

# **Introdução ao Sensoriamento Remoto**

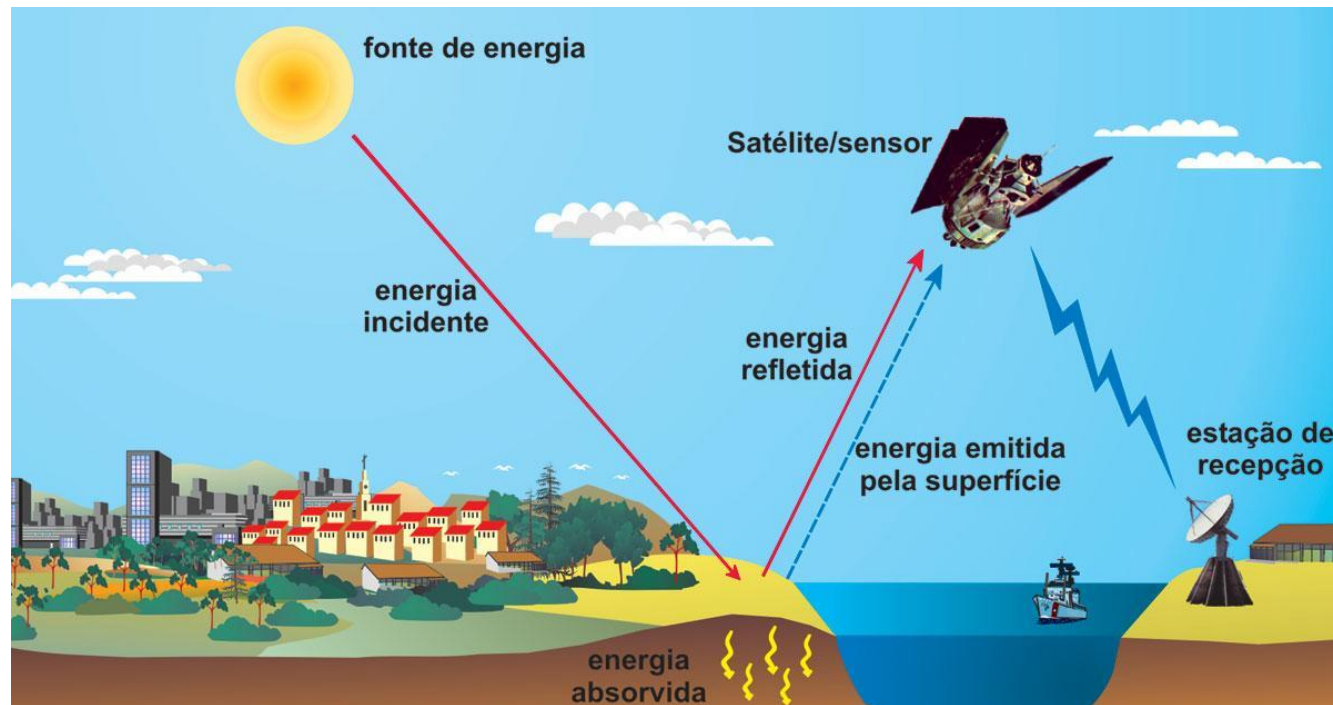
Prof. Dr. Rogério Galante Negri

---

# Iniciando...

- Sensoriamento: captação de dados por sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas e orbitais
- Remoto: obtenção sem contato direto com o objeto

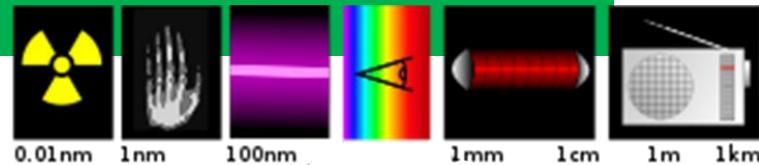
Sensoriamento Remoto: obtenção de dados da superfície terrestre via captação da energia refletida ou emitida pela superfície



# Etapas na obtenção da informação

- O Sol ilumina a superfície terrestre
  - A energia do Sol refletida pela superfície é captada e registrada pelo sensor
  - Ao atravessar a atmosfera, a energia pode sofrer interferências ou ser impedida de chegar ao sensor
  - Quanto maior a distância (altitude), maior é a interferência
  - Sensores eletrônicos captam a energia e transformam em sinais elétricos
  - Os sinais elétricos são transmitidos para estações de recepção
  - Na estação, os sinais são transformados em gráficos, tabelas ou imagens
-

# Fontes de energia

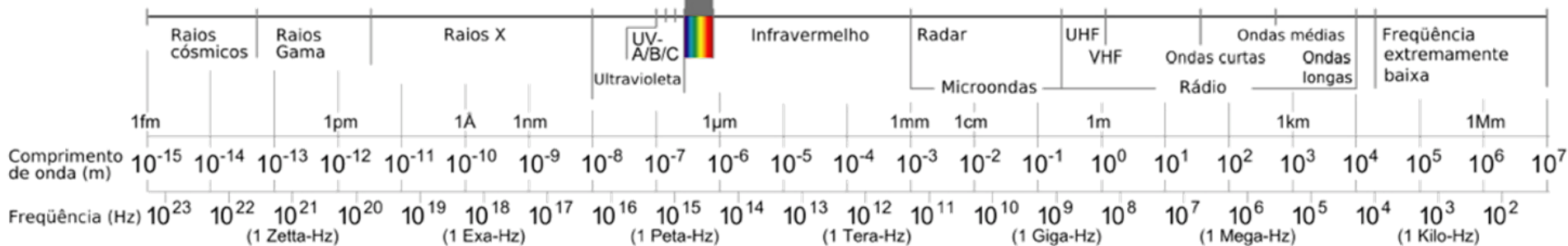
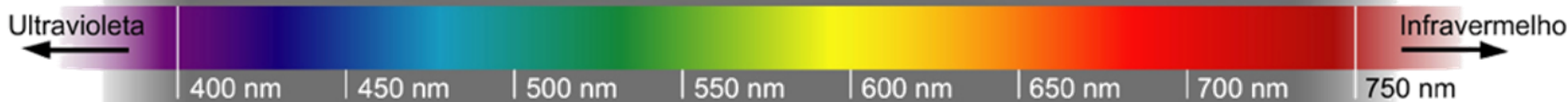


- As fontes de energia podem ser:
  - Natural – luz do Sol e calor emitido pela Terra
  - Artificial – flash (câmera fotografia) ou pulso do Radar
- No SR a energia usada é a radiação eletromagnética
  - Propagação na velocidade da luz ( $c \approx 300.000 \text{ km/s}$ )
  - Medida em frequência ( $f$ ) em hertz ( $\text{Hz}$ ,  $\text{kHz}$  e  $\text{MHz}$ )
  - Comprimento de onda ( $\lambda$ ) em metro (micro-, nanômetro)

Freq.  $\uparrow$ , Vel.  $\uparrow$   
Freq.  $\uparrow$ , Comp.  $\downarrow$

$$c = \lambda \cdot f$$

## Espectro visível ao Homem

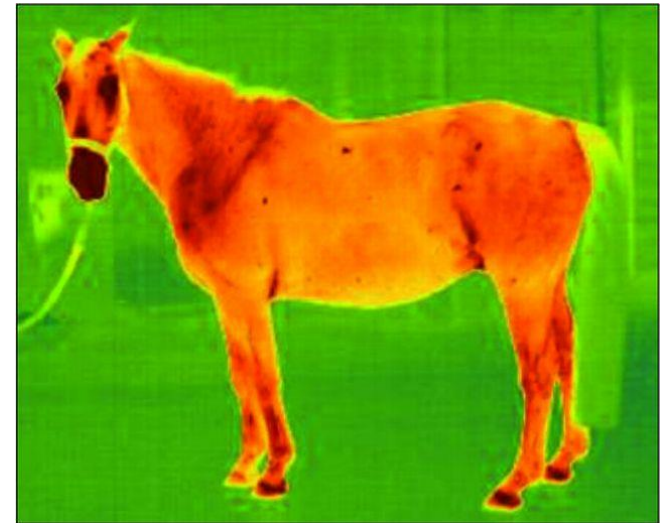


Fonte: FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**, 3ª Ed., Oficina de Textos, 2013.

MADRUGA, R. A. **PLATAFORMAS, SENSORES E SISTEMAS TERRESTRES DE SENSORIAMENTO REMOTO**. INPE, Maio/2011.

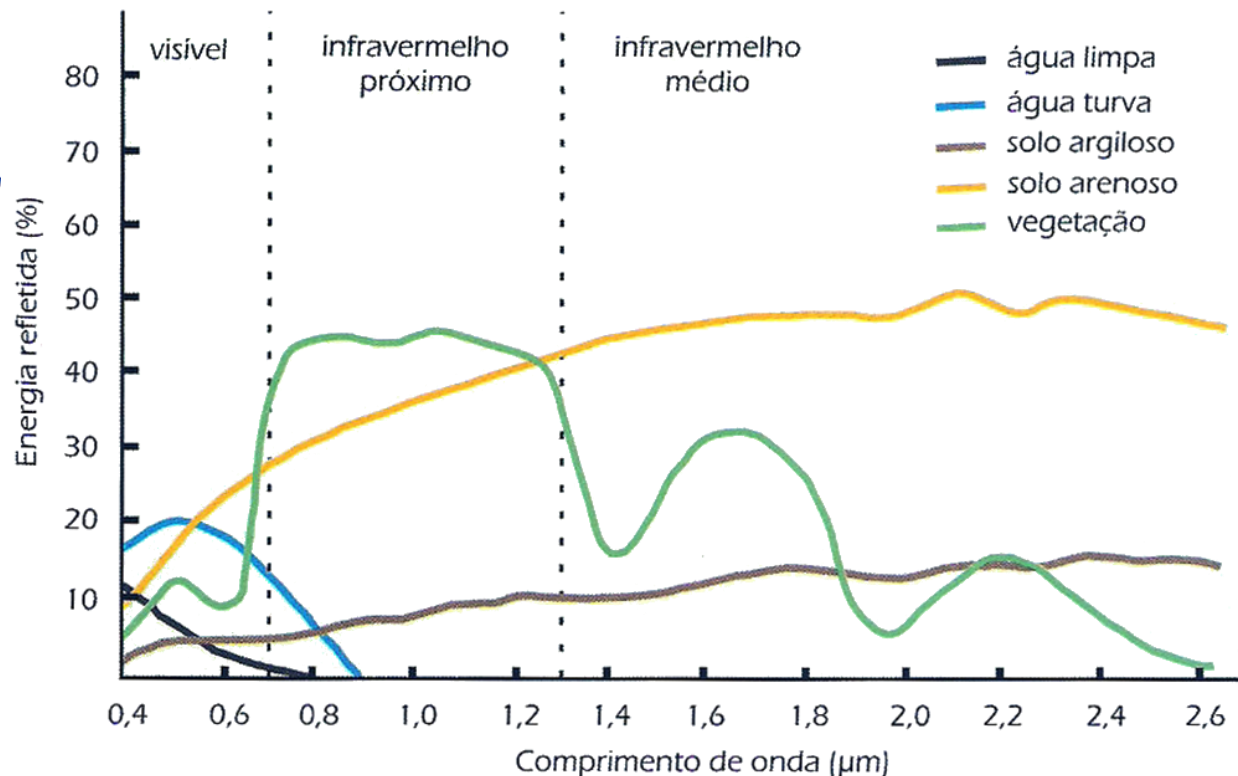
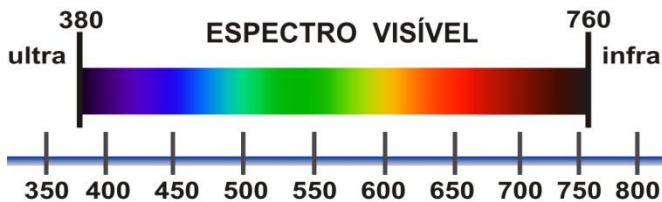
# Infravermelho

- Dividido em três regiões:
  - Infravermelho próximo – 0,7 a 1,3  $\mu m$
  - Infravermelho médio – 1,3 a 6,0  $\mu m$
  - Infravermelho distante ou termal – 6,0 a 1000  $\mu m$



# Interação energia-objetos

- Os objetos na superfície terrestre, refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em diferentes proporções
- Tais proporções variam com o comprimento de onda e dependem das características biofísicas e químicas dos objetos



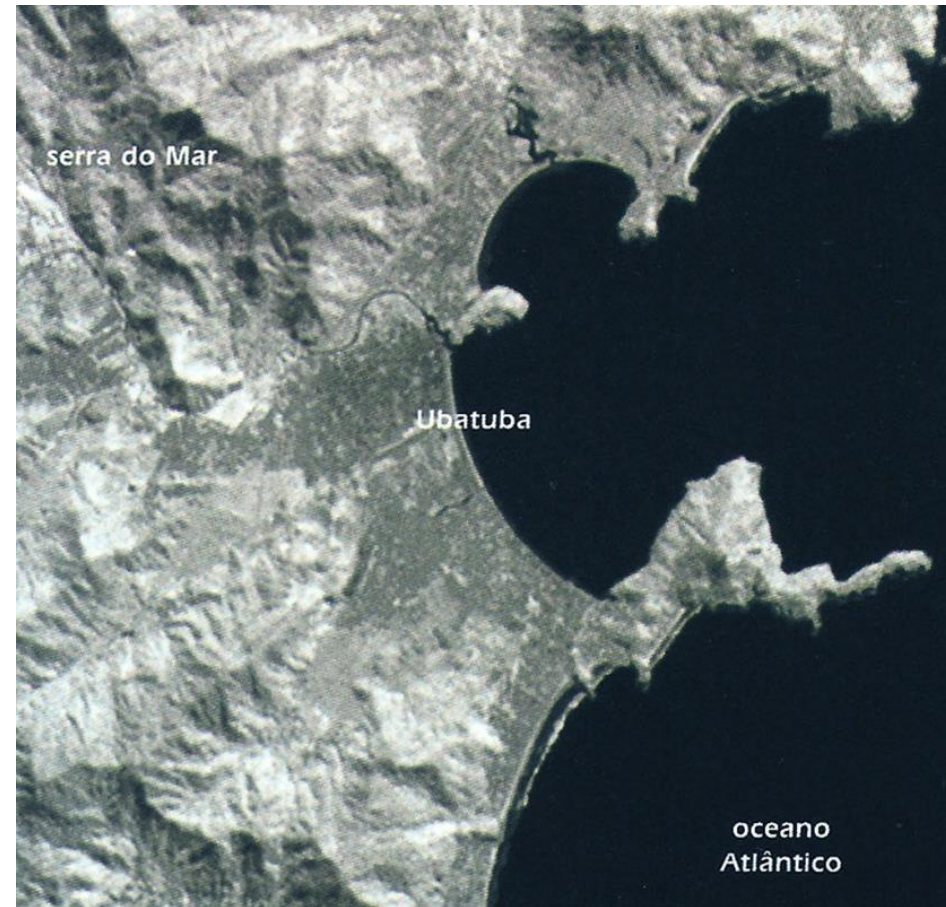
No “visível”, a vegetação reflete mais no comprimento do verde

Mas é no infra. verm. próximo que a vegetação reflete mais



# Interação energia-objetos

- Energia refletida:
  - Branco – 100%
  - Preto – 0%
- Vegetação na serra do mar reflete muita energia na faixa (banda) do infra. próximo
- Água absorve muita energia nesta faixa



Ubatuba – SP (11/08/1999)

Banda do infravermelho próximo – LANDSAT-7

Nível de Cinza (NC) é uma forma de representação da energia refletida

# Fatores que interferem no comportamento espectral (1)

- Nível de aquisição: altitude da plataforma influencia na área imageada, na radiação registrada pelo sensor, na resolução da informação e como esta informação deve ser analisada
  - Método de aquisição: forma como a radiação é captada até sua transformação em sinais
  - Condições do alvo: natureza do alvo (e.g., água em estado líquido, sólido e gasoso)
-



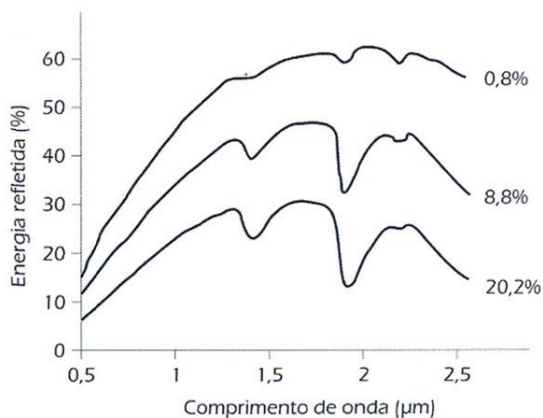
# Fatores que interferem no comportamento espectral (2)

- Condições ambientais: iluminação, precipitação, interferência antrópica, etc.
  - Localização do alvo com relação ao sensor: geometria da aquisição (radiação recebida sofre influência dos diferentes ângulos de visada)
  - Atmosfera: dependendo do comprimento de onda, a radiação eletromagnética pode ser absorvida, refletida ou espalhada pelos elementos da atmosfera
-

# Exemplo de interferência

- Curvas espectrais de solo com diferentes umidades
- No “delta do Parnaíba”, a energia refletida diminui com o aumento da umidade
- Vazante – solo representado em NC mais claro
- Cheia – solo representado em NC mais escuro

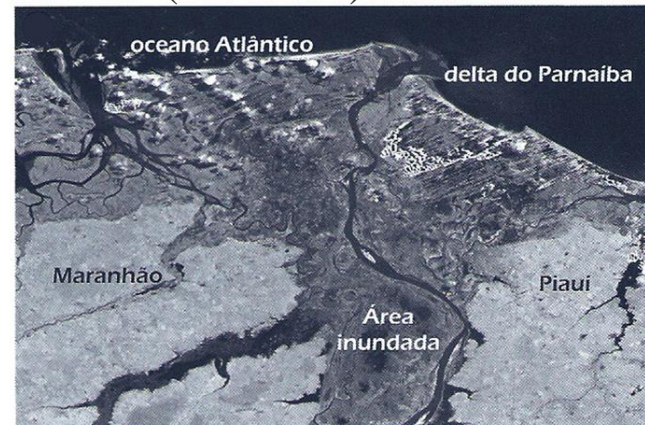
Umidade no solo (%)



Vazante (04/06/90)



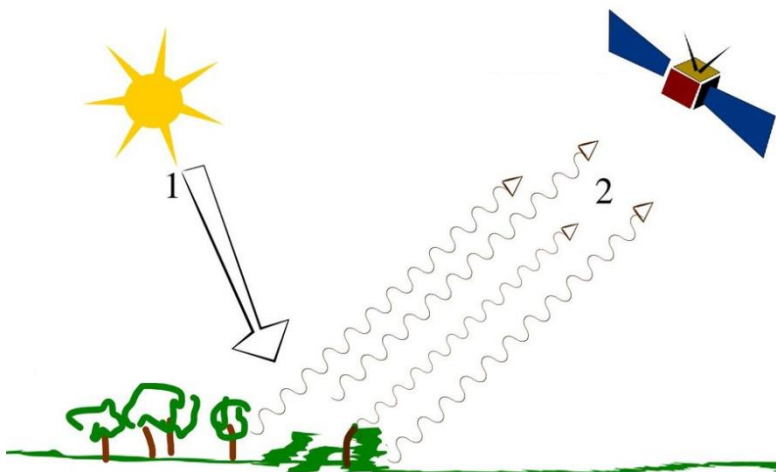
Cheia (31/05/85)



# Sensores

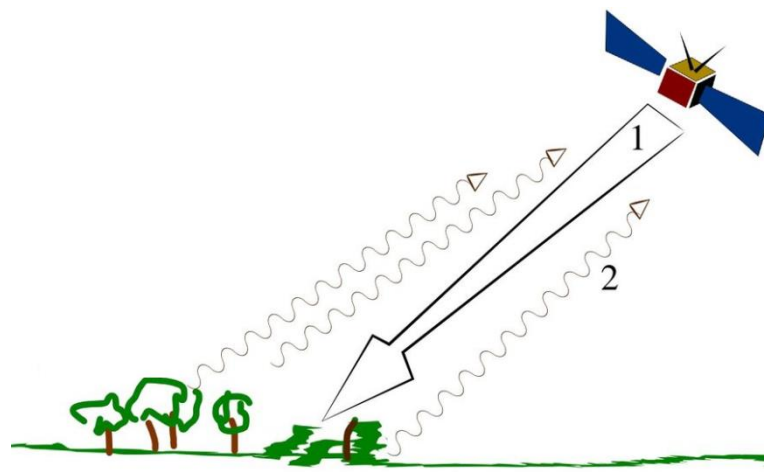
## Óptico (passivo)

- Captam e registram a energia refletida ou emitida pelos elementos da superfície terrestre
- Captam dados de diferentes regiões do espectro eletromagnético.



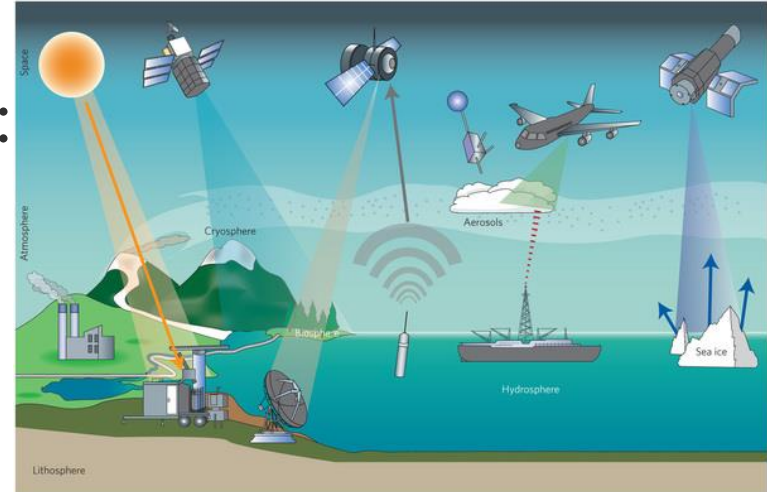
## RADAR (ativo)

- *Radio Detection and Raging*
- Produz uma fonte de energia própria na região do microondas
- Obtém imagens durante dia/noite, incluindo tempo nublado e com chuva



# Sensores

- Os sensores estão em plataformas:
  - Terrestres
  - Aéreas (balões, helicópteros, aviões)
  - Orbitais (satélites artificiais)

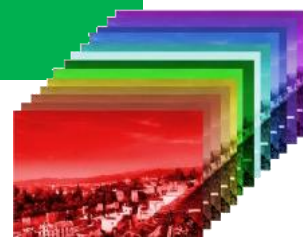


- Captam dados em diferentes regiões do espectro eletromagnético, denominadas por Bandas ou Canais
- As regiões do espectro dependem do projeto/objetivo do satélite

Geralmente são obtidas imagens de uma mesma área (superfície), porém em diferentes Bandas



# Bandas/Canais



- Verifica-se que os diferentes alvos/objetos não são representados com mesmo NC nas diferentes imagens
- A quantidade de energia refletida por cada objeto varia ao longo do espectro eletromagnético

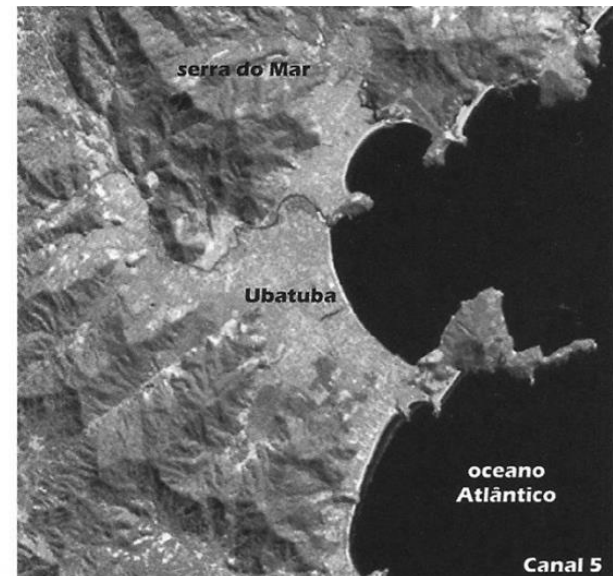
Região do visível



Infravermelho próximo



Infravermelho médio



Ubatuba – SP (11/08/1999) LANDSAT-7 ETM

# Resolução espacial

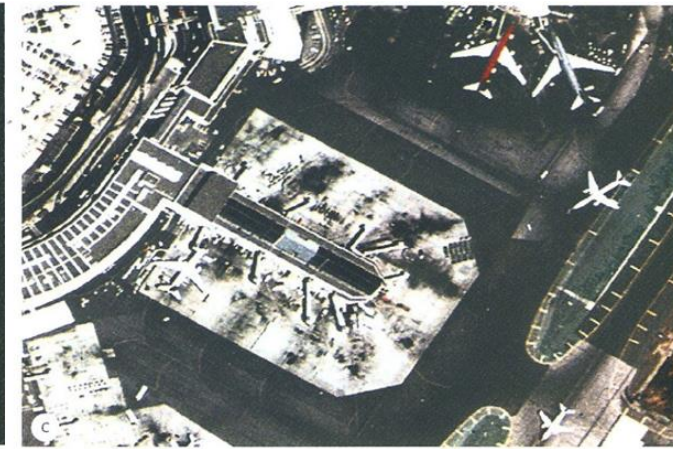
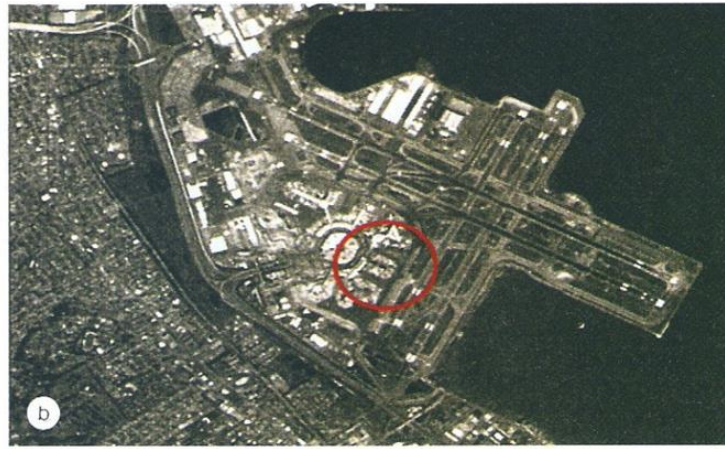
- Resolução espacial é a capacidade que o sensor tem de discriminar objetos em função de sua dimensão
- Nos sensores atuais, esta resolução varia de 50 *cm* a 1 *km*

Um sensor com resolução espacial de 10 *m* é capaz de detectar/distinguir objetos com mais de 10 *m* × 10 *m*

LANDSAT-5 (30 *m*)

IRS-2 (5 *m*)

IKONOS-2 (1 *m*)



Aeroporto de São Francisco - EUA



# Outras resoluções

---

- Resolução espectral está relacionada ao intervalo (faixa) espectral de cada banda, onde quanto mais estreita é a faixa maior é a capacidade de registrar as variações de energia pelos objetos

---

- Resolução radiométrica está ligada a capacidade do sensor discriminar a intensidade emitida pelos objetos, determinando a quantidade de valores para representar a energia captada em cada banda (quantidade de NCs)

---

- Resolução temporal é a frequência de imageamento em uma mesma área (intervalo de tempo até a próxima passagem do satélite)

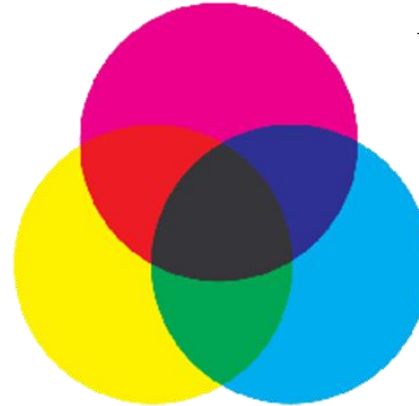
---

# Formação de cores

Processo Aditivo



Processo Subtrativo

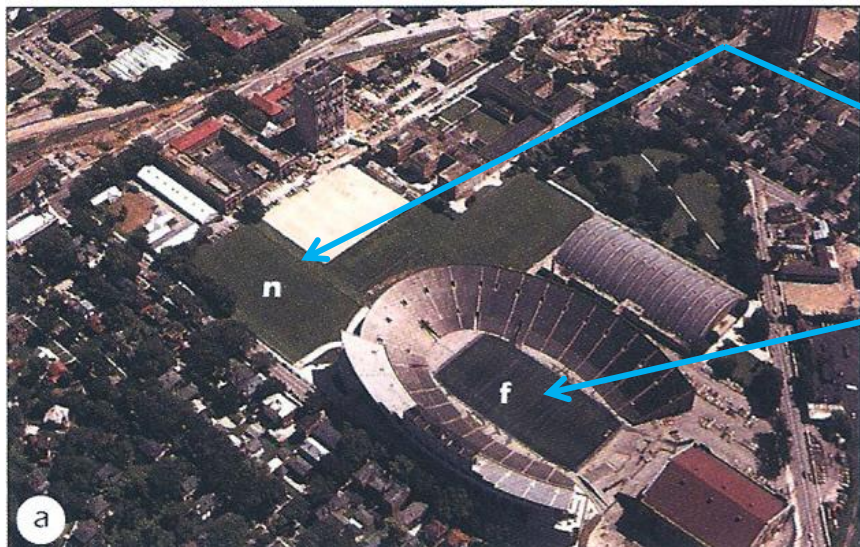


- Fotografia – qualquer cor é mistura de Vermelho, Verde, Azul
  - Processo aditivo – mistura de feixes de luz
  - Processo subtrativo (mais comum):
    - Filtros são colocados na frente de um feixe de luz branca
    - Filtro amarelo – absorve o azul e transmite verde e vermelho
    - Filtro magenta – absorve o verde e transmite azul e vermelho
    - Filtro ciano – absorve o vermelho e transmite verde e azul
    - Superposições amarelo/magenta/ciano → vermelho/verde/azul
    - Superposição simultânea impede passagem de luz → preto!
-

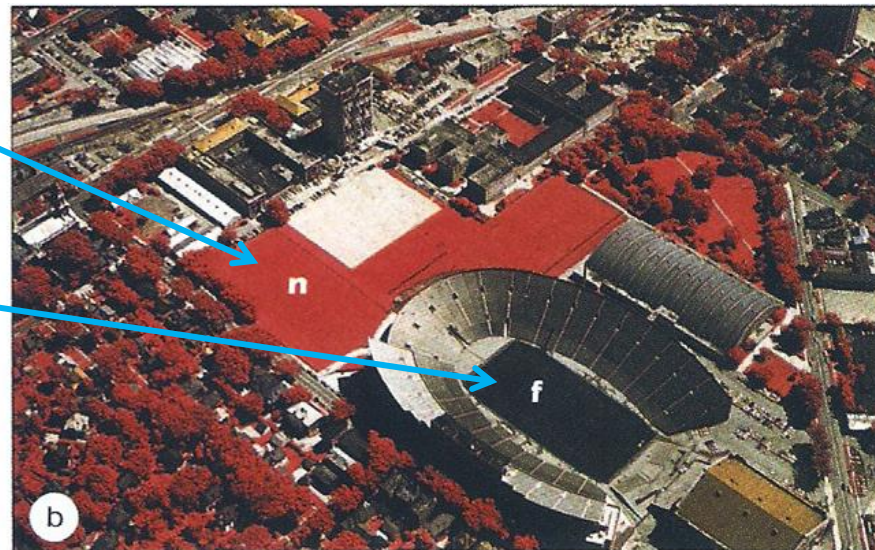
# Fotografias

- A cor da fotografia depende do filme/filtro fotográfico
- Filme P/B pancromático sensível a faixa visível obtém fotos em P/B pancromáticas
- Filme P/B infravermelho são obtidas fotos em P/B infravermelhas
- Filmes coloridos sensíveis a faixa visível obtém fotos coloridas (naturais – rep. com cor vista pelo olho)
- Filmes colorido sensível ao infravermelho próximo obtém fotografias falsa-cor

Colorida natural



Pseudo-cor

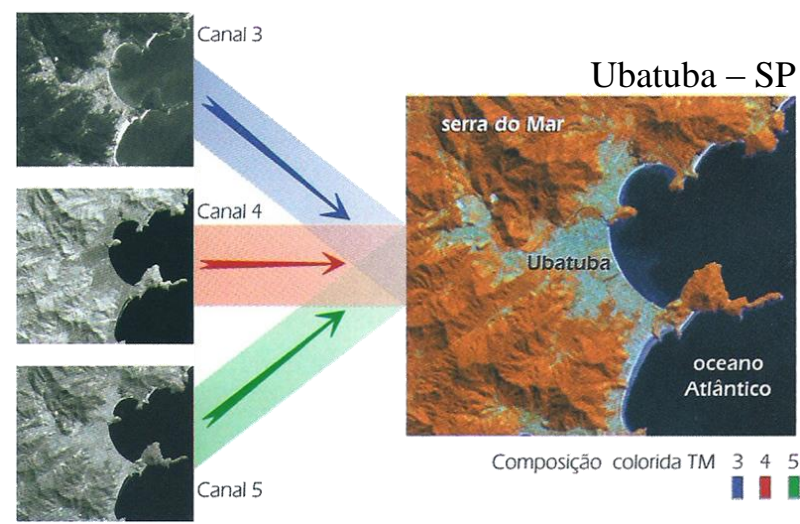
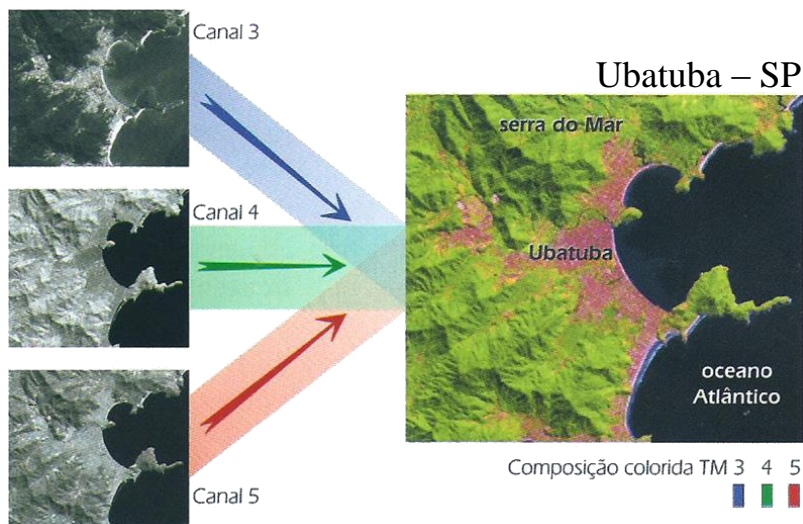


Universidade de Wisconsin - EUA



# Imagens coloridas

- Imagens obtidas por sensores eletrônicos são produzidas em bandas
- NCs representa a quantidade de energia refletida em cada banda:
  - Nível máximo (branco) acontece quando toda energia é refletida
  - Nível mínimo (preto) quando toda energia é absorvida
- Ao sobrepor estas bandas sobre os filtros coloridos Azul, Verde e Vermelho, (RGB) são geradas imagens coloridas
- A cor dos objetos depende da quantidade de energia refletida e da mistura de cores segundo um processo aditivo



# Classificação geral dos sensores

## Fonte de energia

- Passivos
- Ativos

## Região espectro em que opera

- Visível
- Infravermelho próximo + médio
- Infravermelho termal
- Microondas

## Dado produzido

- Imageadores
- Não-imageadores

## Formação de imagens (imageadores)

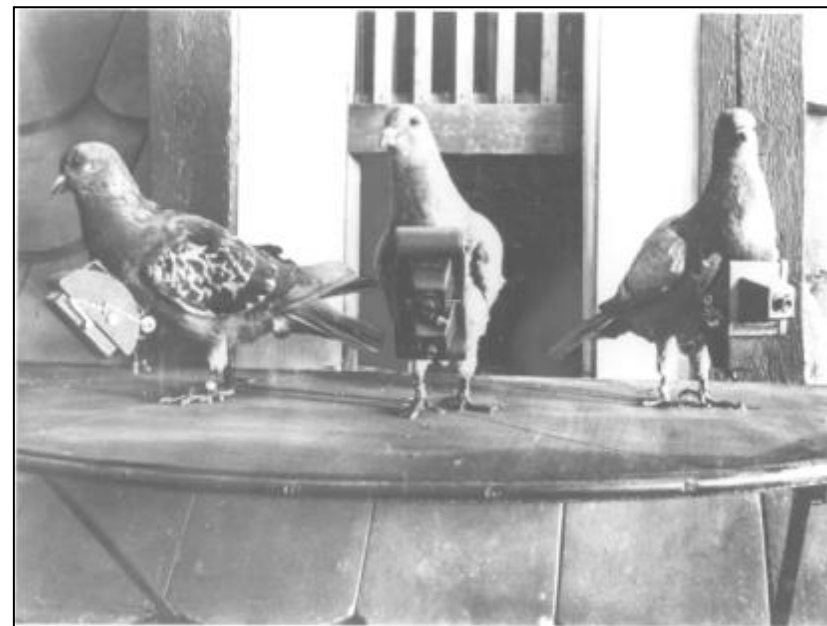
- Sistema de quadros (*frame systems*)
- Sistema de varredura

## Sistema de varredura

- Mecânica (*wiskbroom*)
  - Eletrônica (*pushbroom*)
-

# Histórico

- Início com a invenção da câmara fotográfica
- As fotografias foram os primeiros produtos do SR
- Uma das primeiras aplicações do SR foi para uso militar
- Foi desenvolvida uma leve câmara fotográfica, as quais eram carregadas com pequenos rolos de filmes e fixadas no peito de pombos-correios





# Histórico

- Em seguida, câmeras começaram a ser montadas em balões
- Esta técnica foi usada durante a Guerra Civil dos EUA (1862) para reconhecimento do território
- Em 1909 inicia-se a fotografia tomada por aviões
- Na 1ª Guerra Mundial seu uso é intensificado
- Na 2ª Guerra Mundial houve grande desenvolvimento do SR:
  - Desenvolvimento do filme infravermelho - detectar camuflagem
  - Criação de novos sensores - RADAR



# Histórico

- Em 60's surgem os aviões norte americanos de espionagem, denominados U2
- Ainda hoje utilizados em versões mais modernas, que voam a altitudes acima de 20.000 *m*, o que dificulta o seu abate
- Mas também têm uso civil
  - Foi utilizado em 1995 pelos EUA para monitoramento de queimadas e mapeamentos diversos



# Histórico

- Grande revolução do SR no início de 70's
- Lançamento dos satélites de recursos naturais terrestres
- 1972 – Lançamento do ERTS-1 (renomeado por LANDSAT-1)
- Apesar de exigir grandes investimentos e muita energia para lançamento, os satélites orbitam em torno da Terra por vários anos!
- LANDSAT-5 teve vida útil de 1984 a 2012

LANDSAT-1



LANDSAT-5



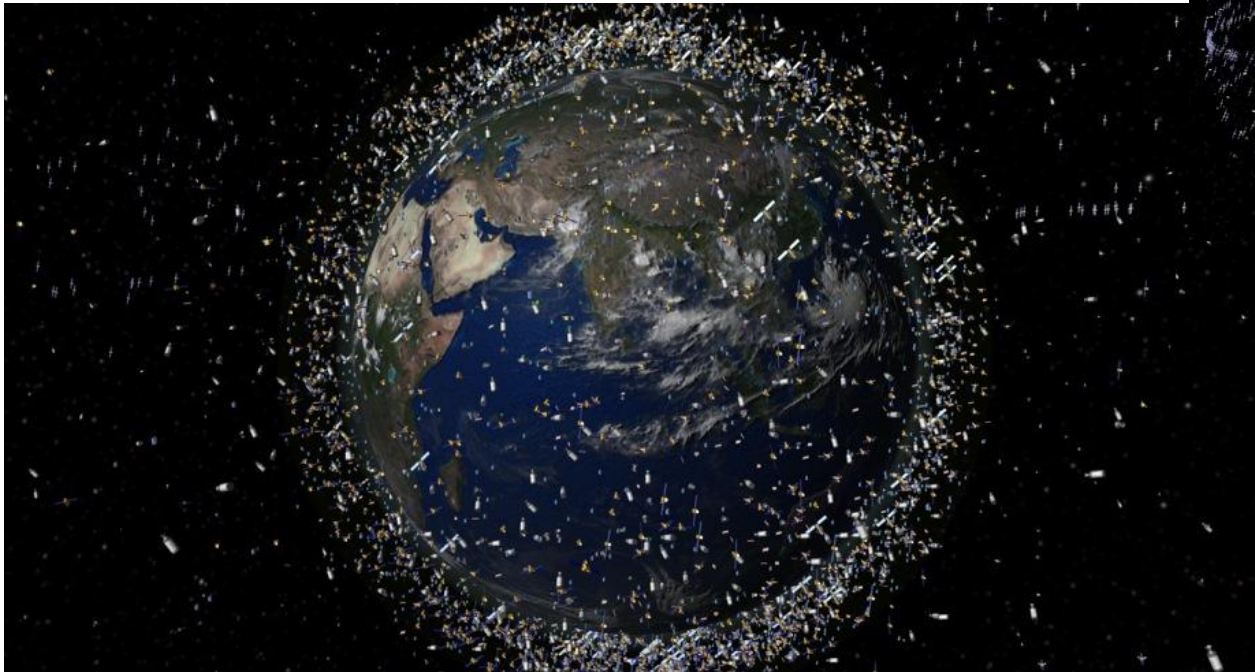
# Histórico

- Segmentos que influenciaram na evolução do SR por satélites:
  - Sensores para captação de dados/imagens
  - Sistema de telemetria – transmissão de dados satélite-estação
  - Sistemas para processamento e armazenamento dos dados de SR
  - Lançadores (base e foguete) que colocam os satélites em órbita
- Evolução do SR é fruto de um esforço multidisciplinar (física, química, biociências, geociências, computação, etc)
- Atualmente, o SR é quase que em sua totalidade alimentado por imagens obtidas por meio da tecnologia dos satélites orbitais



# ...em órbita

- $\approx 6542$  são satélites
- $\approx 3372$  estão ativos (info. jan/21)



Objetos no geral:

- $\approx 29$  mil ( $> 10$  cm)
- $\approx 670$  mil ( $> 1$  cm)
- $\approx 170$  milhões ( $> 1$ mm)





# ...em órbita?





# Bibliografia da aula

- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**, 3ª Ed., Oficina de Textos, 2013.
- MADRUGA, R. A. **Plataformas, Sensores e Sistemas Terrestres de Sensoriamento Remoto**. XXIV Curso Internacional em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica, Maio/2011.

