

# Sensoriamento Remoto

## 1. Obtenção de imagens matriciais (raster)

Imagens *raster* podem ser obtidas de várias formas:

- Aerofotogrametria – Fotos aéreas obtidas através do sobrevoo da área de interesse por aeronaves (pequenos aviões, Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), Drones, etc.). Possuem boa orientação espacial, facilidade de interpretação e elevado nível de precisão;
- Radar – É um sensor ativo que obtém imagens através do processamento de informações obtidas pela reflexão de ondas eletromagnéticas;
- Satélite artificial – Imagens orbitais obtidas através de sensores instalados nos satélites que captam informações em diferentes comprimentos de onda.

Os principais satélites utilizados para obtenção de imagens são:

- LANDSAT – satélite para pesquisa em áreas como agricultura, cartografia, geologia, silvicultura, planejamento regional, vigilância e educação;
- CBERS (*China-Brasil Earth Resources Satellite*) – satélite para monitoramento de recursos naturais;
- GOES (*Geostationary Orbiting Environmental Satellite*) – satélite geoestacionário meteorológico;
- METEOSAT – satélite geoestacionário meteorológico;
- NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) – satélite para monitoramento e observação de sistemas Terrestres;
- SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) – satélite de observação da Terra com imagens óticas de alta resolução;
- GEOEYE – satélite comercial americano para produção de imagens aéreas (fotos) de alta resolução;
- IKONOS – satélite comercial americano para produção de imagens aéreas (fotos) de alta resolução.

## 2. Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é uma técnica utilizada para obter informações sobre objetos através de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico como os objetos investigados.

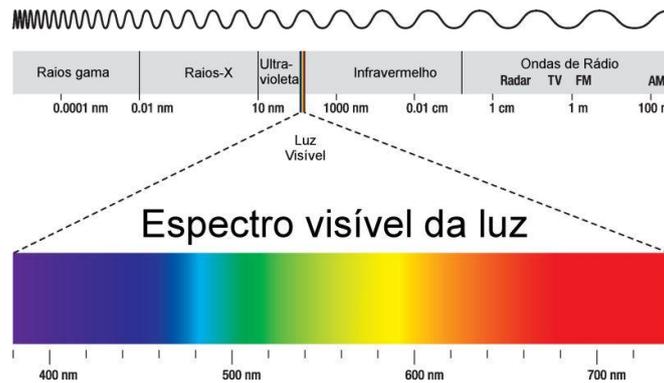
Os sensores remotos são equipamentos, como “máquinas fotográficas digitais”, que captam e registram a energia refletida ou emitida pelos elementos da superfície terrestre.

A forma de transmissão dos dados (do objeto para o sensor) é através da Radiação Eletromagnética (REM) em diferentes comprimentos de onda.

O comprimento de onda da cor azul corresponde ao intervalo de 0,35 a 0,50  $\mu\text{m}$ , a verde de 0,50 a 0,62  $\mu\text{m}$  e a vermelha, de 0,62 a 0,70  $\mu\text{m}$ . Acima do vermelho, está a região do infravermelho, e logo abaixo do azul está o ultravioleta (Figura 1).

Quando um objeto possui cor vermelha, por exemplo, isso significa que ele reflete REM que corresponde à cor vermelha e absorve as REM correspondentes às outras cores.

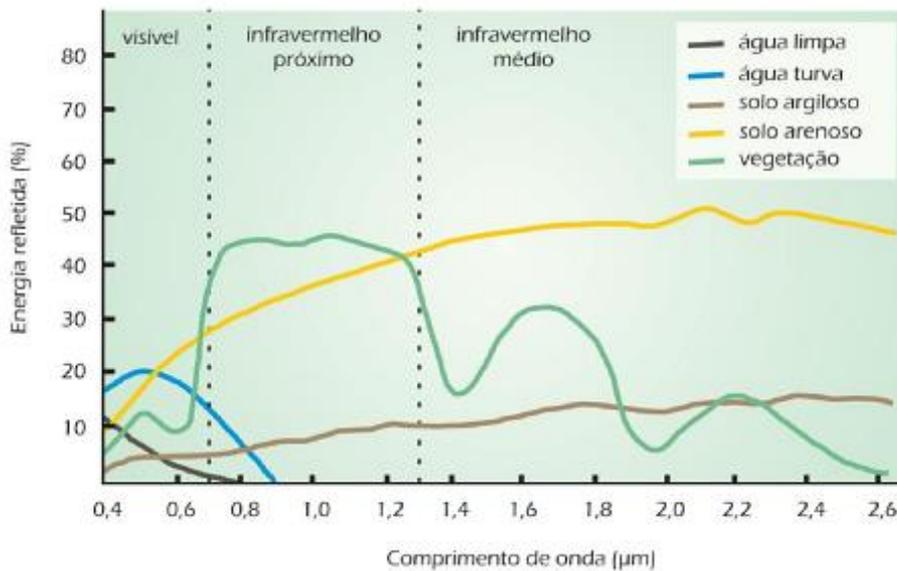
Figura 1 – Espectro das ondas eletromagnéticas segundo seu comprimento



Fonte: Furian (2014)

Objetos da superfície terrestre, como a vegetação, a água e o solo, refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com as suas características biofísicas e químicas (FLORENZANO, 2014), gerando assinaturas espectrais (Figura 2).

Figura 2 – Energia refletida por objetos na superfície terrestre (assinatura espectral)



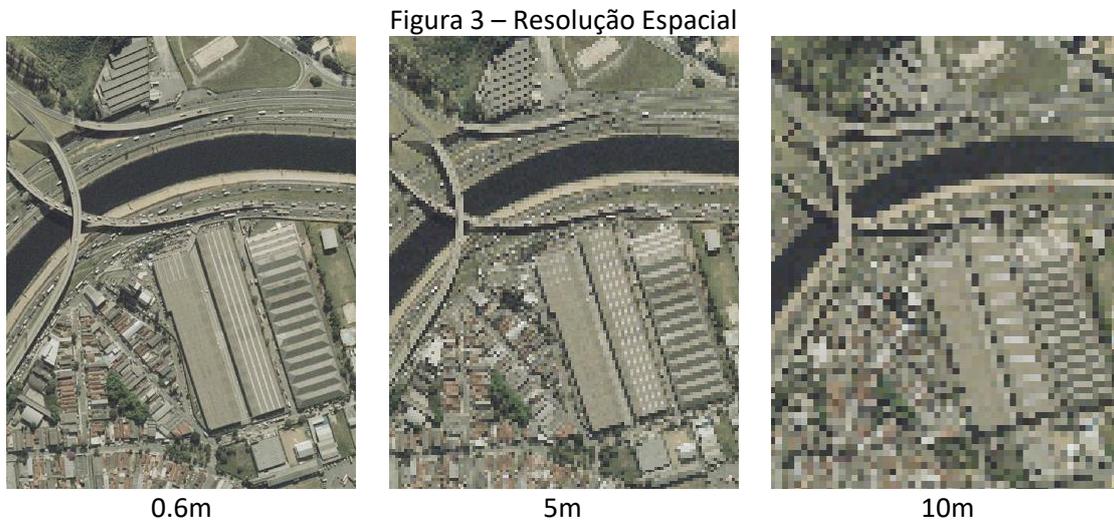
Fonte: Florenzano (2014)

A assinatura espectral de cada objeto é influenciada não apenas pela cor, mas também pela textura, densidade e posição relativa das feições em relação ao ângulo de incidência solar e à geometria de imageamento.

Os dispositivos sensores possuem 4 tipos de resolução:

- Resolução Espacial – É a dimensão de cada pixel da imagem que correspondente a uma determinada dimensão no “mundo real”. Por exemplo, em imagens com resolução de 30m, um pixel corresponde à área real de 30m x 30m. Quanto menor for a área real representada por um pixel, maior será a resolução espacial da imagem;
- Resolução Espectral - Está relacionada ao número de bandas do sensor. As bandas estão situadas em regiões espectrais específicas e possuem larguras estreitas de comprimentos de onda que permitem distinguir um material de outro;

- Resolução Radiométrica – Está relacionada à intensidade de radiância (fluxo de REM) captada por um pixel unitário do sensor. Maior será a resolução radiométrica, quanto maior for a capacidade do detector para medir as diferenças de intensidades dos níveis de radiância;
- Resolução Temporal – É o período de tempo que um satélite volta a visitar uma mesma área, por exemplo, 16 dias no caso do Landsat 8.



Fonte: adaptado de Google Inc. (2013)

Segundo o Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2014), as imagens de sensoriamento remoto podem ser aplicadas, por exemplo, para:

- acompanhamento do uso agrícola das terras;
- apoio ao monitoramento de áreas de preservação;
- atividades energético-mineradoras;
- cartografia e atualização de mapas;
- desmatamentos;
- detecção de invasões em áreas indígenas;
- dinâmica de urbanização;
- estimativas de fitomassa;
- monitoramento da cobertura vegetal;
- queimadas, secas e inundações;
- sedimentos em suspensão nos rios e estuários
- impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente;
- monitoramento de fenômenos naturais;
- meteorologia e agrometeorologia.

### 3. Satélites da série LANDSAT

Uma das séries de satélites mais utilizada no sensoriamento remoto é a *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT). Os sensores TM (*Thematic Mapper*) e ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) dos satélites LANDSAT 5 e 7 possuem sete bandas, com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite (Tabela 1).

Tabela 1 – Bandas dos satélites LANDSAT 5 e 7

Banda	Intervalo espectral ( $\mu\text{m}$ )	Principais características e aplicações das bandas <i>TM</i> e <i>ETM</i> dos satélites LANDSAT 5 e 7
1 (azul)	(0,45 - 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2 (verde)	(0,52 - 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3 (vermelho)	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4 (infravermelho próximo)	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5 (infravermelho médio)	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.

6 (infravermelho termal)	(10,4 - 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7 (infravermelho médio)	(2,08 - 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2015)

Os satélites LANDSAT 5 e 7 revisitam (observam) a mesma área a cada 16 dias (resolução temporal). Uma imagem inteira do satélite representa no solo uma área de abrangência de 185 x 185 km. A resolução espacial das imagens nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 é de 30m e da banda 6 é de 120m.

O LANDSAT 8 foi lançado em 11 de fevereiro de 2013, possui os sensores *Operational Land Imager (OLI)* e *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* e as bandas descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Bandas do satélite LANDSAT 8

Banda	Intervalo espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução espacial (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 (30)*
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 (30)*

\* Bandas TIRS adquiridas com 100m de resolução e reamostradas para 30m.

Fonte: United States Geological Survey (2015)

O satélite LANDSAT 8 possui resolução temporal de 16 dias com um deslocamento de 8 dias em relação ao LANDSAT 7. O tamanho aproximado de uma cena é de 170km na direção norte-sul e 183km na direção leste-oeste.

#### 4. Combinação de bandas

Apesar das imagens de sensoriamento remoto possuírem várias bandas, nos Sistemas de Informações Geográficas podemos visualizar simultaneamente apenas três delas gerando uma imagem falsa-cor no formato RGB.

A combinação das bandas 3, 2, 1 (LANDSAT 5 e 7) ou 4, 3, 2 (LANDSAT 8), que utiliza apenas as bandas da porção visível do espectro eletromagnético, é a que mais se aproxima das cores reais.

A Figura 4 mostra as bandas 1, 4 e 7 do satélite LANDSAT 5, referente à Região Metropolitana de Brasília. Esta combinação tem o objetivo de destacar a área urbanizada, a superfície d'água e a vegetação dessa região.

Figura 4 - Região Metropolitana de Brasília – Combinação das bandas 1, 4 E 7 do LANDSAT 5



Fonte: Carminato, Leite e Pamboukian (2015)

As combinações de bandas mais comuns para o LANDSAT 8 estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Combinação de bandas do LANDSAT 8

Elementos	Bandas (RGB)
Natural Color	4 3 2
False Color (urban)	7 6 4
Color Infrared (vegetation)	5 4 3
Agriculture	6 5 2
Atmospheric Penetration	7 6 5
Healthy Vegetation	5 6 2
Land/Water	5 6 4
Natural With Atmospheric Removal	7 5 3
Shortwave Infrared	7 5 4
Vegetation Analysis	6 5 4

Fonte: Butler (2013)

## 5. Catálogo de imagens de INPE

O Banco de Imagens da DGI/INPE possui imagens dos satélites Landsat-1, Landsat-2, Landsat-3, Landsat-5, Landsat-7, Landsat-8, CBERS-2, CBERS-2B, CBERS-4, Resource-sat1, Aqua e Terra, entre outros. As imagens são fornecidas gratuitamente mediante registro do usuário.

O catálogo de imagens pode ser acessado em:

<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

## REFERÊNCIAS

BUTLER, K. **Band Combinations for Landsat 8**. 2013. Disponível em: <<http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8/>>. Acesso em: 27 out. 2015.

CARMINATO, L.P.; LEITE, G.T.D.; PAMBOUKIAN, S.V.D. **Utilização de imagens de Sensoriamento Remoto em projetos de geoprocessamento**. Congresso Alice Brasil 2014/2015. São Paulo, 2015.

CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (CEPSRM/UFRGS). **Sensores**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/sensores.html>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

FLORENZANO, Teresa G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books/about/Inicia%C3%A7%C3%A3o\\_em\\_Sensoriamento\\_Remoto.html?hl=pt-BR&id=18GkH5X81XcC](http://books.google.com.br/books/about/Inicia%C3%A7%C3%A3o_em_Sensoriamento_Remoto.html?hl=pt-BR&id=18GkH5X81XcC)>. Acesso em: 26 dez. 2014.

FURIAN, Peter Hermes. **Espectro Eletromagnético**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

GOOGLE INC. **Google Maps**. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 01 out. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Divisão de Geração de Imagens (DGI). **Os satélites LANDSAT 5 e 7**. Disponível em: <[http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57\\_PT.php](http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php)>. Acesso em: 27 out. 2015.

United States Geological Survey (USGS). **Frequently Asked Questions about the Landsat Missions**. Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php)>. Acesso em: 27 out. 2015.