

# **Sensoriamento Remoto I**

**José Antonio Pacheco de Almeida  
Paulo José de Oliveira**



**São Cristóvão/SE  
2010**

# Sensoriamento Remoto I

## Elaboração de Conteúdo

José Antonio Pacheco de Almeida

Paulo José de Oliveira

---

## Projeto Gráfico e Capa

Hermeson Alves de Menezes

## Diagramação

Neverton Correia da Silva

---

Copyright © 2010, Universidade Federal de Sergipe / CESAD.  
Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização por escrito da UFS.

FICHA CATALOGRÁFICA PRODUZIDA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Almeida, José Antonio Pacheco de.  
A447      Sensoriamento remoto I / José Antonio Pacheco de  
Almeida, Paulo José de Oliveira. -- São Cristóvão:  
Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2010.

1. Sensoriamento remoto. I. Oliveira, Paulo José de.  
I Título.

CDU 528.8

## **SATÉLITES – ÓRBITAS E SISTEMAS SENSORES**

### **META**

Apresentar as órbitas descritas pelos satélites artificiais e as principais características dos sistemas sensores.

### **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá:

- Distinguir os principais tipos de satélites e as características dos sensores remotos de aquisição de imagem de satélite.

### **PRÉ-REQUISITOS**

*Dominar o conteúdo da aula 6.*

### INTRODUÇÃO

Para registrar a radiação eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres são necessários dois componentes: a plataforma e o sensor. A plataforma é o componente no qual o sensor está acoplado. São utilizadas plataformas terrestres para registrar pequenas superfícies do terreno e as plataformas espaciais, as quais descrevem órbitas polares ou equatoriais ao redor do planeta Terra; nesse caso, os sensores são transportados a bordo de satélites. O sensor remoto é um aparelho capaz de registrar a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos objetos geográficos.

### PLATAFORMA, ÓRBITAS E SISTEMAS SENSORES

As plataformas utilizadas para o transporte de equipamentos no sensoriamento remoto para registro da radiação eletromagnética definirão o nível de aquisição dos dados e podem ser classificadas como orbitais e sub-orbitais (Figura 7.1)..

Na plataforma orbital o sensor é acoplado aos satélites que estão em órbita da Terra e na sub-orbital às aeronaves, balões ou mesmo mantidos ao nível do solo ou do nível d'água.



Figura 7.1 - Nível de aquisição dos dados em sensoriamento remoto (plataformas).

Podemos também classificar as plataformas em terrestre, aérea e espacial.

A plataforma terrestre geralmente é acoplada a um guindaste de caminhões, sendo bastante utilizada em pesquisas de campo quando se pretende fazer medidas à pequena distância do objeto.

A plataforma aérea caracteriza-se quando o sensor é transportado a

bordo de uma aeronave. A plataforma aérea é utilizada para aquisição de fotografias aéreas, cobrindo áreas bem maiores que a plataforma terrestre. O detalhamento e a superfície recoberta dependerão da altura de voo da aeronave e da velocidade de deslocamento.

Na plataforma espacial ou orbital o sensor é transportado a bordo de um satélite artificial o qual descreve sua órbita em torno da Terra. São várias as vantagens das plataformas espaciais dentre elas pode-se citar: repetição da observação, cobertura periódica (inclusive de áreas inacessíveis), homogeneidade na aquisição dos dados e detecção de grandes espaços.

Os satélites artificiais são lançados na órbita terrestre por foguetes conhecidos como veículos lançadores não recuperáveis, pois os estes foguetes se desintegram ou ficam perdidos no espaço passando a compor o “lixo espacial” e sofrem atração da gravidade como qualquer outro corpo celeste natural.

De acordo com a órbita da plataforma os satélites podem ser classificados em dois grupos: polar ou semi-polar e órbita equatorial (Figura 7.2)..

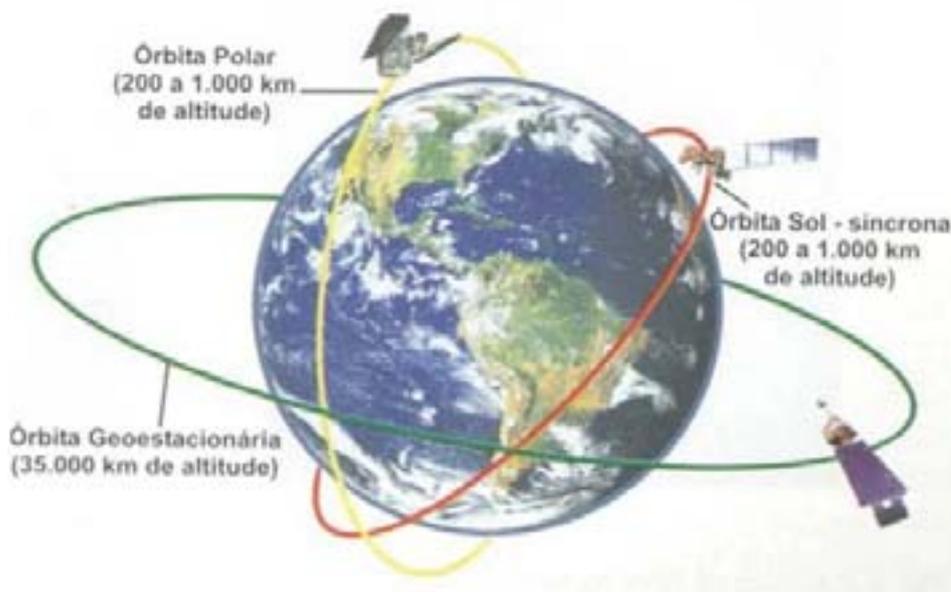


Figura 7.2 Órbita dos satélites artificiais.

Os satélites de órbita polar ou semi-polar descrevem órbitas heliosíncronas, ou seja, os satélites se deslocam na órbita da Terra com a mesma velocidade do deslocamento da Terra em relação ao Sol, o que assegura as mesmas condições de iluminação em todos os pontos da Terra e passagem aproximadamente no mesmo horário e local sobre diferentes pontos da Terra. Os satélites de observação da Terra destinados à observação dos recursos terrestres descrevem órbita heliosíncrona e estão a uma altitude que varia de 200 a 1000 km aproximadamente, dependendo do sistema (Figura 7.3).

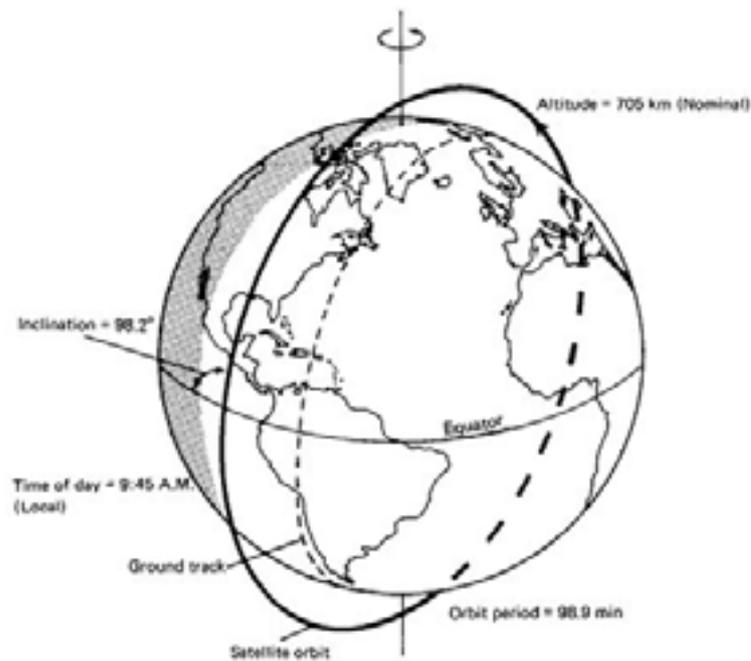


Figura 7.3 Detalhamento de uma órbita polar.

Os satélites de orbital equatorial descrevem órbita denominada de geoestacionária. A órbita geoestacionária tem uma inclinação de  $0^\circ$  em relação ao equador. Tal fato permite que o satélite conserve a mesma posição em relação a um ponto fixo na Terra, dando a impressão, que está estacionado no espaço apontando para o mesmo ponto. Os satélites de órbita geoestacionária estão a uma altitude de aproximadamente 35.000 km da Terra. Entre os grupos de satélites geoestacionários encontram-se os meteorológicos e os de comunicação.

## CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS SENSORES

A aquisição de dados-imagem em Sensoriamento Remoto é realizada através dos sensores remotos, podendo esses sensores serem classificados de acordo com a fonte de energia em: sensores passivos e sensores ativos (Figura 7.4).

O sensor passivo depende da radiação eletromagnética emitida pelo sol, ou seja, é necessária uma fonte natural externa de energia. A aquisição de fotografias e imagens realizada por sistemas fotográficos capazes de detectar e registrar a energia radiante refletida ou emitida por objetos distantes sob a forma de imagens analógica e digital, durante o dia, depende da radiação solar. A câmara fotográfica é um exemplo clássico de sensor passivo; conseqüentemente, na ausência da radiação solar, ou seja, da luz, não é possível obter imagens sem que exista uma fonte externa de energia artificial. Nas câmeras fotográficas comuns utilizam-se dispositivos de flash

que produzem resultado para tomadas fotográficas à curta distância. No entanto, isto não é possível no caso das câmeras aéreas, pois não existe flash que substitua a luz solar nas tomadas fotográficas a longa distância (altitude).

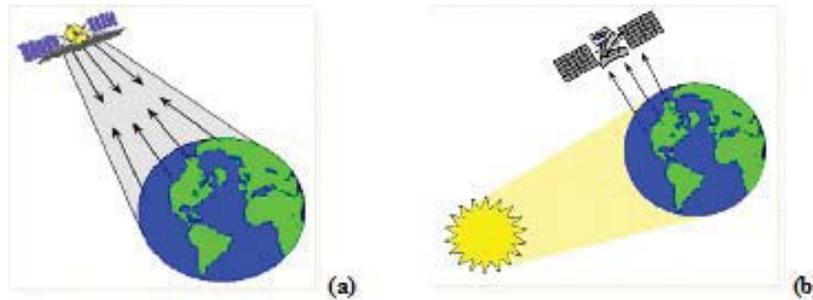


Figura 7.4 Sistema ativo (a) e passivo (b).

A aquisição de dados através do sistema RADAR [Radio Detection And Ranging- Detecção e Telemetria por onda de Rádio], muito usado no sensoriamento remoto, é o exemplo claro de sensor ativo, pois o mesmo emite a radiação em direção ao objeto geográfico, sendo a energia refletida captada pelo sensor do RADAR.

## RESOLUÇÃO DO SISTEMA SENSOR

A aquisição de imagem de satélite é uma tarefa importante na atuação profissional geógrafo, estando a mesma diretamente relacionada com o objetivo do estudo. Assim, faz-se necessário conhecer as características do sensor, pois a escolha adequada da imagem que atenda aos requisitos do objetivo, irá proporcionar a elaboração de mapas temáticos capazes de mostrar o maior ou menor grau de detalhamento dos objetos mapeados. Conseqüentemente, a escolha certa da imagem, dará credibilidade à pesquisa.

O conteúdo registrado na imagem é resultado das resoluções do sistema sensor: resolução espacial, resolução espectral e resolução radiométrica.

A resolução espacial ou geométrica refere-se à habilidade do sistema sensor em distinguir e medir os alvos e pode ser entendida como o menor elemento ou superfície distinguível por um sensor. Assim, um sensor cuja resolução espacial é de 20 metros, possui a capacidade de distinguir no terreno, objetos maiores ou iguais a 20 x 20 metros.

A resolução geométrica do sensor é reproduzida nas imagens através do pixel (picture element), que na prática é o menor ponto que forma uma imagem. Na Figura 7.5, todos os objetos geográficos que formam o campo de visada serão transformados em um único ponto (pixel) que armazenará os valores médios da reflexão da luz, tornando-o com um único tom de cor.

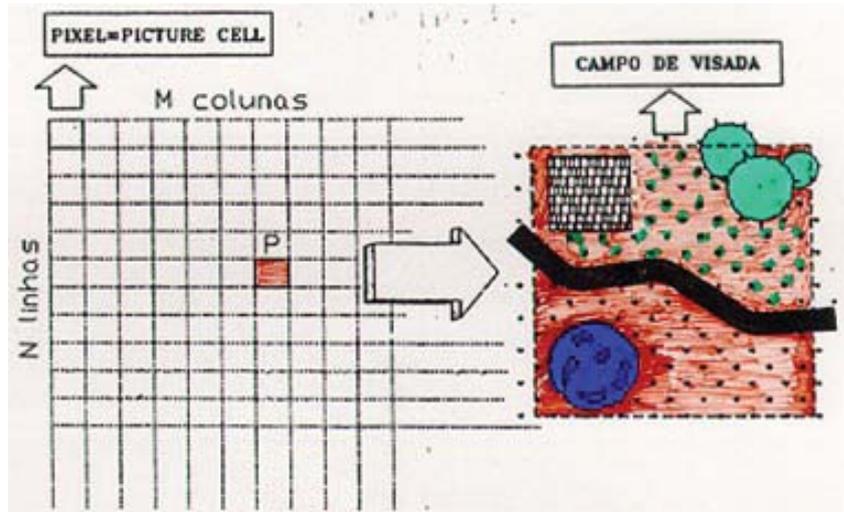


Figura 7.5 - Representação esquemática de um pixel na imagem.

O conceito de pixel e conseqüentemente de resolução geométrica nos permitem classificar os sensores como de alta resolução, média resolução e baixa resolução. A Figura 7.6 apresenta o contraste visual entre as diferentes resoluções espaciais dos sensores mais significativos.

Na fotografia aérea com resolução de 0,5m e na imagem do satélite IKONOS II de 1 m, podemos verificar uma grande quantidade de detalhes dos elementos urbanos (casas, ruas, quadras, vegetação, calçadas, loteamentos).

A imagem do SPOT 4, com resolução espacial de 10 m é considerada de média resolução e possibilita identificar elementos urbanos, como a rede viária, aeroportos, indústrias, edifícios. No entanto, ao colocar a imagem na mesma escala das imagens de alta resolução, observa-se basicamente o tamanho do pixel, sem distinguir claramente os objetos.

Na imagem do LANDSAT 7, com pixel de 30 m, de baixa resolução, numa escala pequena pode-se distinguir alguns elementos urbanos, avenidas e galpões; já na mesma escala de detalhe ocorre o mesmo que com a imagem do SPOT 4, sendo distinguíveis apenas os pixels, sem nenhum objeto.

Portanto, quanto maior a resolução espacial, maior o nível de detalhes perceptível na imagem, desde que o sinal de saída de um detector esteja relacionado com a média da energia radiante dentro da área projetada.

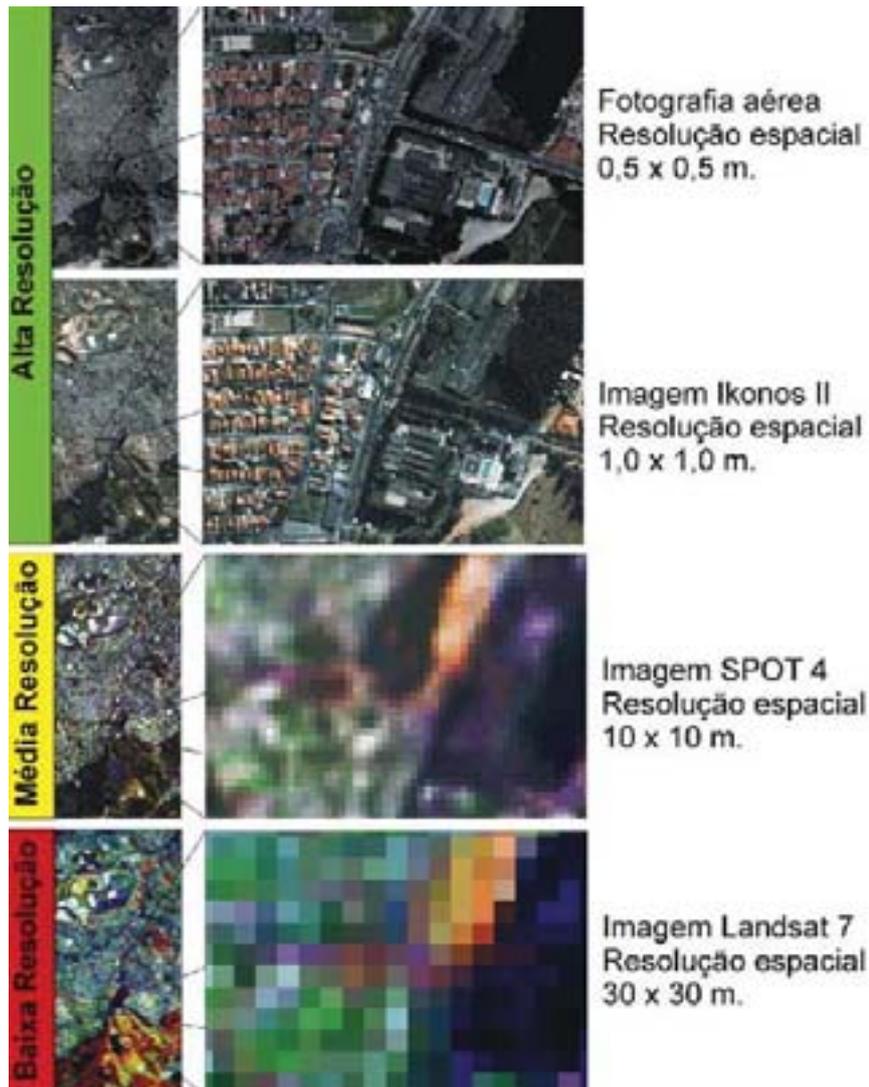


Figura 7.6 - Imagens de diferentes sensores e resoluções espaciais para discriminar áreas urbanas.

Nas próximas aulas você verá que existem sensores ainda mais sensíveis, capazes de captar a radiação de uma área de até 46 x 46 cm.

A resolução espectral define o número de bandas e a largura da faixa espectral nas quais a radiação eletromagnética foi registrada. As imagens possuem várias bandas espectrais; dessa forma, quanto maior o número de bandas maior é a capacidade de distinguir as diferenças espectrais entre os objetos.

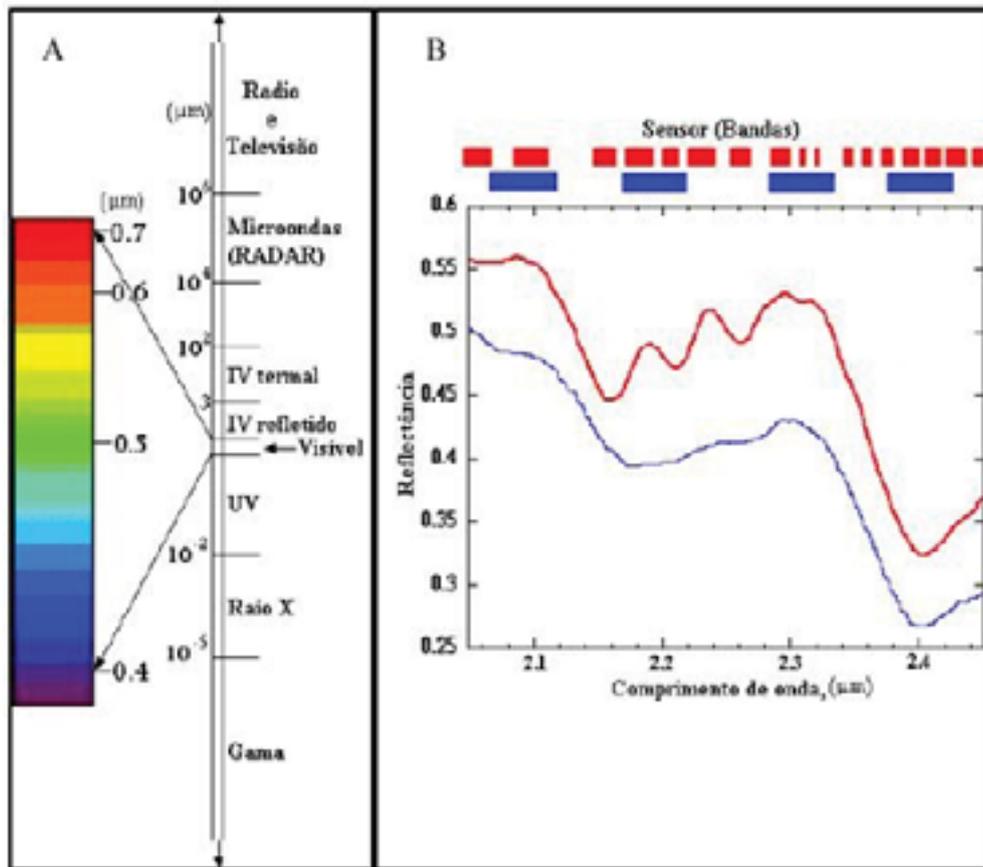


Figura 7.7 - Espectro eletromagnético (A) e resolução espectral (B).

A imagem da Figura 7.8 é apresentada uma simulação de imagens de uma mesma área do sensor CCD do satélite CBERS, com a mesma resolução espacial, mas captadas em resoluções espectrais diferentes.

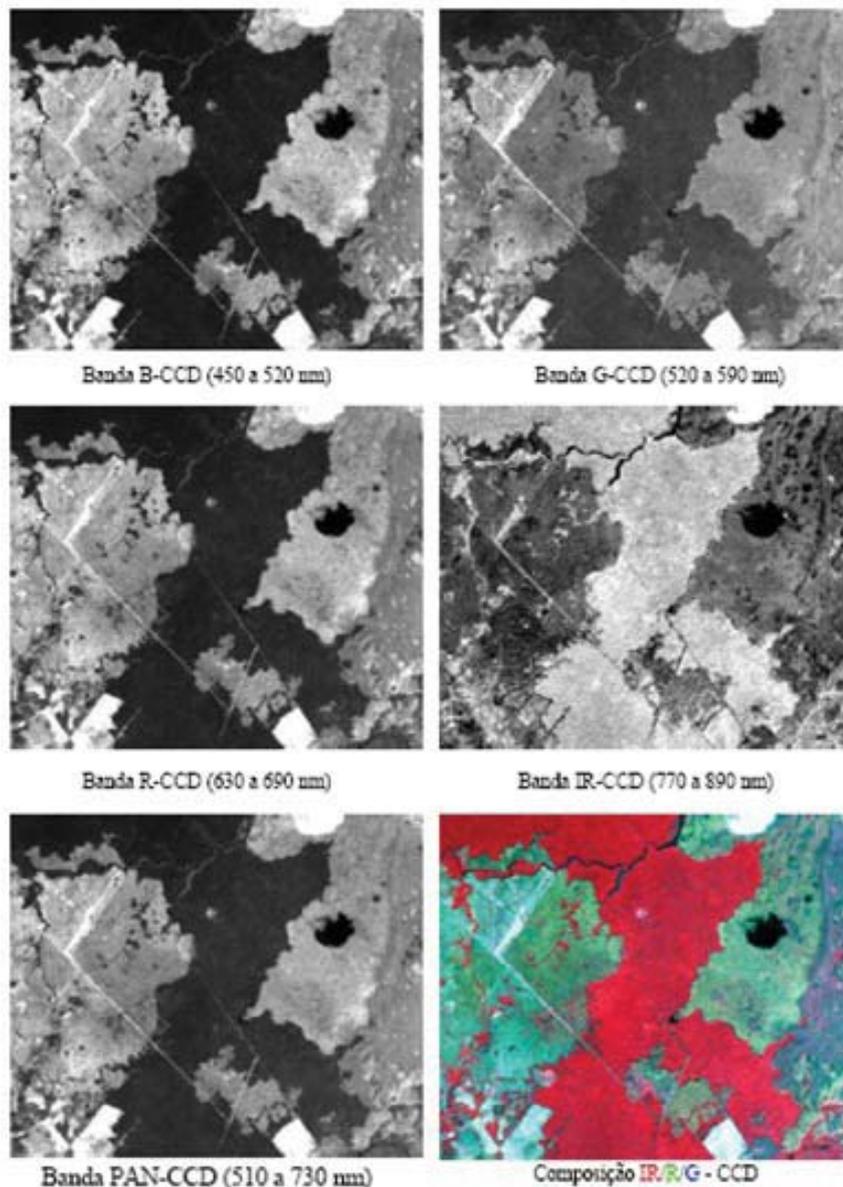


Figura 7.8 - Imagem simulada da câmara CCD do sensor CBERS em diferentes bandas.

A resolução radiométrica está associada à capacidade do sensor de distinguir níveis de energia incidente. Um sensor com alta resolução radiométrica é capaz de distinguir vários níveis intermediários de energia incidente. Já o sensor com baixa resolução radiométrica distingue poucos níveis de energia incidente. A resolução radiométrica de um sensor é conhecida através dos bits da imagem.

As imagens digitais em Sensoriamento Remoto normalmente utilizam 8 bits, com um total de 256 níveis. Entretanto, existem sensores que armazenam os dados em 11 bits permitindo distinguir 2.048 níveis diferentes. A Figura 7.9 apresenta uma comparação de imagens de uma mesma área com resoluções radiométricas variáveis.

Observamos que nas imagens de 11 bits a identificação dos elementos geográficos é bem melhor que nas imagens de 8 bits, embora não tão significativa quando comparadas com as de resolução radiométrica inferiores, que dificultam bastante a interpretação.

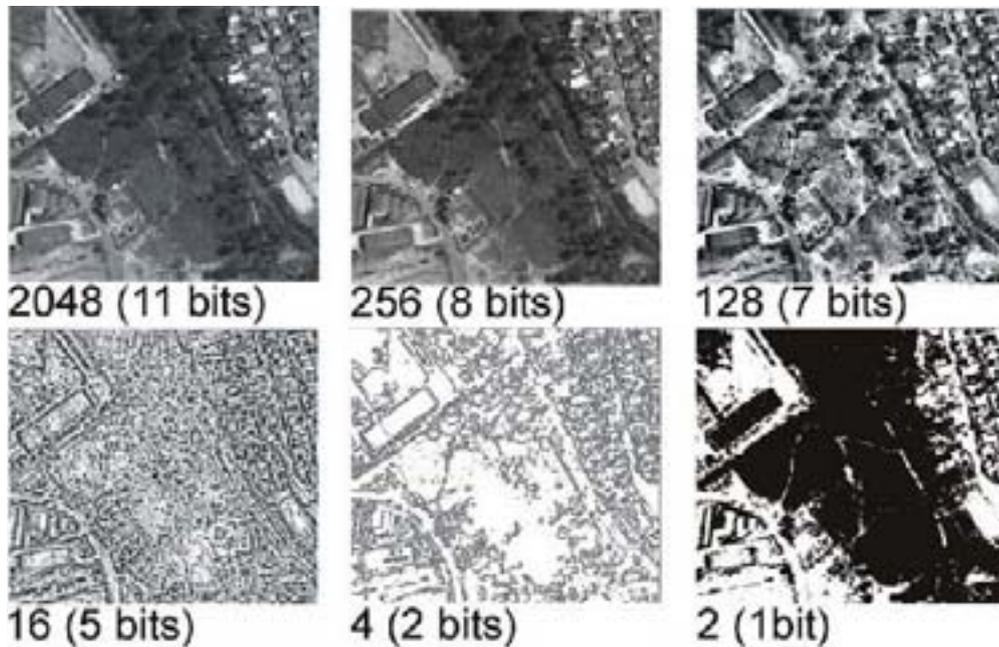


Figura 7.9 - Diferença de resolução radiométrica em uma área urbana.

Embora menos importante em relação às anteriores, há também a resolução temporal que não se refere à qualidade da imagem diretamente, mas à frequência de passagem do sensor num mesmo local, num determinado intervalo de tempo. Este ciclo está relacionado às características orbitais da plataforma (altura, velocidade, inclinação), e ao ângulo total de abertura do sensor. A resolução temporal é de grande interesse especialmente em estudos relacionados a mudanças na superfície terrestre e no seu monitoramento. A resolução temporal se traduz em dias de revisita do satélite (sensor) à uma mesma área. O sensor LANDSAT possui resolução temporal de 16 dias, o SPOT e o CBERS (CCD) de 26 dias. Já os satélites de alta resolução revisitam o mesmo local em período menor como é o caso do IKONOS com resolução temporal de aproximadamente 3 dias e o QUICKBIRD de 1 a 3,5 dias.

## CONCLUSÃO

As características dos sistemas sensores são fundamentais para a escolha das imagens mais adequadas para a interpretação dos elementos geográficos que irão subsidiar um trabalho utilizando o Sensoriamento Remoto. Atualmente há sistemas sensores de resolução que permitem identificar objetos com tamanho de até 46 x 46 cm. No entanto, isto não significa que em todos os trabalhos de interpretação de imagens não poderemos utilizar imagens com resolução inferior. Para estudos geográficos regionais, por exemplo, é melhor analisarmos imagens em resolução média para nos fornecer a idéia de conjunto e não do detalhe. Portanto, do conhecimento detalhado dos sistemas facilitará a escolha das imagens a serem utilizadas.

## RESUMO

Iniciamos esta aula verificando que quanto às plataformas que transportam os satélites artificiais, podemos ter as plataformas orbitais e as sub-orbitais. Outra classificação separa as plataformas como terrestres, aéreas e espaciais. Aprendemos também que no tocante às órbitas descritas pelos satélites artificiais podemos classificá-los em outros dois grandes grupos. O primeiro é representado pelos satélites geoestacionários, muito utilizados na comunicação e na meteorologia; o segundo grupo reúne os satélites com órbita heliossíncrona. Classificamos também os sensores quanto à fonte de energia separando-os em ativos e passivos. Em seguida verificamos que outros fatores importantes para utilização do Sensoriamento Remoto são as características dos sistemas sensores como resolução espacial, resolução espectral e resolução radiométrica, pois são essas características que vão definir a qualidade da imagem. Por fim, vimos que também importante, principalmente nos estudos relacionados às mudanças na superfície terrestre, é a resolução temporal que define o período de revisita de um satélite a uma mesma área.



## ATIVIDADES

1. Consultando a Internet ou as referências bibliográficas desta disciplina, elabore uma tabela comparativa entre os sistemas LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICKBIRD e GEOEYE, no tocante à resolução geométrica, espectral, radiométrica e temporal.
2. Utilizando as mesmas fontes de consulta da atividade anterior, obtenha um exemplo de imagem de cada um destes sensores.



### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

As atividades propostas proporcionarão a você, futuro professor de Geografia, exercitar a capacidade de sintetizar as informações a partir de uma pesquisa em fontes bibliográficas e na Internet fixando os conceitos estudados em Sensoriamento Remoto.



### PRÓXIMA AULA

Na próxima aula detalharemos os principais sistemas sensores utilizados no Sensoriamento Remoto para a obtenção de imagens de observação da Terra.



### AUTO-AVALIAÇÃO

- Distingui os principais tipos de satélites e as características dos sensores remotos de aquisição de imagem de satélite?

### REFERÊNCIAS

- ANDRADE, José Bittencourt. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, 1998, 258p.
- CENTENO, J.A.S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2003
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial**. Madrid: Rialp, S.A. 1990
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- KUX, H; BLASCHKE, T. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados: Novos Sistemas Sensores e Métodos Inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005
- LOCH, Carlos, LAPOLLI, Édis Mafra. **Elementos Básicos da Fotogrametria e sua Utilização Prática**. Florianópolis: UFSC, 1998, 104p.
- LOCH, Carlos. **A interpretação de Imagens Aéreas – Noções Básicas e Algumas Aplicações nos Campos Profissionais**. Florianópolis: UFSC, 2001, 118p.
- MARCHETTI, Delmar Antonio Bandeira; GARCIA, Gilberto José. **Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, [s.d.].

- MENESES, P.R.; NETTO, J.S.M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**. Brasília: UNB, 2001
- MORAES, Elisabete Caria de. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Cap. 1. São José dos Campos: INPE, 2002.
- PONZONI, F.G.; SHIMABUKURU, Y.E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.
- ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento Tecnologia Transdisciplinar, Cap.6**. Petrópolis: SERMOGRAF, 2002, 220p.
- SEPLANTEC/SE. **Fotografias aéreas – escala 1:25.000**, 2003.
- SOARES FILHO, Britaldo Silveira. **Interpretação de Imagens da Terra**. Belo Horizonte: **Departamento de Cartografia – Centro de Sensoriamento Remoto**, 2000, 17p.
- TEIXEIRA Amando Luís de Almeida, CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Sistemas de Informação Geográfica – Dicionário Ilustrado**. São Paulo: HUCITEC, 1997, 244p.

## REFERÊNCIAS DAS IMAGENS

- Figura 7.1 – Fonte: Moreira (2001) apud Moraes (2002).
- Figura 7.6 - Fonte: <http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/resol.html>
- Figura 7.7 – Fonte: <http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/resol.html>
- Figura 7.8 - Fonte : INPE, 2010.
- Figura 7.9 – Fonte: <http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/resol.html>