

Sensoriamento Remoto Aplicado à Geografia

Comportamento Espectral dos Objetos

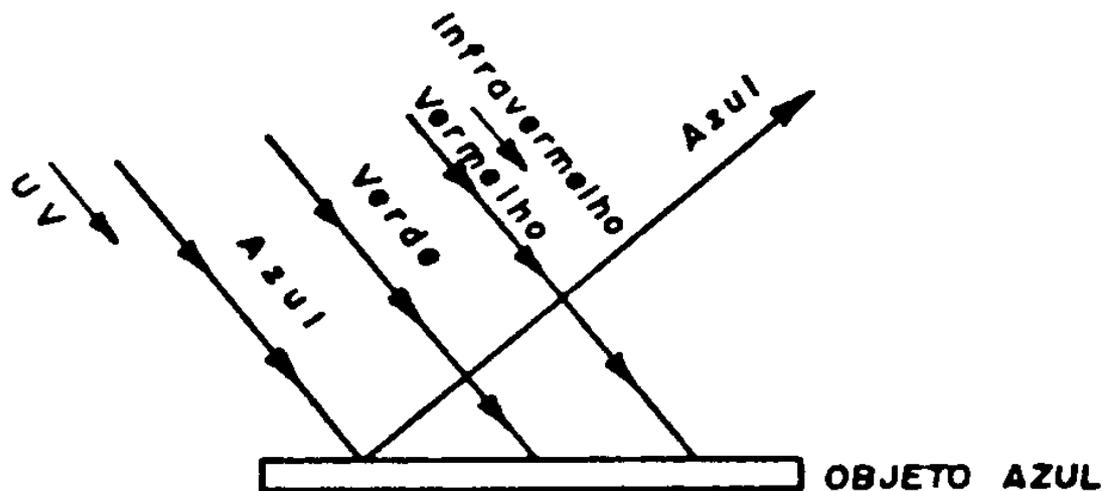
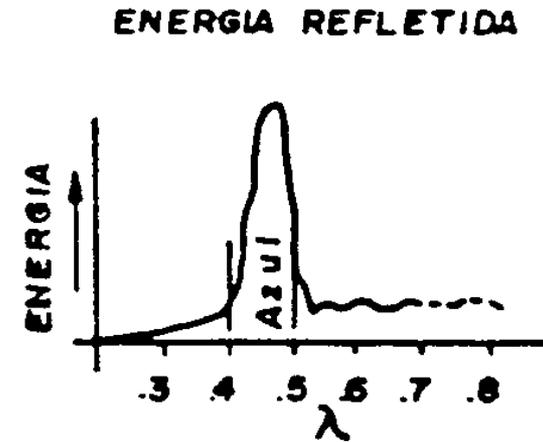
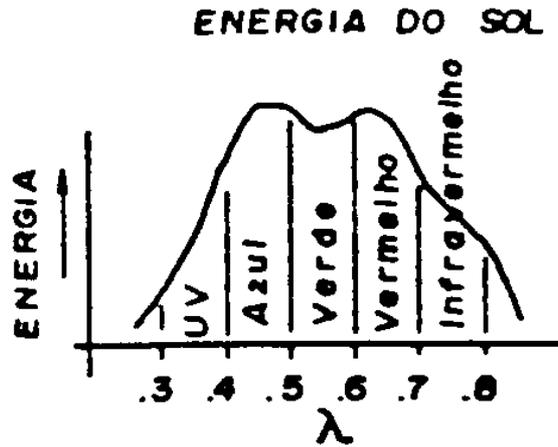
Reinaldo Paul Pérez Machado

Comportamento Espectral

O que é ?

- É o estudo da interação da radiação eletromagnética com os objetos (vegetação, solos, minerais e rochas, água etc.).
- Permite a identificação e caracterização física da vegetação, do uso da terra, dos minerais etc. com base na resposta da radiação.

Comportamento Espectral de um Objeto Azul



Curvas Espectrais: Solo Exposto, Vegetação e Água

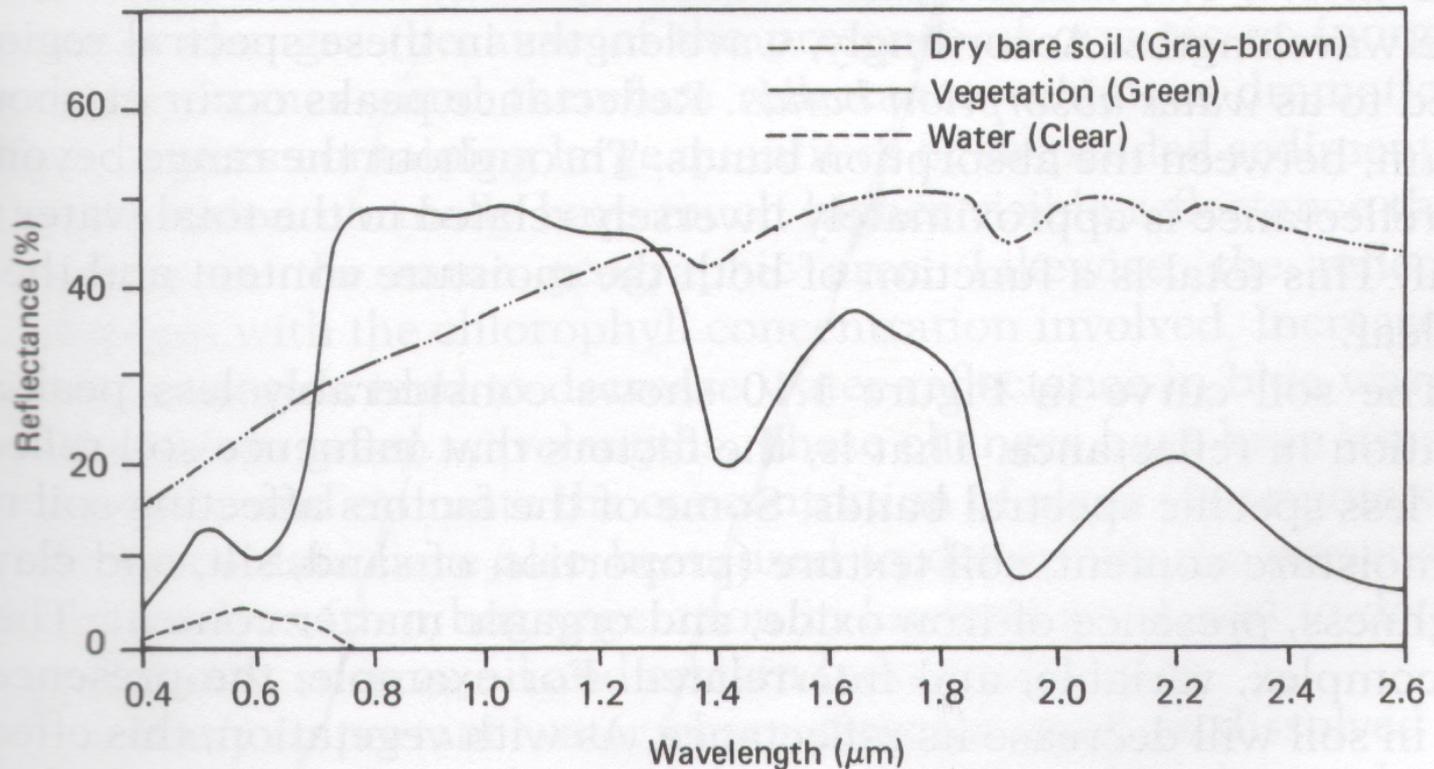
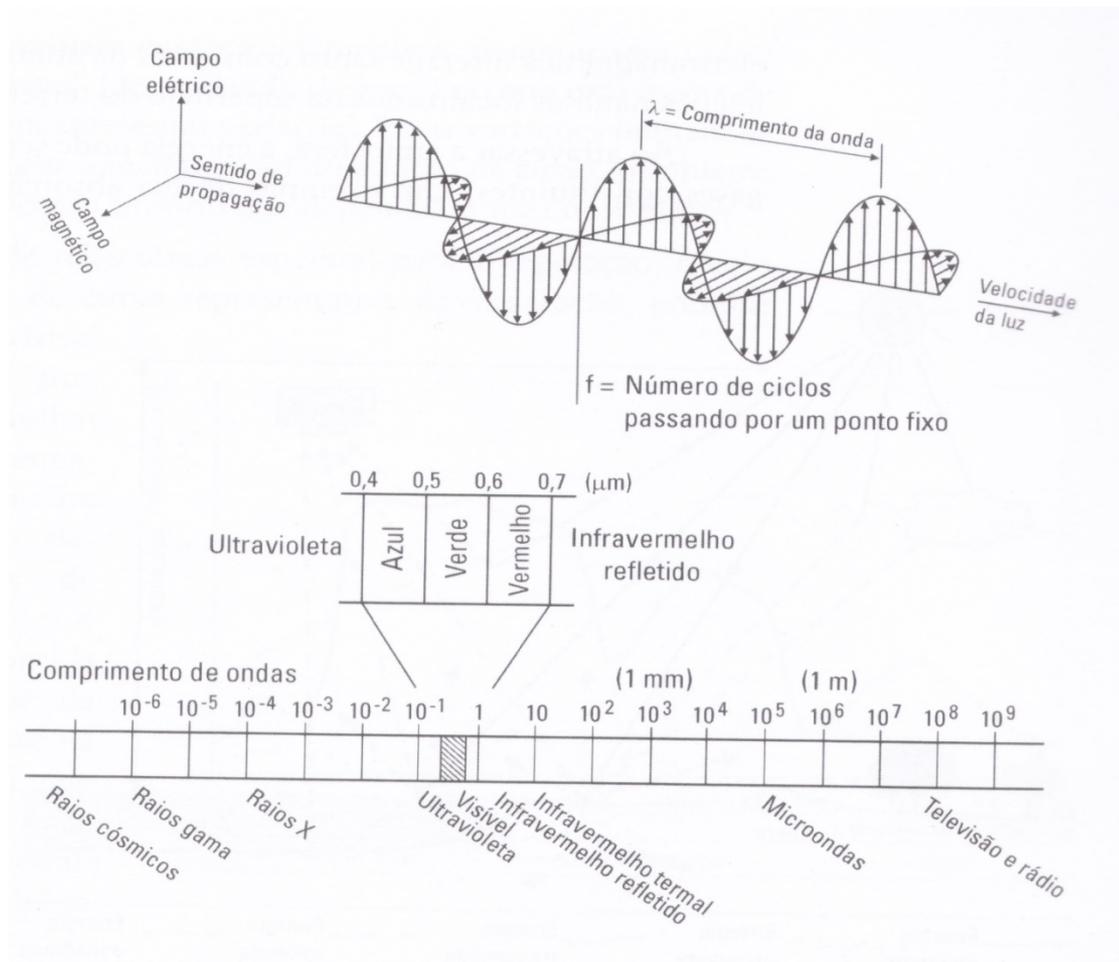


Figure 1.10 Typical spectral reflectance curves for vegetation, soil, and water. (Adapted from Swain and Davis, 1978.)

Assinatura spectral

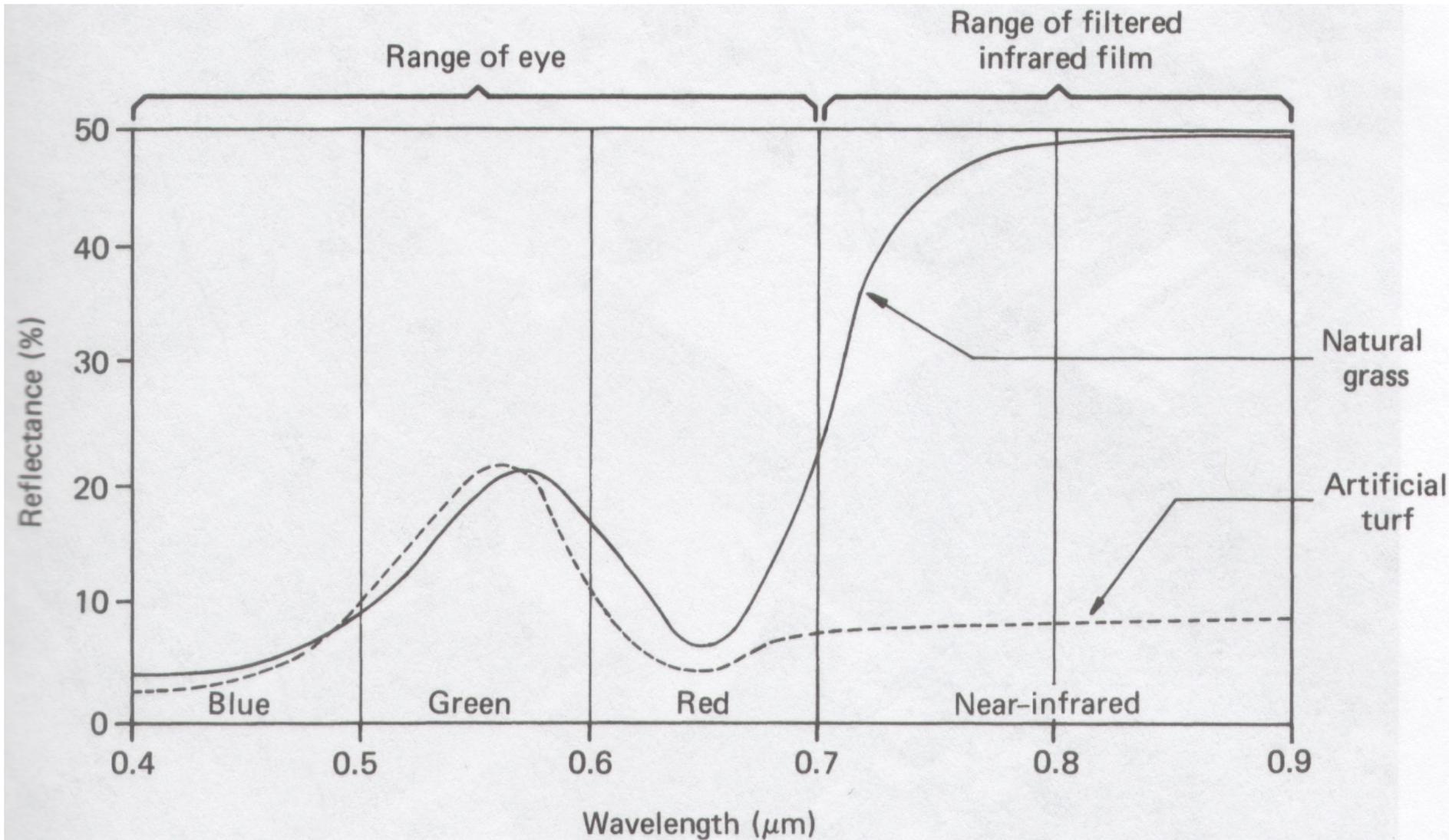
- Ilustra a forma como os objetos refletem a energia incidente.



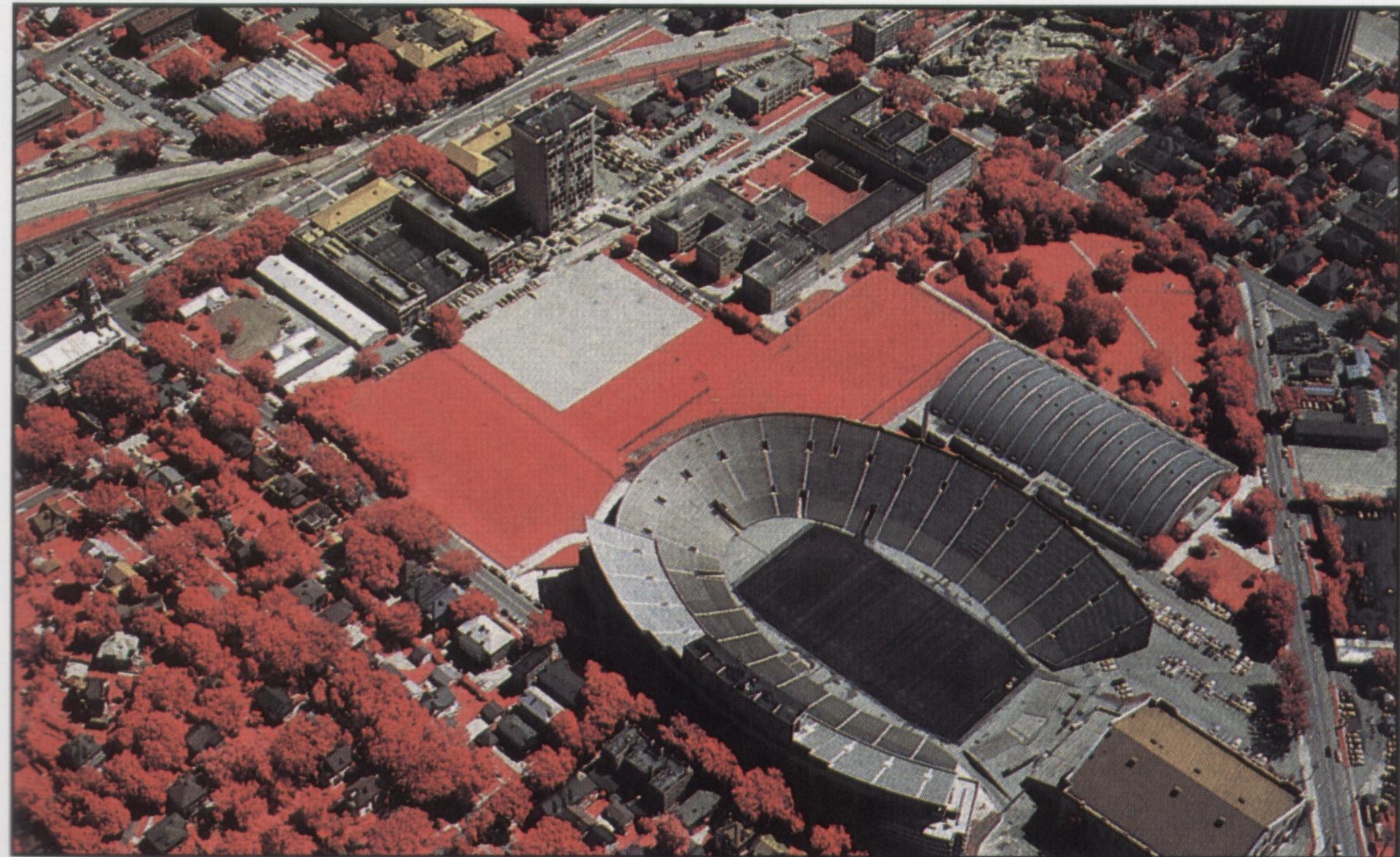
Onde há grama sintética?



Comportamento Espectral da Grama Natural e da Grama Sintética

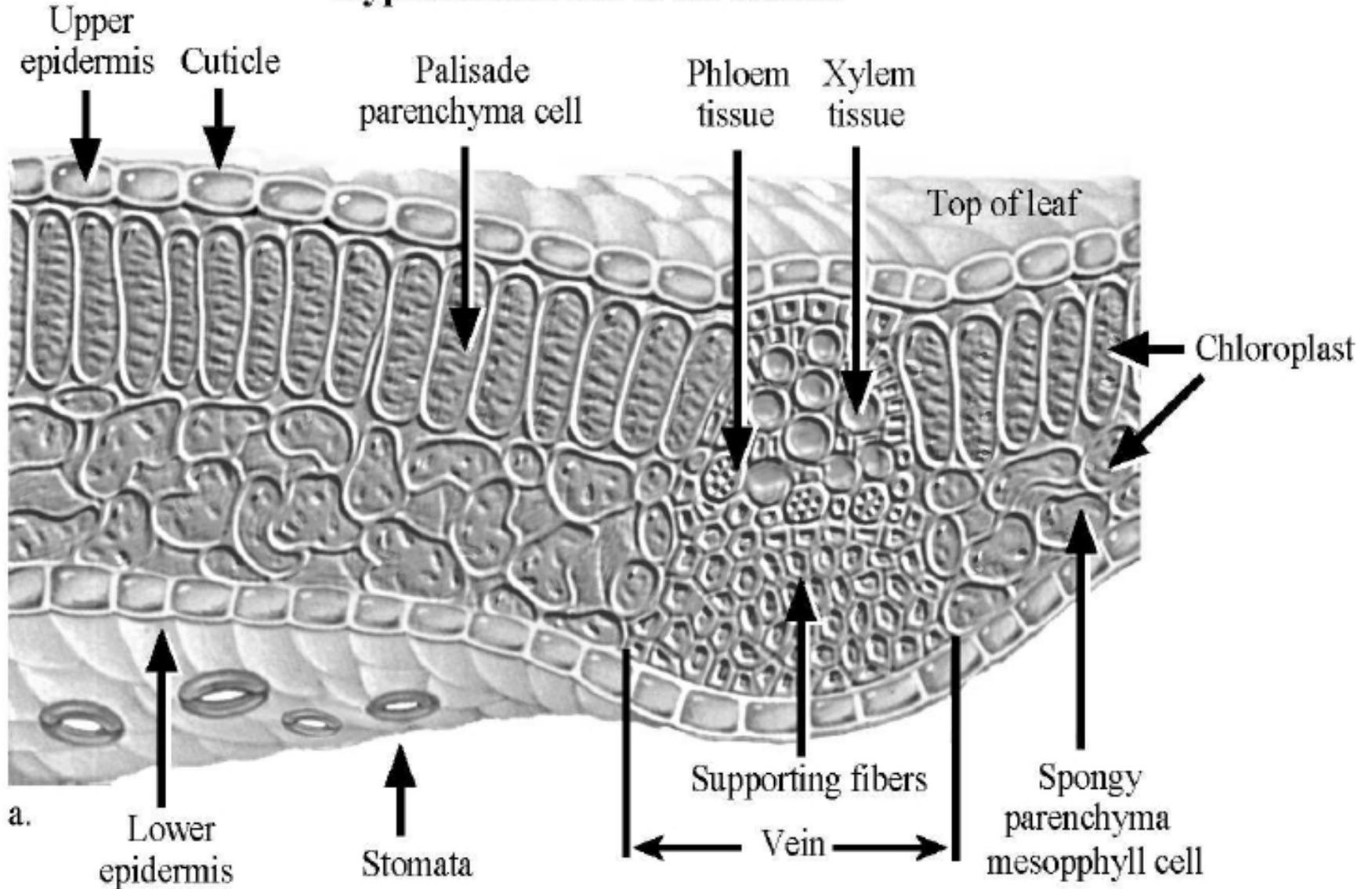


Vegetação no Infravermelho Próximo



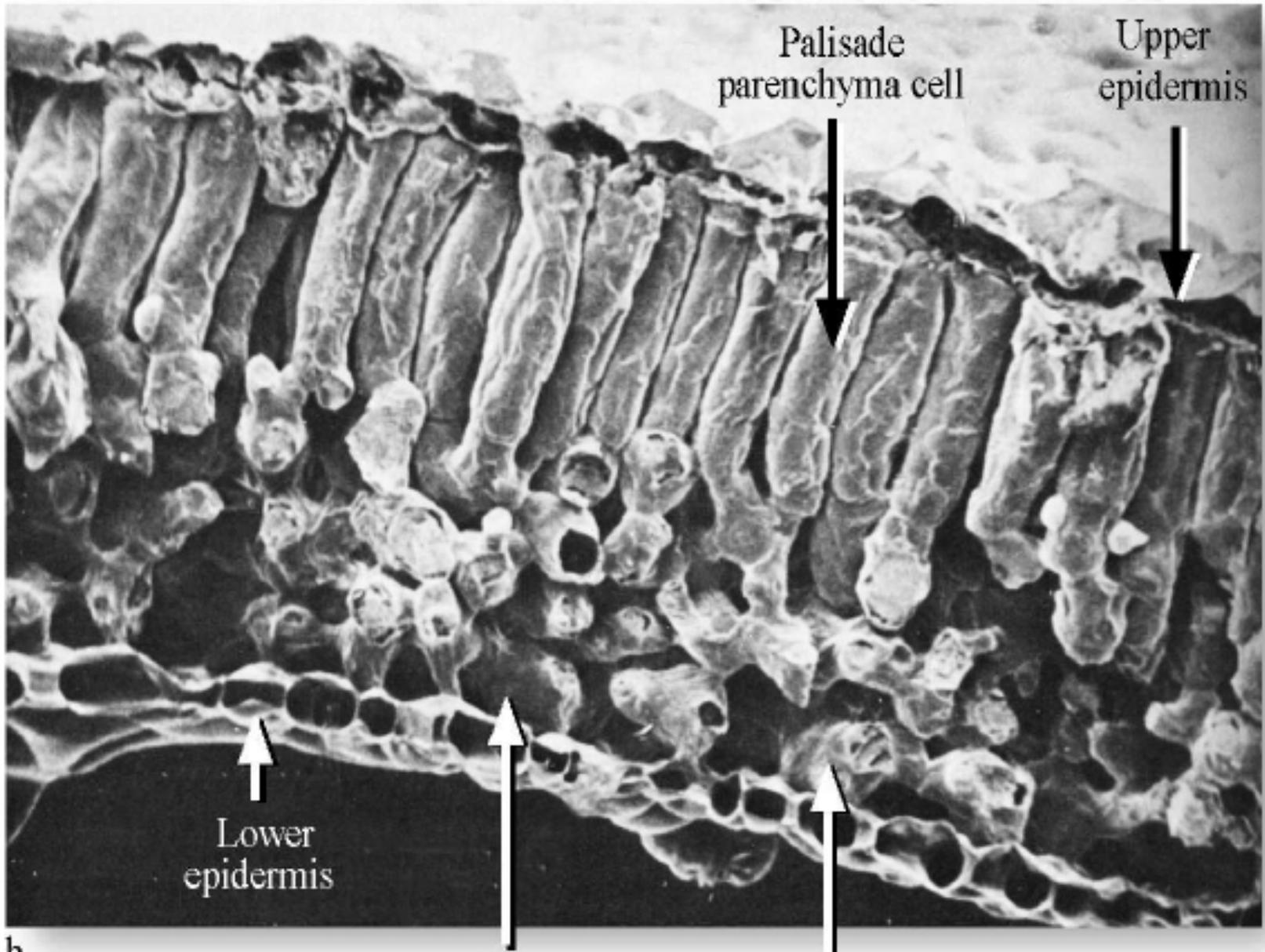
Estrutura da Folha

Hypothetical Leaf Cross-section



Estrutura da Folha

Actual Leaf Cross-section



Palisade parenchyma cell

Upper epidermis

Lower epidermis

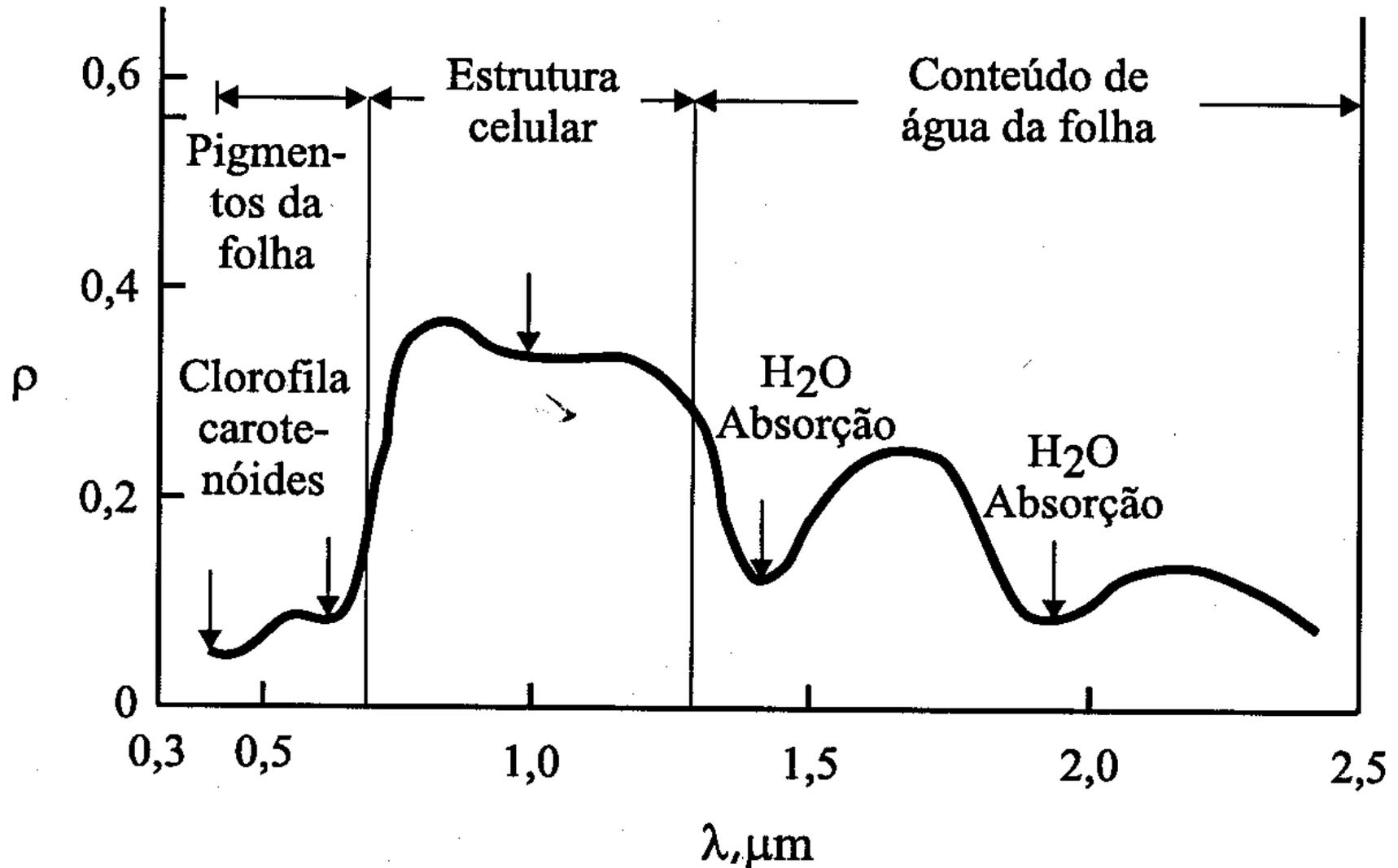
Intercellular air space

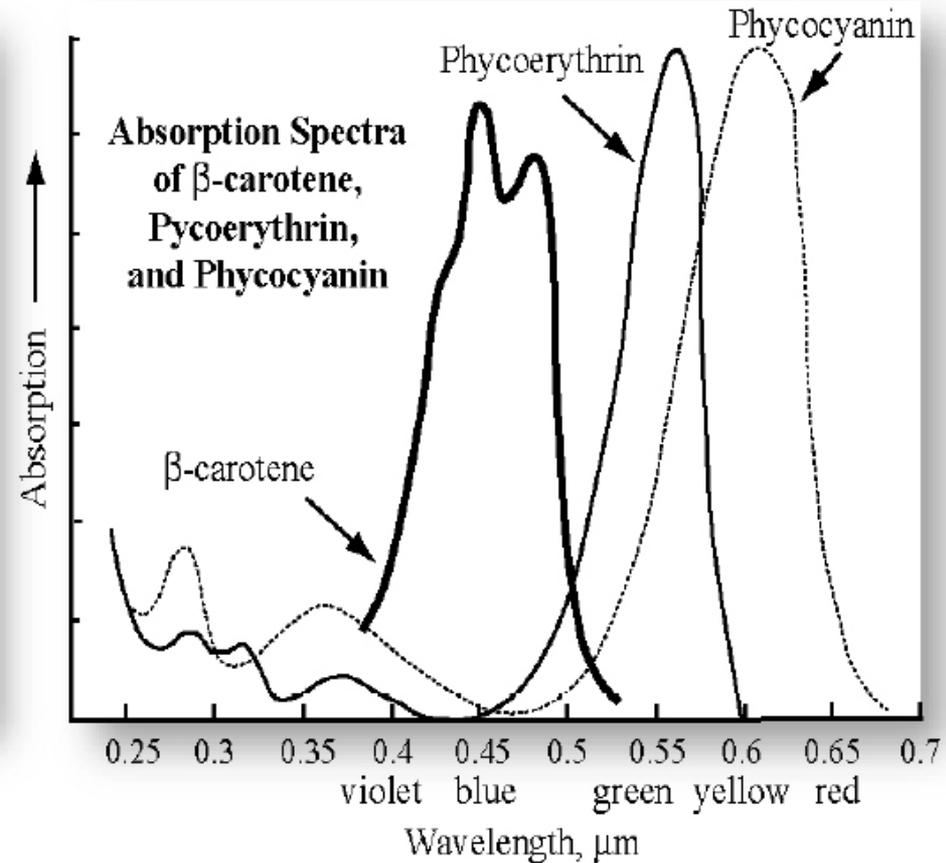
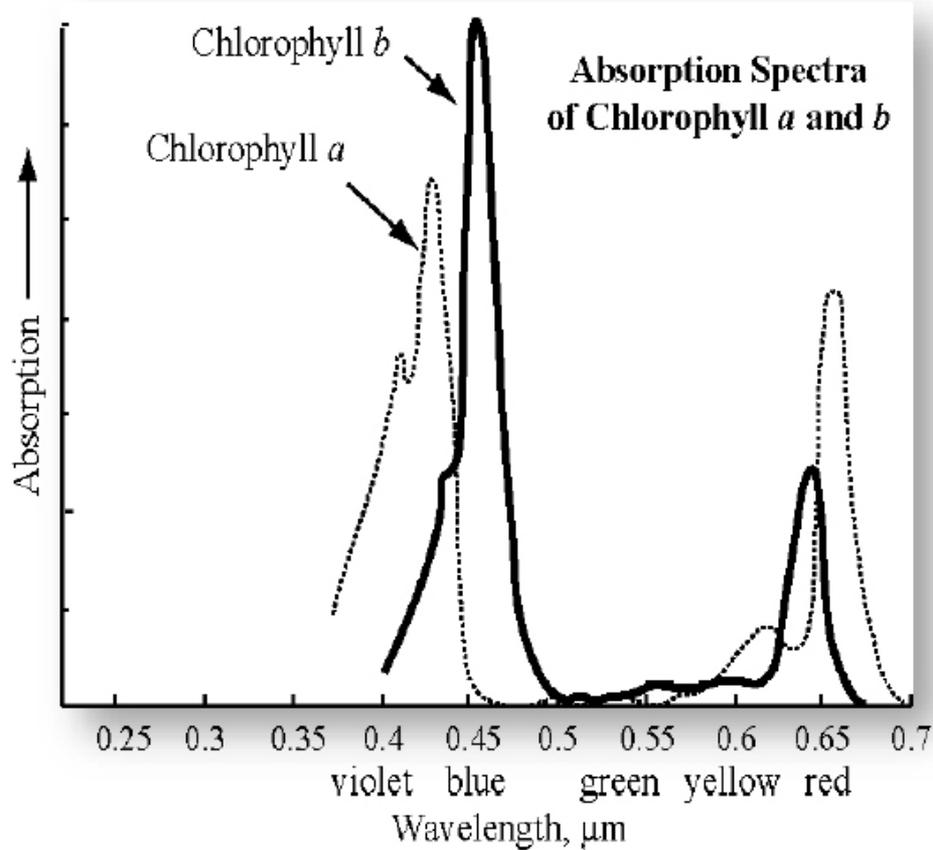
Spongy parenchyma mesophyll cell

b.

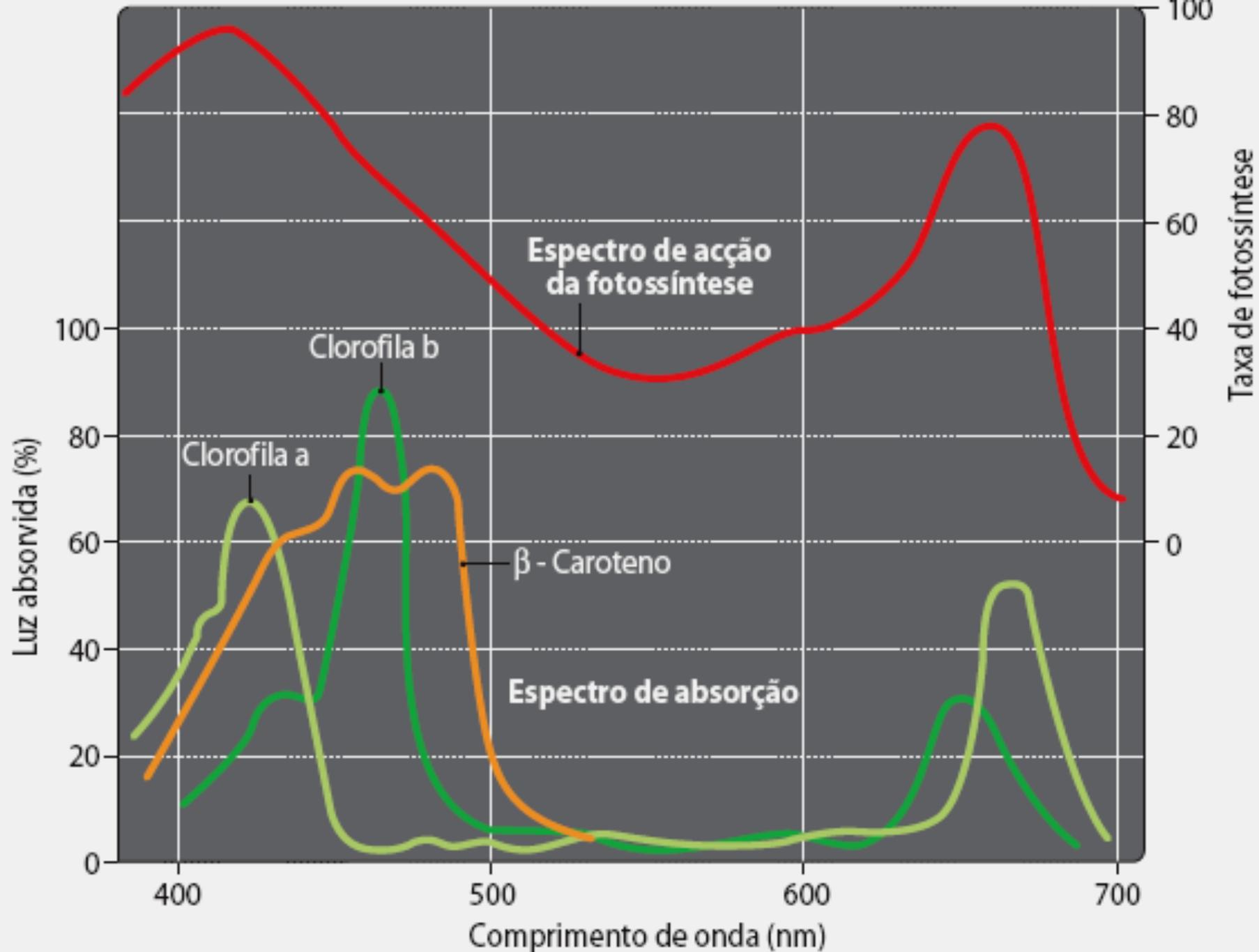
Jensen (2000)

Comportamento Espectral da Vegetação Verde

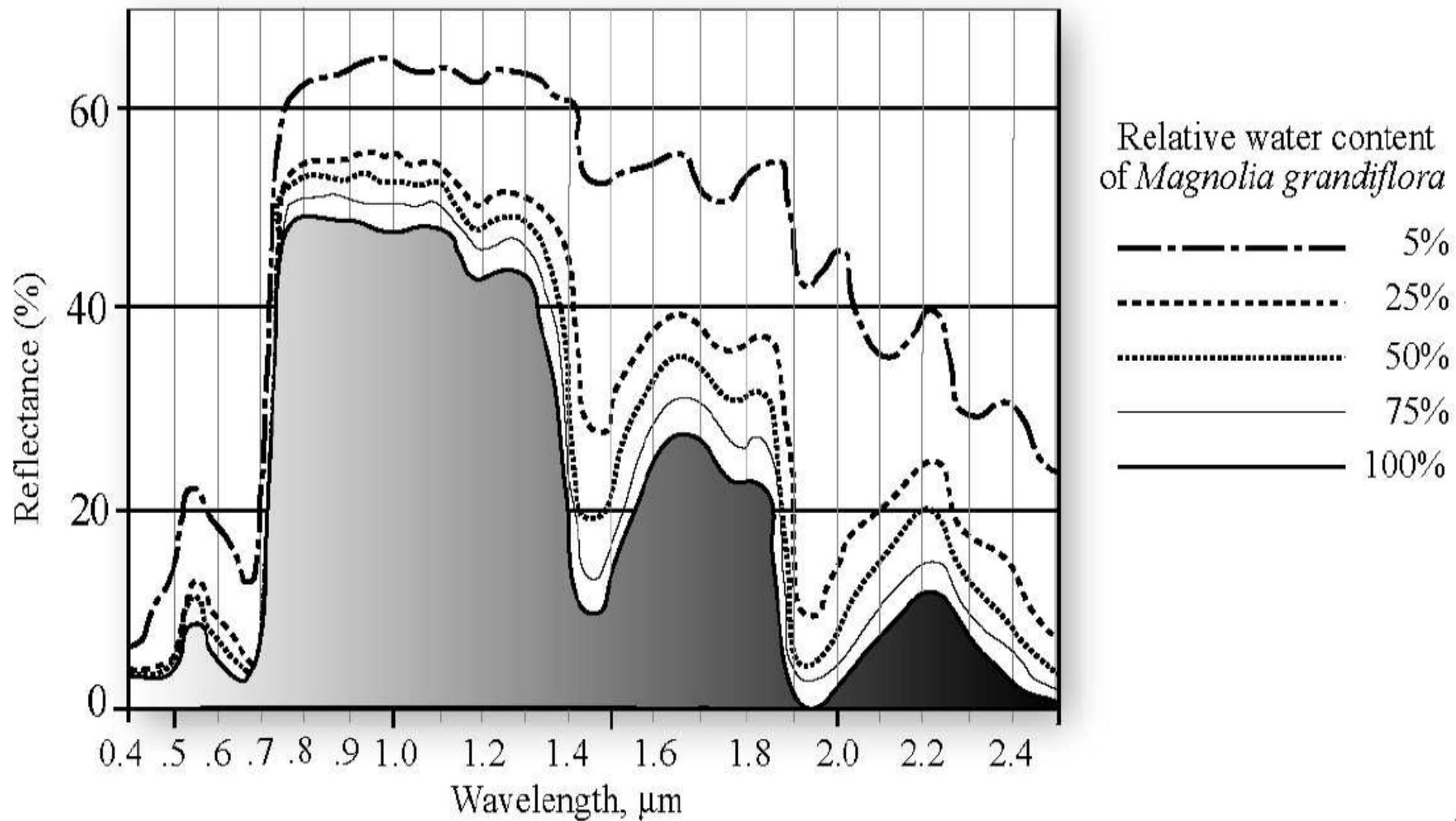




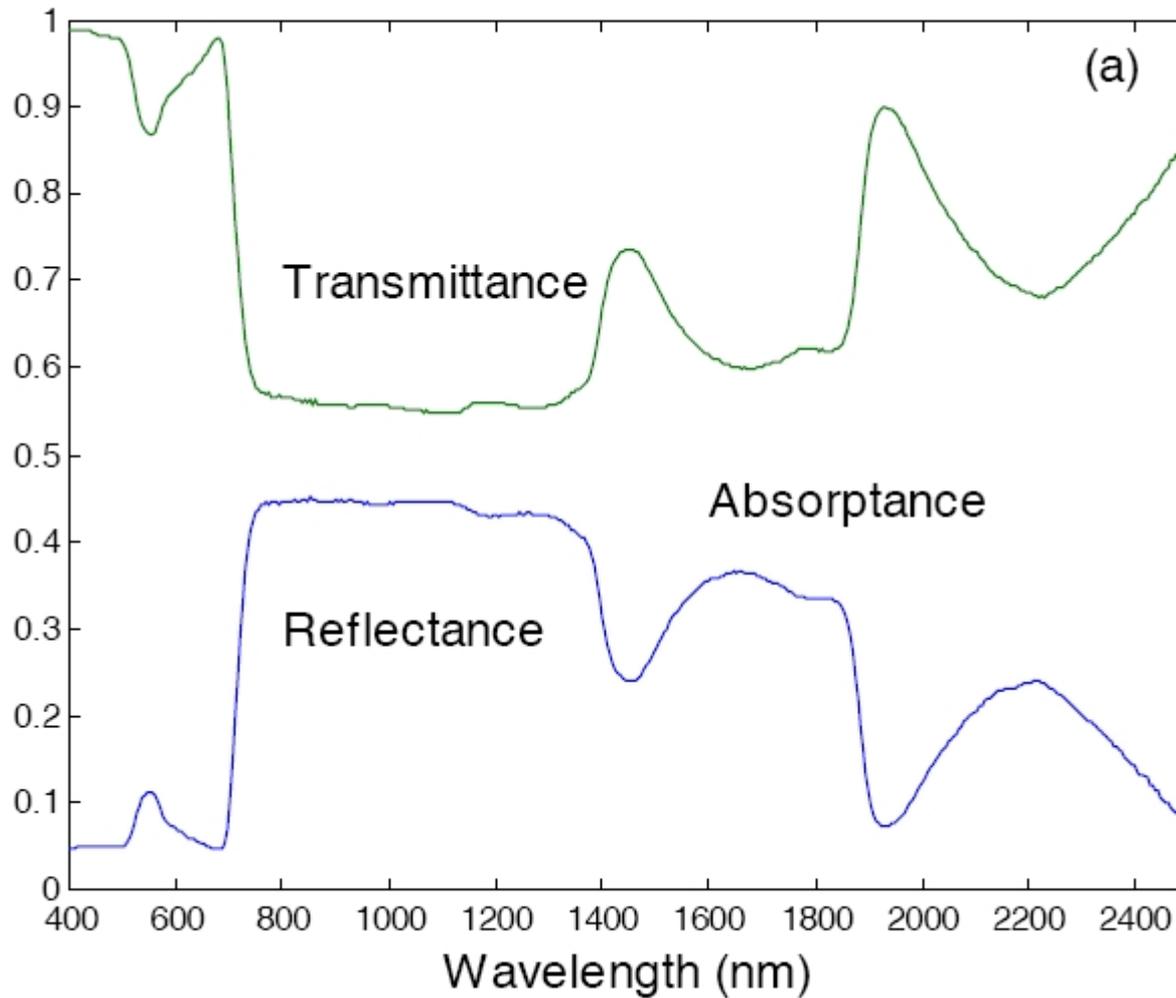
- Chlorophyll *a* peak absorption is at 0.43 and 0.66 μm .
- Chlorophyll *b* peak absorption is at 0.45 and 0.65 μm .
- Optimum chlorophyll absorption windows: 0.45 - 0.52 μm and 0.63 - 0.69 μm



Secagem da Vegetação



Reflectância x Transmitância x Absorbância



Stéphane JACQUEMOUD and Susan L. USTIN 2001

Proc. 8th International Symposium Physical Measurements & Signatures in Remote Sensing, Aussois (France), 8-12

Comportamento Espectral da Vegetação na Região do Visível

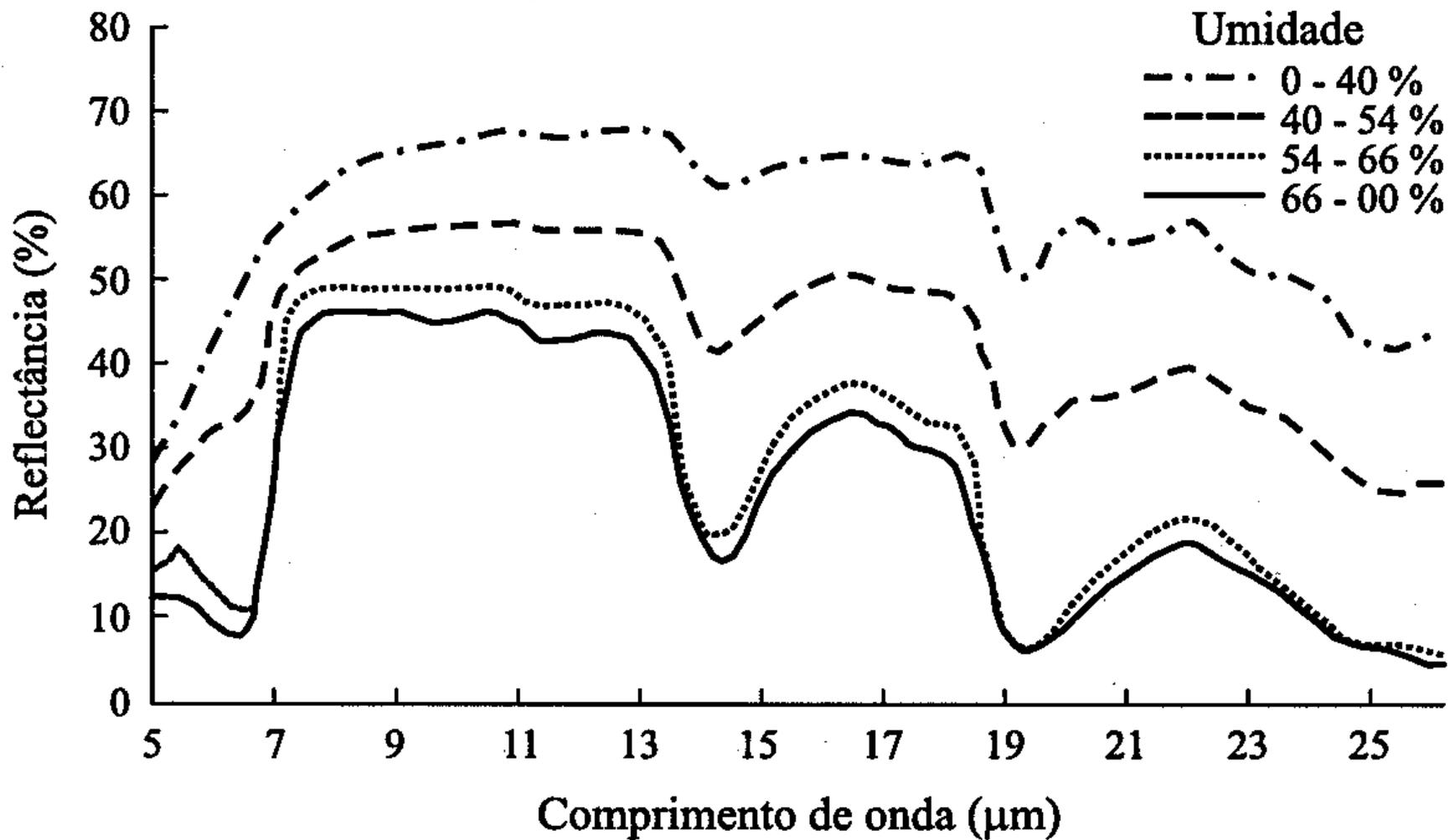
- O comportamento espectral da vegetação no visível é controlado pelos pigmentos de clorofila, carotenóides e xantofila presentes na camada mesófila das folhas.
- Estes pigmentos, principalmente a clorofila a e b são responsáveis pela forte absorção da radiação nos comprimentos de onda do azul (0.45-0.52 μm) e do vermelho (0.63-0.69 μm) (KNIPLING, 1970; CURRAN, 1980; JENSEN, 1983).
- Um relativo pico de reflexão observado em 0.54 μm corresponde à região do verde.
- Quando a vegetação encontra-se em condições de estresse hídrico ou de ressecamento, a produção de clorofila é reduzida e a vegetação passa a absorver menor quantidade de radiação.

Comportamento Espectral da Vegetação na Região do Infravermelho Próximo

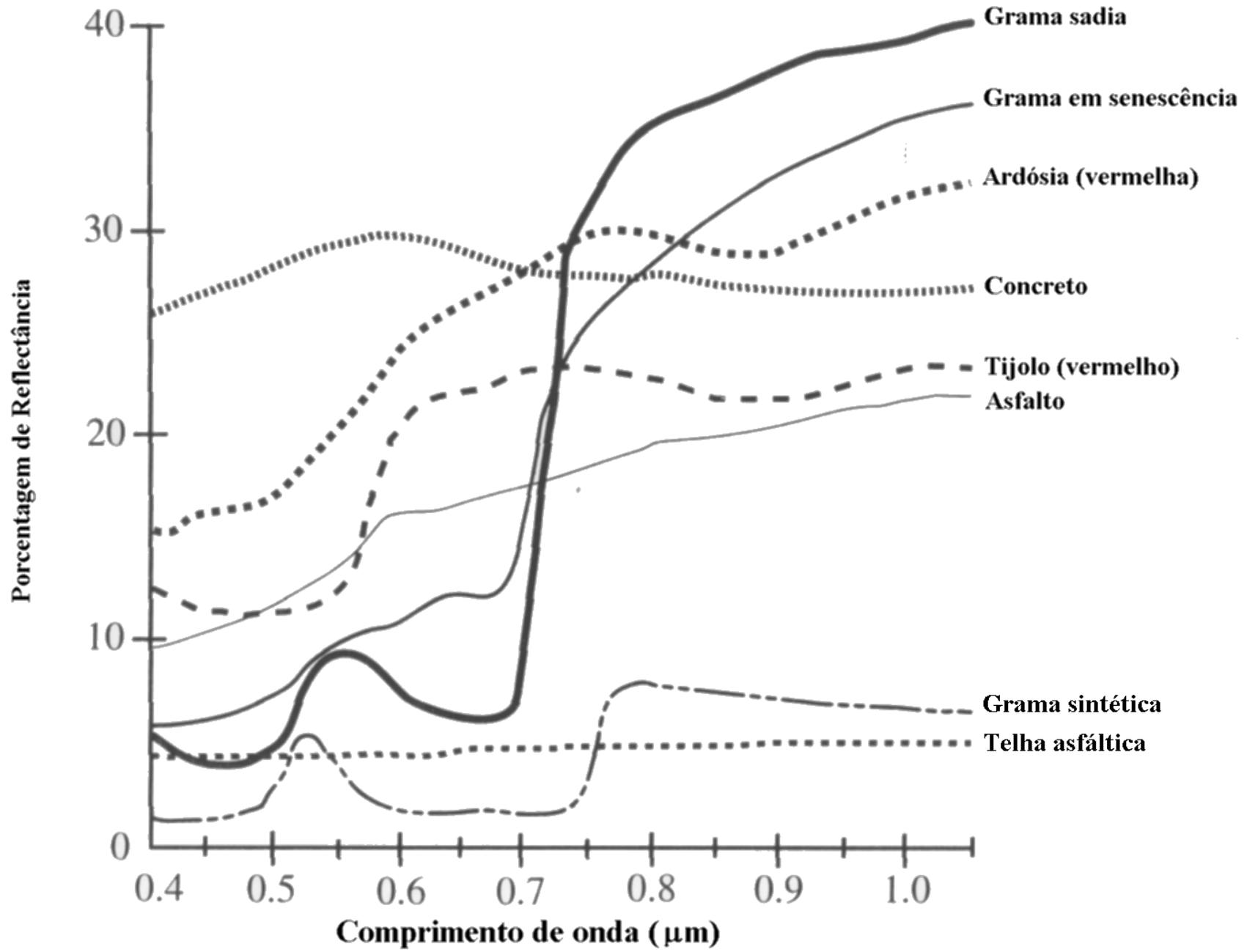
- Na região do infravermelho próximo (0.74 a 1.1 μm) a vegetação reflete grande quantidade de energia.
- A energia refletida é bem correlacionada com a quantidade de biomassa produzida pelas plantas.
- Esta correlação é observada porque o principal fator que controla a reflectância no infravermelho próximo são os espaços intercelulares presentes na camada mesófila.
- A vegetação verde e sadia reflete na região do infravermelho próximo cerca de 45 a 50% da energia que chega. O restante da energia (outros 45 a 50%) é praticamente transmitido para as camadas inferiores ou adjacentes do dossel (JENSEN, 1983).

Comportamento Espectral da Vegetação na Região do SWIR

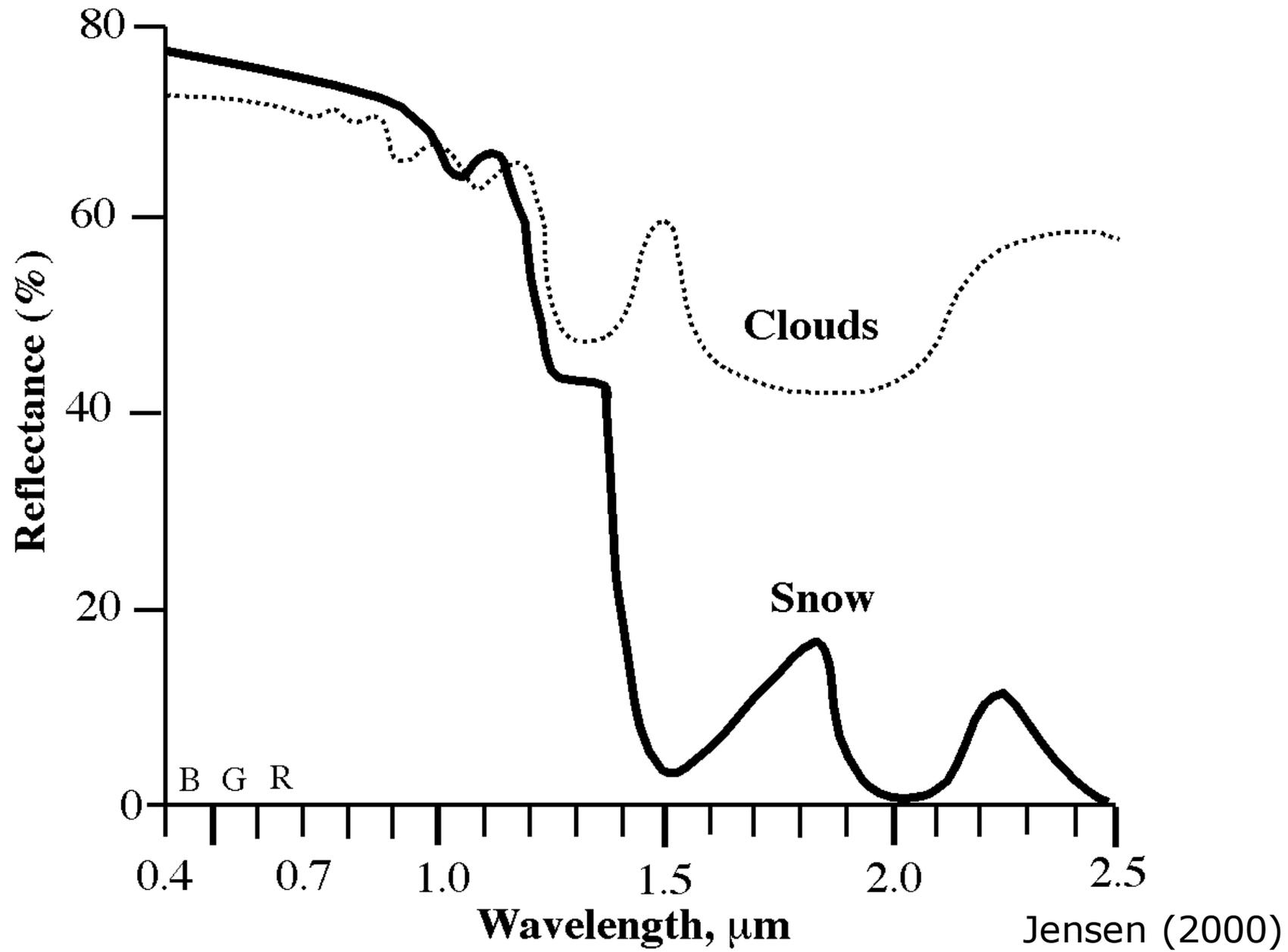
- Na região do infravermelho de ondas curtas (1.3 a 2.5 μm) a vegetação verde possui novamente uma baixa reflectância da energia.
- Este intervalo é controlado pela concentração de água no tecido que ocorre com maior intensidade em 1.4, 1.9 e 2.7 μm (JENSEN, 1983).



Objetos Urbanos



Nuvem e Neve



Jensen (2000)

Landsat 5 Thematic Mapper Data of Charleston, SC



a. Band 1.



b. Band 2.



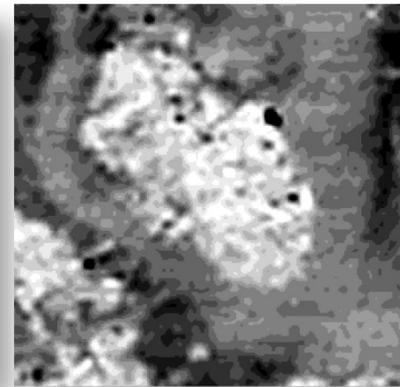
c. Band 3.



d. Band 4.



e. Band 5.



f. Band 6 (thermal infrared).

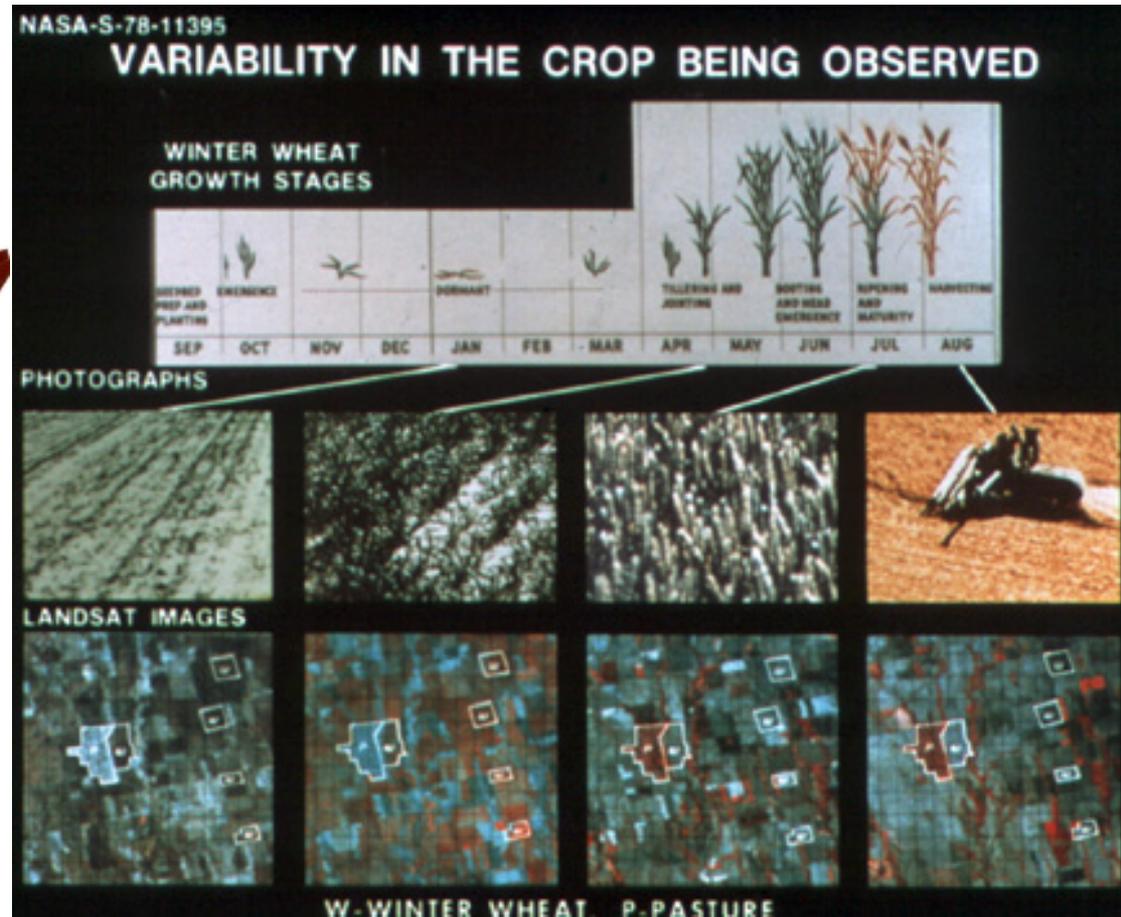
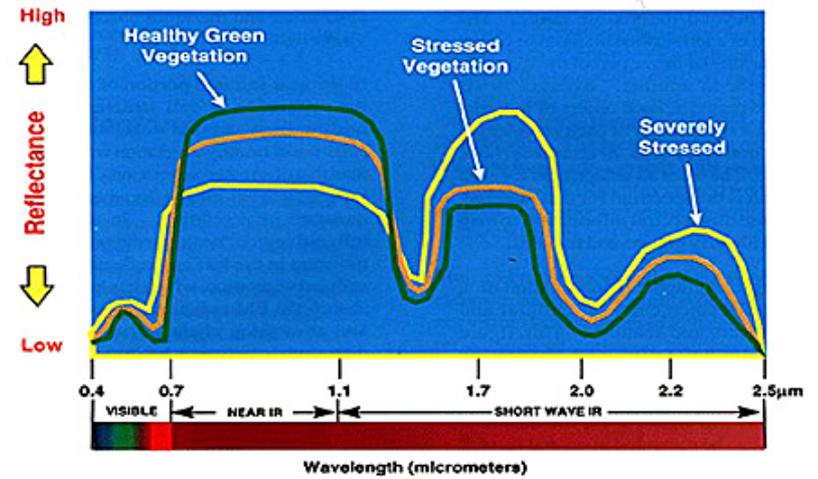
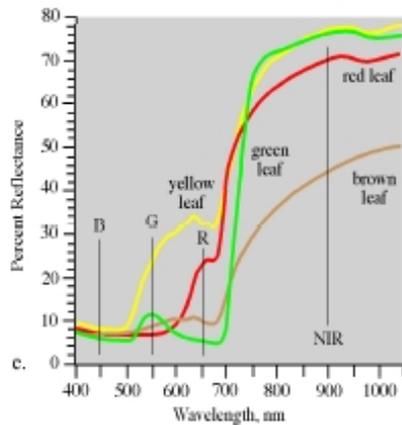
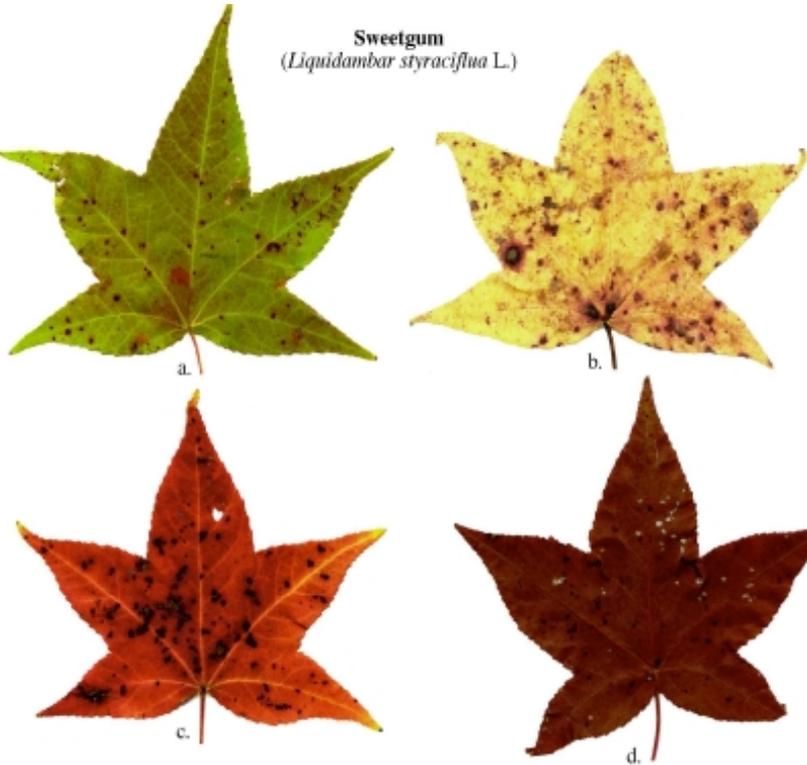


g. Band 7.

Jensen (2000)

Estado da Vegetação

<http://www.cas.sc.edu/geog/rsbook/Exercises/Rse/e03.html>



Cr terios Importantes na Identifica o da Vegeta o e Uso da Terra

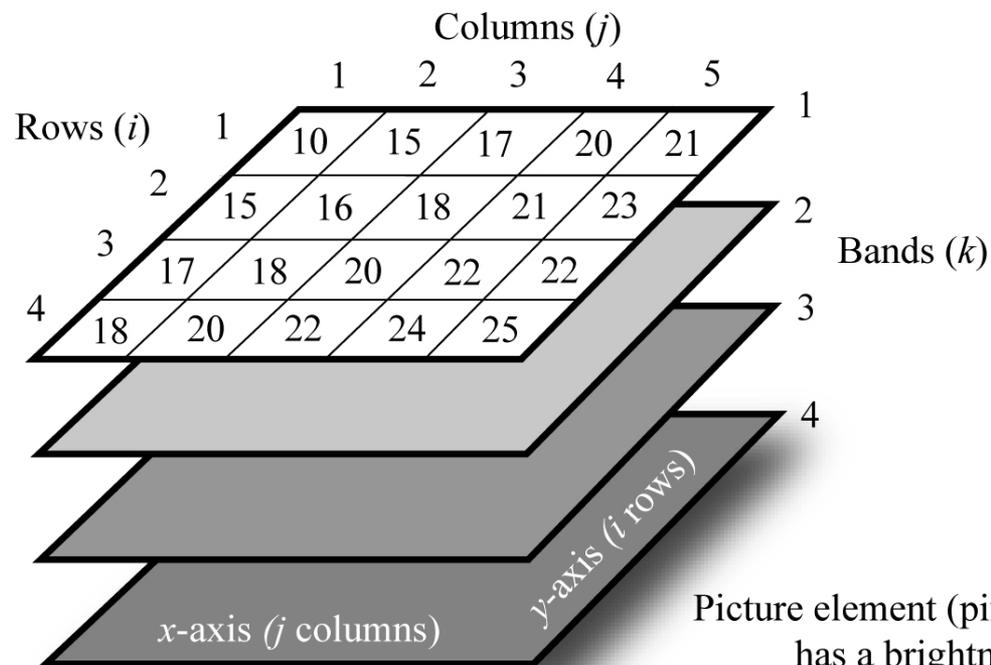
- Rela o sinal/ru do da imagem.
- Dissimilaridade espectral.
- Aspectos fenol gicos.
- Calend rio de plantio dos cultivos.
- Aspectos clim ticos: chuva, umidade, sombra.
- Posi o do sol:  ngulo de eleva o solar e de azimute.

Características das Imagens e Tipos de Resolução

Características das Imagens

Remote Sensing Raster (Matrix) Data Format

Digital Image Terminology



Brightness value
range (often 8-bit)

255 — white

127 — gray

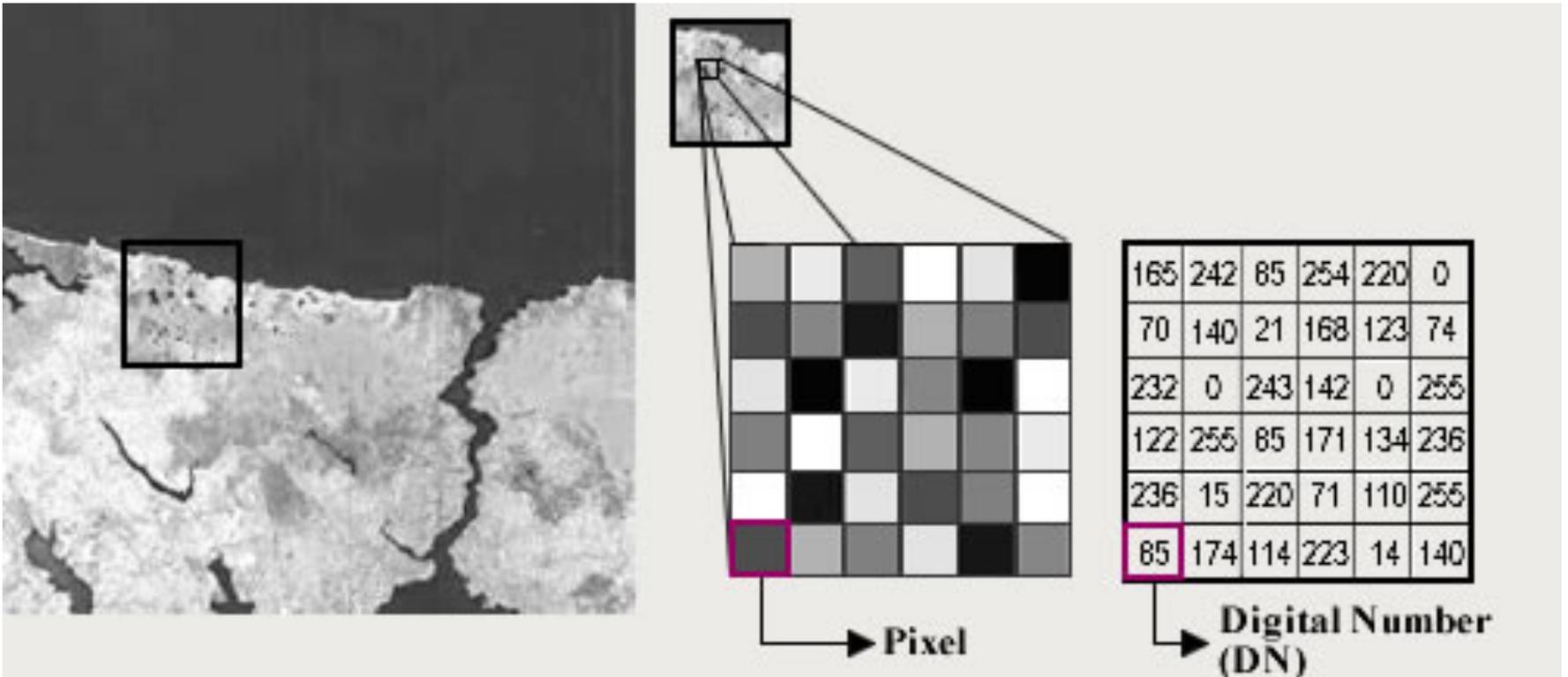
0 — black

Associated
grayscale

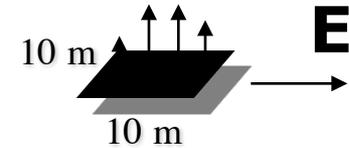


Picture element (pixel) at location row 4, column 4, band 1
has a brightness value of 24, i.e., $BV_{4,4,1} = 24$

Nível de Cinza (NC)



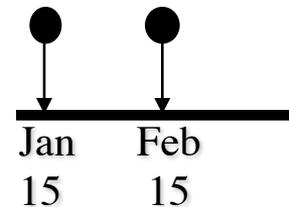
Tipos de Resolução



Espacial – capacidade de distinguir 2 objetos separados por uma determinada distância (relacionado ao tamanho do pixel).



Espectral - número e largura das bandas espectrais do sensor



Temporal - repetitividade do satélite (tempo entre as passagens pela mesma área)



Radiométrica -sensibilidade na detecção de pequenas diferenças na energia eletromagnética, expressa pelo número de tons de cinza (DNs)

DIFERENTES RESOLUÇÕES DAS IMAGENS SATELITAIS

- Resolução espacial (depende do tamanho do pixel)
- Resolução espectral (depende do número de bandas)
- Resolução radiométrica (depende da intensidade da radiação refletida expressada em tons de cinza)
- Resolução temporal (depende do tempo de repassagem do sensor expressado em dias)

DIFERENTES RESOLUÇÕES DAS IMAGENS SATELITAIS

- Resolução espacial (1 km, 250 m, 30 m, 5 m, 20 cm)
- Resolução espectral (7 bandas, 12 bandas, 250 bandas)
- Resolução radiométrica (8 bits, 11 bits, 12 bits)
- Profundidade de cor (256, 2048, 4096)
- Resolução temporal (16 dias, 1 dia, 12 horas)

Resolução Espacial:

Classificação segundo o tamanho do pixel

- Muito Baixa (pixel maior que 1 km)
- Baixa (pixel maior que 200 m)
- Mediana (pixel maior que 10 m)
- Alta (pixel maior que 1 m)
- Hiper Alta (pixel menor que 1 m)

Também chamada de super-alta resolução ou submétrica.

Imagery of Harbor Town in Hilton Head, SC, at Various Nominal Spatial Resolutions



a. 0.5 x 0.5 m.



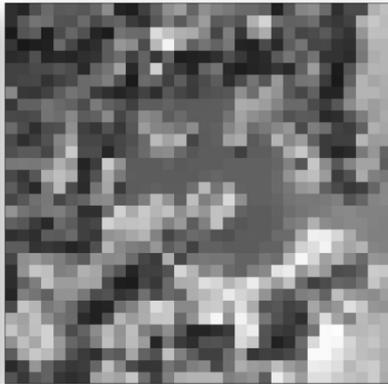
b. 1 x 1 m.



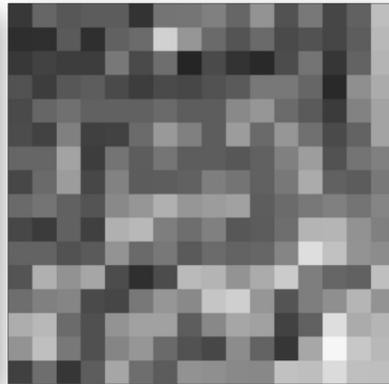
c. 2.5 x 2.5 m.



d. 5 x 5 m.



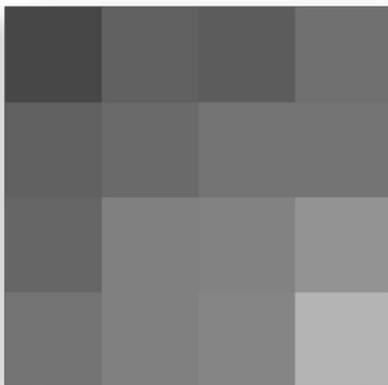
e. 10 x 10 m.



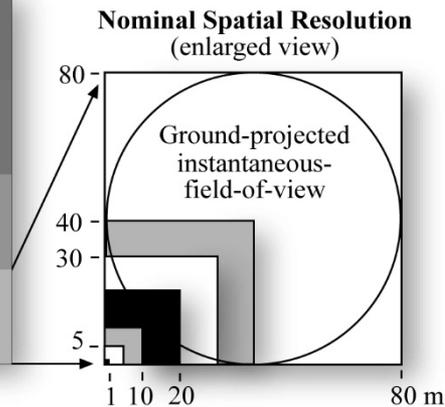
f. 20 x 20 m.



g. 40 x 40 m.



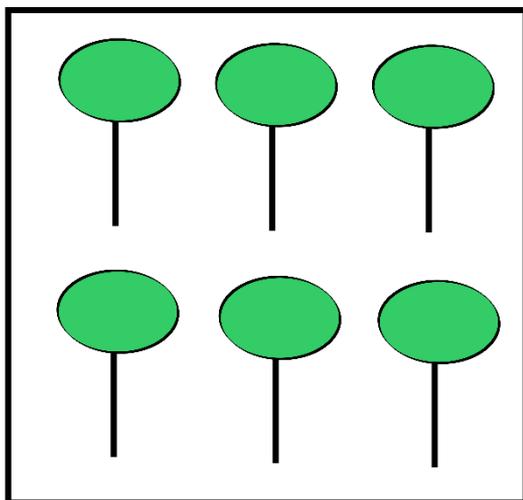
h. 80 x 80 m.



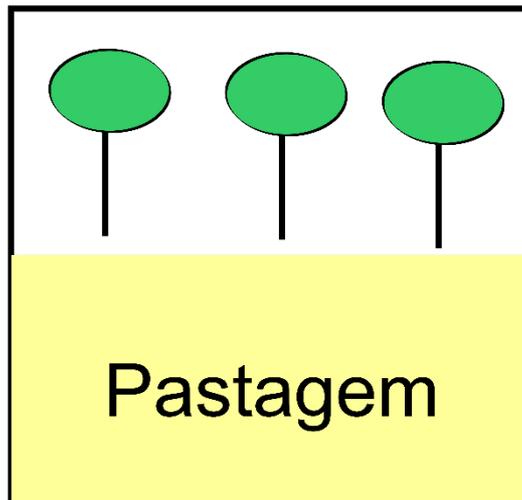
Resolução Espacial

Efeito de Mistura do Pixel

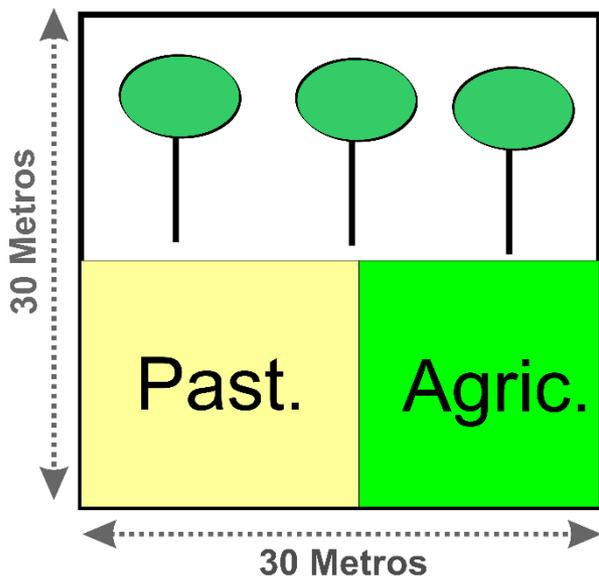
100% (Floresta)



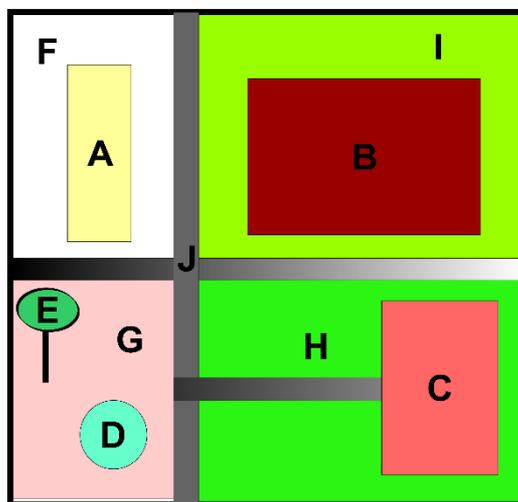
50% (Flor.) + 50% (Past.)



50% (Flor.) + 25% (Past.) + 25% (Agr.)



Área Urbana (A + B + C + ...)



A + B + C + D + E + F + G + H + I + J

Especialmente em aplicações urbanas, a resolução espacial do pixel precisa ser maior para diminuir o efeito de mistura.

IMAGEM DE SATÉLITE LANDSAT



IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT



IMAGEM DE SATÉLITE QUICK BIRD



0 .09 .18 .27
Kilometers

IMAGEM DE SATÉLITE QUICK BIRD

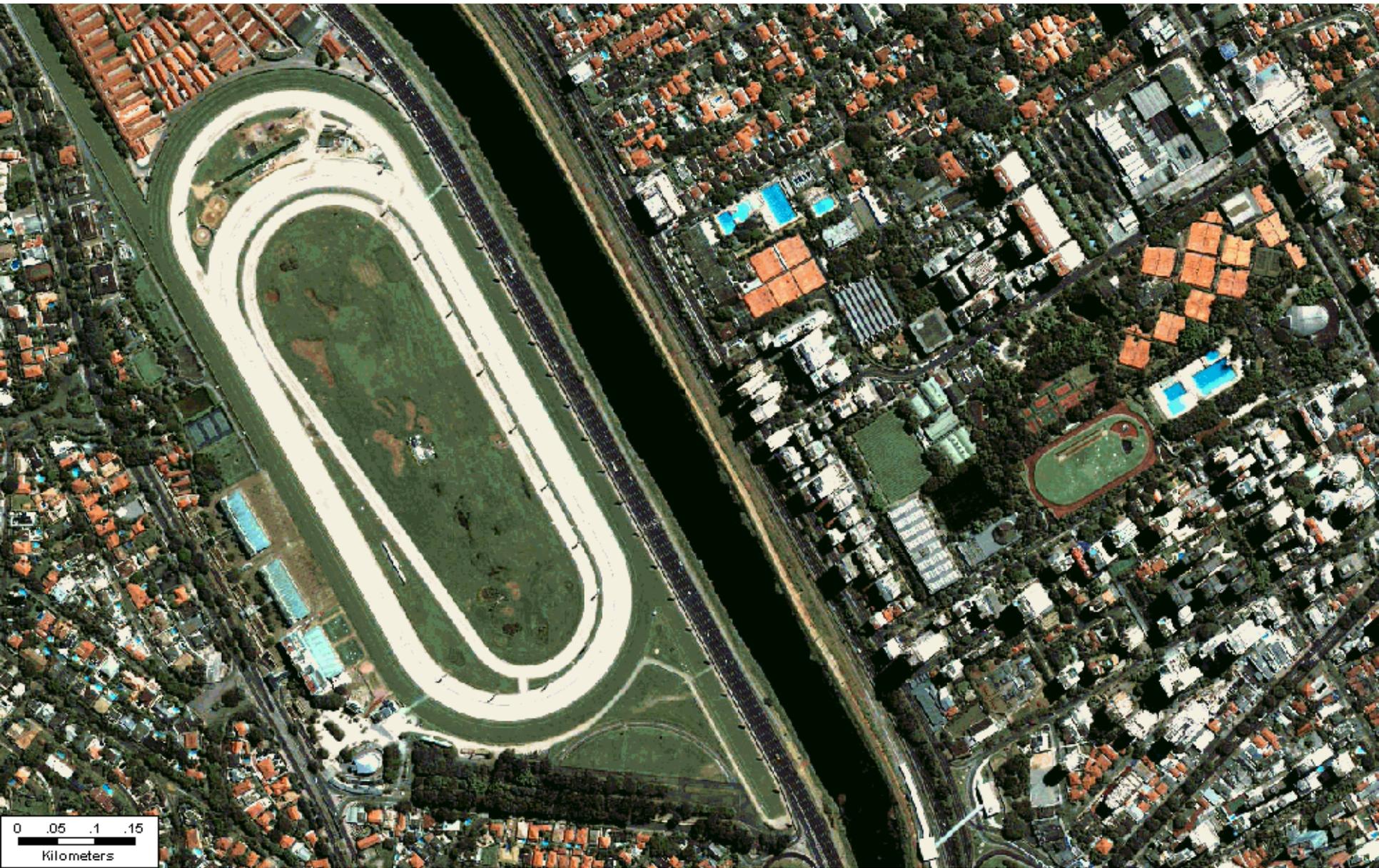
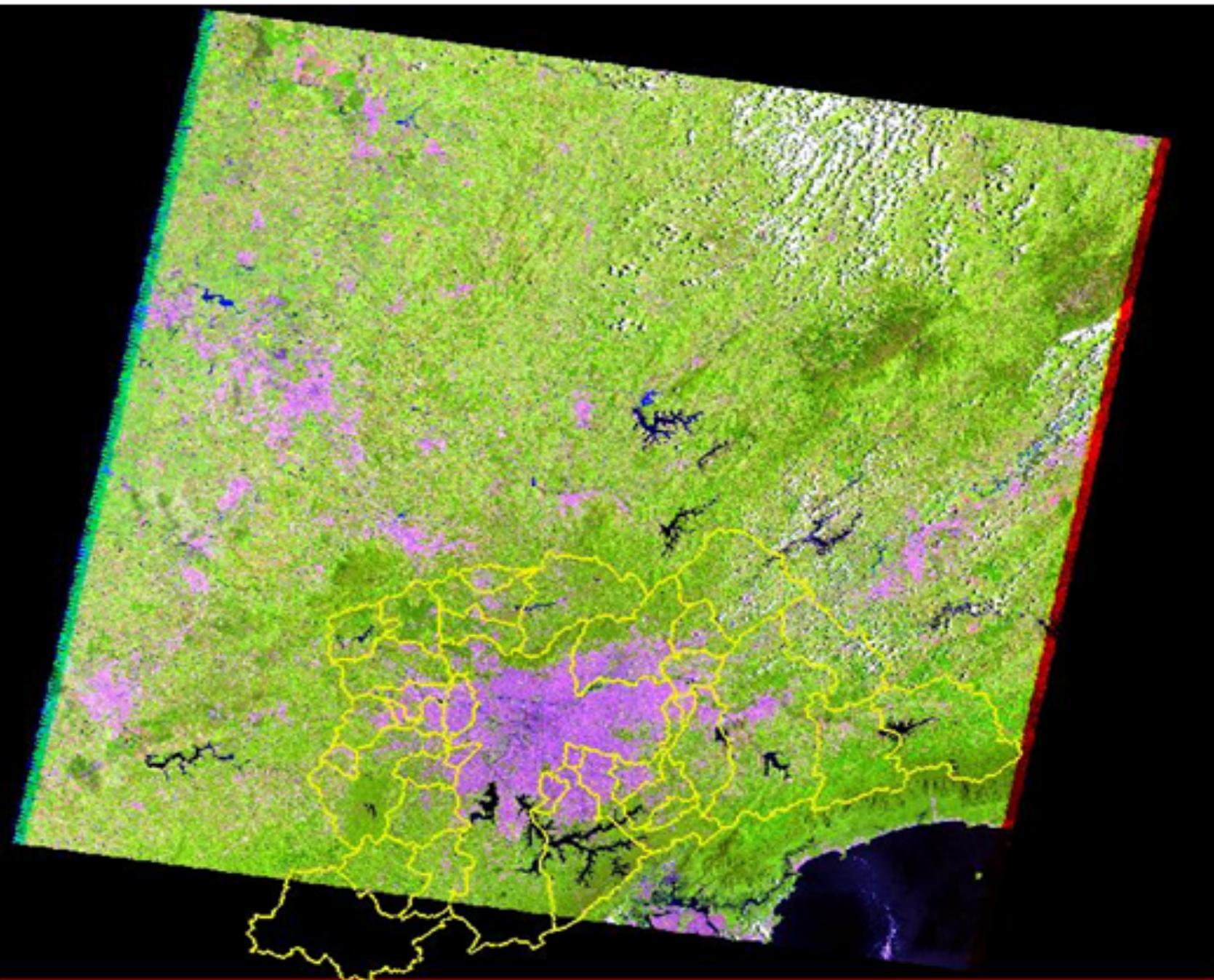


IMAGEM DE SATÉLITE QUICK BIRD



IMAGEM LANDSAT (195 X 135 km)



Resolução
espacial
de 30 m.

IMAGEM LANDSAT (1:450.000)

Resolução espacial de 30 m.

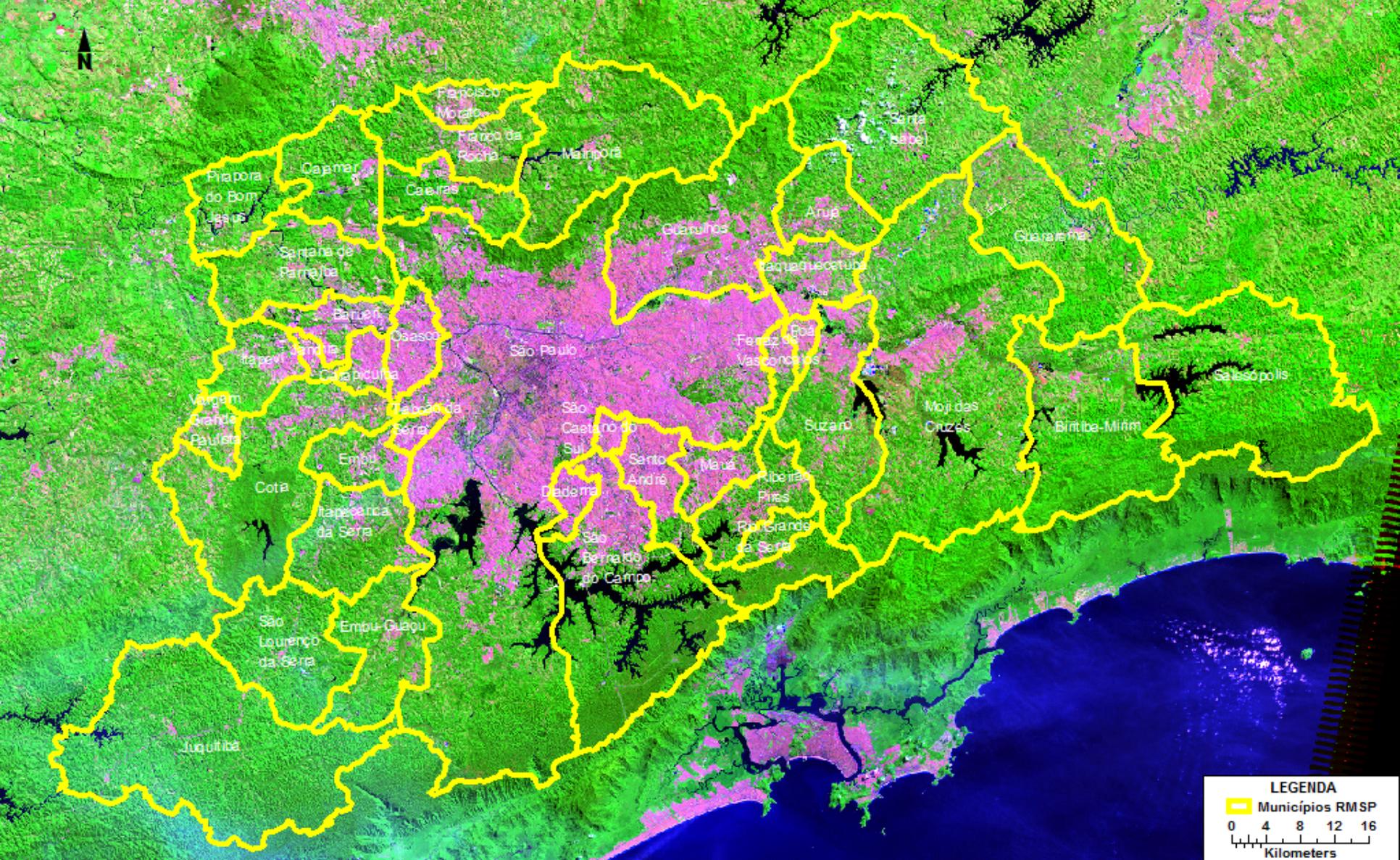


IMAGEM LANDSAT (1:200.000)

Resolução espacial de 30 m.

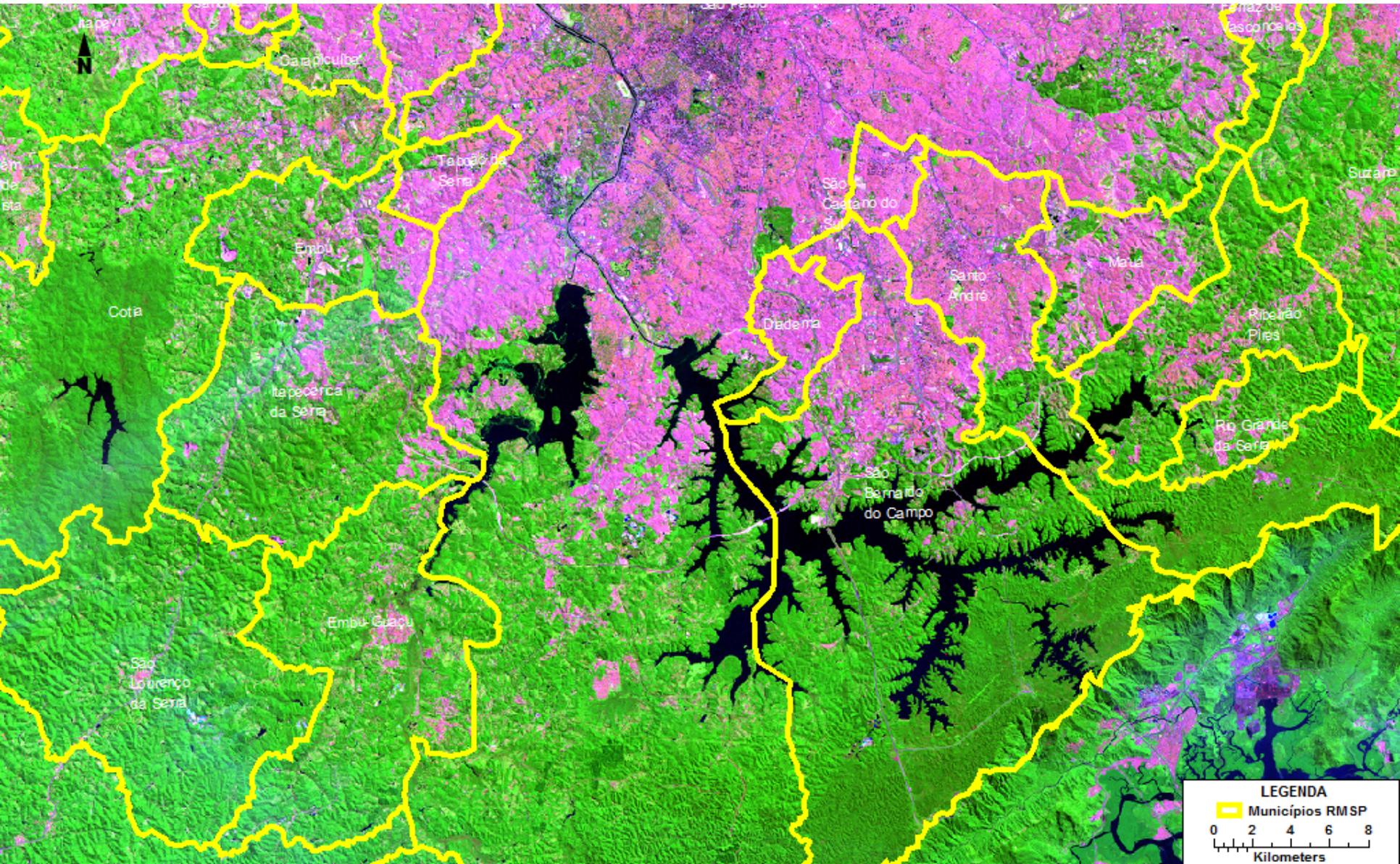


IMAGEM LANDSAT (1:100.000)

Resolução espacial de 30 m.

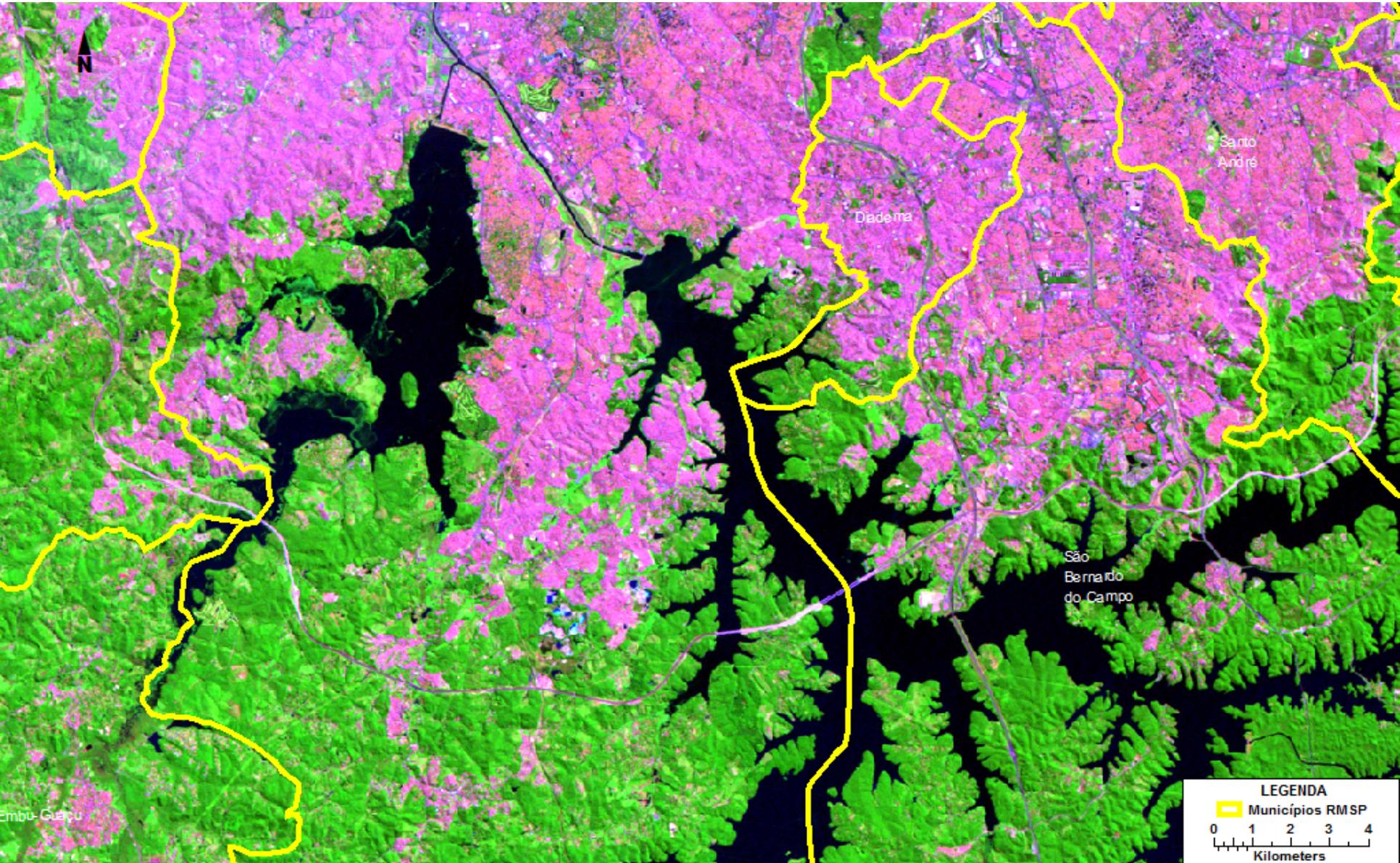


IMAGEM LANDSAT (1:50.000)

Resolução espacial de 30 m.

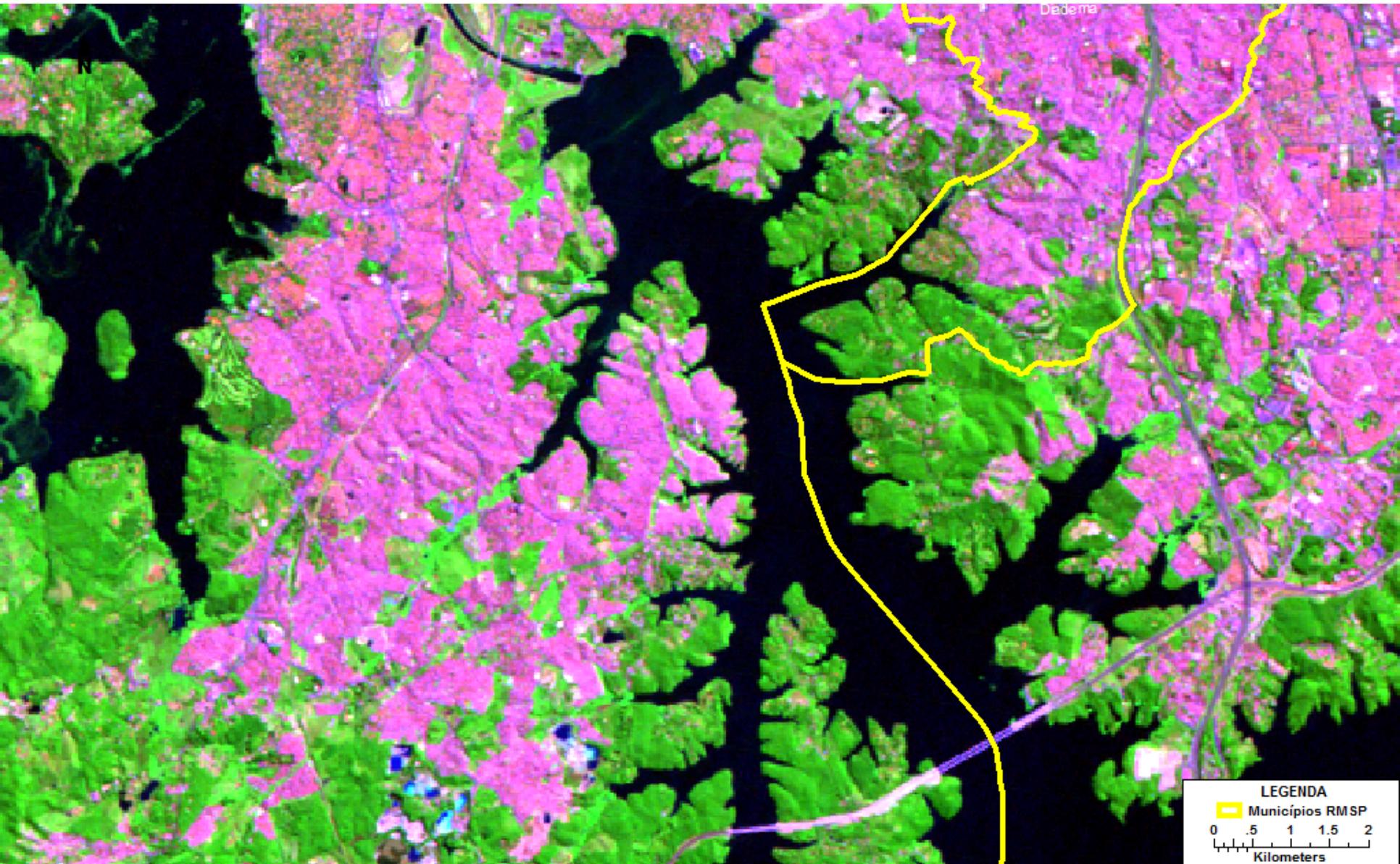


IMAGEM LANDSAT (1:25.000)

Resolução espacial de 30 m.

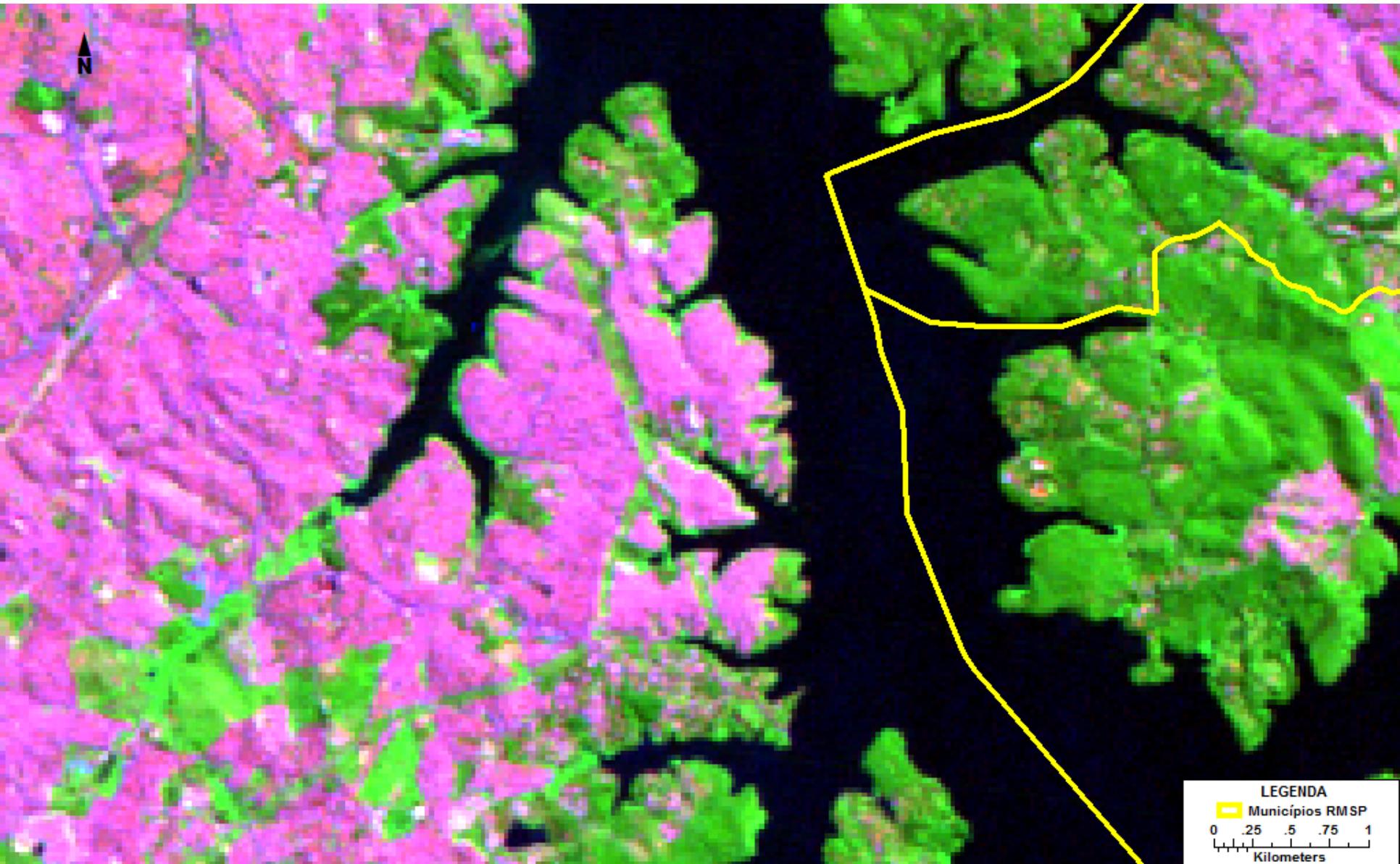
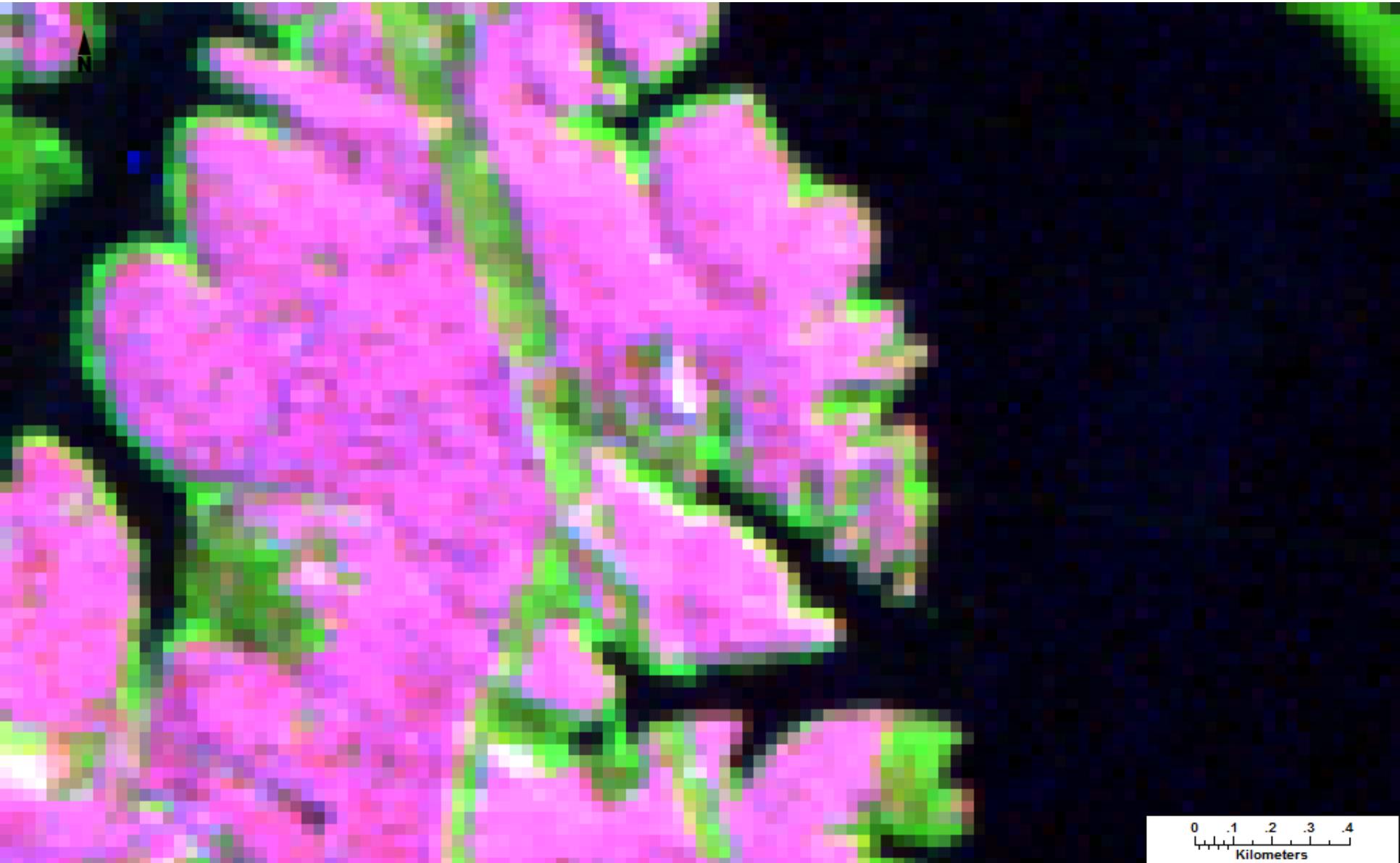


IMAGEM LANDSAT (1:10.000)

Resolução espacial de 30 m.



ORTOFOTO DIGITAL DE ALTA RESOLUÇÃO (1:5.000)



ORTOFOTO DIGITAL DE ALTA RESOLUÇÃO (1:2.000)





ORTOFOTO DIGITAL DE ALTA RESOLUÇÃO (1:500)



IMAGEM LANDSAT (1:10.000)

Resolução espacial de 30 m.

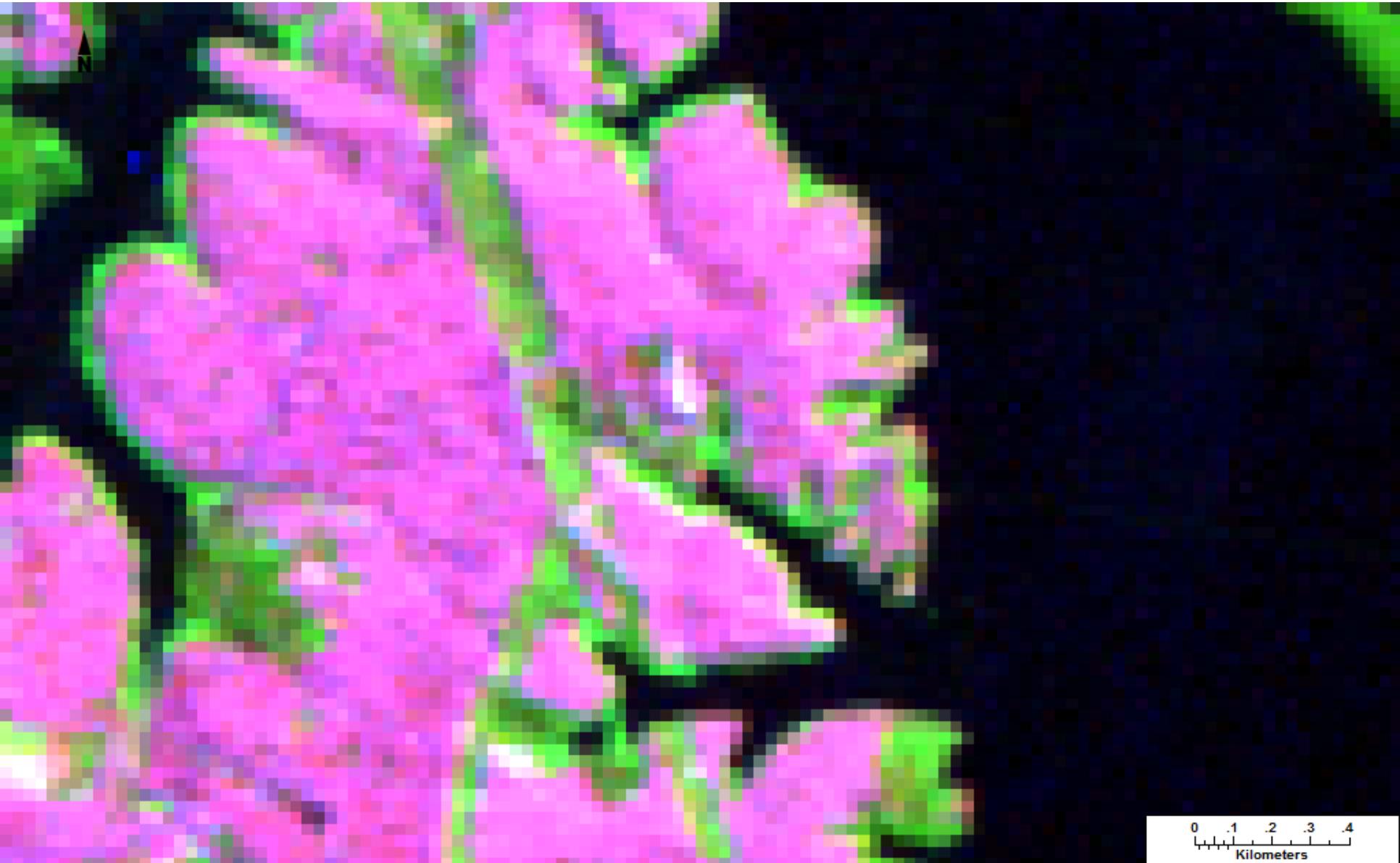


IMAGEM LANDSAT (escala: esquece 1)

Resolução espacial de 30 m.

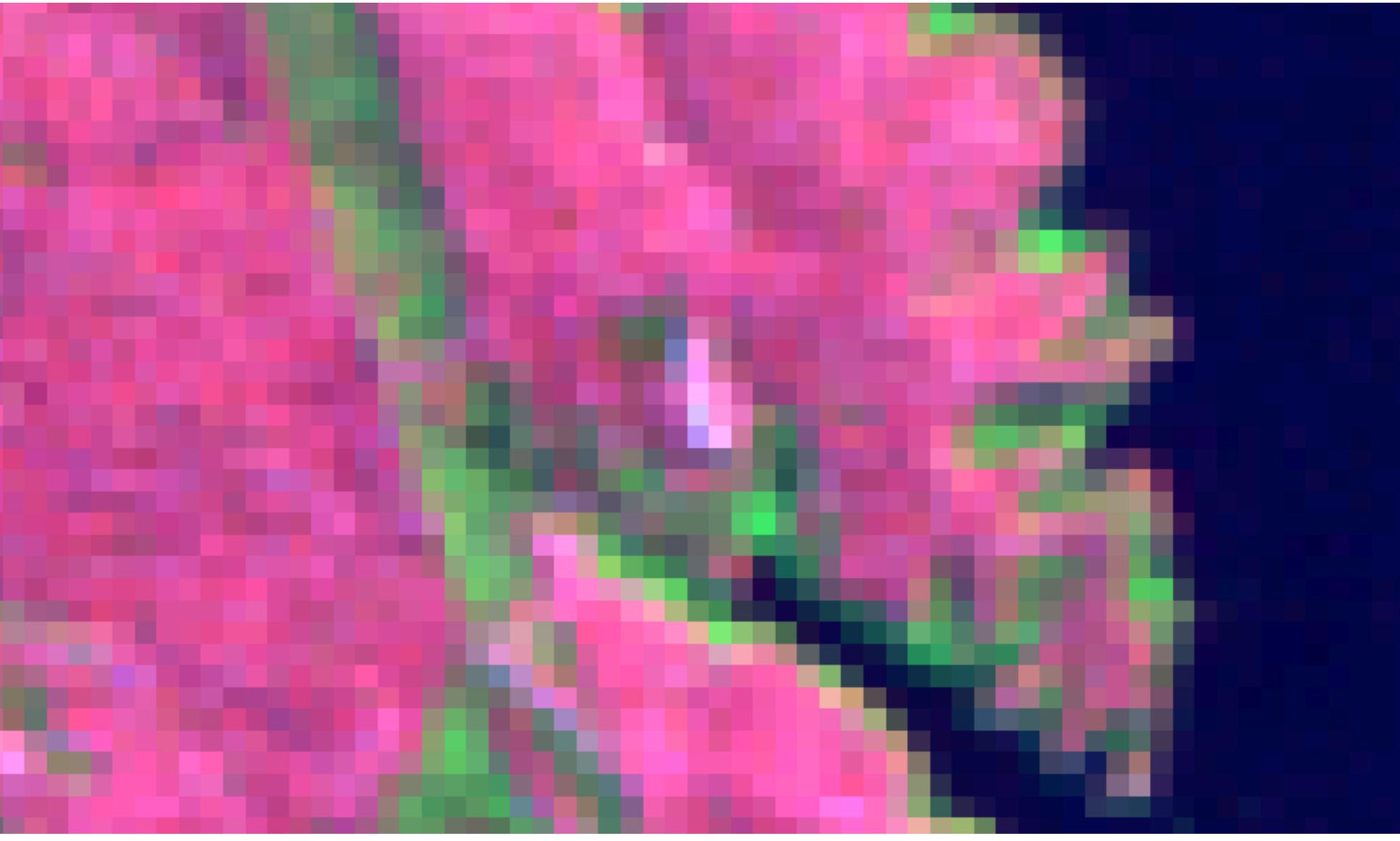


IMAGEM LANDSAT (escala: esquece 2)

Resolução espacial de 30 m.



IMAGEM LANDSAT (escala: absurda)

Resolução espacial de 30 m.



IMAGEM LANDSAT (escala: surreal)

Resolução espacial de 30 m.

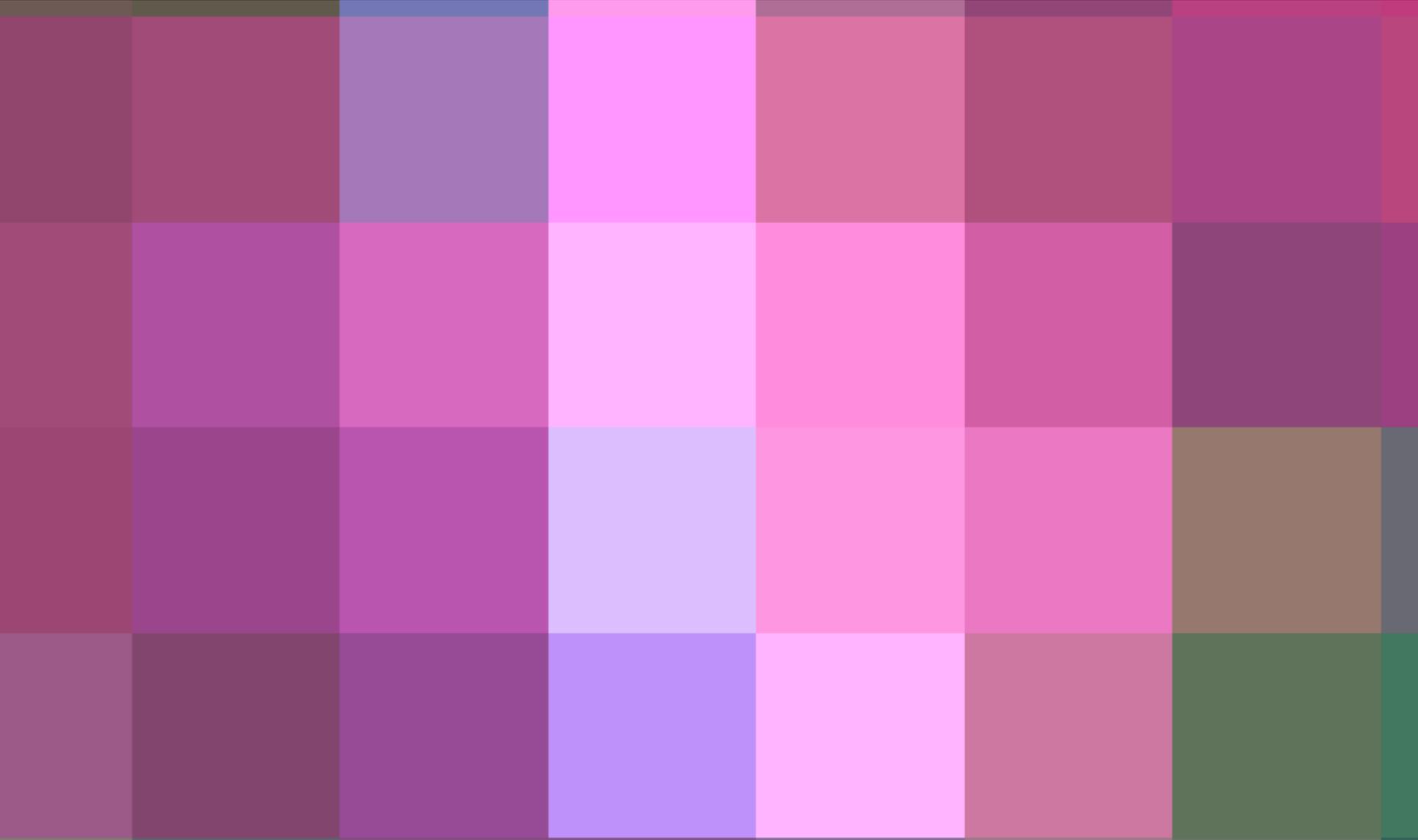
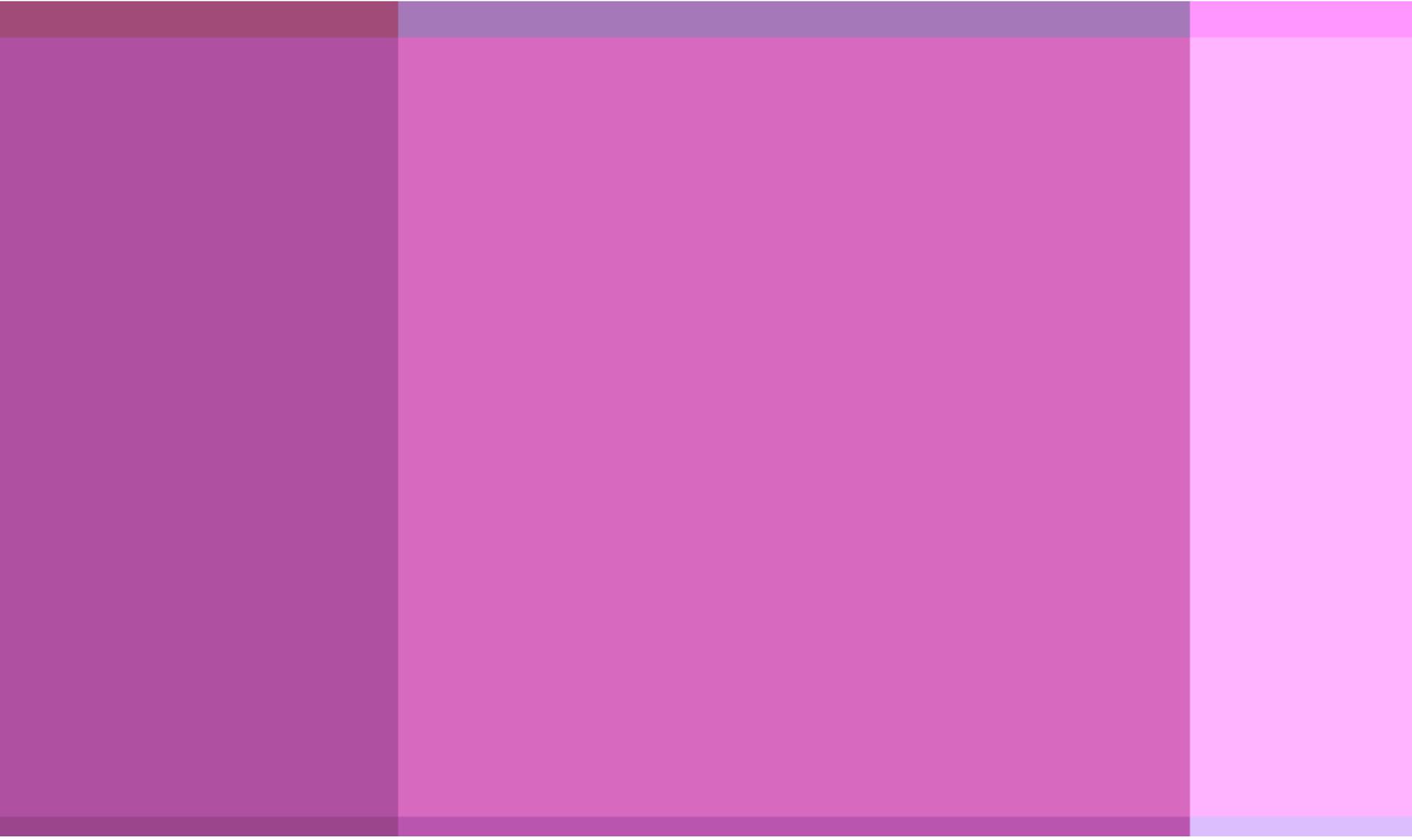
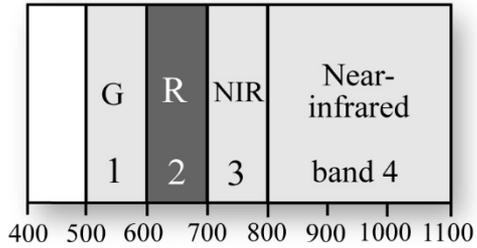


IMAGEM LANDSAT (escala: o pixel!)

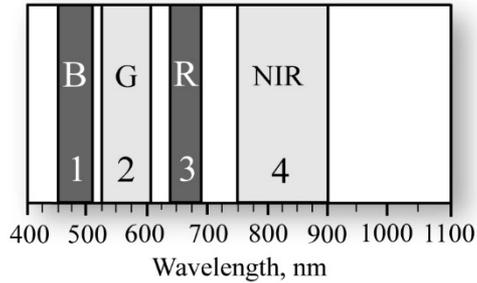
Resolução espacial de 30 m.



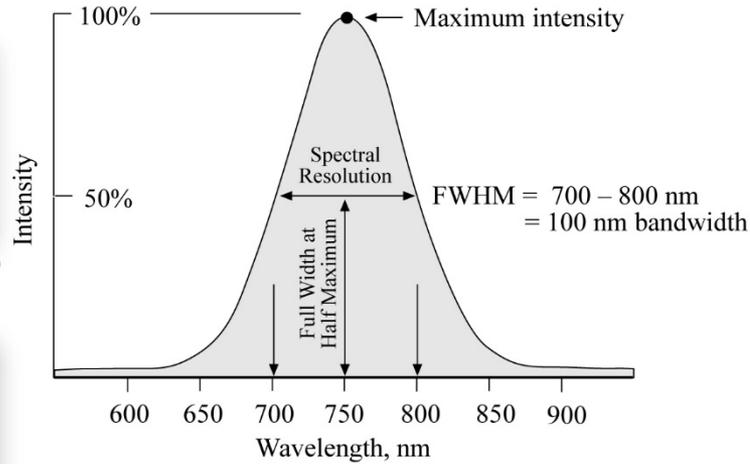
Landsat Multispectral Scanner



Positive Systems ADAR 5500



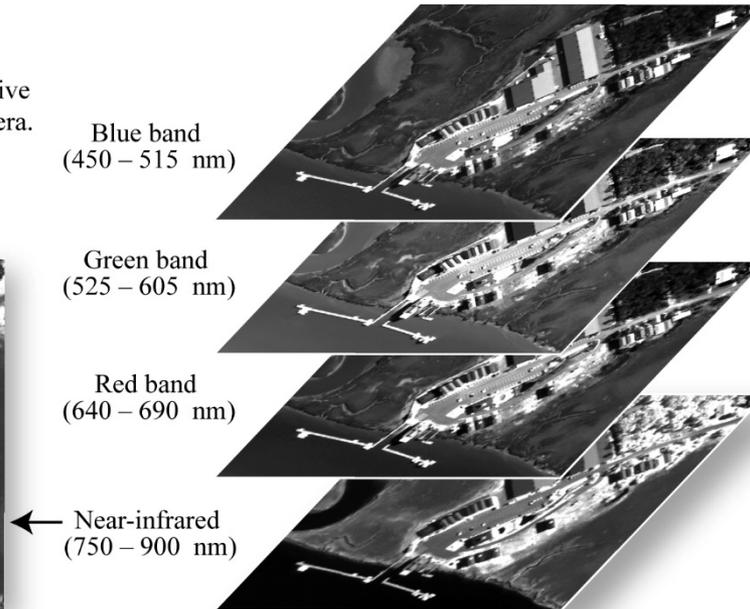
a. Nominal spectral resolution of the Landsat Multispectral Scanner and Positive Systems ADAR 5500 digital frame camera.



b. Precise bandpass measurement of a detector based on Full Width at Half Maximum criteria.



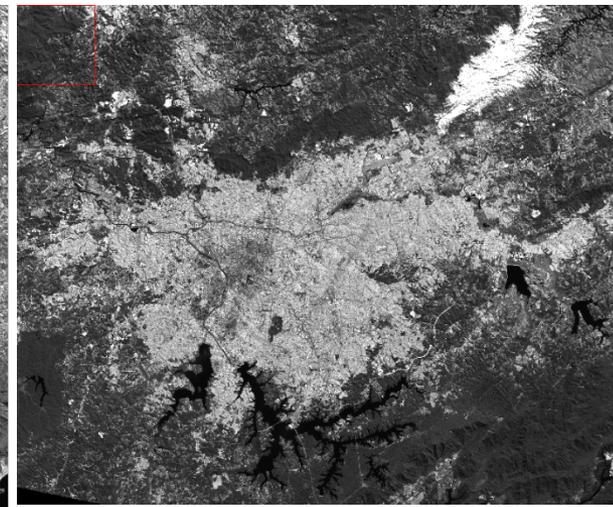
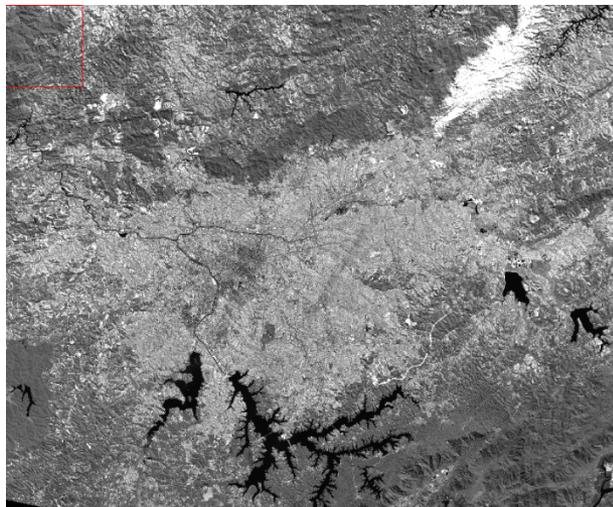
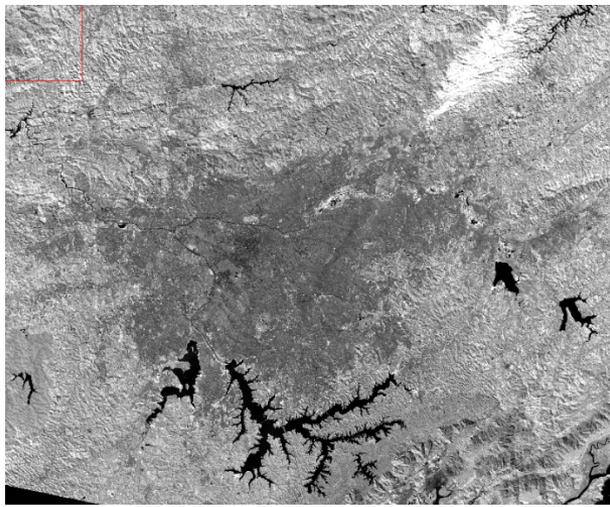
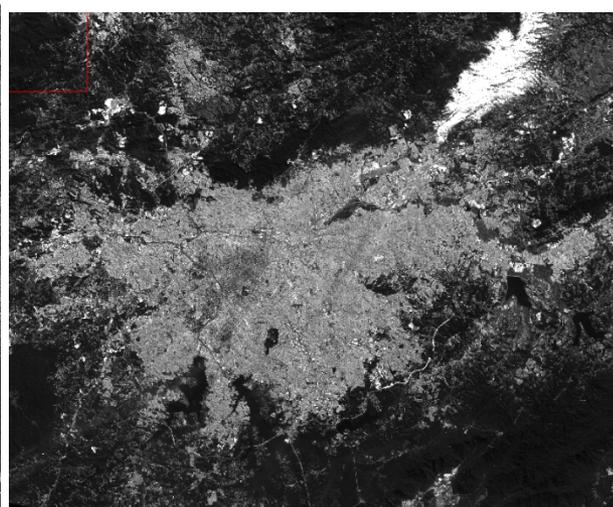
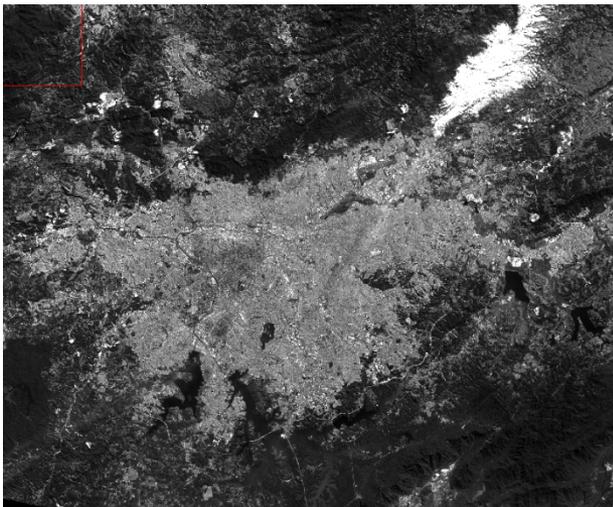
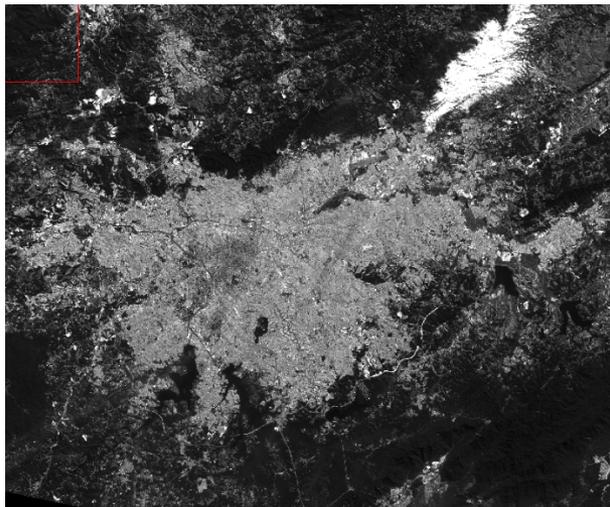
c. Single band of ADAR 5500 data.



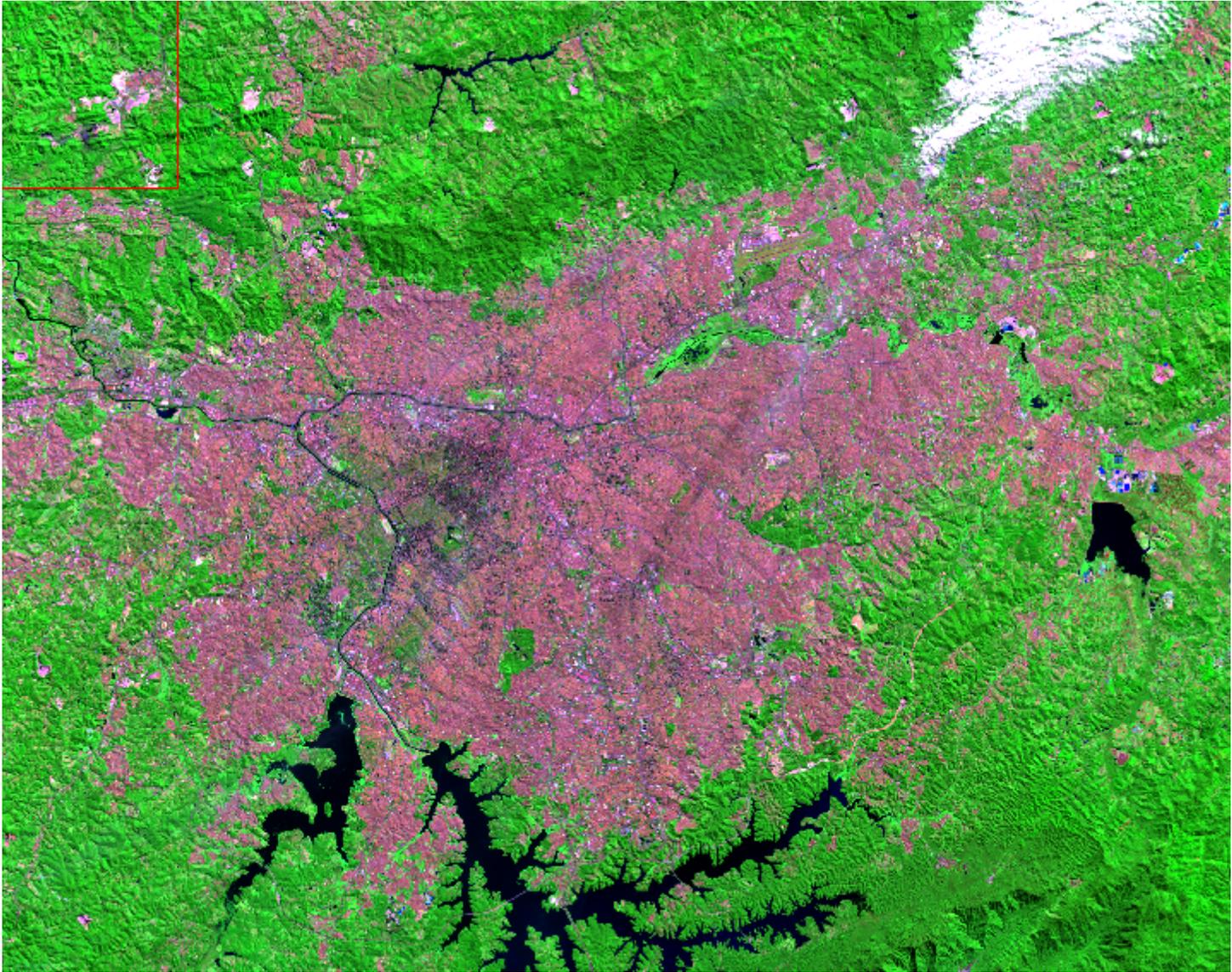
d. Multispectral remote sensing.

Resolução Espectral

Landsat 8 OLI 2013

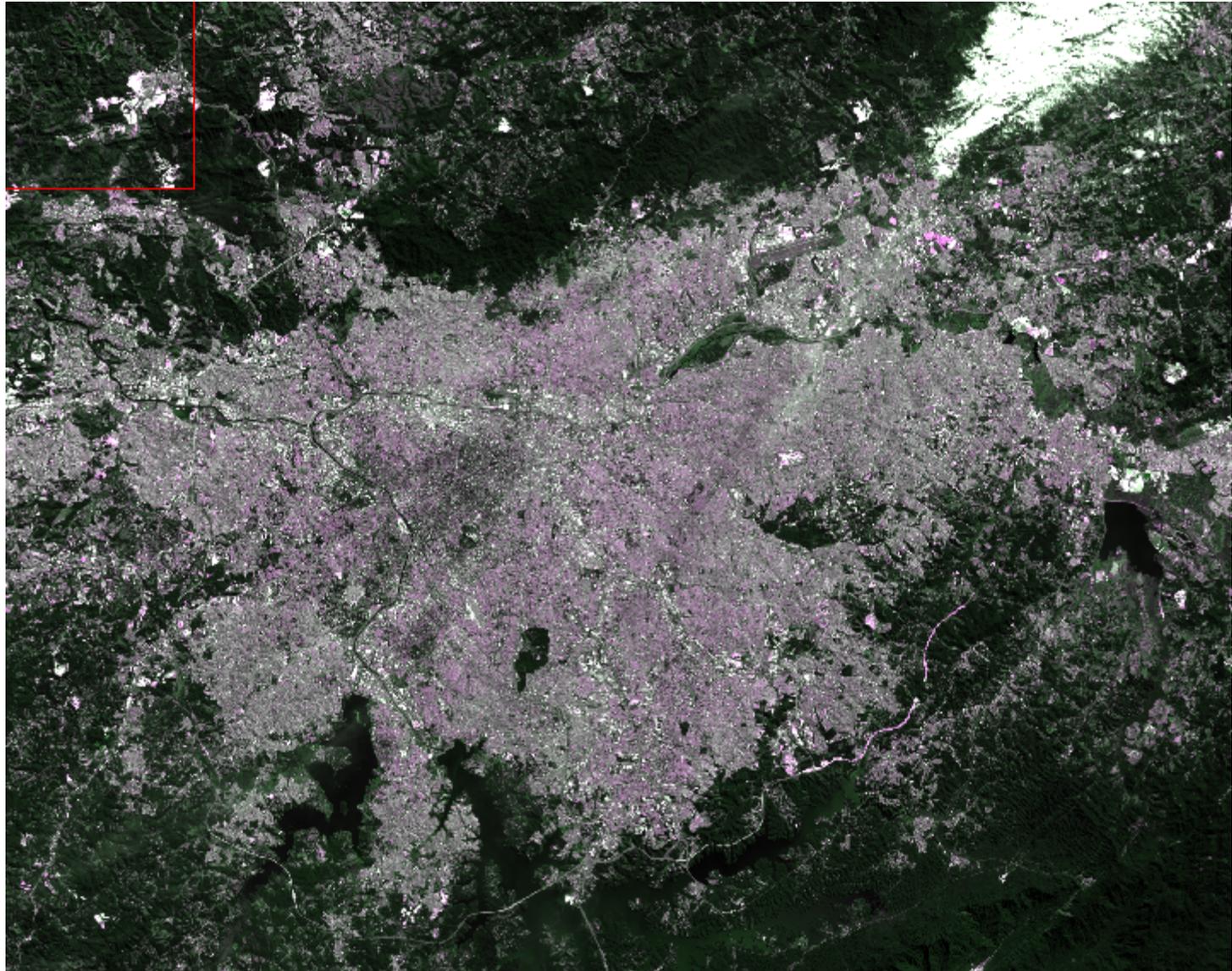


Composição 742 em RGB



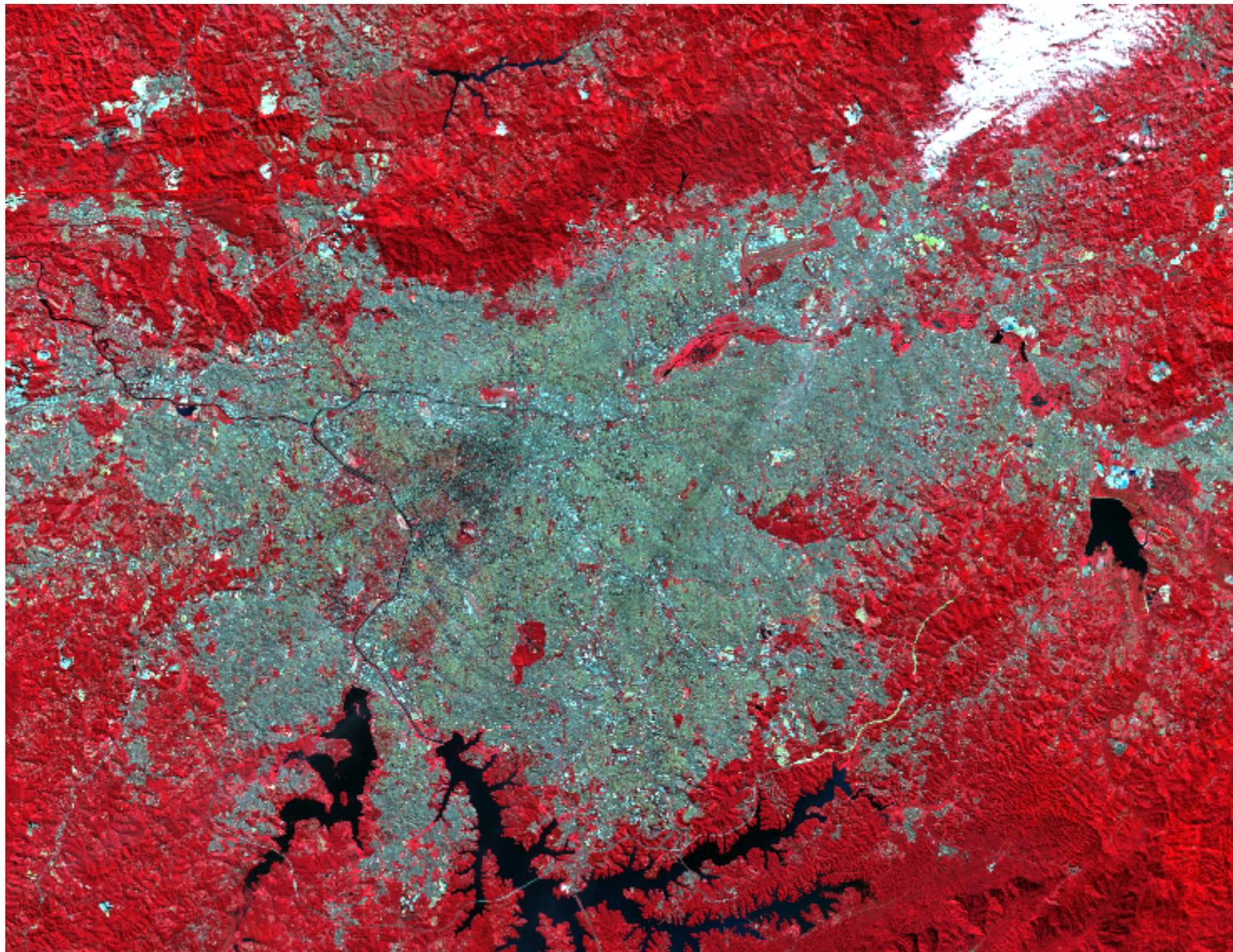
Composição em Falsa Côr

Composição 432



Composição em Cor "Natural"

Composição 543



Composição em Falsa Côr

RESOLUÇÃO TEMPORAL

- Refere-se a:
 - a taxa de revisita do satélite
- Depende:
 - do tamanho da área imageada
 - da órbita do satélite

RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA

- Resolução radiométrica é definida pelo processador portado pelo satélite
- Refere-se a:
 - a **quantidade de bits** (n) com que a energia eletromagnética é quantizada
- Define a:
 - quantidade de níveis de cinza = 2^n
níveis de cinza

Radiometric Resolution

0



7-bit
(0 - 127)

0



8-bit
(0 - 255)

0



9-bit
(0 - 511)

0



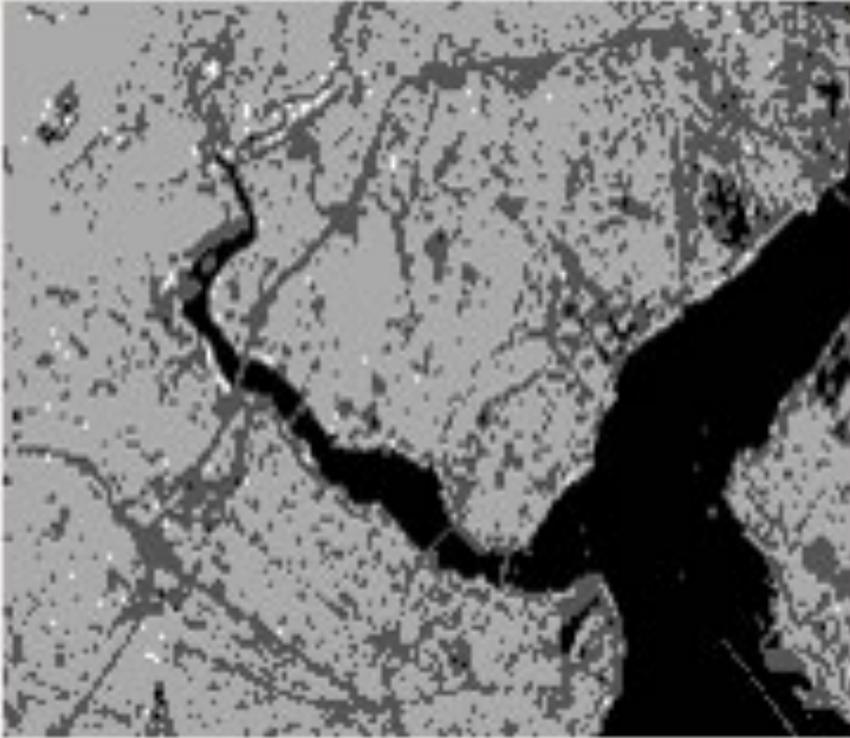
10-bit
(0 - 1023)

1bit – 5 bits



(Crosta, 1999)

2 bits – 8 bits



(1)



(2)

RELAÇÃO: RES. ESPACIAL X RES. TEMPORAL

Landsat- 7 ETM+ : 16 dias (30 m)

CBERS CCD: 26 dias (20 m)

SPOT HRVIR : 26 dias (20 m)

GOES: 30 minutos (700 m)

SeaWiFS: 1 dia (1130m)

Ikonos: Programável (4 e 1m)

QUAL SENSOR POSSUIA MELHOR RESOLUÇÃO?

	TM	HRV	AVHRR
Frequência da aquisição de imagens	16 dias	26 dias	2 vezes ao dia
Resolução espacial	30 m 120 m (Banda6)	20 m (Banda1 a 3) 10 m (Pan)	1.1 Km (nominal)
Resolução radiométrica	8 bits	8 bits (1-3) 6 bits (Pan)	8 bits
Resolução espectral bandas espectrais (micrômetros)	Banda1 - 0.45-0.52 Banda2 - 0.52-0.60 Banda3 - 0.63-0.69 Banda4 - 0.76-0.90 Banda5 - 1.55-1.75 Banda6 - 10.74-12.5 Banda7 - 2.08-2.35	Banda1 - 0.50-0.59 Banda2 - 0.61-0.68 Banda3 - 0.79-0.89 Pan - 0.51-0.73	Banda 1 - 0.58-0.68 Banda 2 - 0.725-1.1 Banda 3 - 3.55-3.93 Banda 4 - 10.30-11.30 Banda 5 - 11.50-12.50

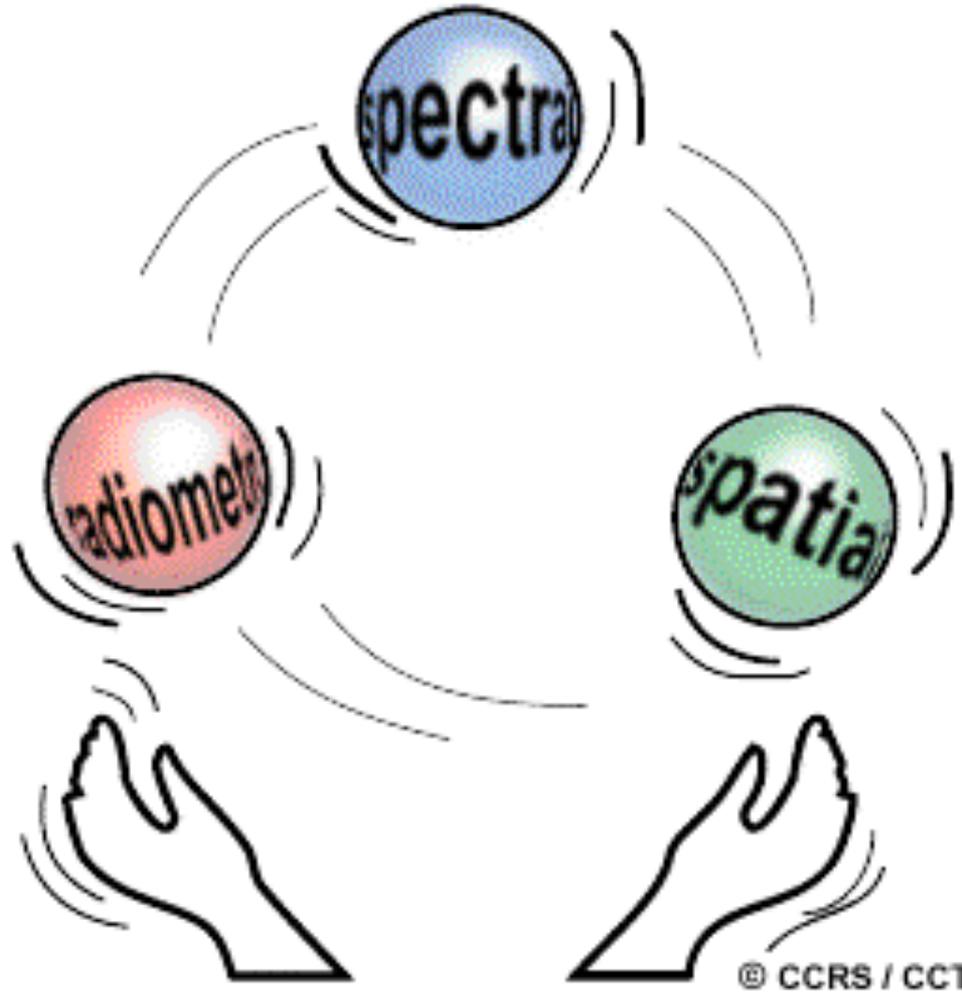
Qual o melhor sensor para monitoramento de queimadas na escala de poucos dias?

Qual o melhor sensor para aplicações em áreas urbanas?

Qual o melhor sensor para estudo de processos costeiros?

Qual o melhor sensor para estudo da vegetação?

"...you just can't have it all!"

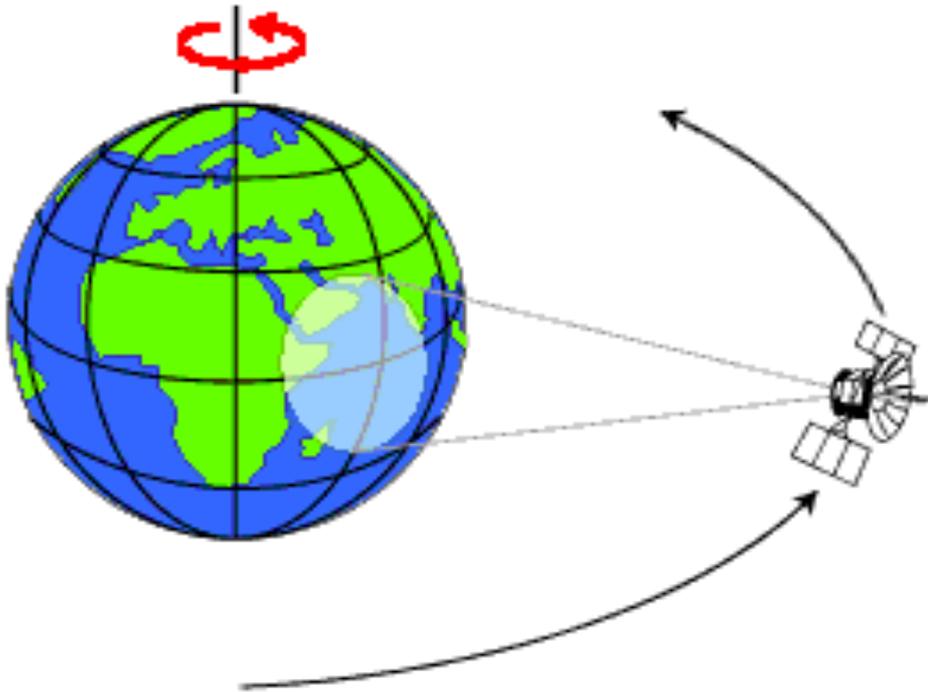


Órbita dos Satélites

Órbita dos Satélites

- Caminho seguido por um satélite ao redor da Terra.
- Varia em altitude, orientação e rotação relativa em relação ao movimento da Terra.

Órbita e Cobertura do Terreno

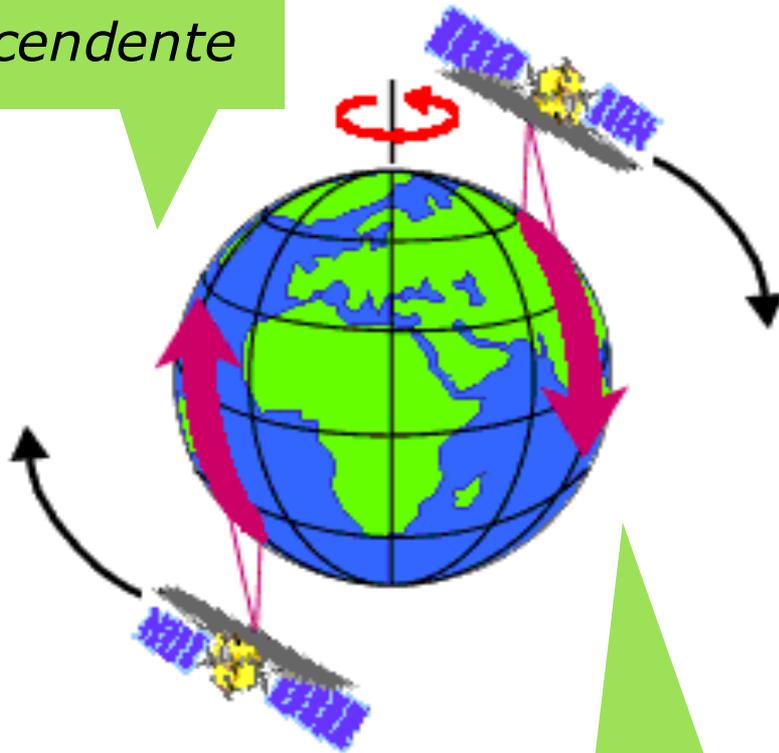


CCRS

- **Órbita Geoestacionária**
 - Satélite em velocidade = Terra
 - Estacionado em relação a Terra
 - Sat. Comunicação e de Meteorologia

Órbita e Cobertura do Terreno

*órbita
ascendente*



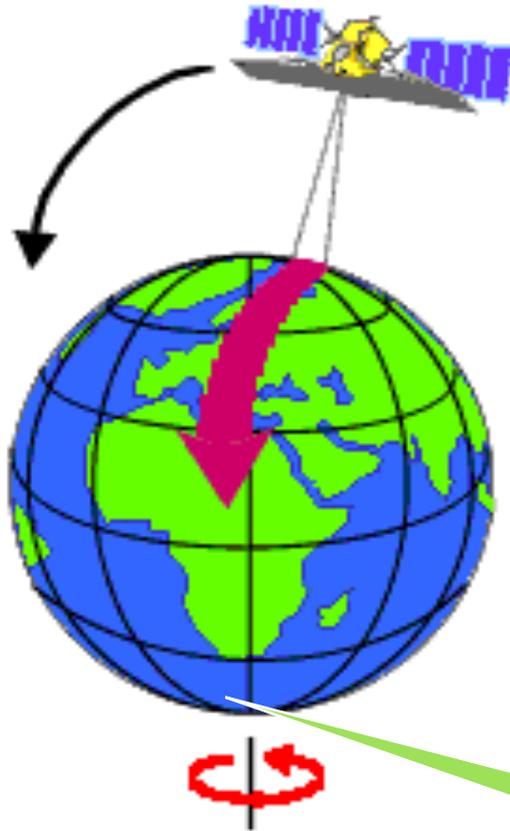
CCRS

*órbita
descendente*

- **Órbita Ascendente e Descendente**

- Satélite viaja em direção ao Pólo Norte num lado da Terra e em seguida em direção ao Pólo Sul do outro.

Órbita e Cobertura do Terreno



- **Órbita Quase-polar**

- Satélite viaja em numa rota inclinada em relação a uma linha Norte Sul

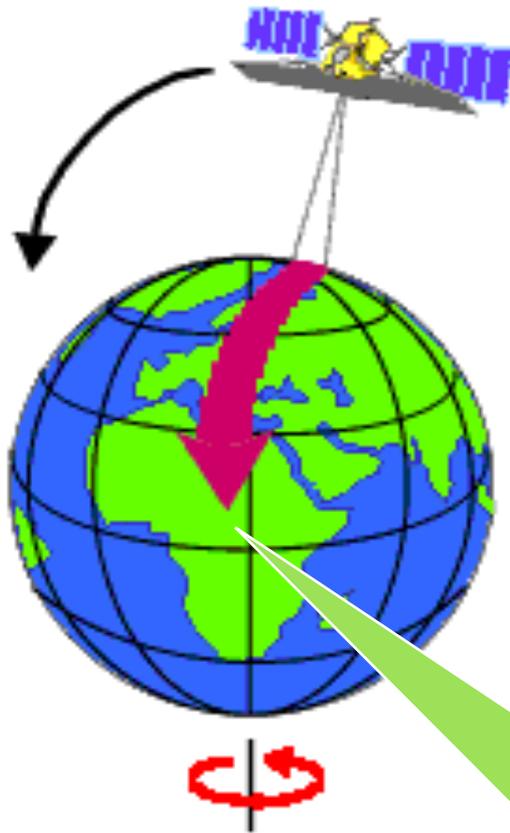
CCRS

Órbita Quase-polar

Órbita e Cobertura do Terreno

- **Órbita Heliosíncrona ou Sol-síncrona**

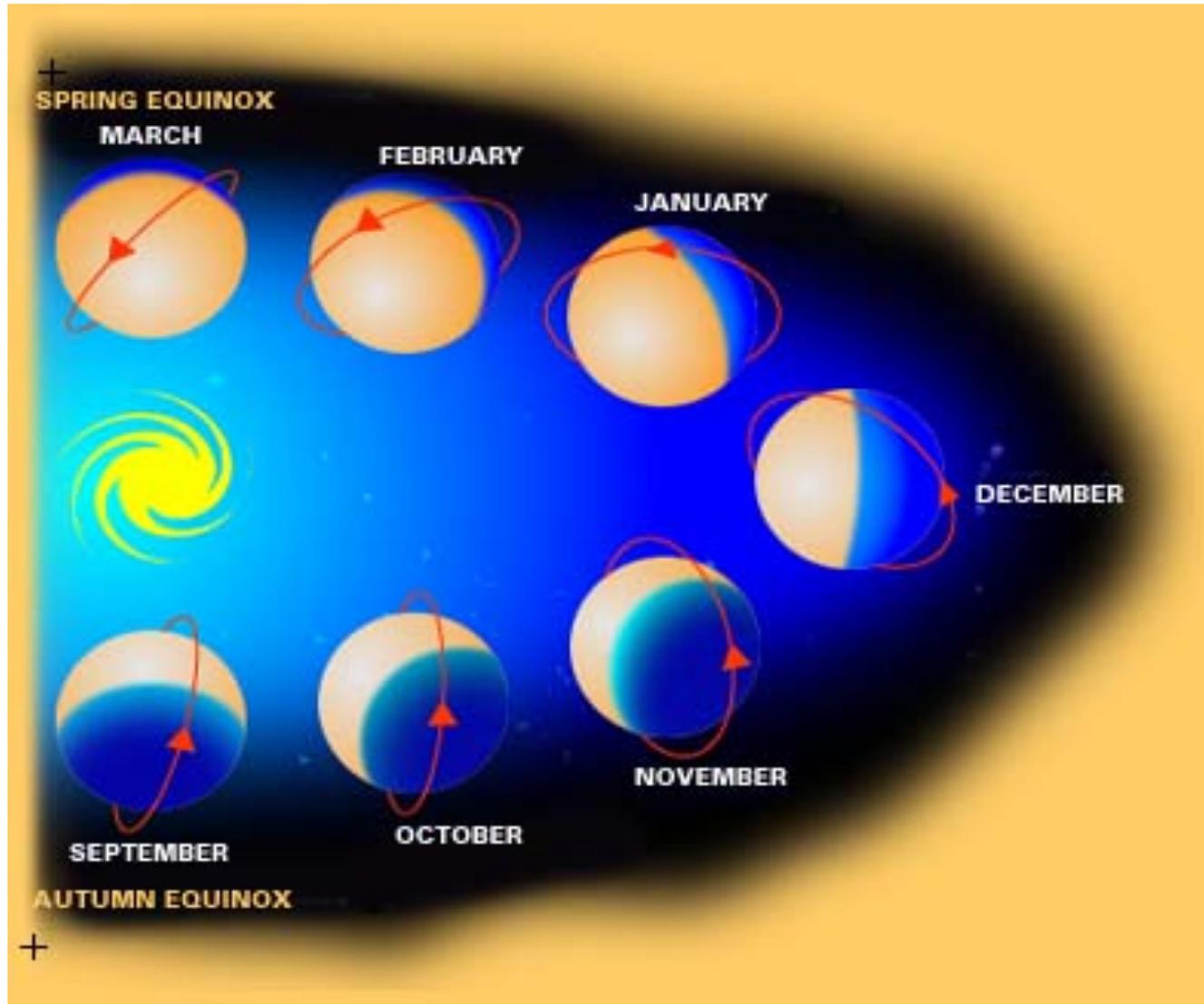
- Satélite passa sobre cada área da Terra num mesmo horário do dia.
 - Propiciar e assegurar iluminação constante na hora da coleta dos dados.



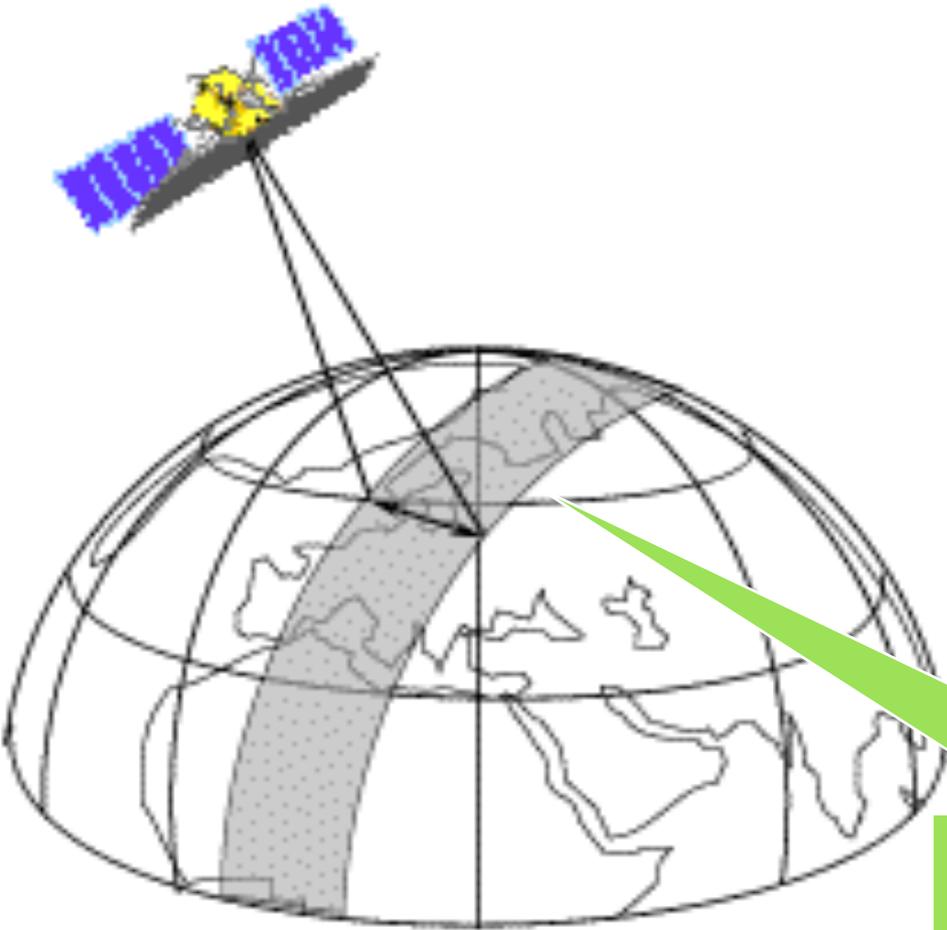
CCRS

LANDSAT passa no Equador às 9:45

Órbita e Cobertura do Terreno: Órbita Heliosíncrona ou Sol-síncrona



Órbita e Cobertura do Terreno

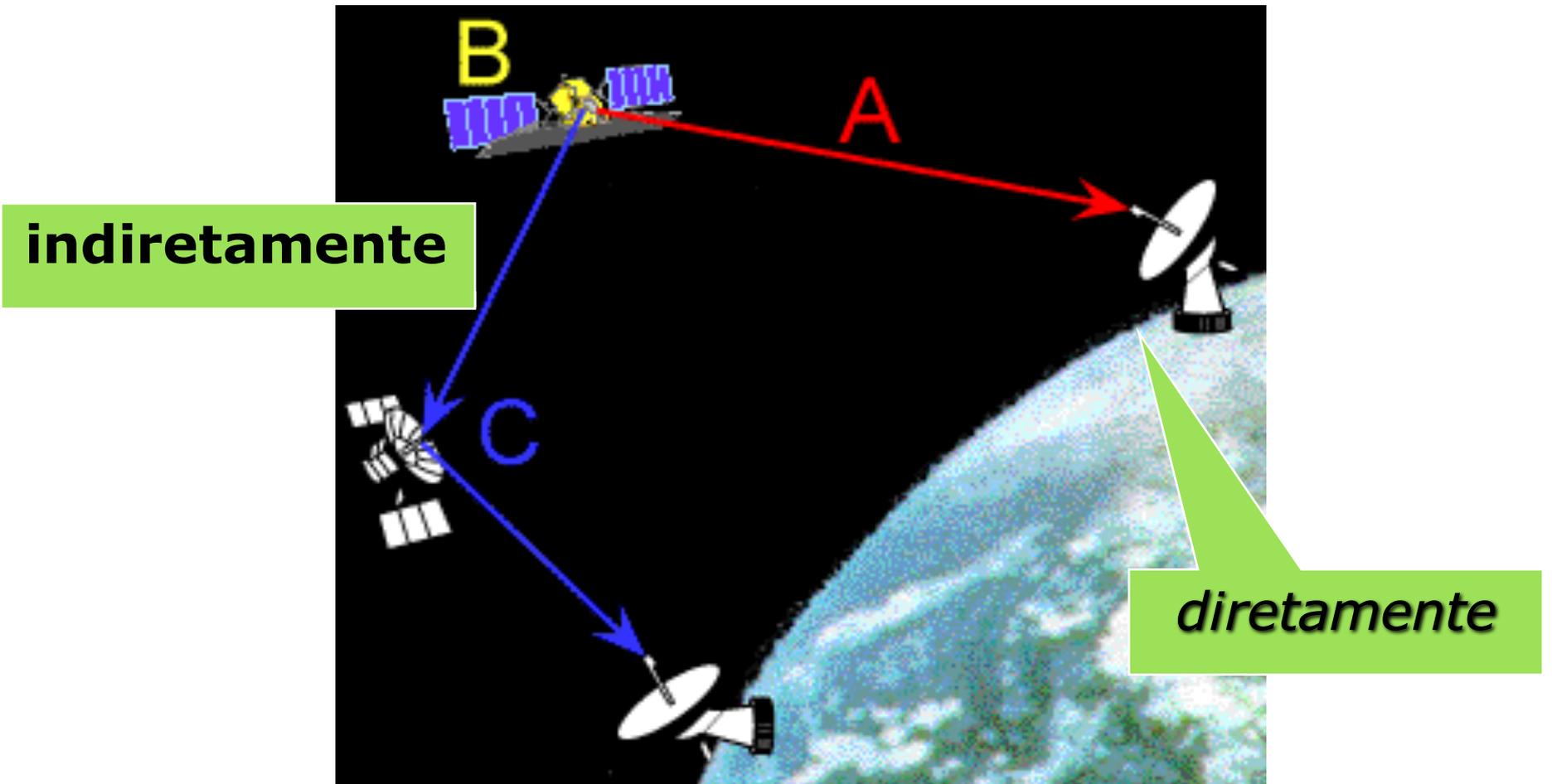


CCRS

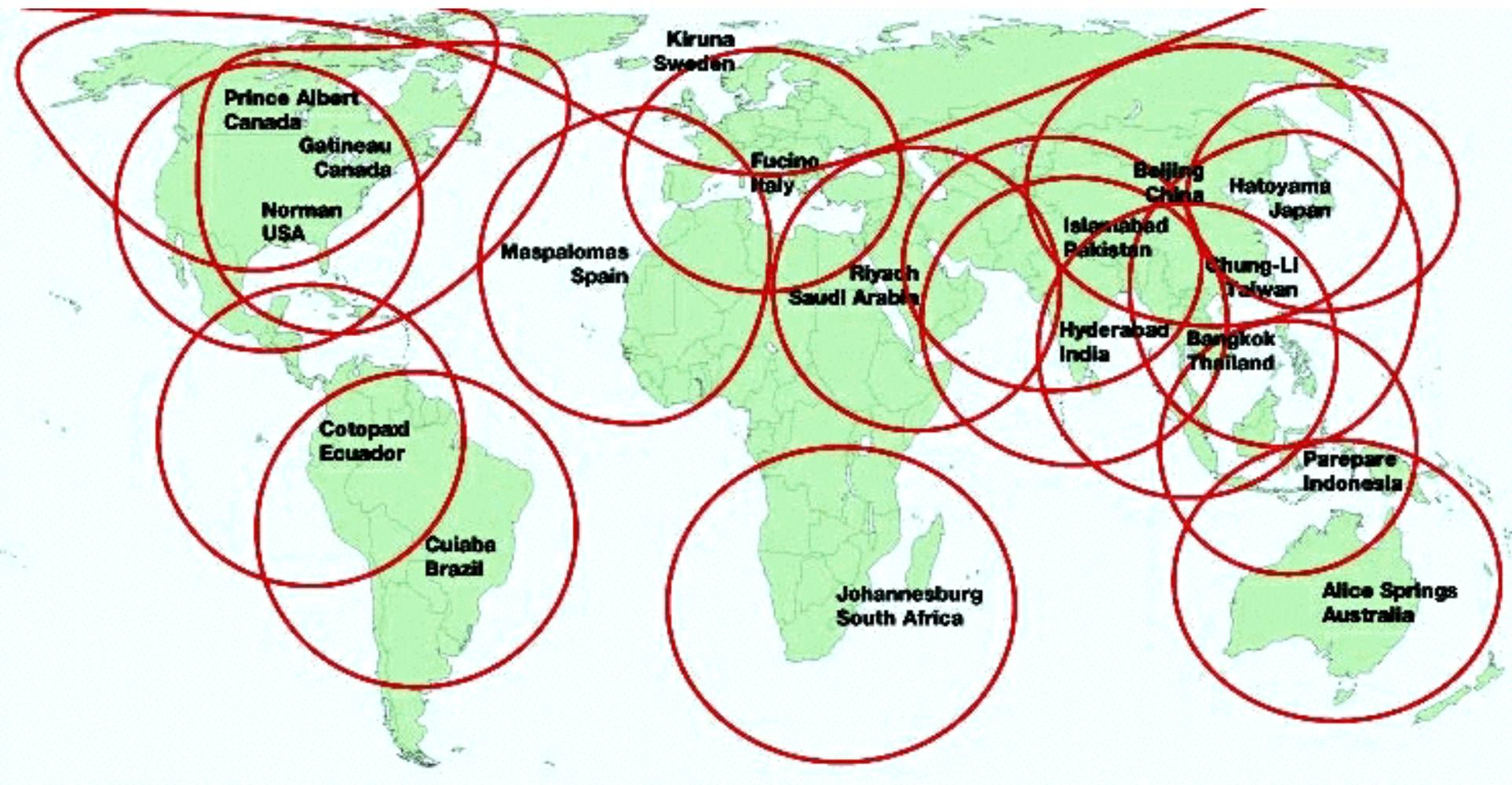
- **Área de Cobertura do Terreno**
 - Porção que o Satélite “vê” da superfície do terreno no seu trajeto ao redor da Terra.

Faixa depende do sensor: dezenas a centenas de km.

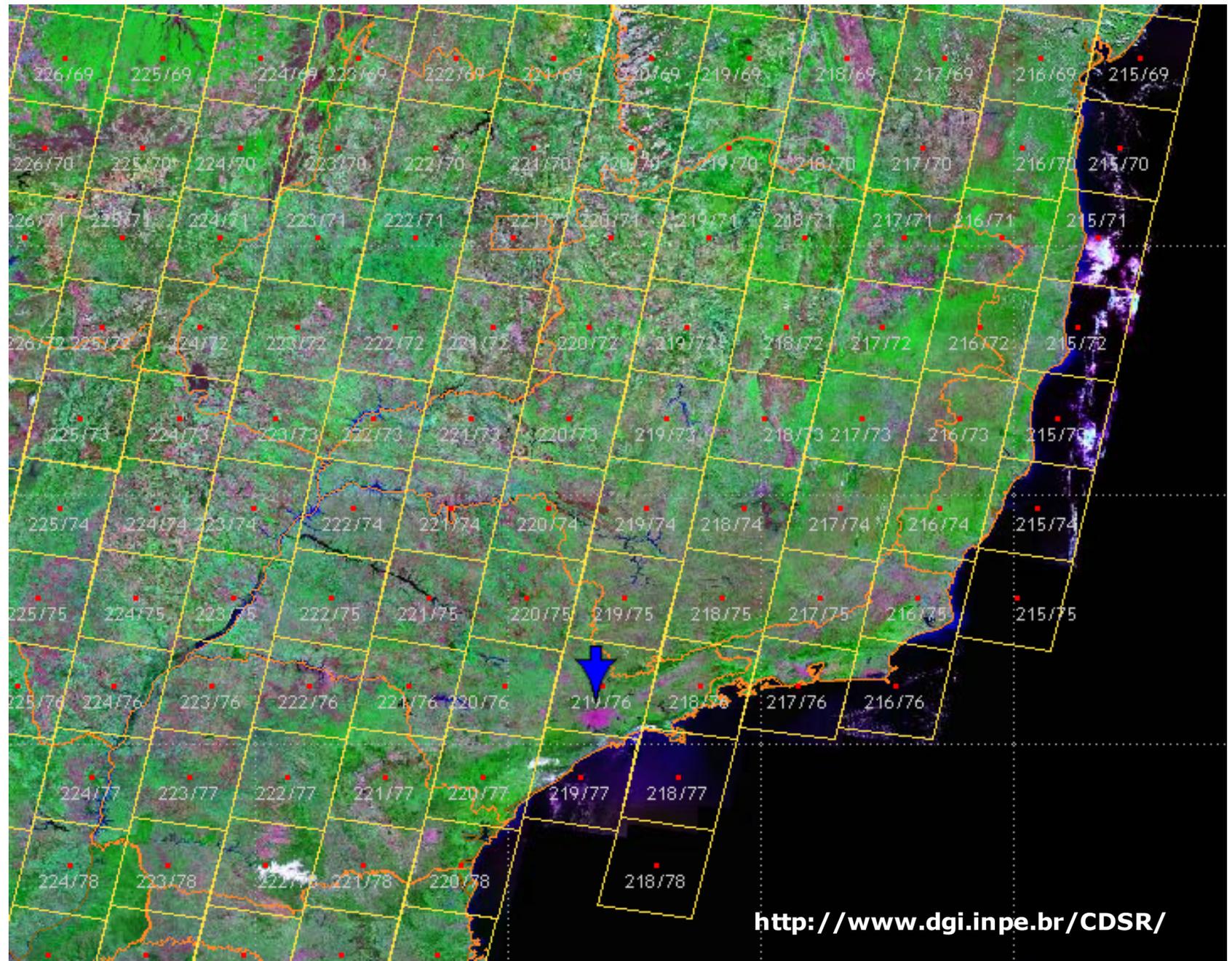
Recepção de dados



Recepção de Dados: Estações de Recepção de Dados



Localização das imagens Landsat-5 TM (órbita e ponto)



Localização das imagens CBERS-2b CCD e HRC (órbita e ponto)

