um mínimo de 484 km².
- **MS:** Imagem multiespectral de 4 bandas com 15 metros de resolução espacial. O tamanho mínimo da cena é de 90 x 90 km. Tal como no caso anterior, o comprimento da cena pode ser incrementado ou, em alternativa, pode ser definida pelo cliente uma área contínua poligonal.
- **PS:** Fusão das imagens **PAN** e **MS**, da qual resulta

uma imagem de 4 bandas com uma resolução espacial de 2 m. Tamanho mínimo da cena: 22 x 22 km ou um polígono com área mínima de 484 km².

Existe também a opção de fornecimento conjunto das imagens multiespectral e pancromática da mesma zona (**Bundle**), assim como poderá ser fornecida uma imagem estéreo (pancromática ou multiespectral) de uma determinada área.

Os preços atualmente vigentes para aquisição de novas imagens oscilam entre os 0,20 e os 5,07 €/km², consoante o tipo de imagem solicitada.

Por defeito, o grau máximo de cobertura de nuvens existente numa imagem a adquirir não pode exceder os 20%. Atendendo ao grau de processamento aplicado, os tipos de produtos existentes estão disponíveis nos níveis **1A** e **2A**, que incluem respectivamente as correções radiométrica e geométrica. As imagens **PS** estão apenas disponíveis para aquisição com nível **2A** de processamento.

Comercialização

As imagens THEOS são distribuídas pela GISTDA http://www.gistda.or.th/gistda_n/en/.





WorldView-2. Fonte: INGENO

WORLDVIEW-2

Sensores	Resolução espacial	Nº bandas	Resolução temporal	Preço
WORLDVIEW-2	MS: 2 m PAN: 0,5 m	8	1 a 3 dias	35 \$/km ²

<http://worldview2.digitalglobe.com>

Descrição geral

O WORLDVIEW-2 é um satélite comercial norte-americano de muito alta resolução espacial operado pela empresa *DigitalGlobe*. O seu lançamento a 8 de Outubro de 2009 constitui um marco ao ter sido o primeiro satélite comercial capaz de captar 8 bandas espectrais com uma resolução espacial de 2 m/pixel. O satélite encontra-se a 770 km de altura, numa órbita um pouco mais elevada que a de outros satélites com características similares.

O seu antecessor, o WORLDVIEW-1 (não caracterizado neste documento), apresenta uma única banda pancromática com resolução espacial de 0,5 m/pixel. Em conjunto com o WORLDVIEW-2 e o QUICKBIRD, formam parte de uma constelação que pode dar resposta a pedidos conjuntos ou combinados.

Sensor

O WORLDVIEW-2 possui um sensor multiespectral de 8 bandas com 1,84 m/pixel de resolução espacial, além de um sensor pancromático com resolução espacial de 0,46 m/pixel. No entanto, o Governo dos EUA não permite na atualidade a comercialização de imagens com estas resoluções*/**.

A possibilidade de captar imagens com um ângulo de visão de até 450 permite cobrir qualquer ponto numa franja de 1.355 km da superfície terrestre, abaixo da linha definida pela trajetória do satélite. Numa só passagem, este satélite tem a capacidade de cobrir uma superfície contígua de 96 x 110 km, apesar da sua largura de varredura ser apenas de 16,4 km.

As características básicas do sensor estão patentes na Tabela 20.

Banda	Região espectral	Largura de banda (nm)	Resolução espacial (m)
	Pancromático	450-800	0,46 (nadir)* 0,52 (a 20°)
1	Coastal	400-450	1,84 (nadir)** 2,08 (a 20°)
2	Azul	450-510	
3	Amarelo	585-625	
4	Verde	510-580	
5	Vermelho	630-690	
6	Red Edge	705-745	
7	NIR 1	760-900	
8	NIR 2	860-1040	

Tabela 20: Bandas espectrais do satélite WORLDVIEW-2

*A resolução baixa para 0,50 metros no caso da aquisição de imagens para uso comercial.

** A resolução baixa para 2 metros no caso da aquisição de imagens para uso comercial.

Imagens

O WORLDVIEW-2 fornece três tipos de imagens:

- **PAN:** Imagem pancromática com 0,5 m/pixel de resolução espacial.
- **MS:** Imagem multiespectral (pode ser solicitada com 4 ou 8 bandas) com resolução espacial de 2 m/pixel.
- **PS:** Fusão das imagens **PAN** e **MS**, daí resultando uma nova imagem de 3 ou 4 bandas com uma resolução espacial de 0,5 m.

De acordo com o grau de processamento aplicado, os tipos de imagens WORLDVIEW-2 disponíveis são similares aos já descritos anteriormente para o satélite QUICKBIRD (ver descrição efetuada para este sensor): **Basic**, **Standard** e **Ortho**.

Relativamente aos preços de aquisição:

- **Basic:** Este produto só pode ser adquirido através de cenas de 16 x 14 km, a um preço-base de 9.520 \$/cena no caso de um pedido com prioridade normal que inclua as 8 bandas, indo até aos 21.216 \$/cena no caso de um pedido com prioridade máxima que inclua as 8 bandas espectrais e ainda a imagem pancromática.
- **Standard:** Os preços associados a pedidos

de novas aquisições deste tipo de imagem podem variar entre os 35 \$/km² e os 78 \$/km², dependendo do grau de prioridade do pedido. O preço associado a um pedido mínimo de aquisição pode oscilar entre os 1.800\$ e os 10.000\$.

• **Ortho:** O preço destas imagens é similar ao das imagens standard com um acréscimo de 10 a 14 \$/km² consoante a escala a que é fornecido o produto. O pedido mínimo é de 100 km².

• **Stereo:** Os preços associados a pedidos de novas aquisições podem variar entre os 40 e os 49 \$/km², dependendo do tipo de produto com que são elaboradas estas imagens. O pedido mínimo é de 210 km².

Todas as imagens QUICKBIRD adquiridas a um distribuidor podem apresentar por defeito uma cobertura de nuvens máxima até 15%. Uma menor percentagem pode ser previamente solicitada a troco de um acréscimo do custo-base da imagem.

Comercialização

As imagens da *DigitalGlobe* (QUICKBIRD, WORLDVIEW-1, WORLDVIEW-2) são distribuídas na Europa pela e-Geos <http://www.e-geos.it>, pela *European Space Imaging* (EUSI) <http://www.euspaceimaging.com>, e pela sua respectiva rede de distribuidores nacionais.



Hotel Burj Al Arab, Dubai (Emirados Árabes Unidos).
Imagem PS do Worldview-2 com
0,5m/pixel de resolução espacial.
Fonte: Satellite Imaging Corporation.

FUTURAS MISSÕES COM INTERESSE

PLEIADES

Constelação de 2 satélites, fruto da cooperação franco-italiana, que será operada pela EADS *Astrium*. A PLEIADES complementar a oferta de imagens dos satélites SPOT, contribuindo com uma maior resolução espacial. O seu período de revisitação será de 1 dia (com um ângulo máximo de visão lateral de 43°). Possui um canal pancromático com uma resolução espacial de 0,5 a 0,7 metros/pixel. Também proporcionará imagens multiespectrais (4 bandas) com uma resolução espacial de 2 a 2,8 metros. A PLEIADES-1 foi lançada com sucesso a 17 de Dezembro de 2011, enquanto a PLEIADES 2 será lançada em meados de 2012. Mais informação no website: <http://smc.cnes.fr/PLEIADES>.

GEOEYE-2

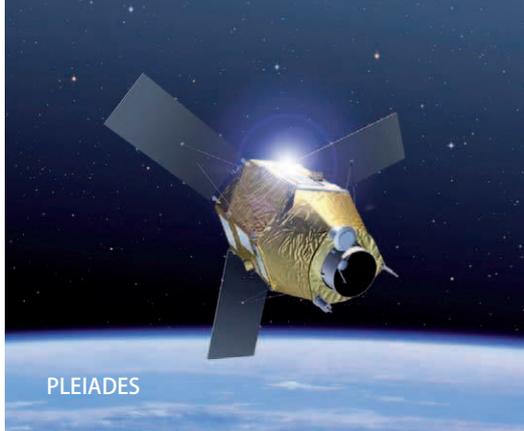
Satélite norte-americano que complementar a oferta do seu antecessor GEOEYE-1, incrementando a sua resolução espacial (no canal pancromático poderá atingir 0,25 metros/pixel). As imagens comerciais terão uma resolução espacial de 0,50 metros. Juntamente com o GEOEYE-1 e o IKONOS constituirão uma constelação de satélites que permitirá à empresa operadora aumentar consideravelmente a capacidade atual de revisitação. O lançamento do GEOEYE-2 está previsto para 2013. Mais informação no website: <http://www.geoeeye.com>.

SPOT-6 / SPOT-7

Constelação de satélites continuadores dos atuais SPOT. A órbita dos satélites SPOT-6 e SPOT-7 estará sincronizada com a dos satélites PLEIADES. Proporcionará uma resolução espacial de 1,5 metros no canal pancromático e de 6 metros no multiespectral (4 bandas: azul, verde, vermelho e NIR). O lançamento do SPOT-6 está previsto para Setembro de 2012 e o do SPOT-7 para Janeiro de 2014. Mais informação no website: <http://www.spotimage.com>.

FORMOSAT-5

Satélite taiwanês continuador do FORMOSAT-2, desenvolvido pela NSPO (National Space Organization). O sensor que transporta proporcionará imagens pancromáticas com 2 metros de resolução espacial e imagens multiespectrais com 4 metros de resolução espacial. O seu lançamento está previsto para 2014. Mais informação no website: <http://www.nspo.org.tw/en>.



PLEIADES



DEIMOS-2



SENTINEL-2



LDCM



SPOT-6

SENTINEL-2

Consiste no conjunto de dois satélites para observação terrestre da ESA (*European Space Agency*), que obterão dados similares às missões SPOT e LANDSAT, no âmbito do programa europeu GMES (*Global Monitoring Environmental and Security*). O sensor a bordo de cada satélite captará informação em 13 bandas do espectro eletromagnético (nas regiões do visível, infravermelho próximo e infravermelho). Quatro destas bandas terão uma resolução espacial de 10 metros, as 6 seguintes de 20 metros, e as últimas 3 bandas de 60 metros, com uma largura de varredura de 290 km. O período de revisitação será de 5 dias no equador e de 3 dias em latitudes médias. O primeiro dos satélites tem o seu lançamento previsto para 2013. Mais informação no website: <http://www.esa.int>.



GEOEYE-2

DEIMOS-2

Satélite que complementarà a atividade do DEIMOS-1, com um canal pancromático e quatro bandas multiespectrais com 1 e 10 metros de resolução espacial, respectivamente. O seu lançamento está previsto para 2013. Mais informação no website: <http://www.deimos-imaging.com>.

INGENIO

Satélite espanhol para Detecção Remota de âmbito civil, cujo lançamento está previsto para 2013. Proporcionará imagens pancromáticas e multiespectrais (4 bandas) com 2,5 e 10 m/pixel de resolução espacial, respectivamente. A sua largura de varredura será de aproximadamente 60 km e o seu período de revisitação será em média de 3 dias. Mais informação no eoPortal: <http://www.eoport.org>.



INGENIO

LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*)

Satélite norte-americano continuador do programa LANDSAT, cujo lançamento está previsto para finais de 2012. Este satélite transportará o sensor OLI (*Operational Land Imager*), com o objetivo de proporcionar imagens multiespectrais (8 bandas) com 30 metros de resolução espacial, além de imagens pancromáticas com 15 metros de resolução espacial. Este satélite transportará também o sensor TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*), que proporcionará 2 bandas na região do infravermelho térmico com 100 metros de resolução espacial. Mais informação no website: <http://landsat.usgs.gov>.



WORLDVIEW-3

WORLDVIEW-3

A empresa *Ball Aerospace & Technologies Corp.* construirá para a *DigitalGlobe and ITT Corp.* o próximo satélite da série *WorldView*. Este projeto encontra-se atualmente em fase de desenvolvimento, estando o lançamento do novo satélite previsto para finais de 2014. As suas características serão muito similares às do seu antecessor, o *WORLDVIEW-2*, embora estejam a ser melhorados vários aspetos relacionados com os custos, riscos e rapidez de entrega das imagens. Mais informação no website: <http://www.digitalglobe.com>.

Imagem do Mont Blanc (França) capturada pelo SPOT-5 a 15 de Outubro de 2005, com 2,5m/pixel de resolução espacial.
Copyright: CNES.
Distribuição: Astrium Services / SPOT Image.



Parâmetros básicos para a aquisição de imagens de Detecção Remota

O satélite e sensor que seja o mais adequado às nossas necessidades são principalmente determinados pela resolução espacial e espectral requerida pelo nosso trabalho ou estudo, sem esquecer obviamente a componente orçamental. Uma vez definidos estes parâmetros, o seguinte passo será realizar o pedido da imagem com os itens que se seguem, dirigido a alguma empresa especializada na sua distribuição.

•**Zona de estudo.** Deve ser normalmente definida por um polígono georreferenciado, fornecido à empresa em formato *shapefile* ou similar. Há que ter em conta a área mínima de requisição definida para cada satélite/sensor. Quando a aquisição de imagens é efetuada por cenas, deve haver o cuidado de encomendar todas as cenas que abrangem toda a área de estudo.

•**Janela de aquisição.** Através deste parâmetro é definido o período de tempo durante o qual a imagem deve ser adquirida. Geralmente as janelas de aquisição são de dois meses, embora exista a opção de as reduzir, mediante um custo acrescido, de modo a obter imagens num período de tempo mais curto.

•**Prioridade de pedido.** Alguns satélites oferecem a possibilidade, mediante um custo acrescido, de profetizar o pedido de uma determinada imagem. Esta opção pode ser interessante quando a área de estudo em causa é alvo de numerosos pedidos de outros utilizadores potencialmente competidores.

•**Porcentagem de nebulosidade.** O preço associado a uma determinada imagem inclui o fornecimento da mesma com uma percentagem máxima de nebulosidade na ordem dos 10 a 20% (conforme o satélite). Esta percentagem pode ser reduzida mediante um custo acrescido.

•**Ângulo máximo.** Este parâmetro indica o maior ângulo possível de aquisição da imagem relativamente ao eixo vertical formado pelo satélite. Quanto maior o ângulo de aquisição, menor será o período de revisitação do satélite, aumentando assim a possibilidade de aquisição da imagem. Seguindo o mesmo princípio, uma imagem captada de um ângulo excessivamente oblíquo terá uma menor resolução espacial e menor precisão de localização. Em terrenos muito acidentados como as Canárias e os Açores, pode inclusive haver perda significativa de informação em áreas de elevado declive. Nem todos os satélites permitem definir o ângulo máximo.

•**Resolução radiométrica.** Esta característica pode ser definida pelo utilizador sem custos acrescidos. Uma maior resolução radiométrica proporciona maior precisão na informação espectral. No entanto, estas imagens requerem mais memória para o seu armazenamento e equipamentos informáticos mais potentes para o seu processamento. Nem sempre existe a opção prévia de definir este parâmetro.

•**Nível de processamento.** Este parâmetro refere-se às correções radiométrica, geométrica e de georreferenciação que podem ser aplicadas à imagem por parte da empresa distribuidora. Cada distribuidor oferece níveis específicos de processamento, não sendo estes iguais para todos os satélites. O utilizador pode adquirir desde uma imagem de nível 0 (sem qualquer tipo de correção) até uma imagem corrigida radiometricamente, geometricamente e orto-retificada. Entre ambas as opções extremas podem existir vários níveis, embora em qualquer um deles seja sempre fornecida toda a informação necessária para um processamento superior por parte do utilizador. Geralmente um maior nível de processamento implica um maior custo da imagem.



Vilaflor, Tenerife (Ilhas Canárias).
Imagem MS do GeoEye-1 com 2m/pixel
de resolução espacial, adquirida a 3 de
Outubro de 2010.
Fonte: SATELMAC.

Glossário

Assinatura espectral: Curva que representa a variação da refletância de um objeto em função do seu comprimento de onda.

Banda espectral ou canal espectral: Cada um dos intervalos de comprimentos de onda detectável pelo sensor.

Banda sintética: Banda espectral obtida através do processamento de outras bandas, normalmente com o objetivo de melhorar a representação visual de uma imagem que carece, originalmente, de uma banda espectral determinada.

Binário: Sistema de representação numérica com dois elementos, o "0" e o "1".

Bit: Unidade básica de informação digital, pode ter os valores de "0" ou "1".

Bundle: Consiste num conjunto de duas imagens de uma mesma zona, uma multiespectral e outra pancromática, ambas adquiridas simultaneamente pelo mesmo satélite e fornecidas em conjunto. Este tipo de produto é muito comum em satélites de alta resolução que transportam sensores multiespectrais e pancromáticos como o GEOEYE-1, QUICKBIRD, KOMPSAT, WORLDVIEW-2, etc.

Cena: Imagem captada pelo sensor de um satélite de forma regular, com dimensão (largura e comprimento) pré-determinada.

Cobertura de nuvens: Refere-se à proporção da imagem que está ocupada por nuvens. Nos casos em que as nuvens não estão aglomeradas e compactas, deixando ver parte da superfície, esta percentagem não é simples de calcular.

Comprimento de onda: Distância entre dois valores máximos sucessivos de uma onda eletromagnética. É normalmente expresso em nanómetros (nm) ou micrómetros (μm).

Constelação: Grupo de satélites que operam de forma conjunta e coordenada. Exemplo: RAPIDEYE.

Correção geométrica: Correção das distorções que são produzidas durante o processo de aquisição de uma imagem, devidas à rotação e curvatura da Terra, ao ângulo de visão do sensor, ou ainda a variações na posição do satélite.

Correção radiométrica: Qualquer modificação que altere os valores originais registados pelo sensor, a fim de corrigir os possíveis efeitos que a atmosfera, a geometria de observação ou ainda as características físicas do próprio sensor produziram na imagem adquirida.

Datum: Conjunto de parâmetros usados para definir com precisão a forma tridimensional da Terra. Cada datum é definido em função de um elipsoide e por um ponto no qual este elipsoide e a Terra são tangentes.

Escala: Relação entre as dimensões das entidades de um mapa e dos mesmos objetos geográficos representados na superfície terrestre. É normalmente expressa como uma fração ou uma proporção.

Espectro eletromagnético: Intervalo total dos comprimentos de onda ou frequências de radiação eletromagnética. Abrange desde os raios cósmicos às ondas de rádio.

Frequência: Número de oscilações por unidade de tempo de uma onda eletromagnética. É inversamente proporcional ao comprimento de onda.

Grau ou nível de processamento: Quantidade de processamento aplicada a uma imagem desde o momento da sua captura até à sua visualização no nosso computador. Dado que as imagens de todos os sensores remotos requerem um processamento similar antes de poderem ser utilizadas, as empresas de distribuição estabeleceram um conjunto de níveis de processamento standard que descrevem os tipos de tratamento realizados antes da entrega da imagem.

Imagem de arquivo: Imagem captada por um sensor remoto no “passado”. A fronteira temporal para considerar uma imagem como de arquivo varia de distribuidor para distribuidor, no entanto costuma ter este estatuto somente alguns meses após a sua aquisição. Uma imagem de arquivo apresenta um menor preço que uma imagem de aquisição nova ou recente do mesmo sensor.

Imagem estéreo ou estereoscópica: Conjunto de duas imagens da mesma área captadas com ângulos de visão diferentes, permitindo assim uma reconstrução tridimensional da cena observada.

Imagem fusionada (Pan-Sharpened): Imagem que resulta da fusão de uma imagem pancromática com a sua imagem multiespectral equivalente, através da aplicação de uma série de algoritmos matemáticos. A imagem resultante apresenta a resolução espacial da imagem pancromática e a resolução espectral da imagem multiespectral.

Imagem hiperespectral: Imagem captada por um sensor que mede a energia simultaneamente em dezenas de bandas espectrais (normalmente mais de cem).

Imagem multiespectral (MS): Imagem captada por um sensor que mede a energia simultaneamente em duas ou mais bandas espectrais.

Imagem pancromática (PAN): Imagem captada por um sensor que mede a energia num amplo intervalo do espectro eletromagnético, abrangendo normalmente a região do visível e também a do infravermelho próximo nalguns casos.

Influência atmosférica: Efeito produzido pelos gases e partículas da atmosfera sobre a radiação registada pelo sensor de um satélite.

Janela de aquisição: Período de tempo durante o qual a empresa distribuidora de imagens de satélite se compromete em corresponder ao pedido do cliente.

Nadir: Ponto sobre a superfície terrestre

definido pelo eixo vertical traçado a partir da posição do satélite.

Número Digital (ND): DN em Inglês (Digital Number), consiste no valor numérico associado a cada pixel de uma imagem. Quando um sensor regista uma imagem, este valor é proporcional à quantidade de energia eletromagnética detectada.

Metadados: Documentos que contêm informação descritiva sobre a informação geográfica (“informação sobre a informação”). Incluem normalmente a fonte dos dados, a sua data de criação, o formato usado, a projeção usada, a escala, a resolução, etc.

Modelo digital do terreno: Conjunto de dados que representam entidades (pontos, isolinhas) da superfície terrestre cuja localização geográfica é definida por coordenadas rectangulares “x” e “y” e às quais é associado um valor numérico “z” que corresponde à elevação / altitude (cota topográfica).

Off-Nadir: Termo que descreve a capacidade de visão oblíqua de um sensor para além do eixo vertical (nadir) definido pela posição do satélite com a superfície terrestre.

Órbita: Trajetória descrita no espaço por um satélite em redor da Terra.

Órbita geoestacionária: Órbita descrita pelo satélite em redor da Terra na qual este se desloca de oeste para este numa altura aproximada de 36.000 Km e à mesma velocidade angular que a rotação da Terra, pelo que permanece sempre na mesma posição relativamente a esta.

Órbita quase polar: Órbita que passa próximo dos pólos permitindo ao satélite cobrir com os seus sensores a maior parte da superfície terrestre.

Orto-retificação: Procedimento informático no qual são eliminadas as distorções horizontais e verticais devidas ao relevo apresentadas pela imagem, conferindo-lhe o estatuto de produto cartográfico diretamente utilizável em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica).

Período de revisitação: Intervalo de tempo mínimo gasto pelo sensor a bordo de um satélite

para adquirir duas imagens sucessivas de uma mesma porção da superfície terrestre.

Pixel: Elemento básico de uma imagem, disposto matricialmente em linhas e colunas.

Pontos de controlo: Pontos da superfície terrestre com coordenadas conhecidas que podem ser localizados numa imagem, servindo consequentemente de apoio aos processos de georreferenciação e orto-retificação de uma imagem.

Prioridade do pedido: Opção existente aquando do pedido de aquisição da imagem, que consiste em priorizar a nossa solicitação quer por uma questão de necessidade urgente, quer ainda para fazer face a outros pedidos potencialmente concorrenciais abrangendo a mesma área.

Quicklook: versão simplificada e/ou com menor resolução espacial de um mapa ou imagem, cuja finalidade é permitir uma visualização rápida destes produtos. Nos arquivos e catálogos de imagens de satélite, estas imagens simplificadas costumam estar disponíveis de modo a facilitar o processo de apreciação e aquisição das mesmas por parte do cliente.

Radiação eletromagnética: Energia que se propaga no espaço à velocidade da luz, como uma combinação dos campos elétrico e magnético.

Raster: Formato de representação de dados espaciais ordenados segundo uma estrutura matricial de células ou pixéis, no qual cada um destes elementos é representado espacialmente de acordo com as suas coordenadas horizontal (x) e vertical (y).

Refletância: Relação entre a quantidade de radiação incidente e radiação refletida por uma determinada superfície. É normalmente expressa em % ou com valores situados entre 0 e 1.

Resolução espacial: É a medida da distância angular ou linear mais pequena da superfície terrestre que pode ser captada por um sensor remoto, sendo quantificada através

do tamanho apresentado por um pixel relativamente à área da superfície terrestre por ele abrangida.

Resolução espectral: Define o número e a largura das bandas espectrais detectáveis por um sensor.

Resolução radiométrica: Refere-se à quantidade mínima de energia detectável pelo sensor e passível de fazer variar o valor de um pixel num número digital (ND).

Resolução temporal: (ver “período de revisitação”).

RPC (Rational Polynomial Coefficient): Consiste num modelo matemático que relaciona cada pixel da imagem com as respectivas coordenadas no terreno, com base na posição e ângulo de visão do satélite. Esta informação é fornecida conjuntamente com a imagem adquirida, podendo ser usada para orto-retificar a imagem de satélite com recurso a um modelo digital do terreno.

Satélite para Detecção Remota: Plataforma espacial em órbita à volta da Terra que transporta um ou vários sensores para a sua observação.

Satélite heliosíncrono: Estes satélites descrevem uma órbita que passa sempre sobre o mesmo ponto da superfície terrestre à mesma hora solar local.

Sensor: Instrumento que detecta radiação eletromagnética e tem a capacidade de registá-la, convertendo-a a valores digitais (ND), daí resultando normalmente uma imagem.

Shape: Formato vetorial de armazenamento e representação de dados espaciais (inclui a localização dos elementos representados e a definição dos atributos a si associados). É um formato bastante comum no domínio dos SIG (Sistemas de Informação Geográfica) desenvolvido pela empresa norte-americana ESRI.

Fontes bibliográficas e de informação

Publicações utilizadas para a redação deste documento:

- **Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction.** Paul Mather y Magaly Koch. 4ª edición. Editorial John Wiley & Sons. 2011.
- **Dr. Nicholas Short's Remote Sensing Tutorial.** <http://rst.gsfc.nasa.gov/>
- **Fundamentals of Remote Sensing.** http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca.earth-sciences/files/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals_e.pdf
- **Guía didáctica de Teledetección y Medio Ambiente.** Editores Javier Martínez Vega y M. Pilar Martín Isabel. CCHS-IEGD. 2010. http://digital.csic.es/bitstream/10261/28306/2/guia_papel.pdf
- **Introduction to Remote Sensing.** James B. Campbell y Randolph H. Wynne. 5ª edición. Editorial The Guilford Press. 2011.
- **Remote sensing and image interpretation.** Thomas Lillesand, Ralph W. Kiefer y Jonathan Chipman. 6ª edición. Editorial Wiley. 2007.
- **Teledetección.** Editor Jose A. Sobrino. Universidad de Valencia. 2000.
- **Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio.** Emilio Chuvieco. Editorial Ariel Ciencias. 2010.

Páginas de Internet consultadas:

- Antrix Corporation. <http://www.antrix.gov.in>
- ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer. <http://asterweb.jpl.nasa.gov>
- Astrium GeoInformation Services : Satellite maps & images - geospatial solutions <http://www.spotimage.com> - <http://www.astrium-geo.com>
- CNES - SPOT 5. <http://spot5.cnes.fr/gb/index2.htm>
- DigitalGlobe - Satellite Imagery and Geospatial Information Products. <http://www.digitalglobe.com>
- DMC International Imaging Ltd - Remote Sensing Data Solutions. <http://www.dmcii.com>
- e-GEOS. <http://www.e-geos.it>
- Ekodes Consultores Perú SIG. <http://www.ekodes.com>

- EO Portal: Sharing Earth observation resources. <http://www.eoportal.org/>
- ERSDAC - Earth Remote Sensing Data Analysis Center. <http://www.ersdac.or.jp/eng/index.E.html>
- ESA (European Space Agency) - Portal. <http://www.esa.int/>
- Euromap. <http://www.euromap.de>
- European Space Imaging (EUSI). <http://www.euspaceimaging.com>
- Excelencia en Teledetección - Elecnor Deimos Imaging. <http://www.deimos-imaging.com>
- GeoEye High Resolution Imagery, Earth Imagery & Geospatial Services. <http://www.geoeye.com>
- GISTDA - Geoinformatics and Space Technology Development Agency. http://www.gistda.or.th/gistda_n/en/
- ImageSat. <http://www.imagesatintl.com>
- ISRO - Indian Space Research Organization. <http://www.isro.org>
- KARI (Korea Aerospace Research Institute). <http://www.kari.re.kr/english>
- Landsat Missions. <http://landsat.usgs.gov>
- NASA: TERRA (EOS AM-1). <http://terra.nasa.gov>
- NSPO (National Space Organization). <http://www.nspo.org.tw>
- PLEIADES. <http://smc.cnes.fr/PLEIADES>
- RapidEye: Delivering the world. <http://www.rapideye.de>
- Small Satellites – Earth Observation - Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL). <http://www.sstl.co.uk>
- USGS EO-1. <http://eo1.usgs.gov>
- WorldView-2 - DigitalGlobe. <http://worldview2.digitalglobe.com>



CHEFE DE FILA



PARCEIROS



CO-FINANCIADO

