

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A SOLOS E AGRICULTURA

Sensoriamento Remoto

Princípios Físicos

Sensoriamento Remoto

“ É a ciência ou a arte de se obterem informações sobre um objeto, área ou fenômeno, através de dados coletados por aparelhos denominados sensores, que não entram em contato direto com os alvos em estudo (Crepani, 1983)”



Definição

Sensor



Fonte



**Radiação
eletromagnética**

Alvo-solo



‘É a Ciência do estudo da interação da energia/matéria (solos) sem haver contato entre os mesmos’

Sensor: equipamento (mecânico ou orgânico)

Remoto: a distância (cm, m, km...)

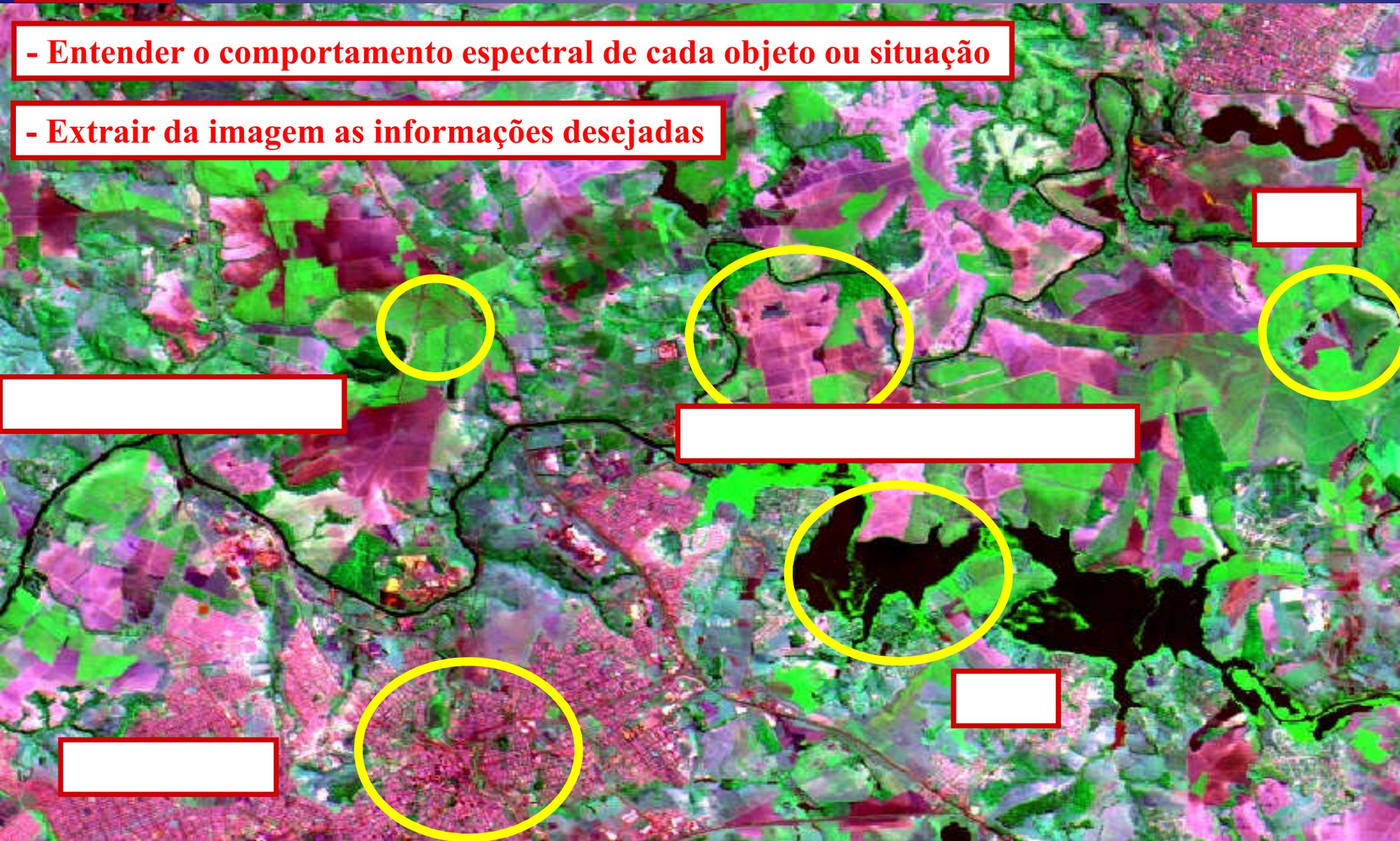
mento: Ação ou técnicas para detectar ou obter informações

Solos: *Pedologia*, mapeamento, física, química, fertilidade, gênese, classificação, conservação, biologia, mineralogia, outras

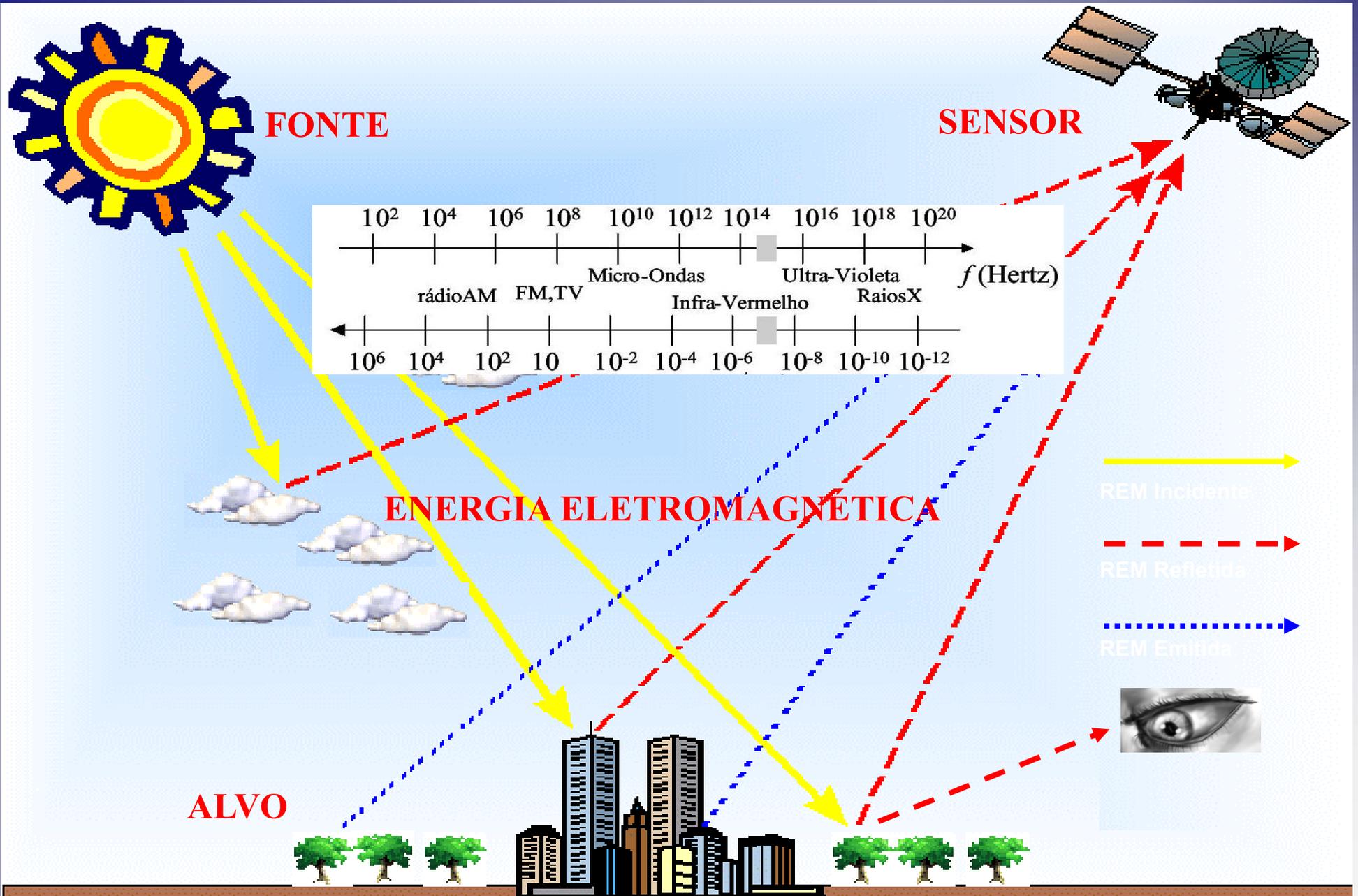
Objetivo

- Entender o comportamento espectral de cada objeto ou situação

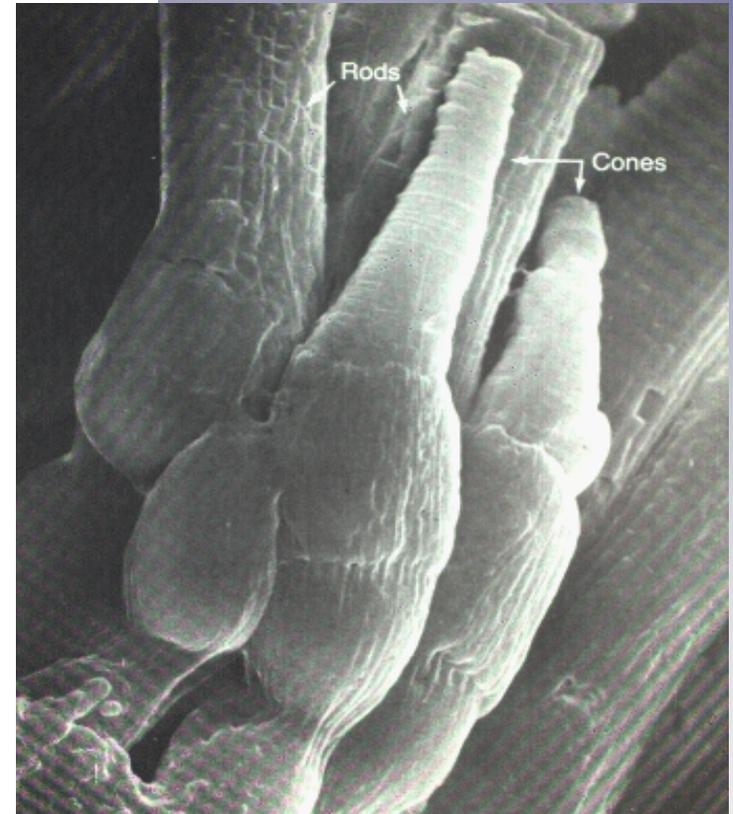
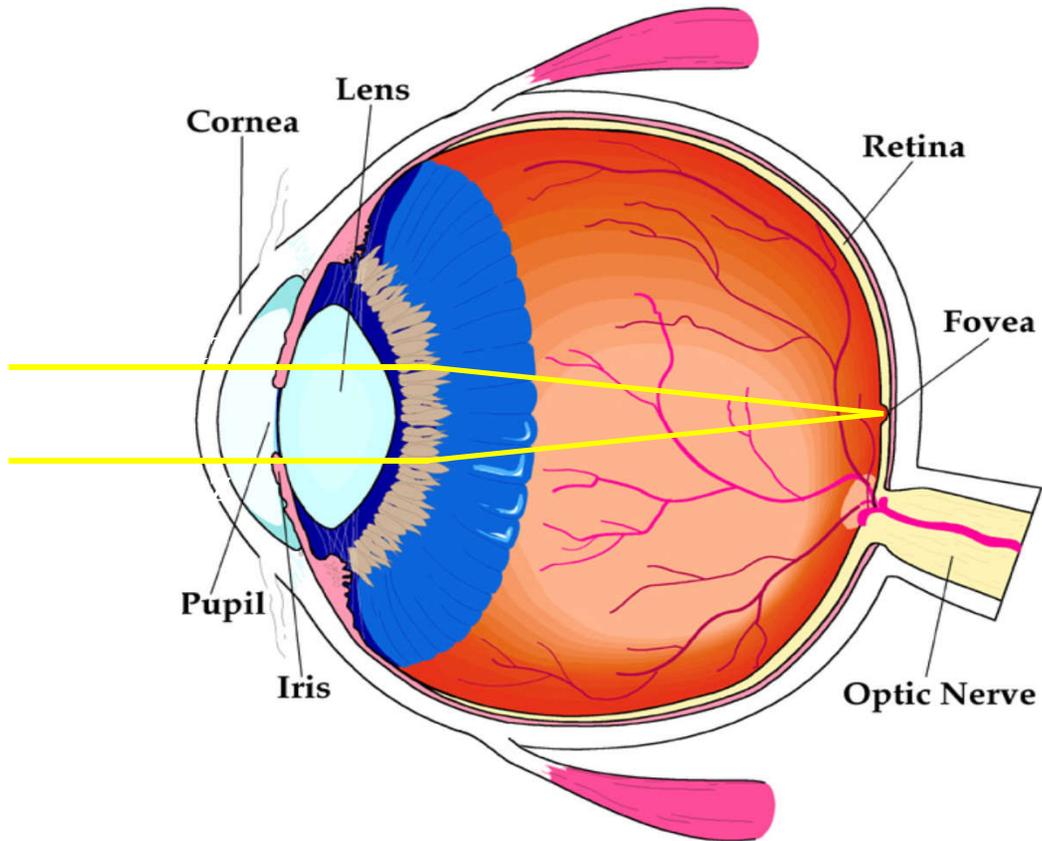
- Extrair da imagem as informações desejadas



ELEMENTOS DO SENSORIAMENTO REMOTO: Princípios Físicos



A questão do sensor olho humano



Os raios luminosos incidem na córnea sendo então refratados.

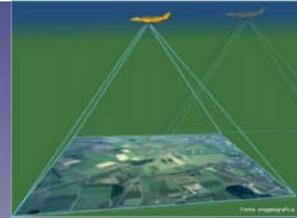
Na retina encontram-se dois tipos de fotorreceptores: os cones e os bastonetes

Histórico Sensoriamento Remoto e Solos: Fotos Aéreas

Termo:

Sensoriamento remoto

Década de 50



Década 70/80 Primeiro projeto nacional a usar Sensoriamento remoto



Fairman (1887) - balão



Arthur Batut (1890) - pombos



Tardivo (1913) primeira guerra



Buringh (1960)
Análise fisiográfica



Vink (1964)



Guido Ranzani (1966)



Geraldo V. França (1969)
Fotopedologia

Frost (1960)

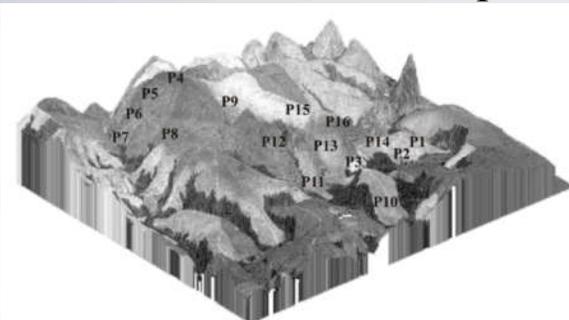
Elementos avaliados em fotos aéreas

Kellog (1936) mapa solos USA

Dokuchaev (1846-1903), solos com variação vertical

Jenny (1941), $S=f(c, o, r, p, a)$

Ruhe (1956); Daniels (1971) = superfícies geomórficas na definição solo paisagem

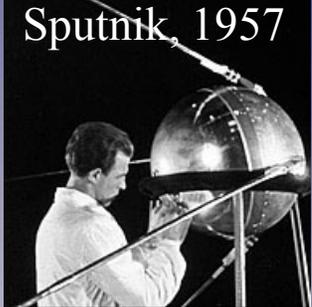


Histórico Sensoriamento Remoto e Solos: Espectroscopia

Em laboratório

Satélites

Sensor Avião AVIRIS (1984)

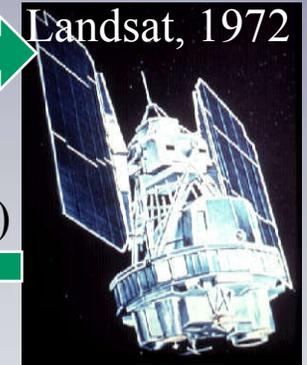


Sputnik, 1957

Pos-1983, VANT



Landsat, 1972



Google Earth (2005)

CBERS, Recorde mundial do Brasil (2007)

Pós-2000: Avanço tecnológico

Em sensores e pacotes estatísticos
Análise quantitativa do relevo
e produtos sensores



Década 90, Em tratores

Isaac Newton

Herschel (1800) infravermelho

Delfus (1961) relacionou terra com solos de marte

Obublov & Orlov (1964) - C

Bowers & Hanks (1965) - H2O

Hunt e Salisbury (1970) - mineralogia

Schertman (1977)- mineralogia tradicional

Schreir (1979) - química do solo

Stoner & Baumgardner (1981) - pedologia

Clark (1990) sensoriamento e solos

Grove et al. (1992) Nasa-Biblioteca de minerais

Ben Dor et al. (1995) – método de quantificação

Demattê et al. (2004) – mapeamento de solos

Viscarra Rossel (2007) –biblioteca mundial de solos

S

C

O - Organismos

McBratney (2003)

R - Relevo

P - Material de origem

A - Tempo

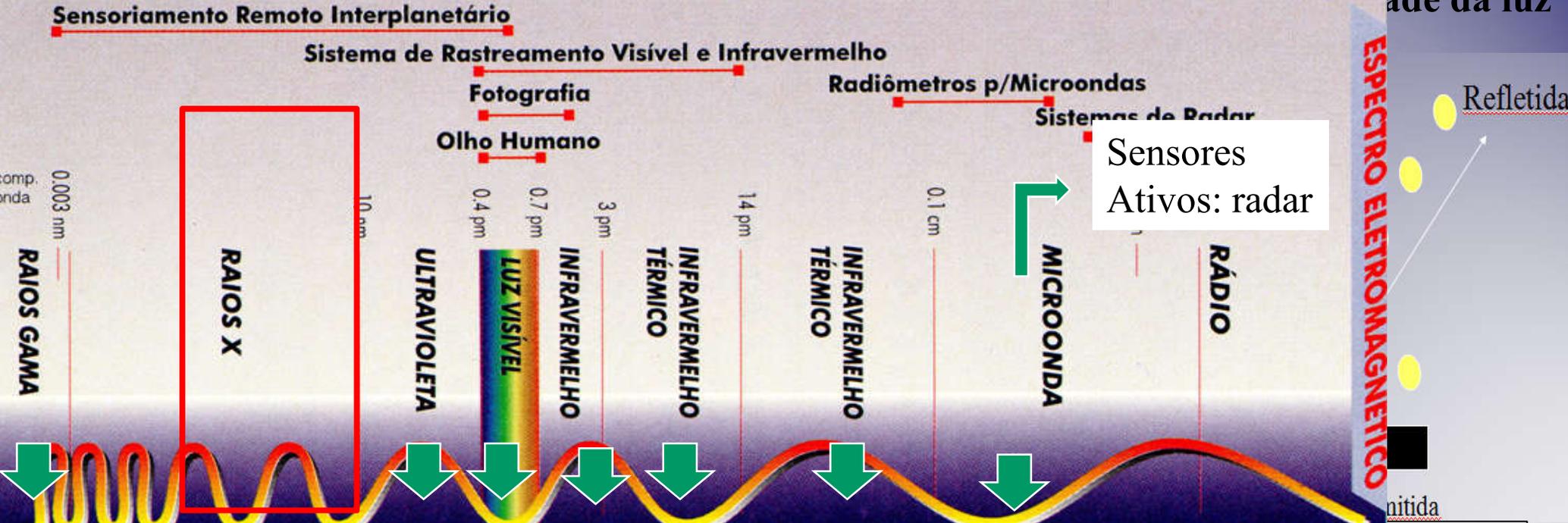
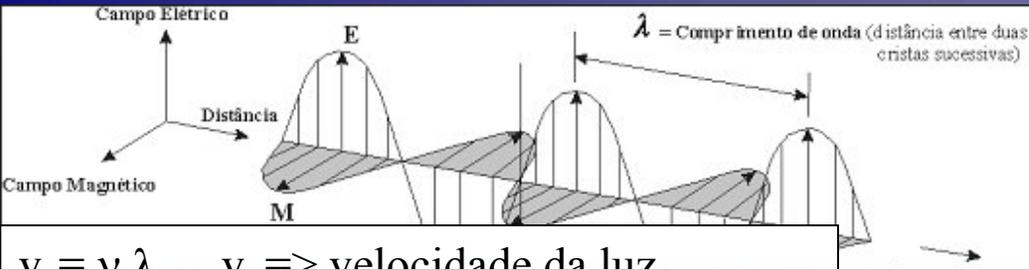
N

Fotopedologia e relação solo/paisagem: Base do sensoriamento remoto aplicado a solos



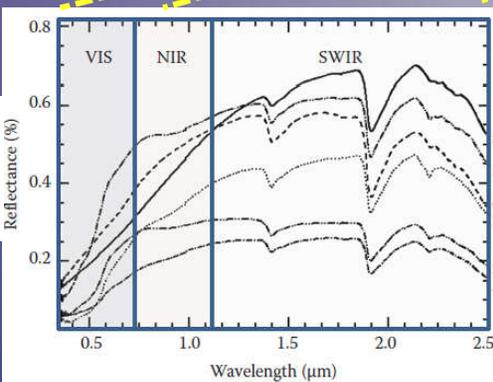
Princípio: espectroscopia de Solos

Photon: um pacote de energia caminhando com massa pelo espaço na velocidade da luz



Sensores Ativos: radar

Sensores Passivos



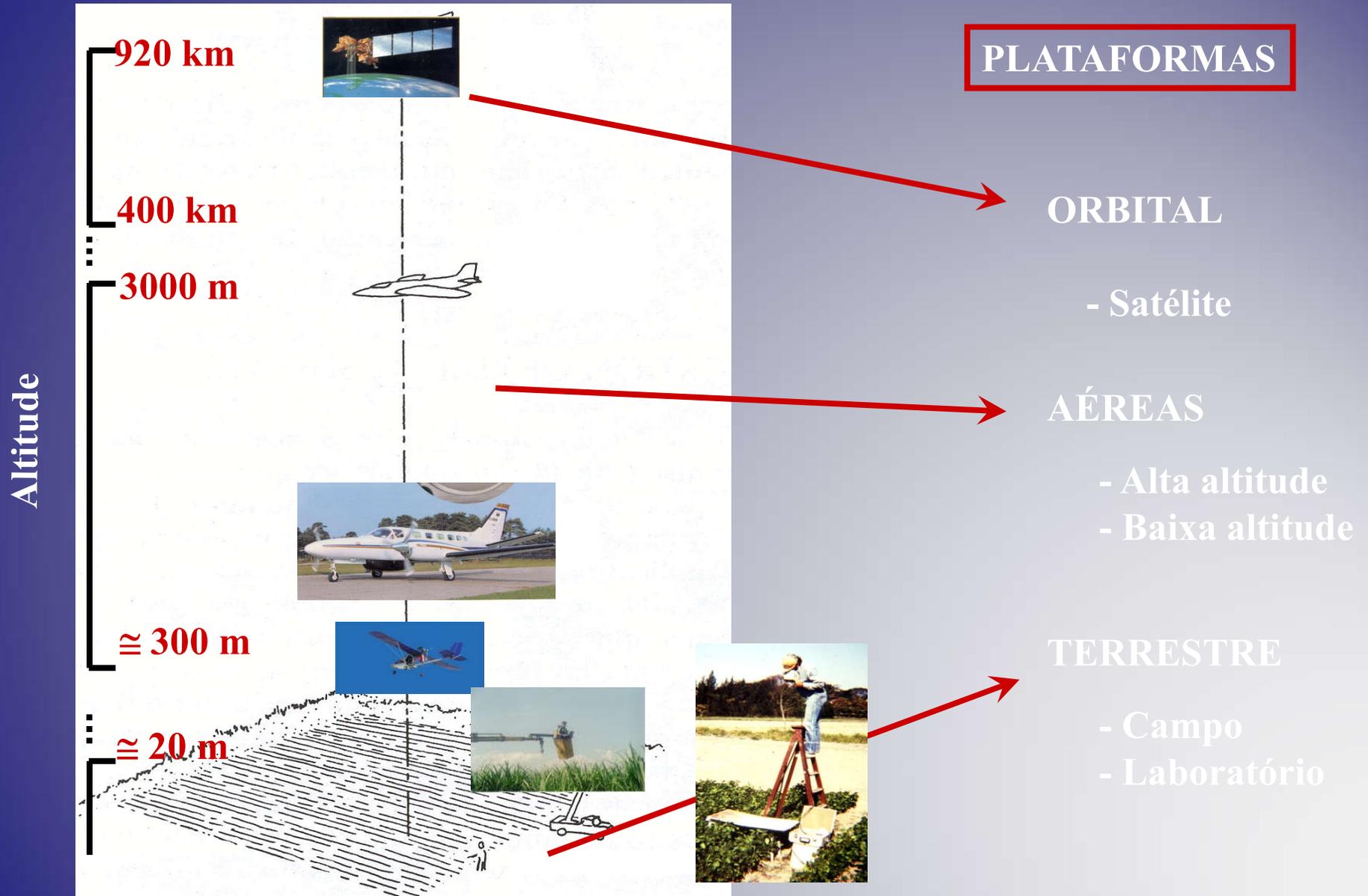
- Ultravioleta (UV: 100-400 nm)
- Visível (VIS: 350-700)
- Infravermelho (NIR: 700-1,000 nm)
- Infravermelho curto (SWIR: 1,000- 2,500 nm)
- Infravermelho médio (MIR: 2,500-25,000 nm)
- Infravermelho Termal (TIR: 8,000-14,000 nm)
- Infravermelho distante (14,000-25,000 nm)

Sensores

Ativos

Passivos

NÍVEIS DE AQUISIÇÃO DE DADOS



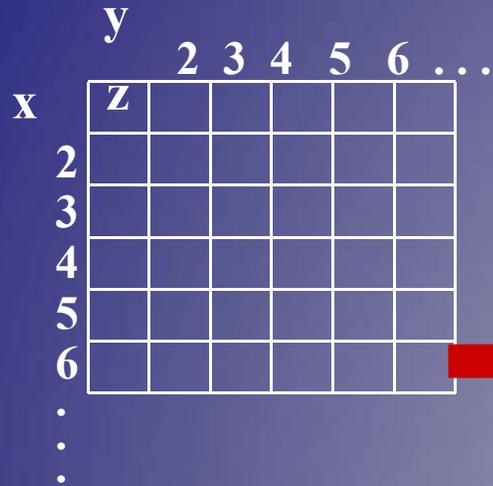
Principais características

- ➔ **Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto**
 - Resolução espacial
 - Resolução espectral
 - Resolução radiométrica

- ➔ **Composição Colorida das Imagens de Sensoriamento Remoto**

IMAGENS ORBITAIS

Estruturas das Imagens de Sensoriamento Remoto



x - linhas

y - colunas

z - DN, digital number

 Pixel - picture element

Definições

Pixel - área com as mesmas dimensões na superfície da terra

DN - média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes nesse pixel

IMAGENS ORBITAIS

Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto

Resolução espacial : capacidade do sensor em “enxergar” objetos

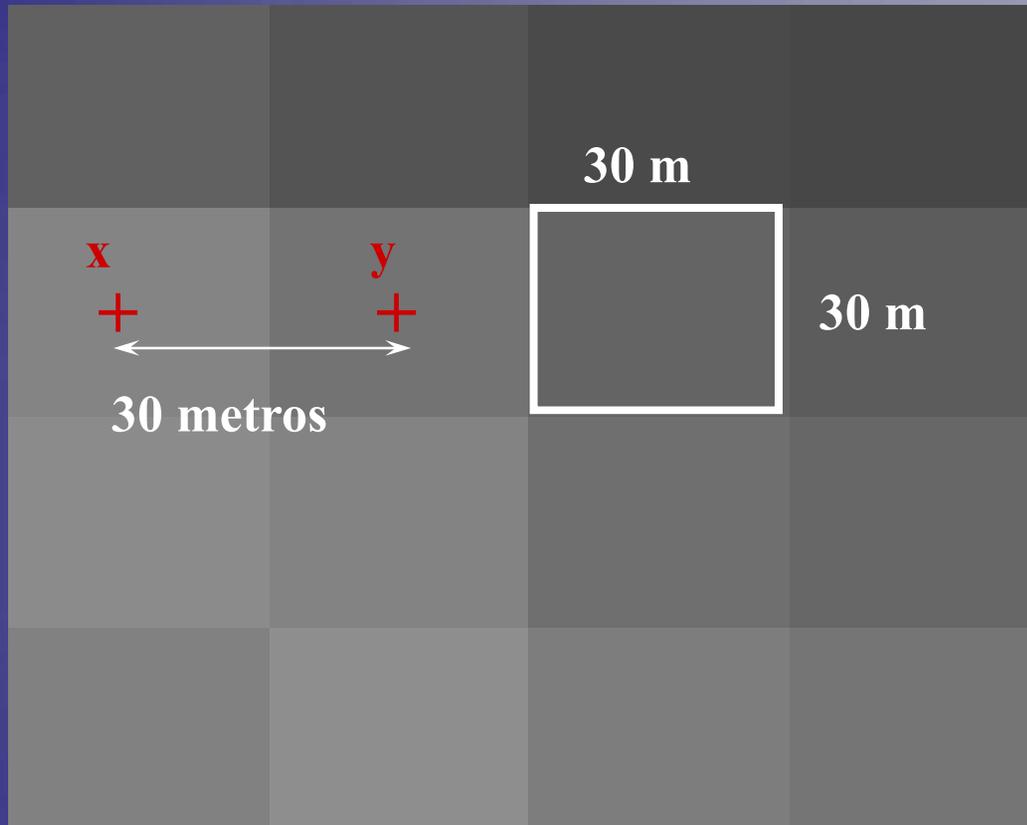
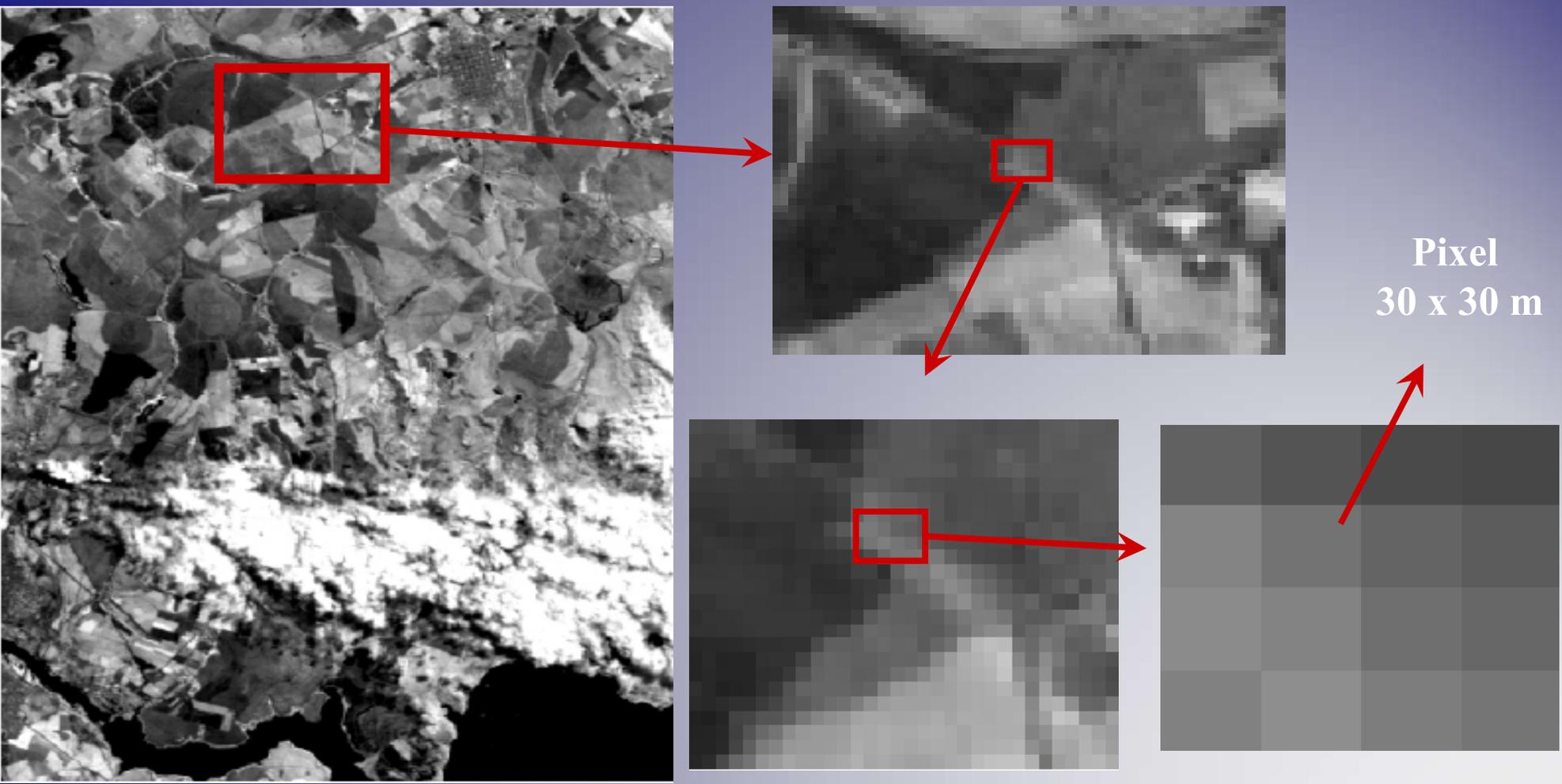


Imagem orbital
TM - Landsat
Banda 4

Pixel = Resolução espacial

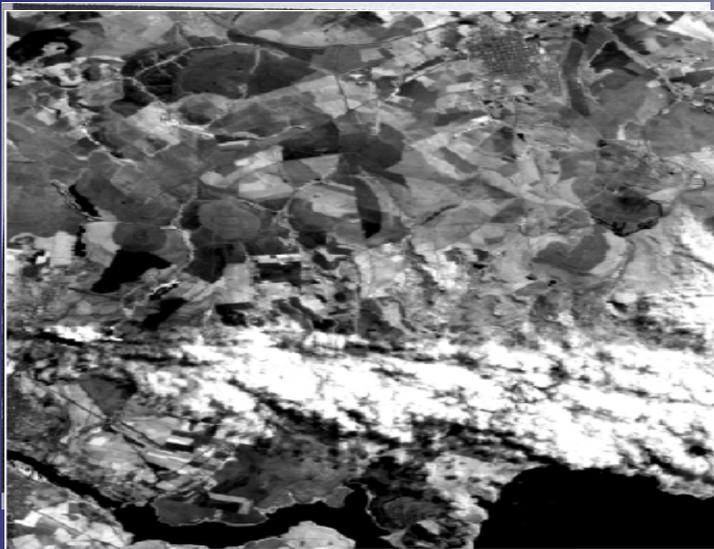
IMAGENS ORBITAIS

Estruturas das Imagens de Sensoriamento Remoto



Landasat - 6.550 x 6.550 - 42 milhões de pixels

Estruturas das Imagens de Sensoriamento Remoto



1
2
3
4
5
6
7
8

1 2 3 4 5 6 7 8

20	20	20	230	230	20	20	20
20	20	20	230	230	20	20	20
20	20	20	230	230	20	20	20
230	230	230	230	230	230	230	230
230	230	230	230	230	230	230	230
20	20	20	230	230	20	20	20
20	20	20	230	230	20	20	20
20	20	20	230	230	20	20	20

0 - Preto
255 - Branco

Valor digital
Referente ao local:
Resolução radiométrica

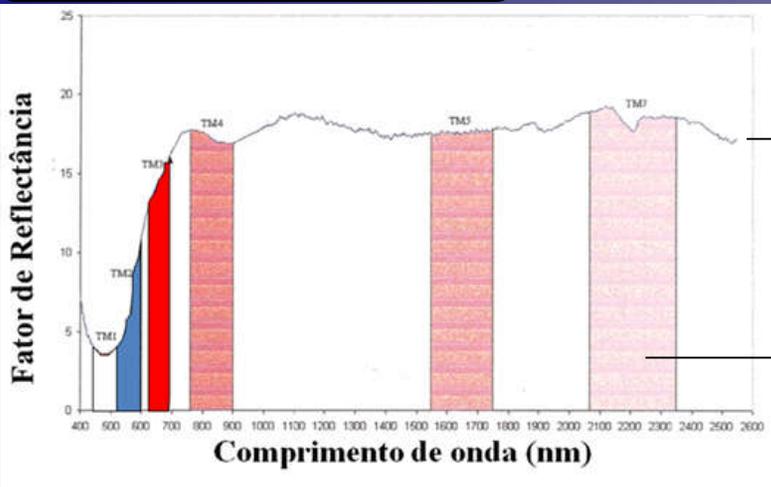
Imagem Orbital

TM - LANDSAT 5 -7

- ➔ Lançamento 05/03/84
- ➔ Altitude 705 km
- ➔ Resolução temporal
 - 16 dias
- ➔ Resolução espacial
 - 30 m (pixel 0,09 ha)
 - 120 m (banda 6)
 - **15 m (pan. Landsat 7)**
- ➔ Imagem inteira
 - 185 km x 185 km
- ➔ Bandas (microns)
 - 1 (0,45-0,52) Azul
 - 2 (0,52-0,60) Verde
 - 3 (0,63-0,69) Vermelho
 - 4 (0,76-0,90) I. Próximo
 - 5 (1,55-1,75) I. Médio
 - 6 (10,4-12,5) I. Termal
 - 7 (2,08-2,35) I. Médio
 - **Pancromática (0,52-0,90)**

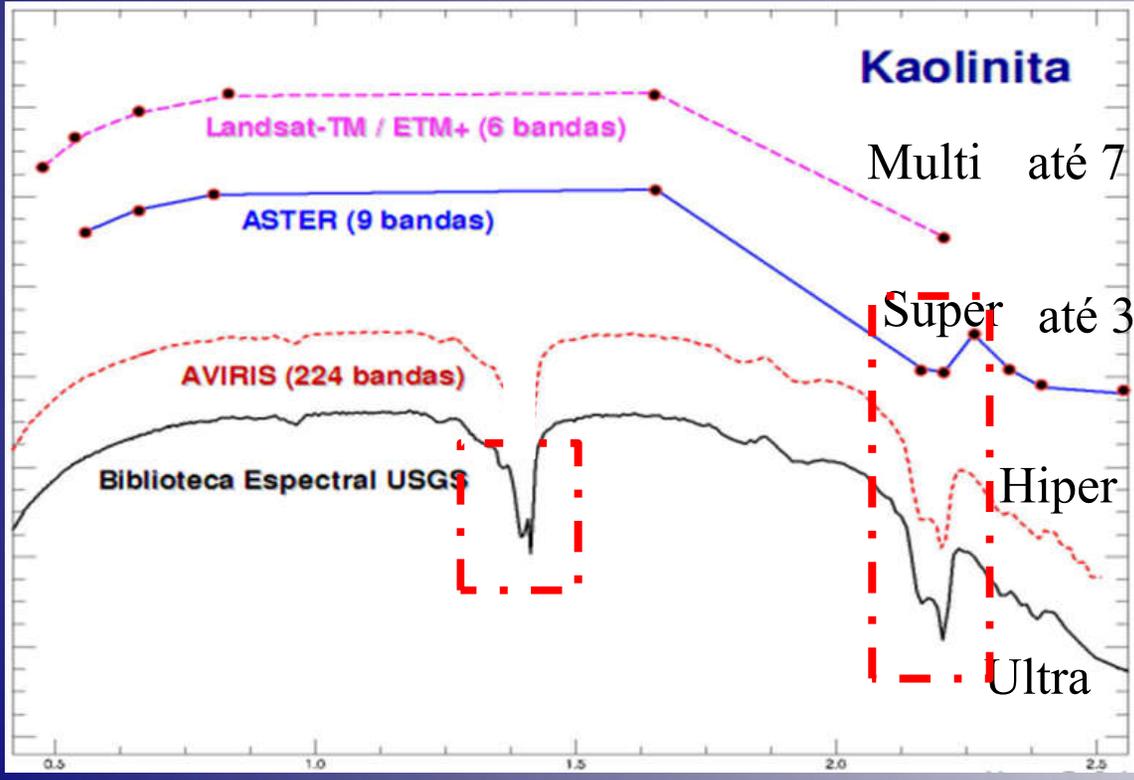
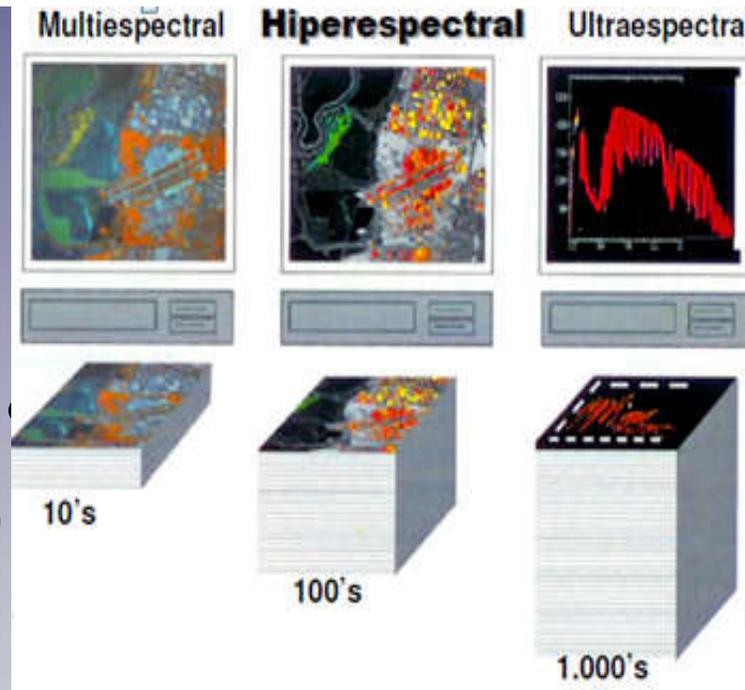


Resolução Espectral



→ Hiperespectral

→ Multiespectral
(Exemplo do sensor Landsat = 6 bandas para solos)



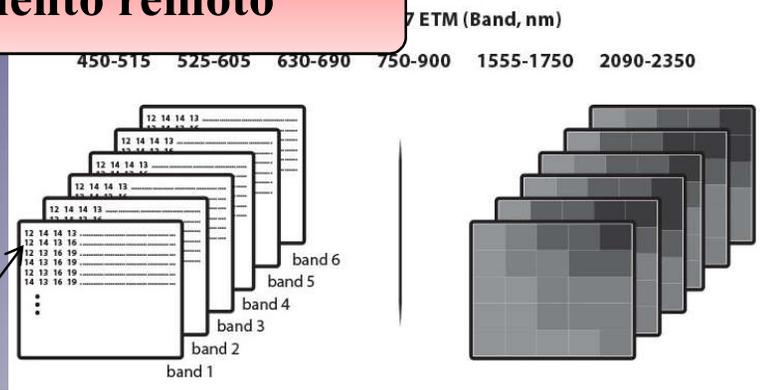
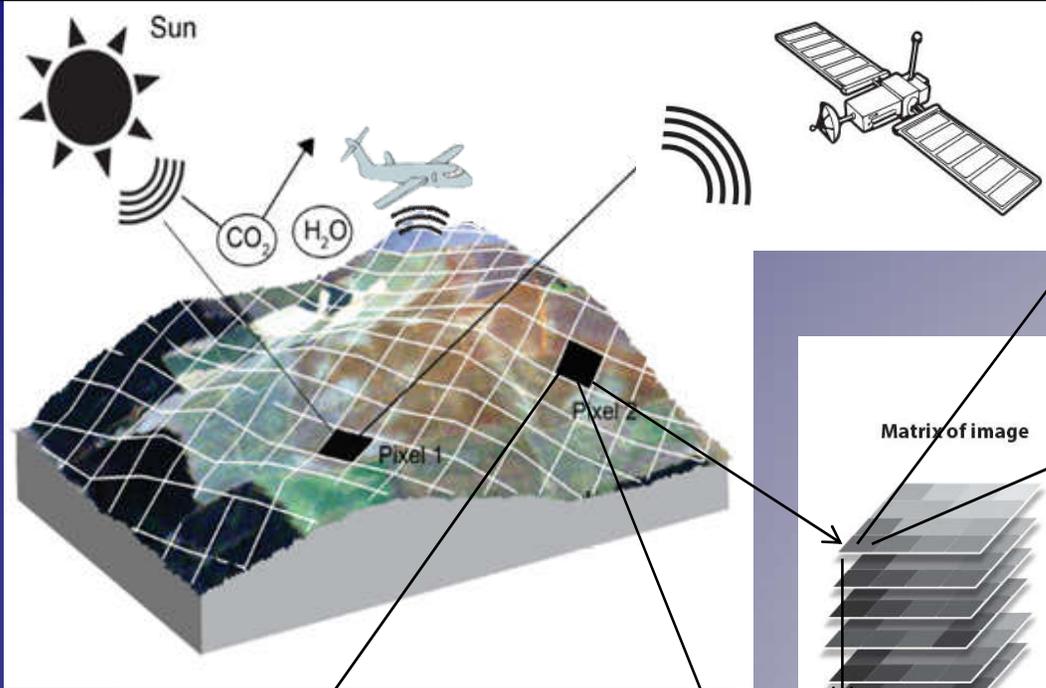
Multi até 7 (TM, SPOT), intervalo largo

Super até 36 canais (ASTER, MODIS), intervalo largo

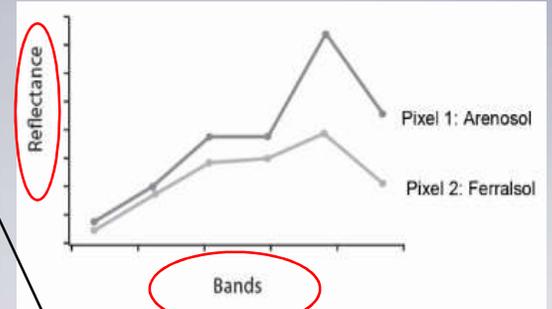
Hiper mais que 36 canais (chegando a 1000), intervalo estreito

Ultra mais que 1000 canais, intervalo estreito

Estratégias para aquisição de dados via sensoriamento remoto

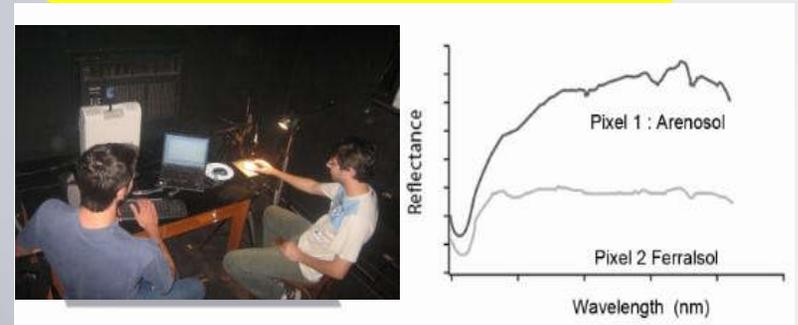


Estratégia 1: Aéreo e Orbital



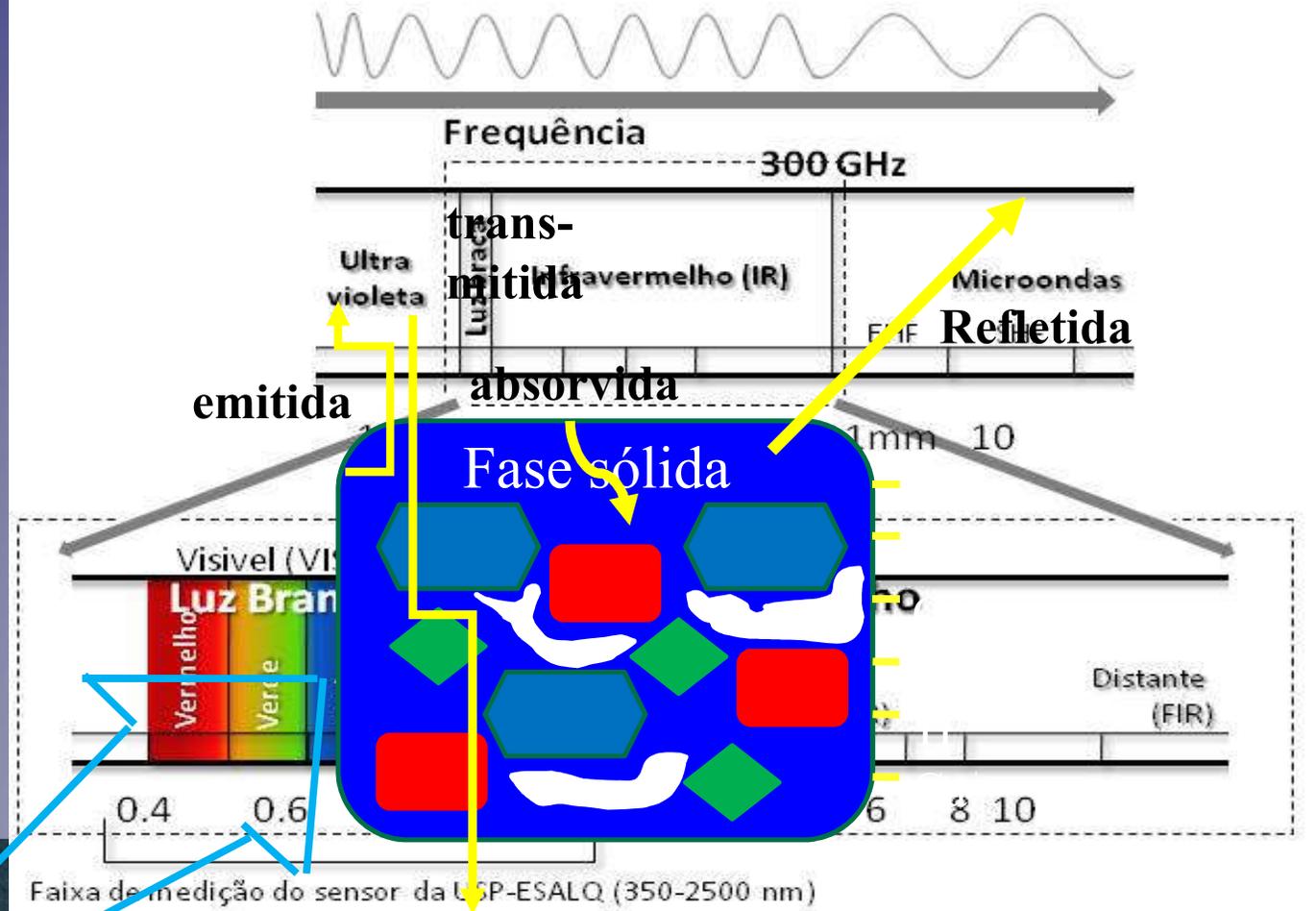
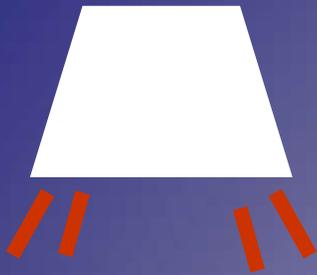
Estratégia 3: Campo

Estratégia 2: Em laboratório



**Fundamento dos Fatores do solo e
sua interação com a energia:
Espectroscopia**

Fonte



Interação energia matéria

Princípios da espectroscopia

$$\text{Radiância} = \text{W sr}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$\text{Reflectância} = \frac{\text{radiância refletida pelo objeto}}{\text{radiância incidente no objeto}} * 100$$

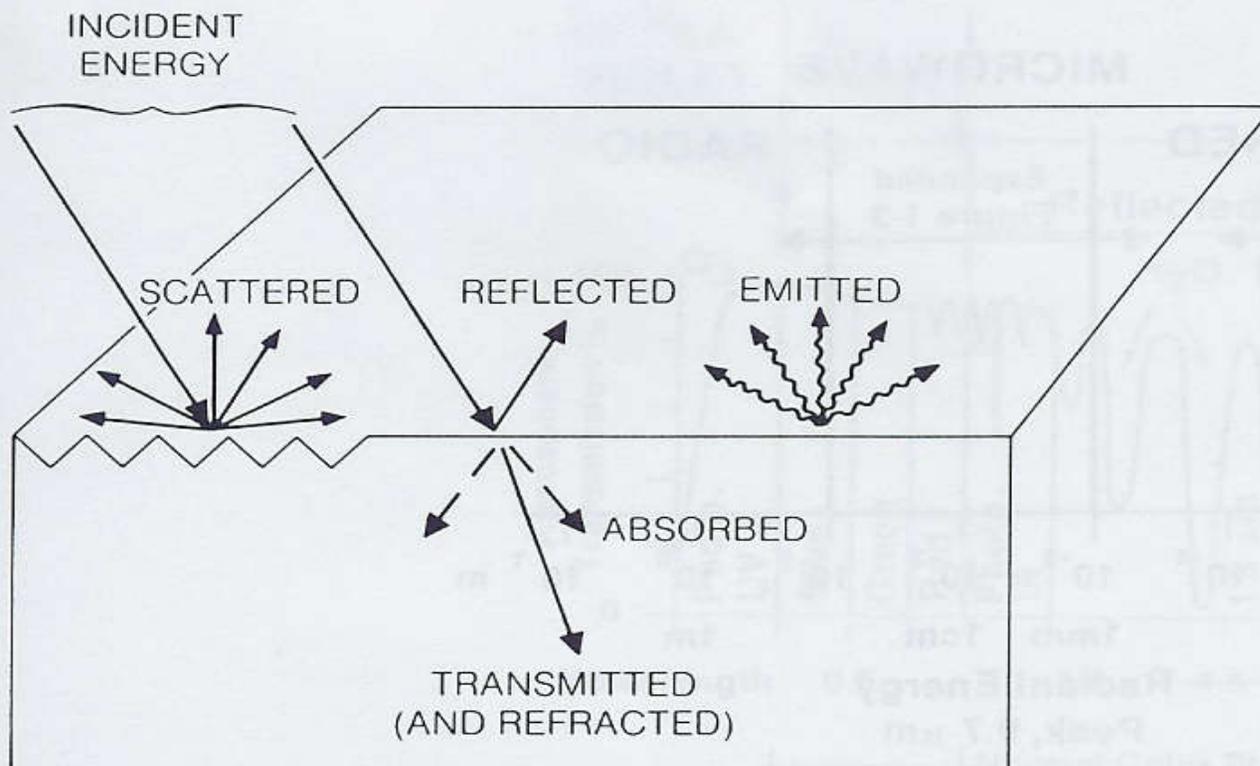
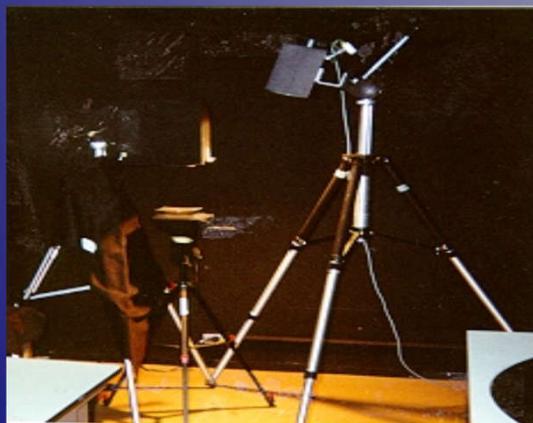
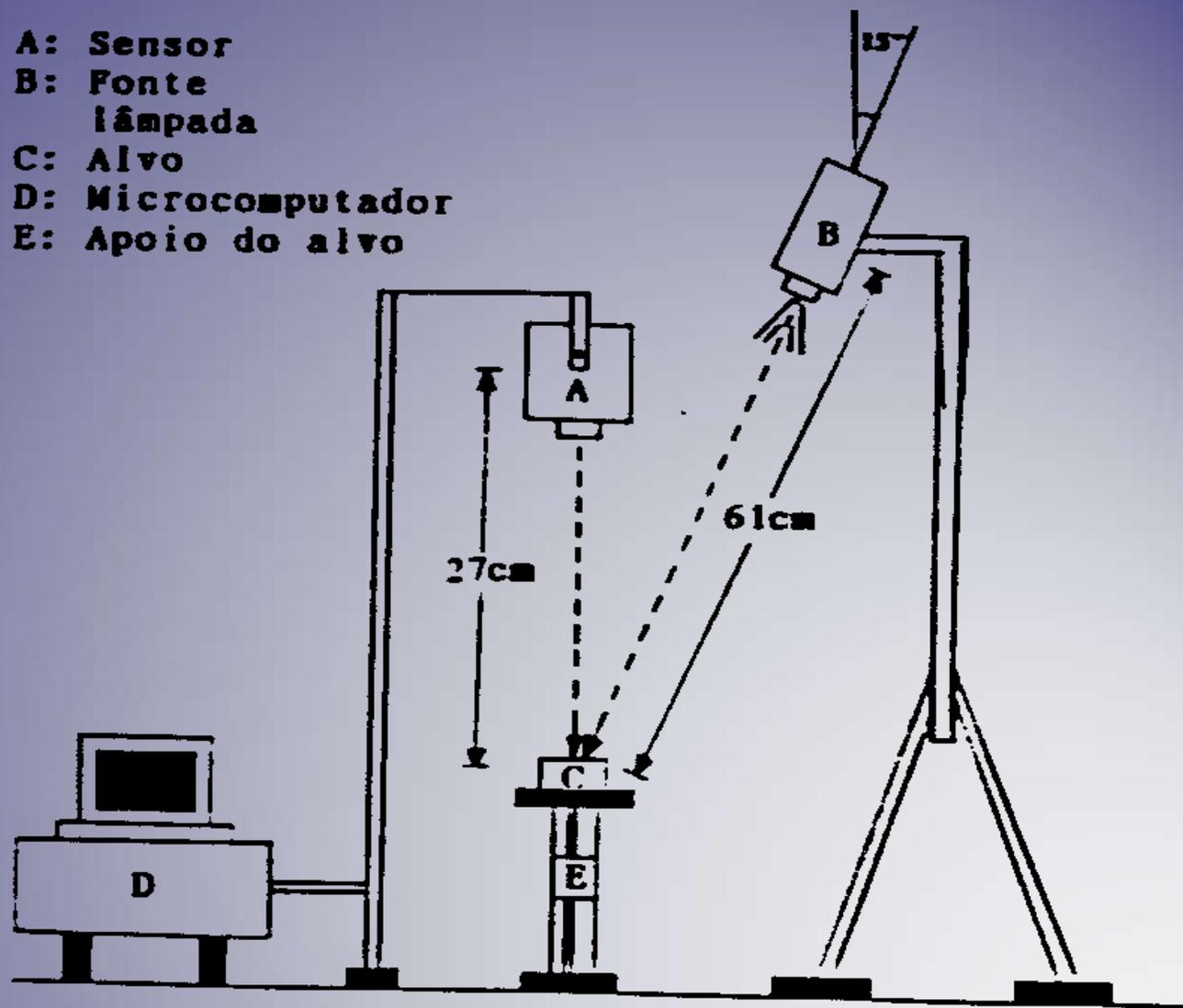
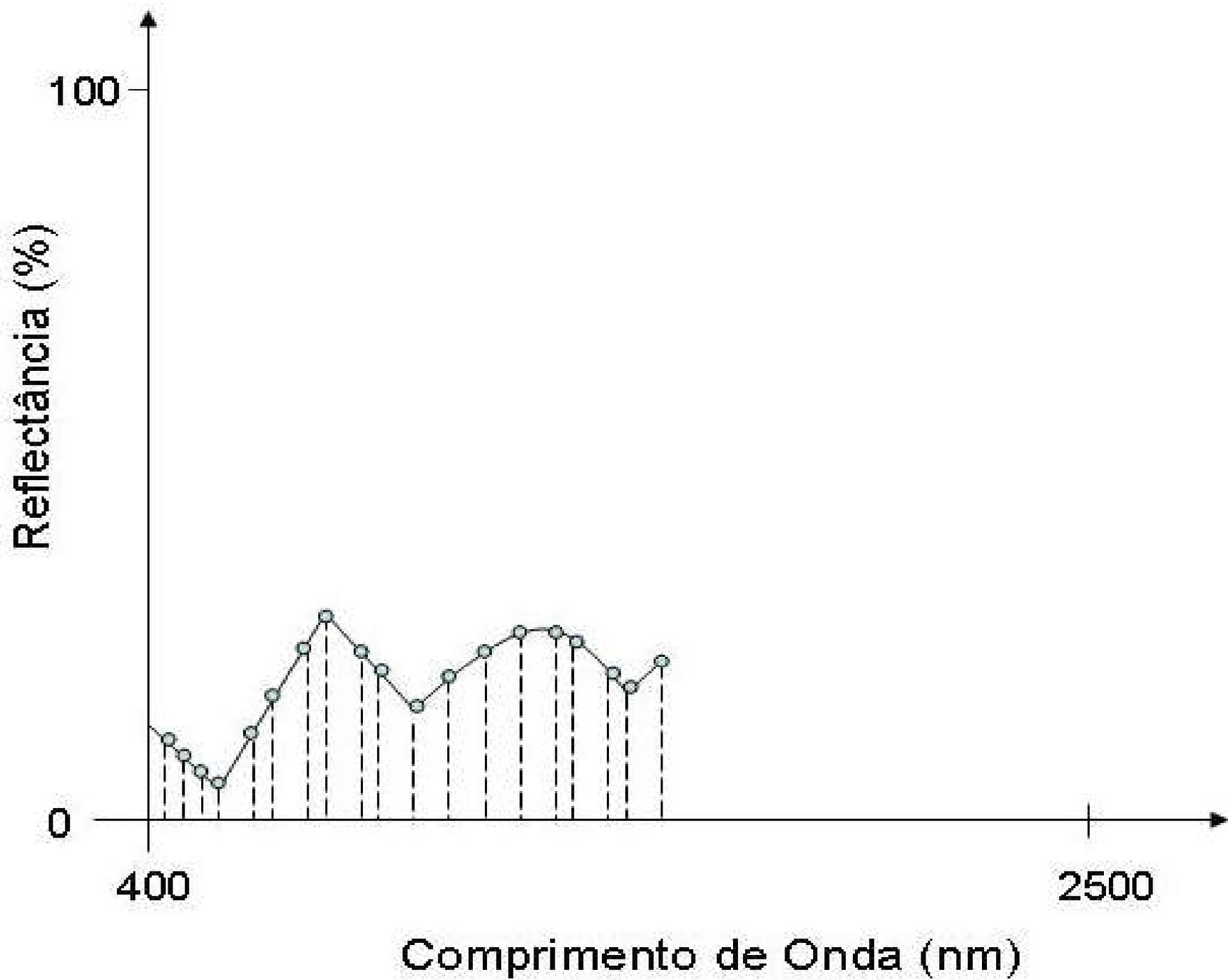


Figure 1-1 Interaction processes between electromagnetic energy and matter.



- A: Sensor
- B: Fonte lâmpada
- C: Alvo
- D: Microcomputador
- E: Apoio do alvo





Diferenciação das curvas em perfis

Fator de Reflectância

0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00

350 500 650 800 950 1100 1250 1400 1550 1700 1850 2000 2150 2300 2450

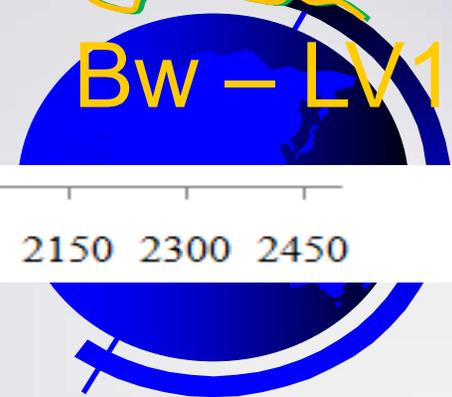
Comprimento de onda (nm)

A - PA

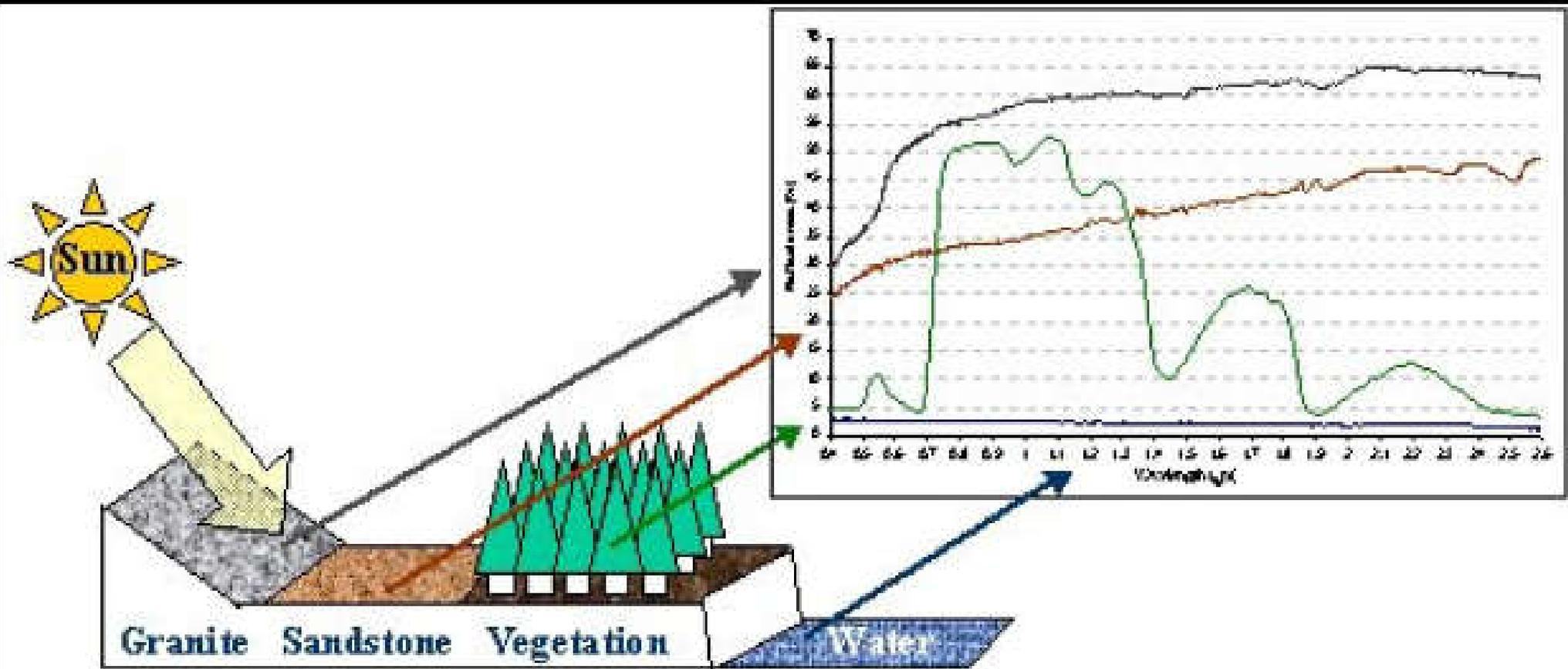
Bt - PA

A - LV1

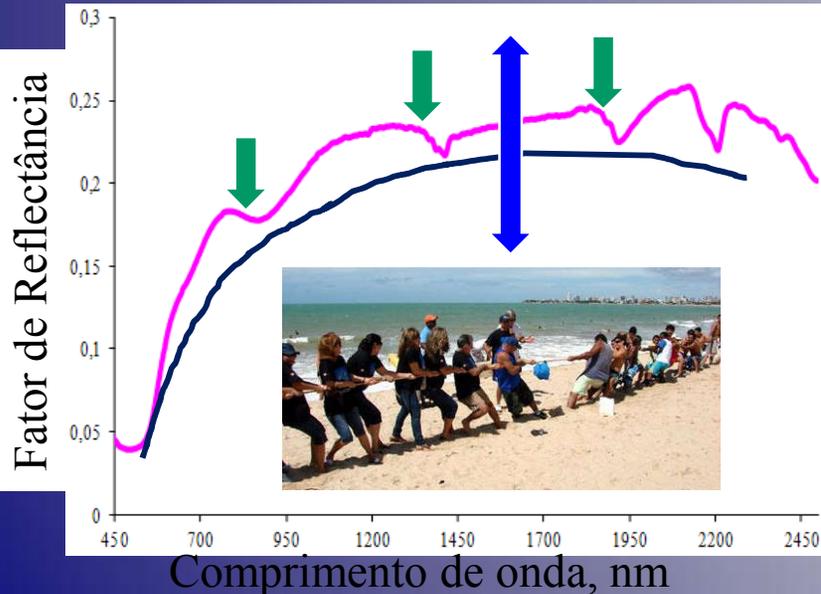
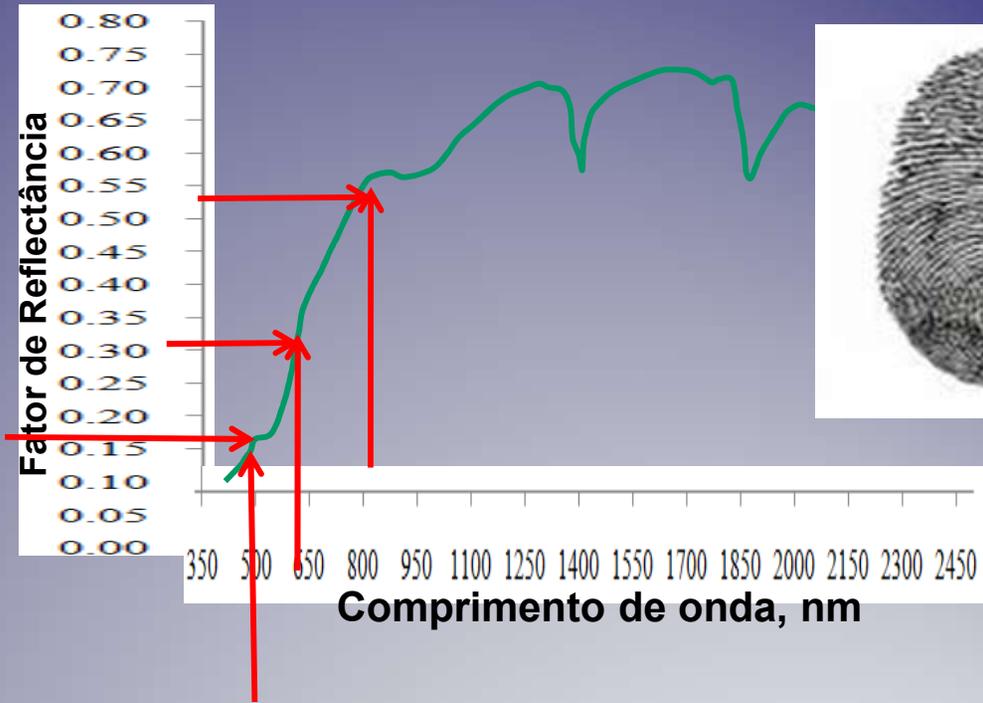
Bw - LV1



Assinatura Espectral



Formação da curva espectral em laboratório



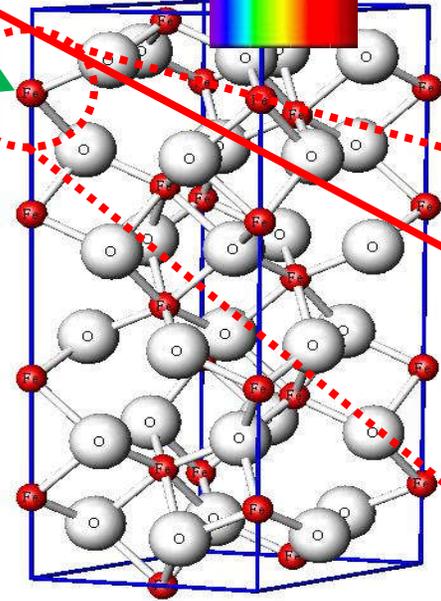
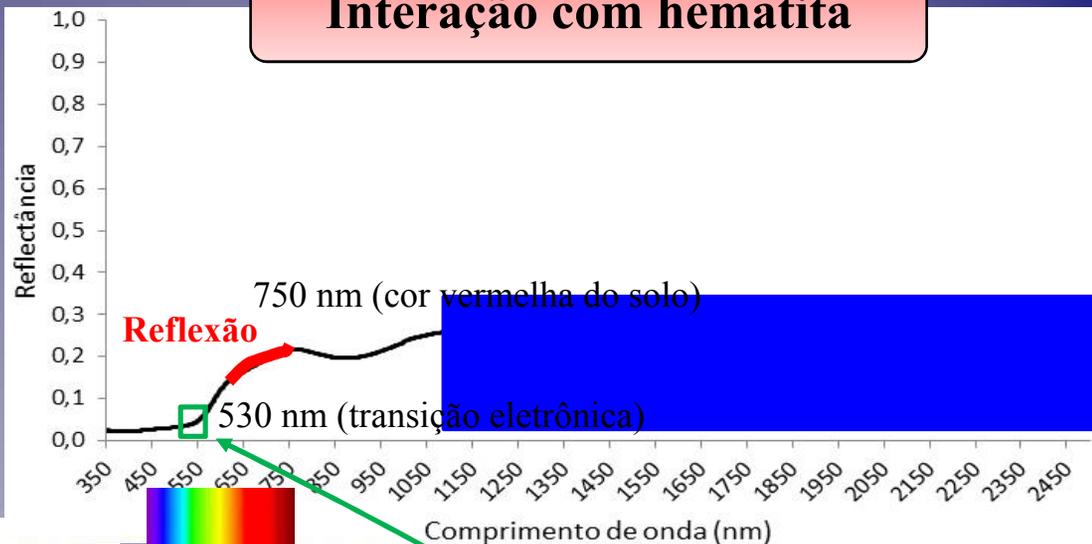
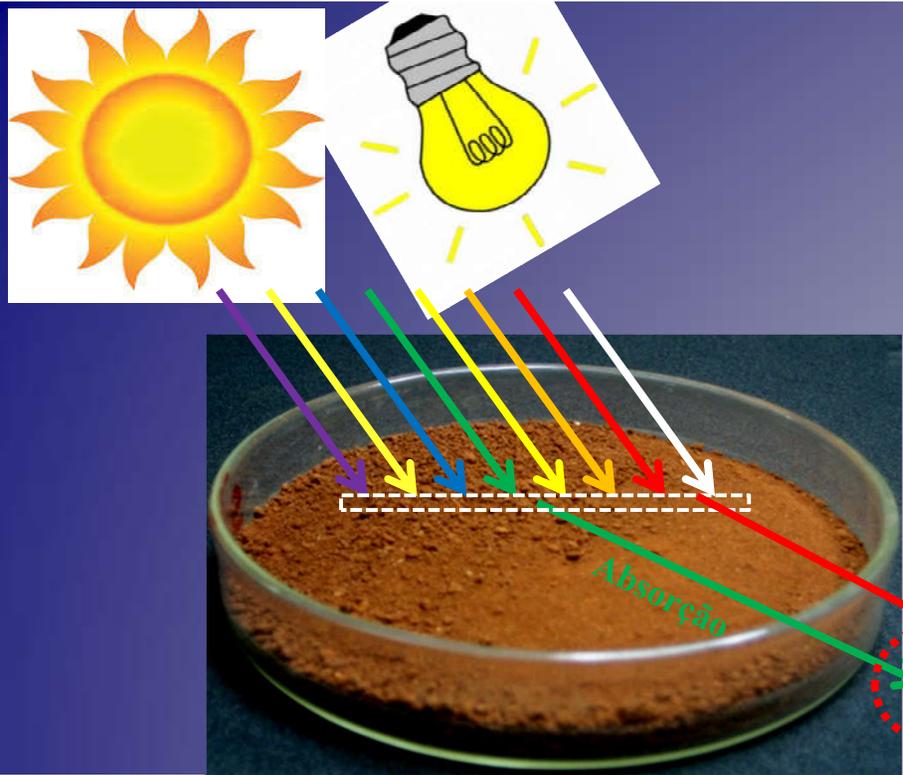
Feições de absorção

Intensidade

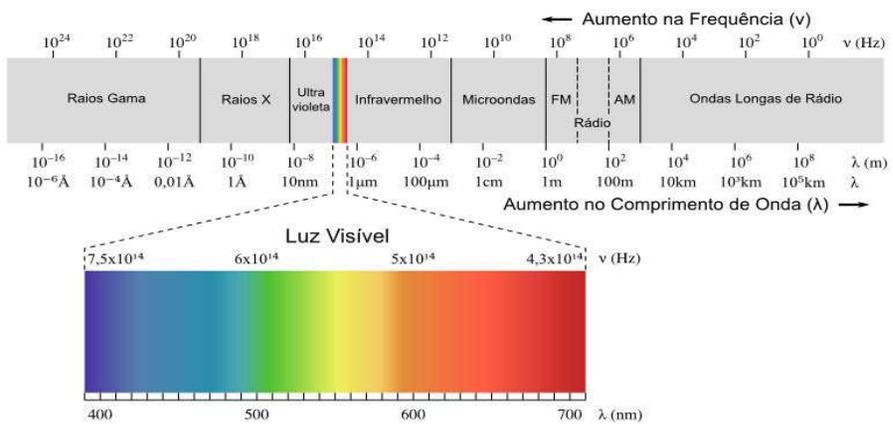
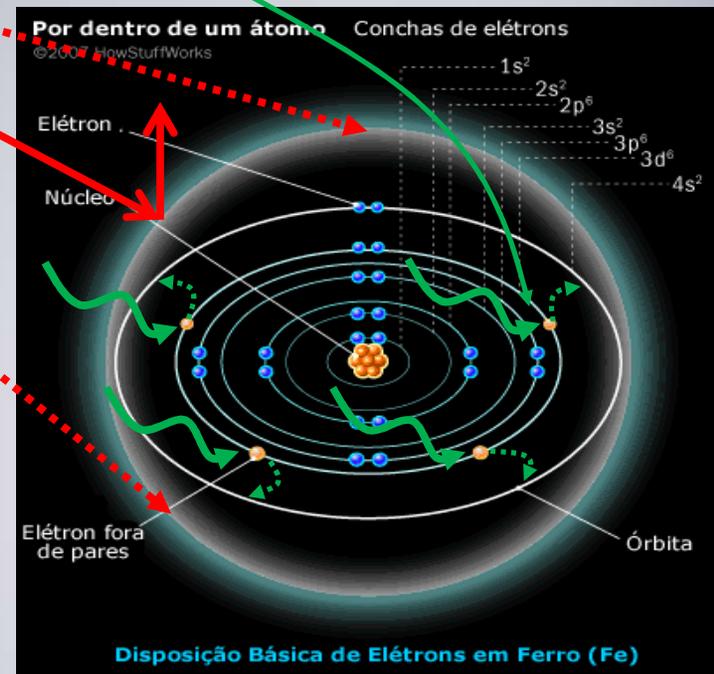
Morfologia da curva espectral

A curva espectral é o resultado da interação entre todos os componentes presentes .

Interação com hematita



Hematita

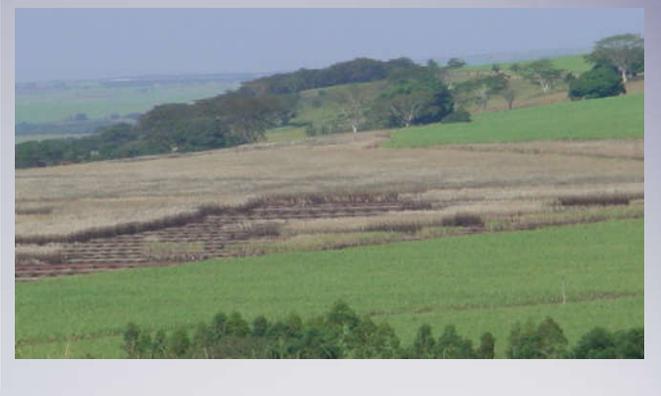


Fatores do solo que interferem na energia eletromagnética

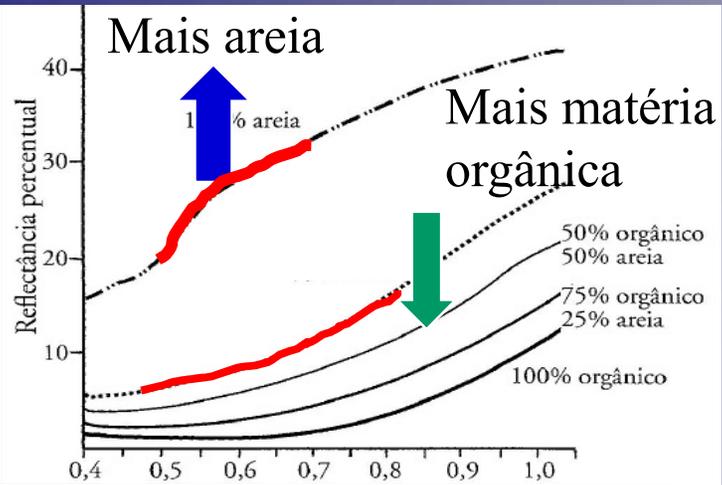
Granulometria
Matéria orgânica



Fatores de manejo que interferem na imagem



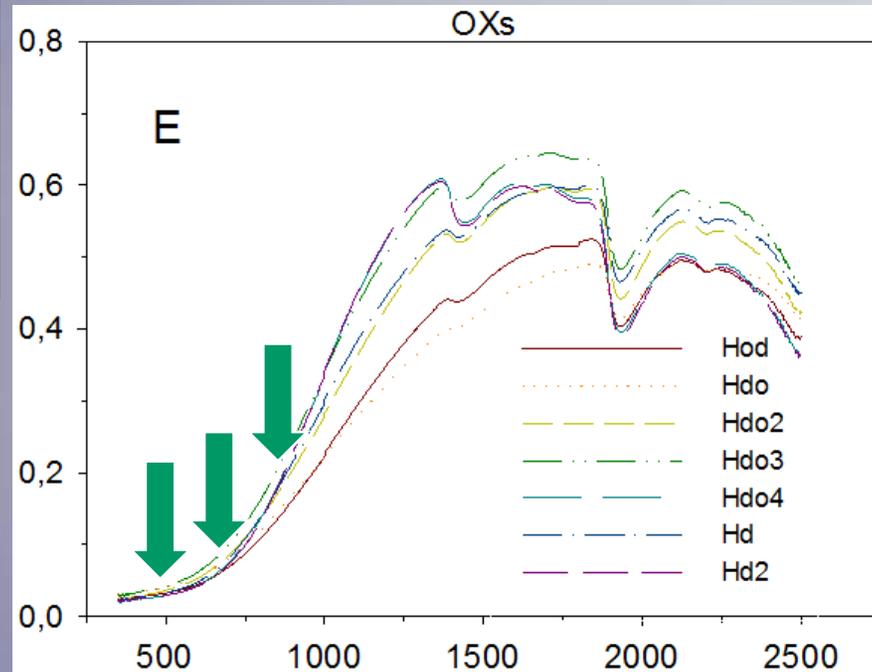
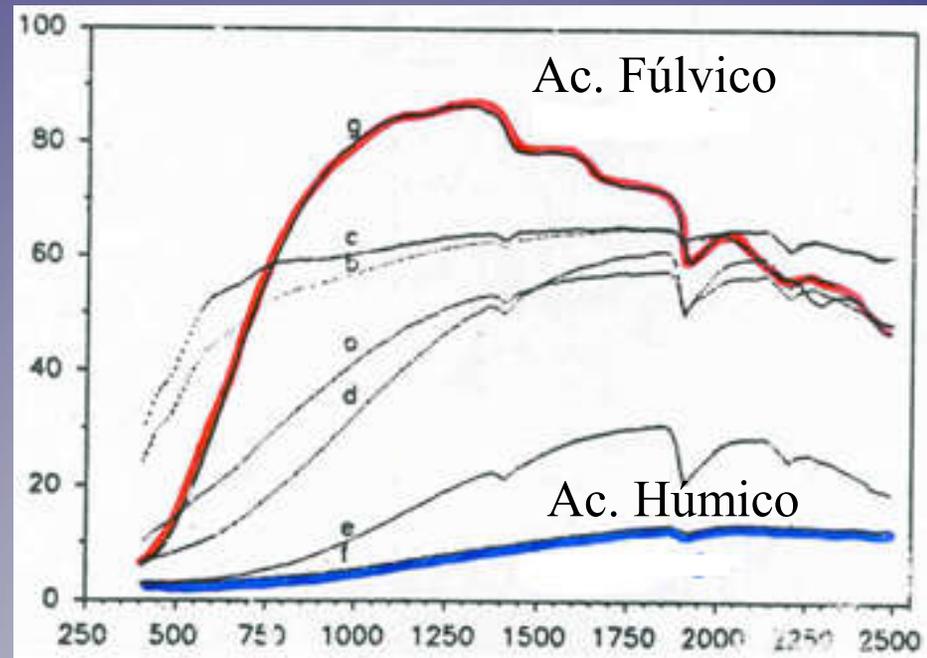
Matéria orgânica



Stoner (1979): 520 a 620 nm

Krishman (1980): 564 a 623 nm

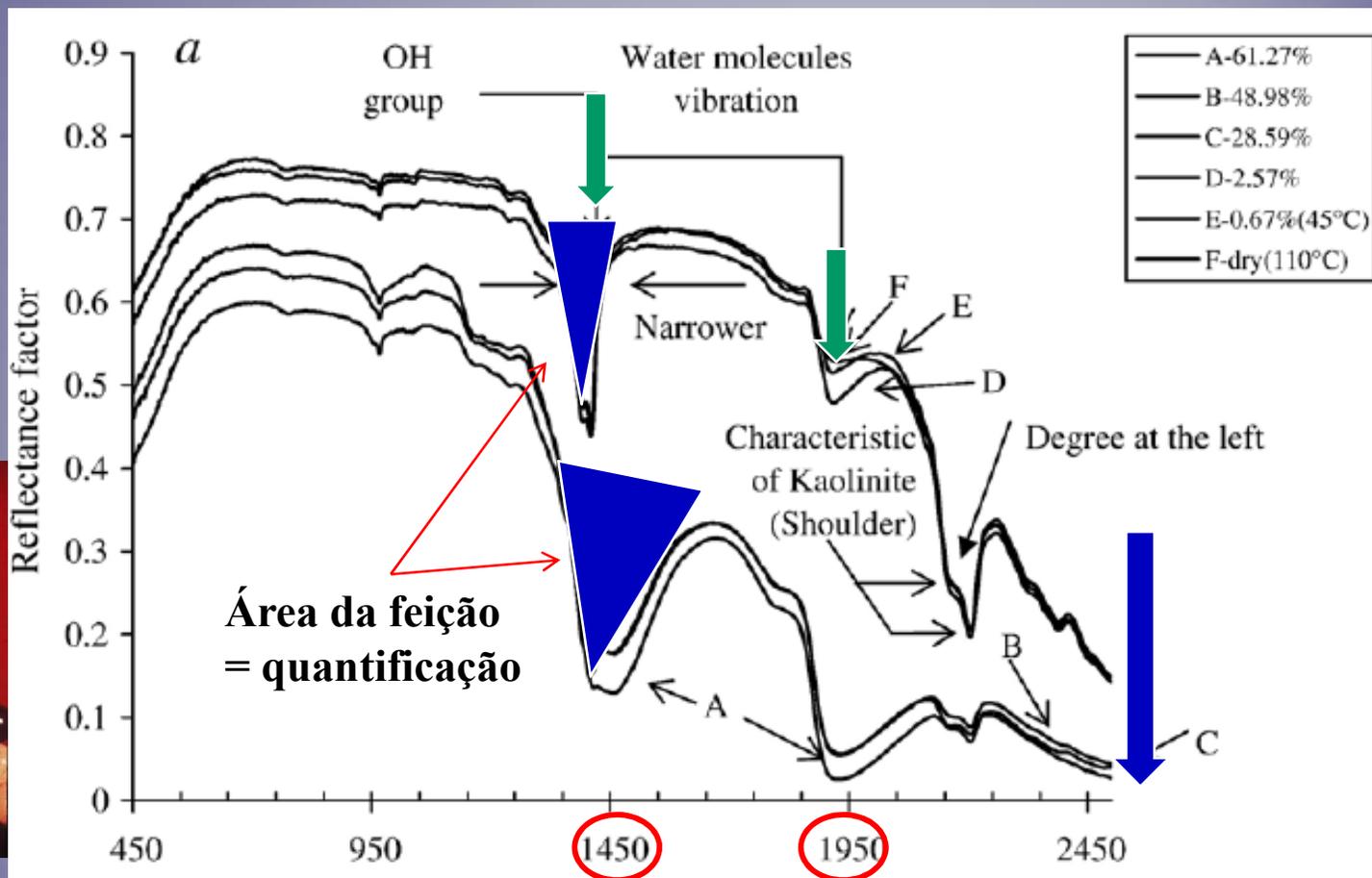
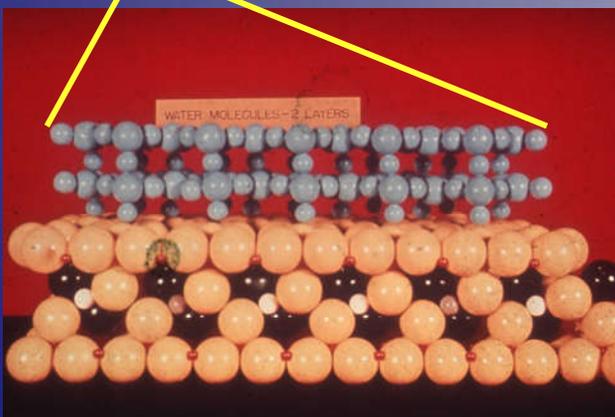
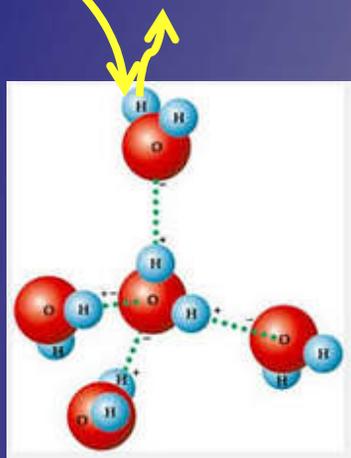
Coleman *et al* (1991): ate 1100 nm



Umidade

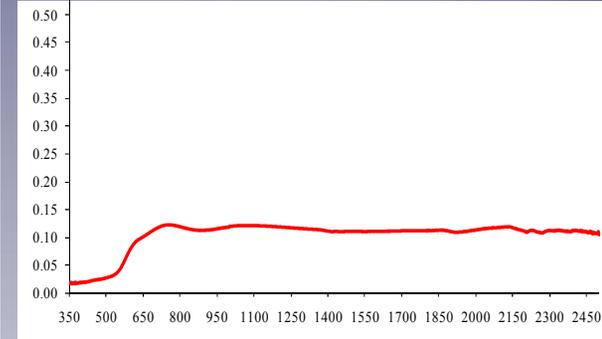
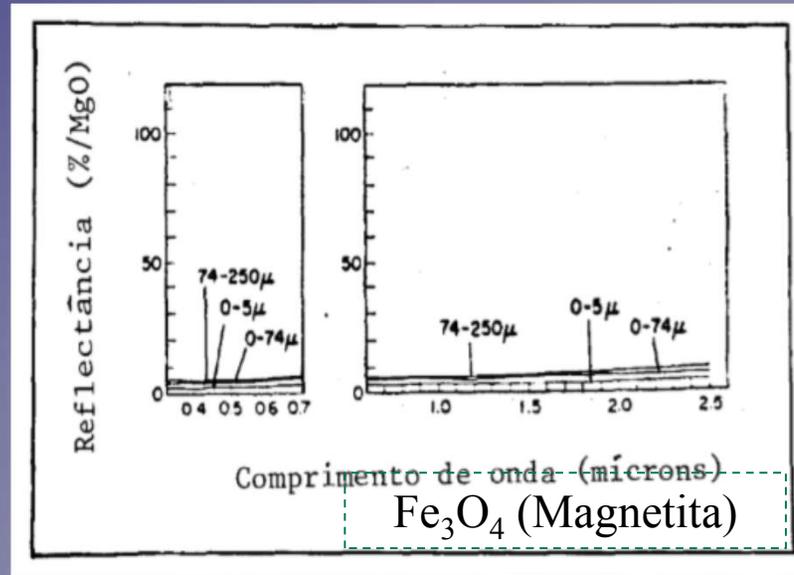


Absorção de energia
Causa feições intensas



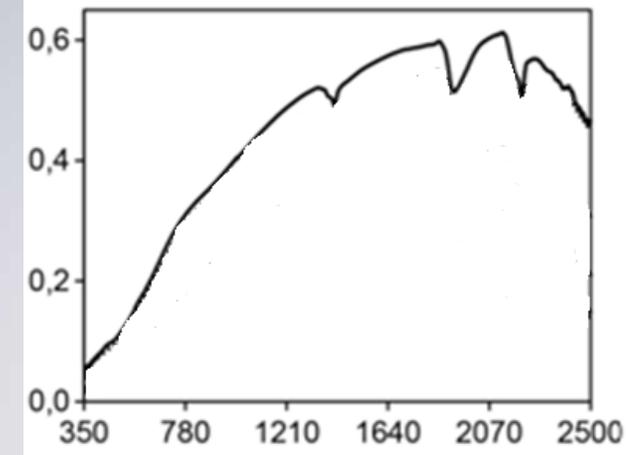
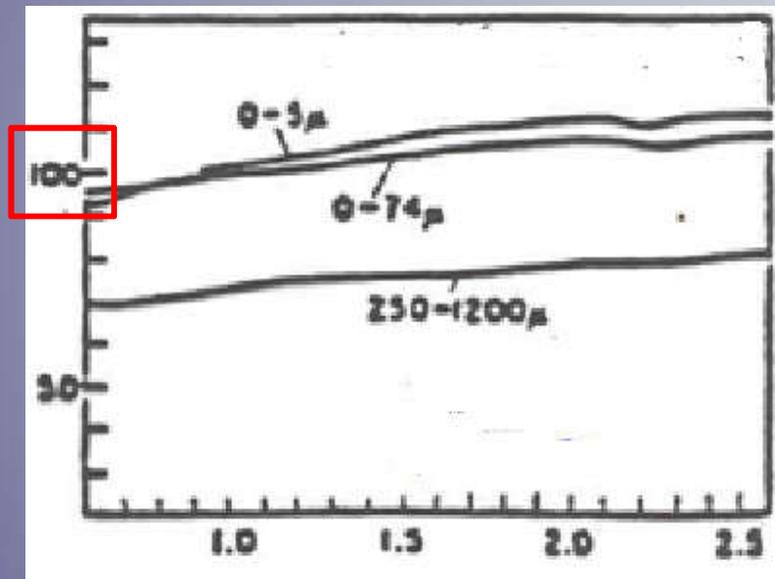
Mineralogia

Magnetita



**Absorve energia.
achata a curva
espectral**

Quartzo



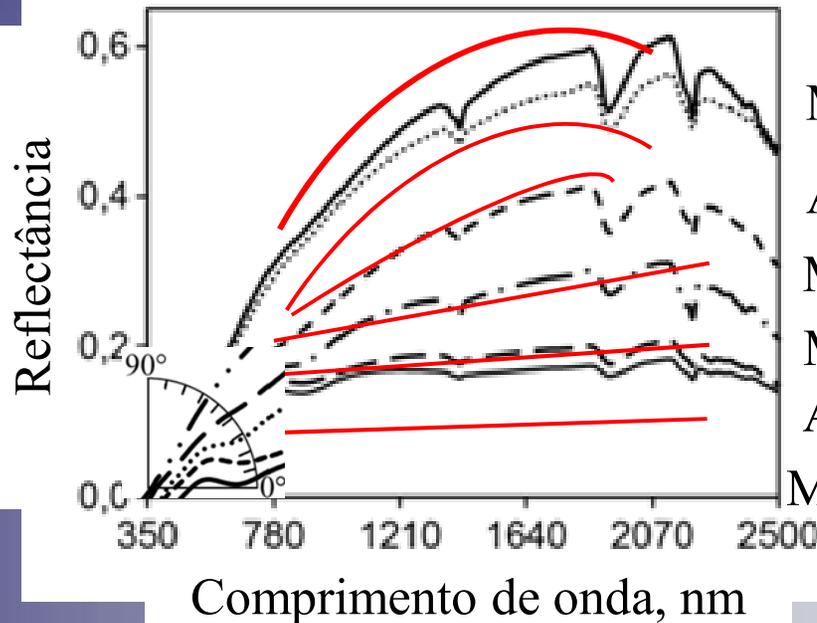
**Reflete em toda curva
principalmente no
SWIR**

Granulometria

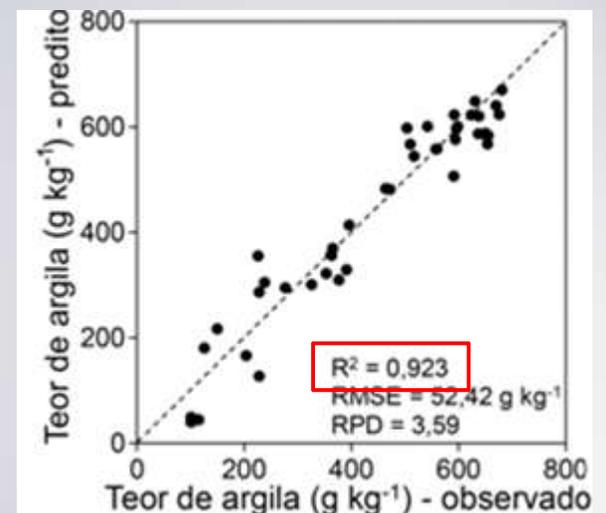
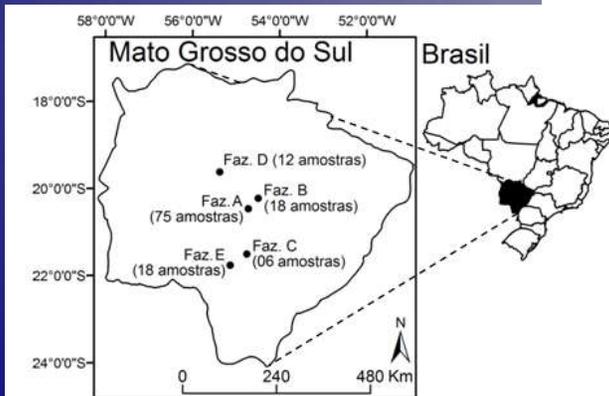
Abordagens semiquantitativa e quantitativa na avaliação da textura do solo por espectroscopia de reflectância bidirecional no VIS-NIR-SWIR

Marston Hércules Domingues Franceschini⁽¹⁾, José Alexandre M. Demattê⁽¹⁾, Marcus Vinicius Sato⁽¹⁾, Luiz Eduardo Vicente⁽²⁾ e Célia Regina Grego⁽²⁾

Pesq. agropec. bras., Brasília, v.48, n.12, p.1568-1581, dez. 2013

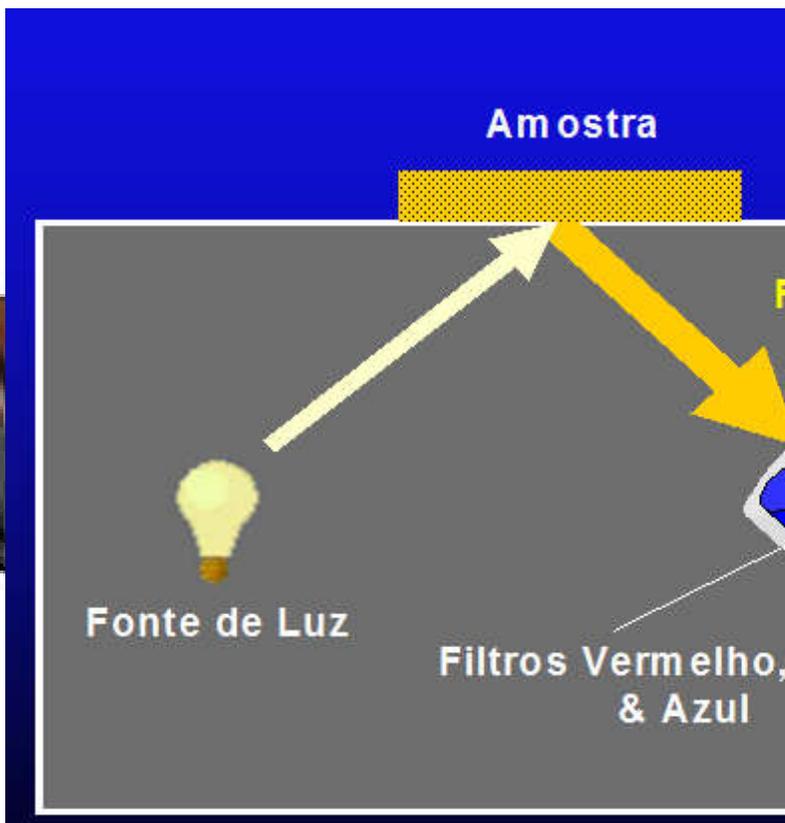


- Muito arenoso (<math><100 \text{ gkg}^{-1}</math> argila)
- Arenoso (100-150 gkg^{-1} argila)
- Médio arenoso (150-250 gkg^{-1} argila)
- Médio argiloso (250-350 gkg^{-1} argila)
- Argiloso (350-600 gkg^{-1} argila)
- Muito argiloso (>600 gkg^{-1} argila)

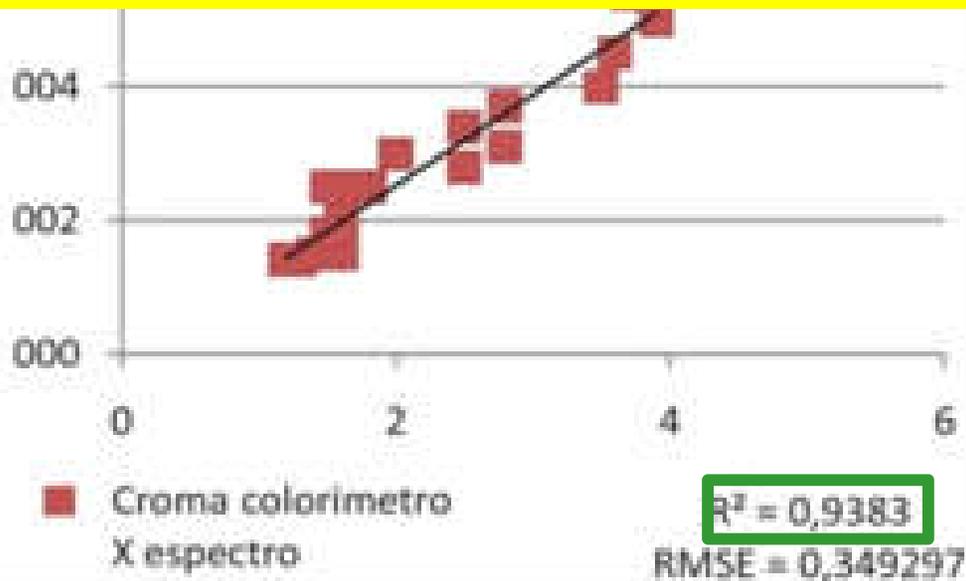


Cor do Solo

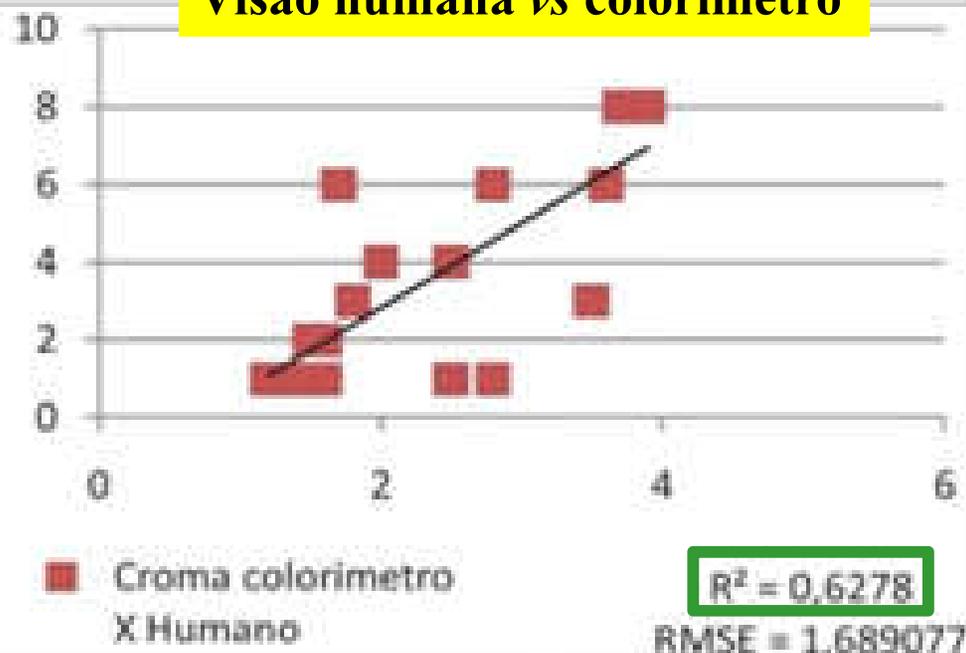
Sensação, propriedade, dependente da
É o resultado de uma reação que ocorre
que, quando excitados eletronicamente



Dado calculado via espectro vs colorímetro

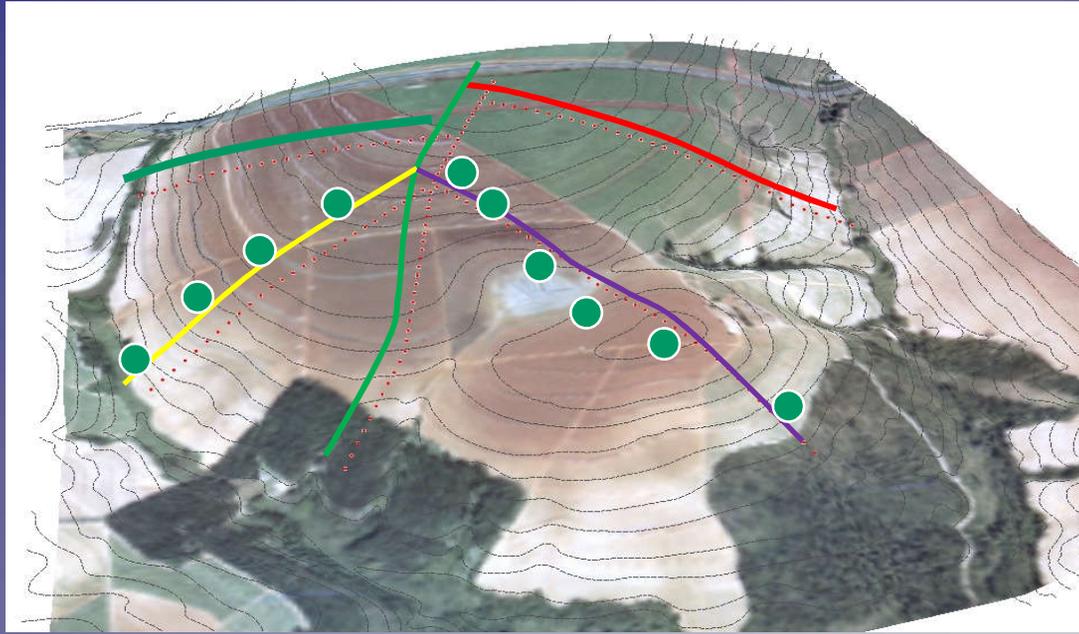


Visão humana vs colorímetro





Em
laboratório



No campo

Planta

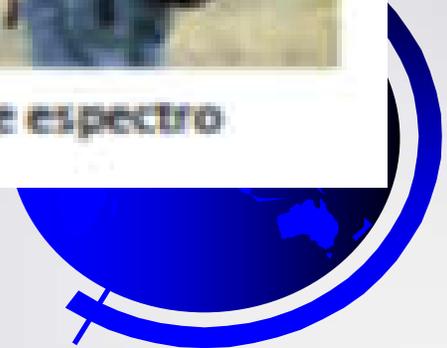


Solo



Perfuração

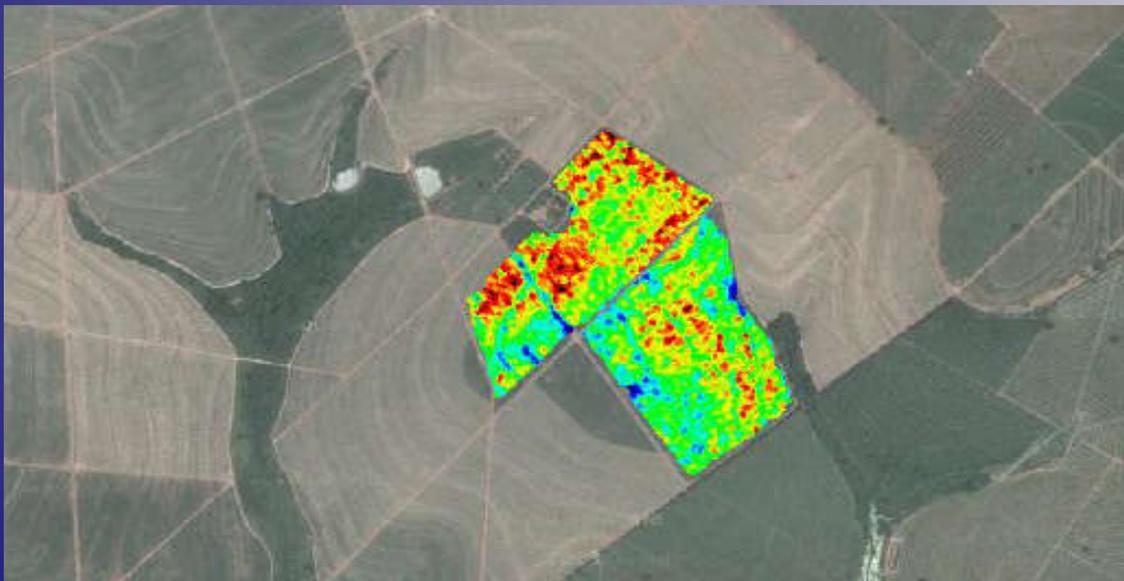
Análise de espectro



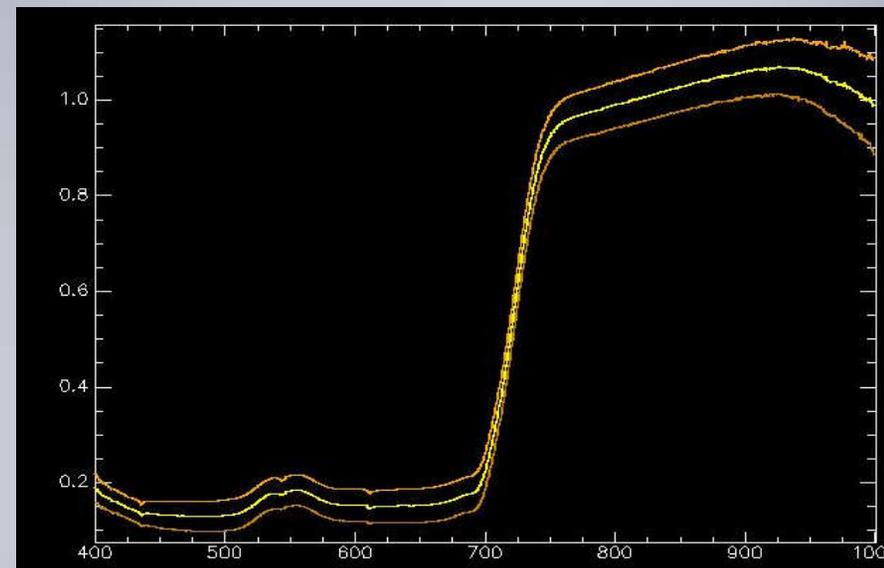
Via Avião



Visão na imagem



Visão pontual do pixel

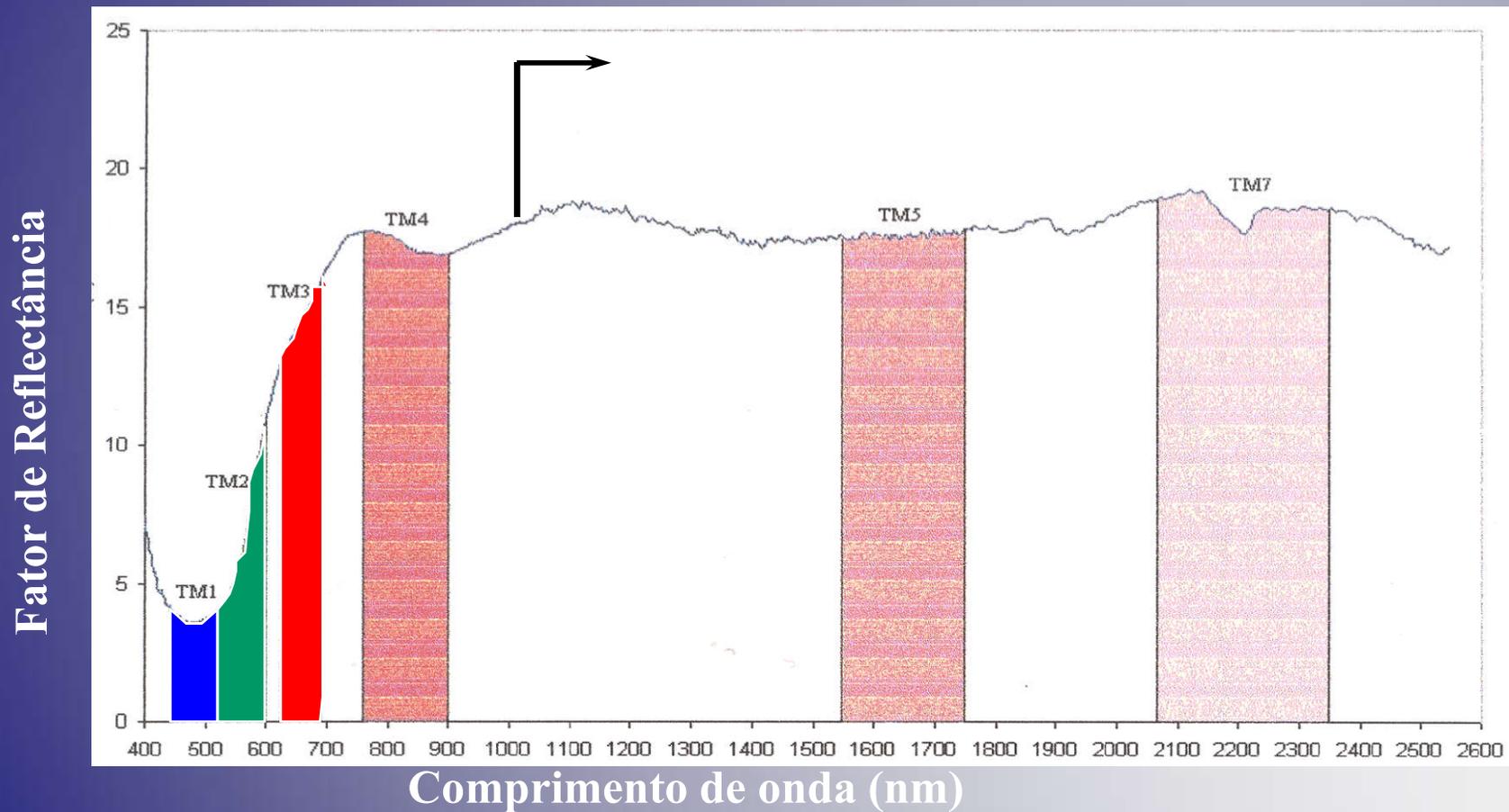


**Comparação de dados obtidos por imagens e
Dados obtidos por sensores terrestres**

IMAGENS ORBITAIS

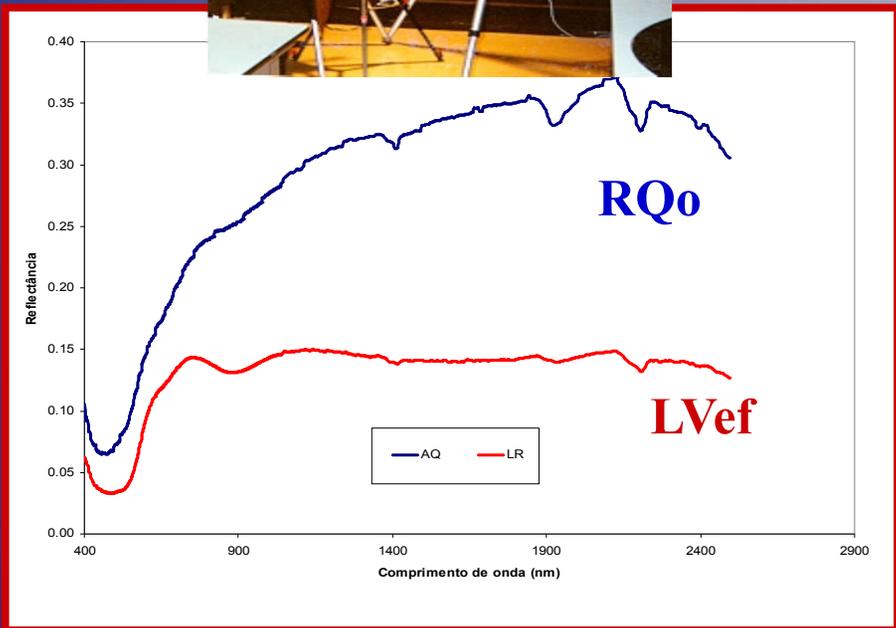
Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto

Resolução espectral: é definida pelo número de bandas espectrais de um sensor e pela largura do intervalo do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda

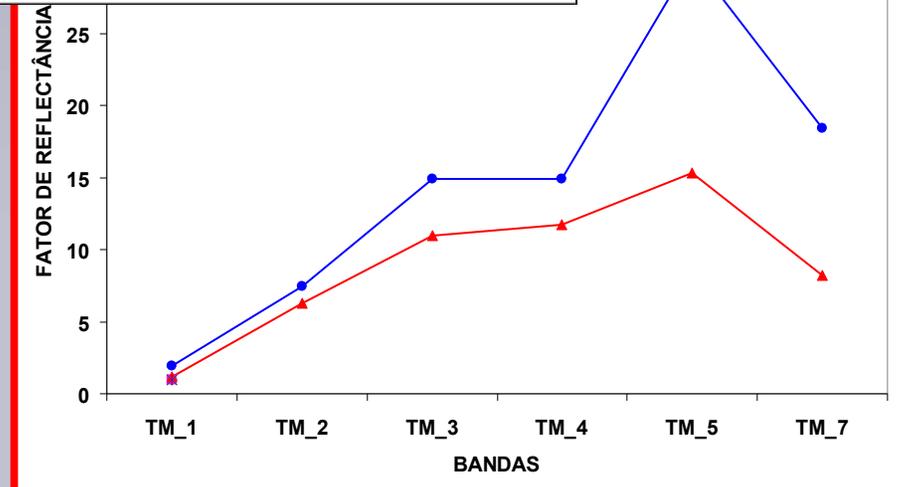
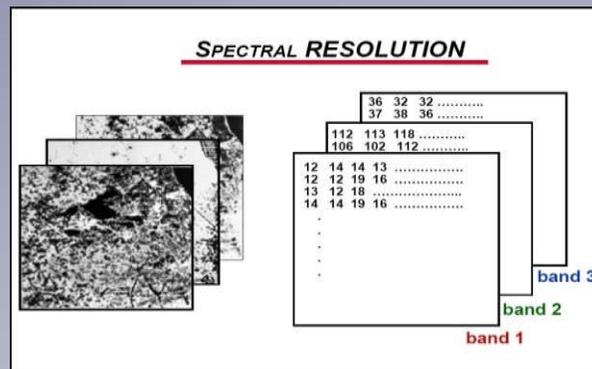


Comparação entre dados radiométricos

Laboratório



Orbital



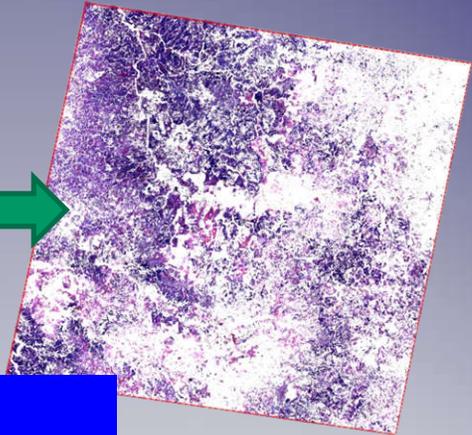
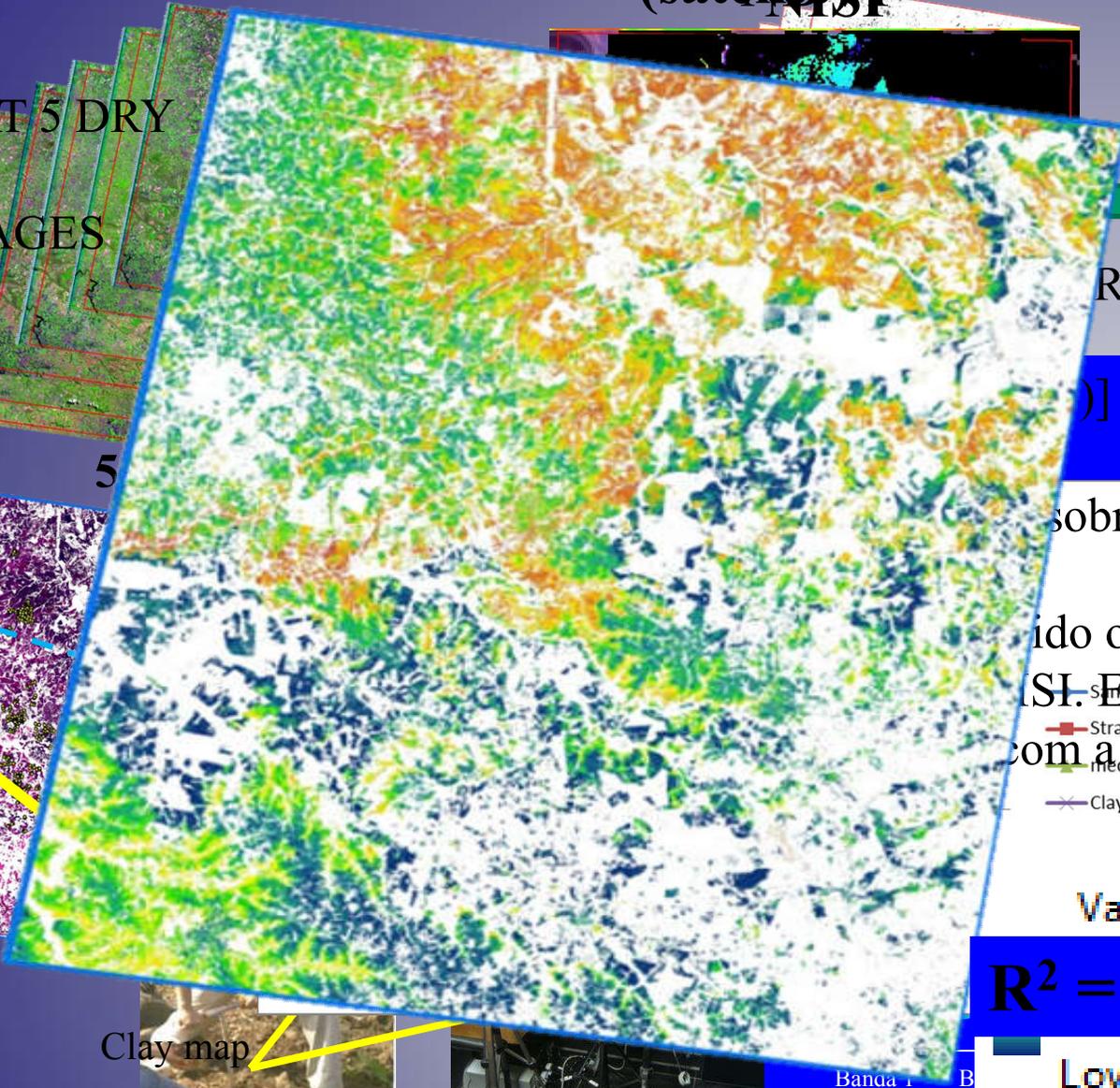
Quantificação de argila com sensor a 800 km distância do alvo

(satellite)

LANDSAT 5 DRY SEASON IMAGES



5



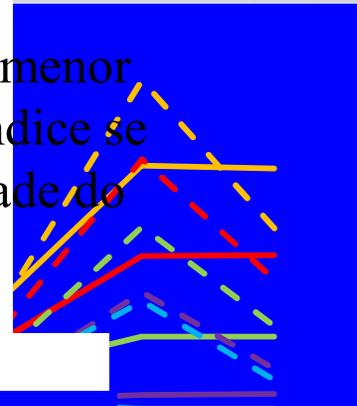
R

than 80% bare soil
agriculture areas

sobreposição de

ido o com menor
SI. Este índice se
com a umidade do

- Straw
- medium_loam
- Clay



$$R^2 = 0,70$$

Low : 4.43029

Clay map

Banda 1 Banda 5 Banda 7

On-the-go vis-NIR proximal sensors



Mouazen et al.

Agricultura de precisão

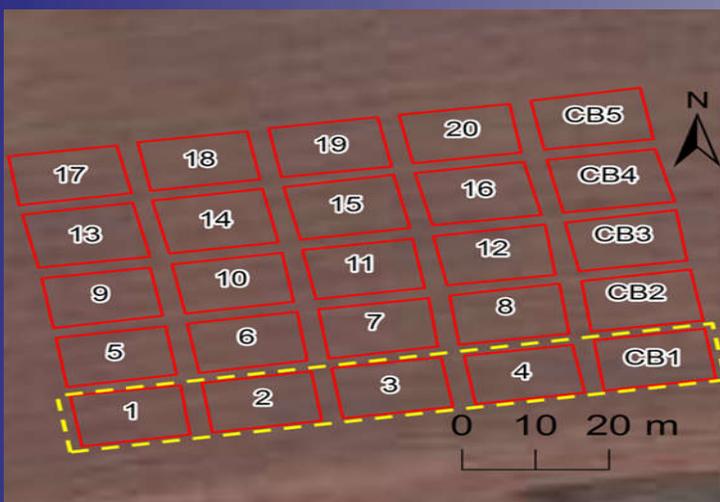
The first on-the-go soil spectral sensor for liming in the tropics.

Franceschini, M., Demattê*, J.A.M.; Molin, J.P.; Rizzo

(Submetido geoderma, 2015)

Preparo de campo

(Medições com sensor)



n = 150 samples

	pH	OM	Calc.	Magn.	CTC	V
R ²	0.43	0.43	0.29	0.48	0.33	0.38
RMSE	0.51	1.97	8.78	4.51	6.15	14.47
RPD	1.34	1.34	1.20	1.40	1.23	1.28

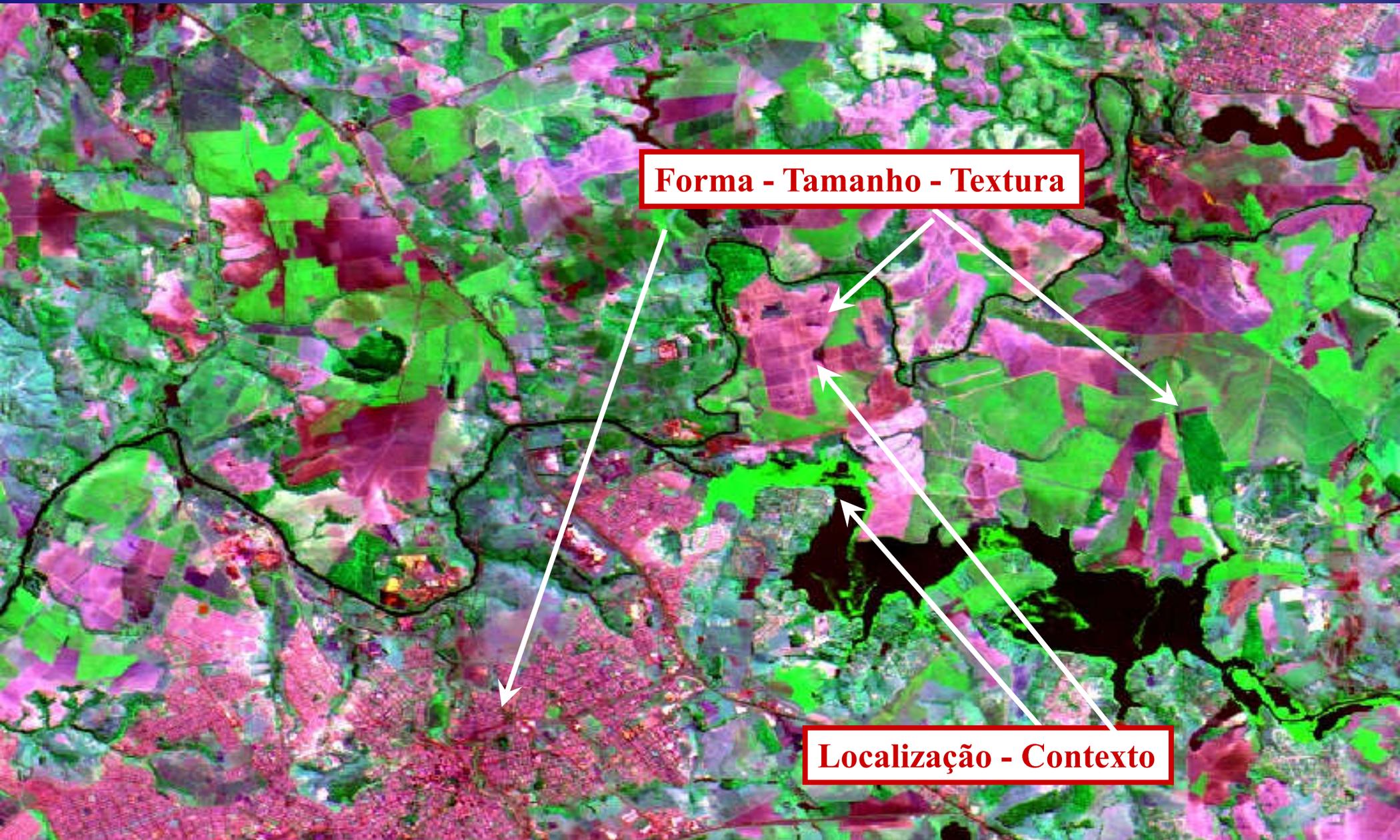
Métodos de Avaliação de dados

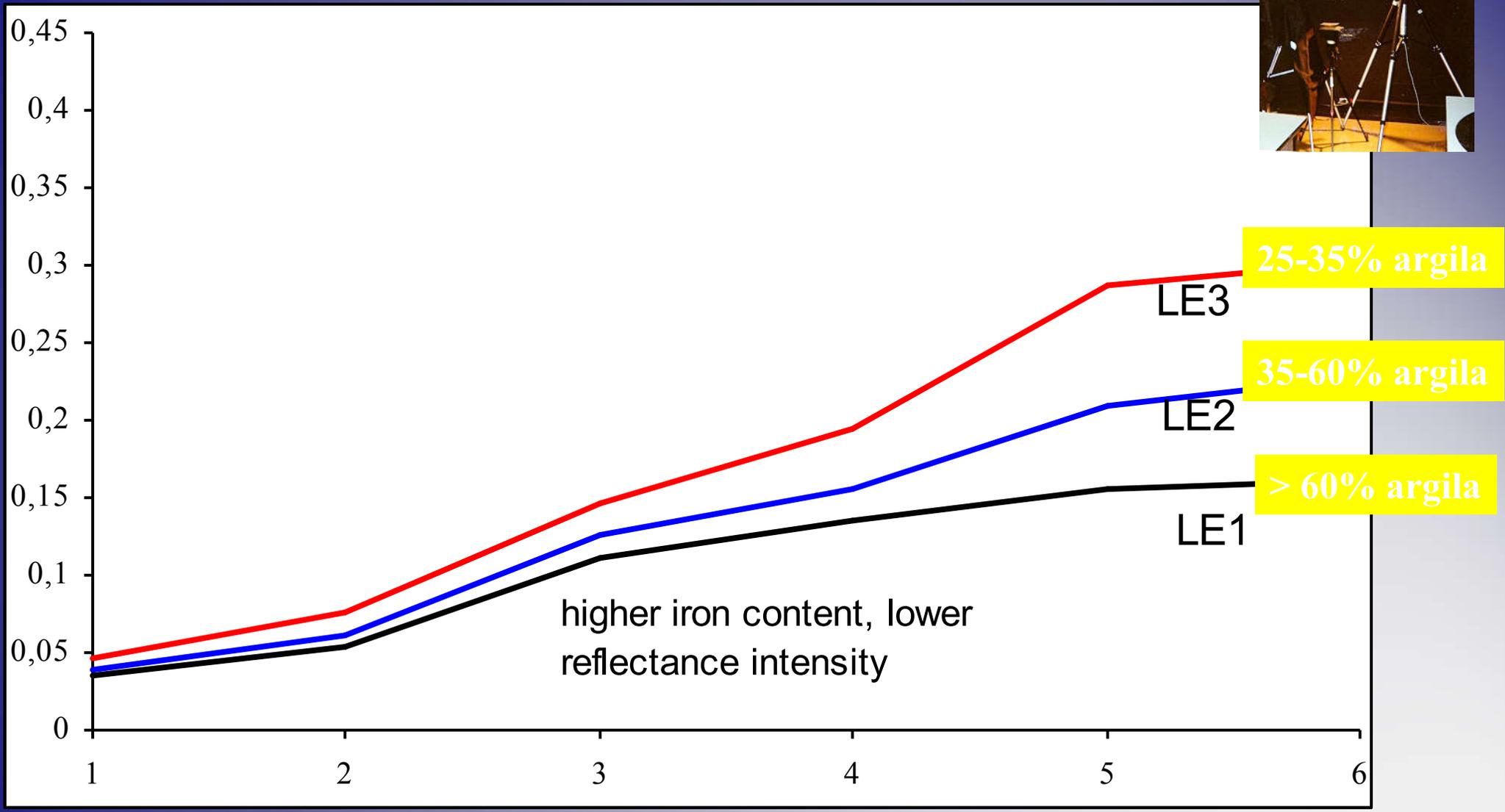
Interpretação de dados espectrais em imagens

Qualitativa: forma, tonalidade, aspectos associados

**Quantitativa: relacionado a valores físicos, composições
coloridas observados pelo auxílio dos computadores,
dados digitais**

Elementos de análise de Imagens





25-35% argila

35-60% argila

> 60% argila

LE3

LE2

LE1

Classificação Supervisionada

TM - LANDSAT (RGB)

Jaú

Estrada

+ Argiloso

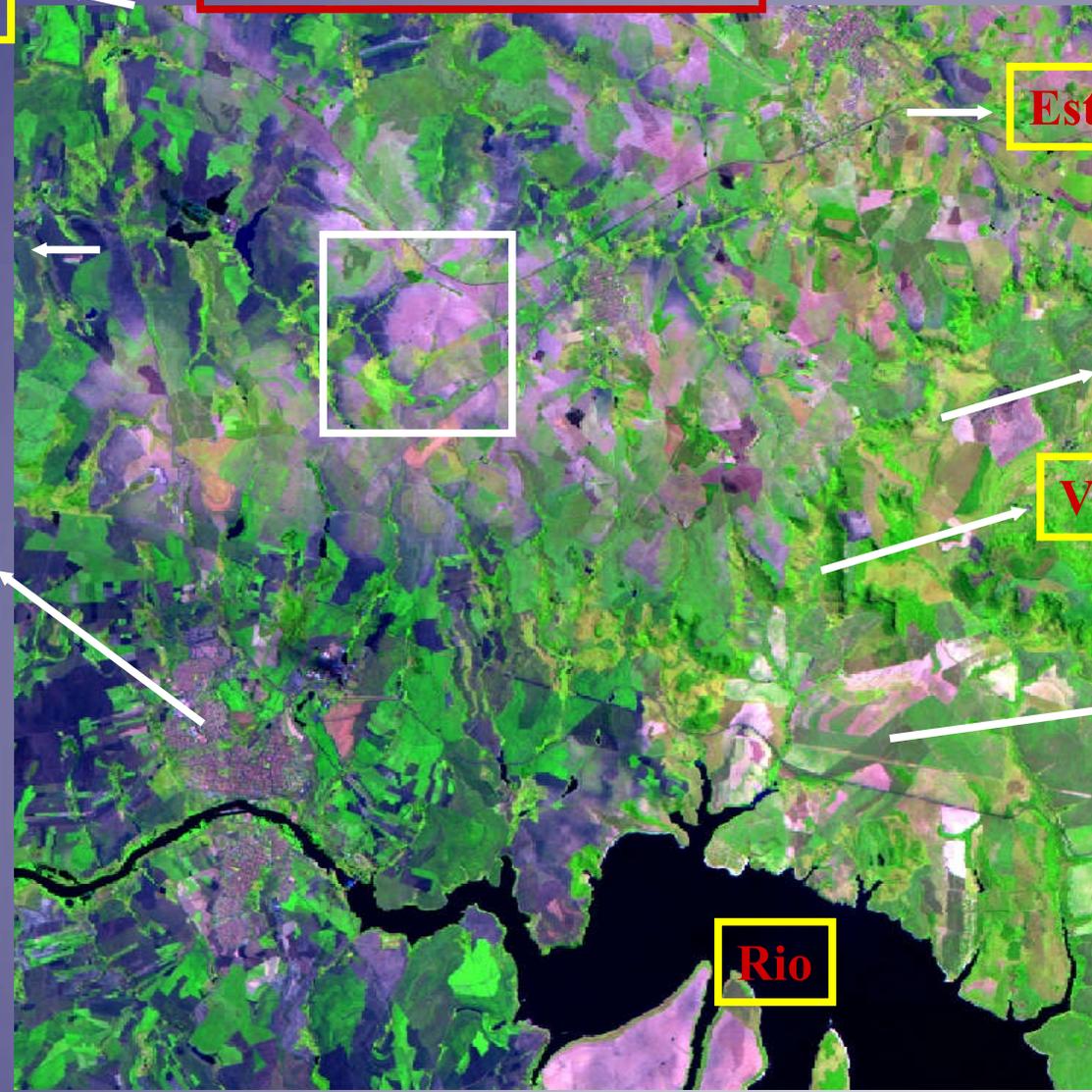
+ Arenoso

Área Urbana

Veg. Nativa

Cana

Rio



Classificação Supervisionada

(TREINAMENTO)

SPRING-3.5[usina_da_barra][TM]
Arquivo Editar Exibir Imagem Temático MNT Cadastral Rede Análise Executar Ferramentas Ajuda

Treinamento

Nome: Cor...

Temas

- Solo_Média
- Solo_Arenoso
- Solo_Argiloso
- Rio
- Nuvem**

Tipos: Aquisição Teste

Contorno: Poligonal Retangular

Amostras

- 52 Aquisição
- 53 Aquisição
- 54 Aquisição
- 55 Aquisição
- 56 Aquisição

Edição Polinomial

- Criar LF Adicionar P
- Mover P Eliminar P

Classificação

Diretório... CR

Contextos

- concurso**

Bandas

- B3
- B4
- B5

Imagem Segmentada:

Exatidão de Regiões

Treinamento... Classificação...
Pós-Classificação... Mapeamento...

Fechar Ajuda

PI: B4

Classificação Supervisionada

SPRING-3.5[usina_da_barra][TM]

Arquivo Editar Exibir Imagem Temático MNT Cadastral Rede Análise Executar Ferramentas Ajuda

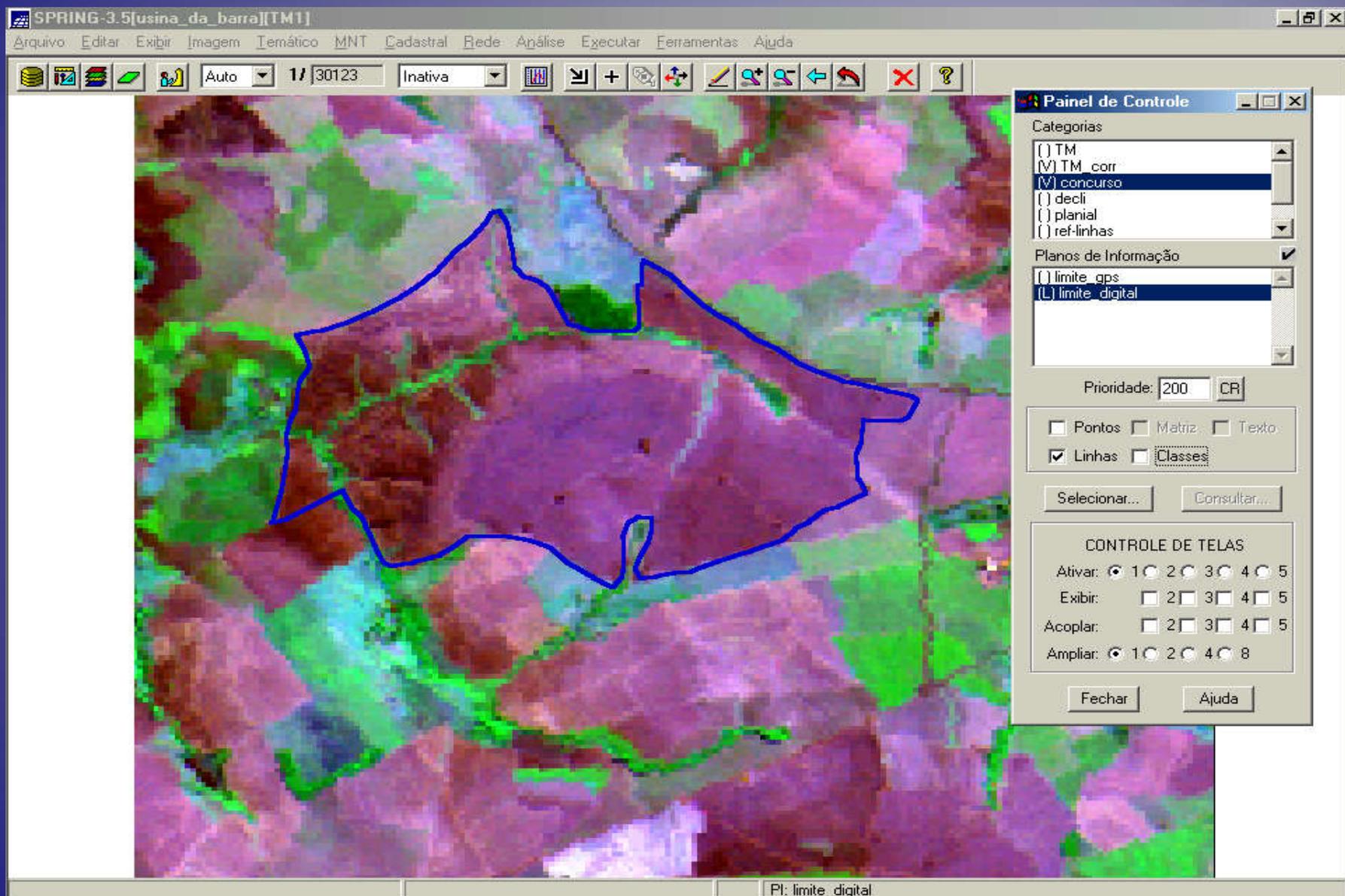
Auto 1/ 122901 Inativa

Pl: Supervisionada1

APLICAÇÕES

CÁLCULO DE ÁREAS

DIGITALIZAÇÃO EM TELA SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SPRING)



Curvas espectrais da imagem orbital

SPRING-3.5[usina_da_barra][TM1]

Arquivo Editar Exibir Imagem Temático MNT Cadastral Rede Análise Executar Ferramentas Ajuda

Auto 1/ 15812 Inativa

(Leitura de pixel)

Leitura de Pixels

Categoria: TM_corr
Long = o 48:29:55.518 Lat = s 22:24:23.03
X = 757508.1 m Y = 7520013.9 m
Col: 86 Lin: 70

PI: b5_corr

80	86	88	84	85
84	86	82	86	84
84	85	82	86	84
80	83	78	79	79
76	78	80	75	85

PI: b4_corr

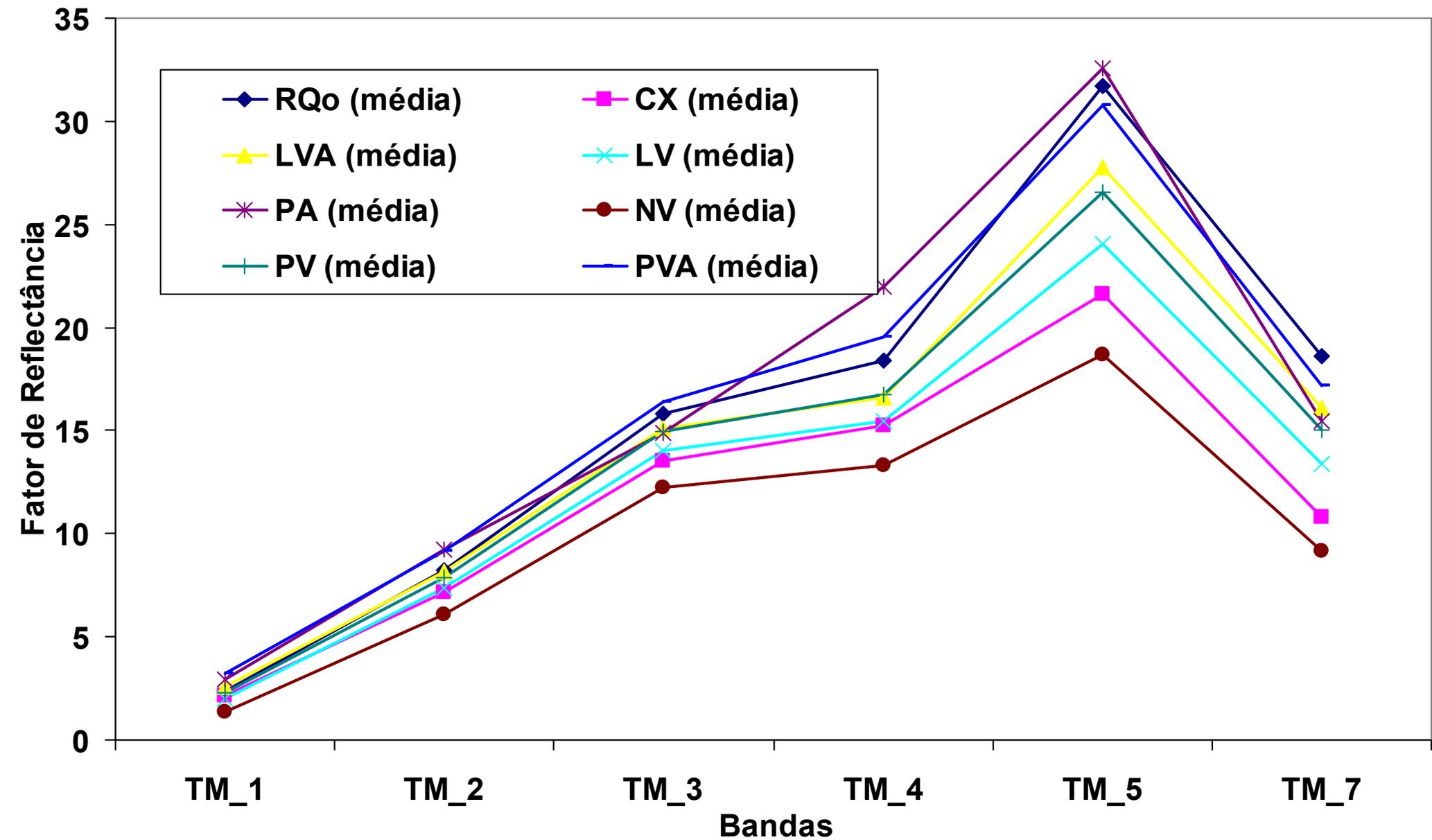
42	42	42	42	42
41	42	41	41	42
41	41	38	41	41
41	41	40	41	41
37	38	40	37	40

Posicionar Cursor... Salvar...

Apagar Fechar Ajuda

PI: b3_corr

Curvas espectrais da imagem orbital



LEVANTAMENTO DO USO DA TERRA

⇒ VANTAGENS DAS IMAGENS ORBITAIS

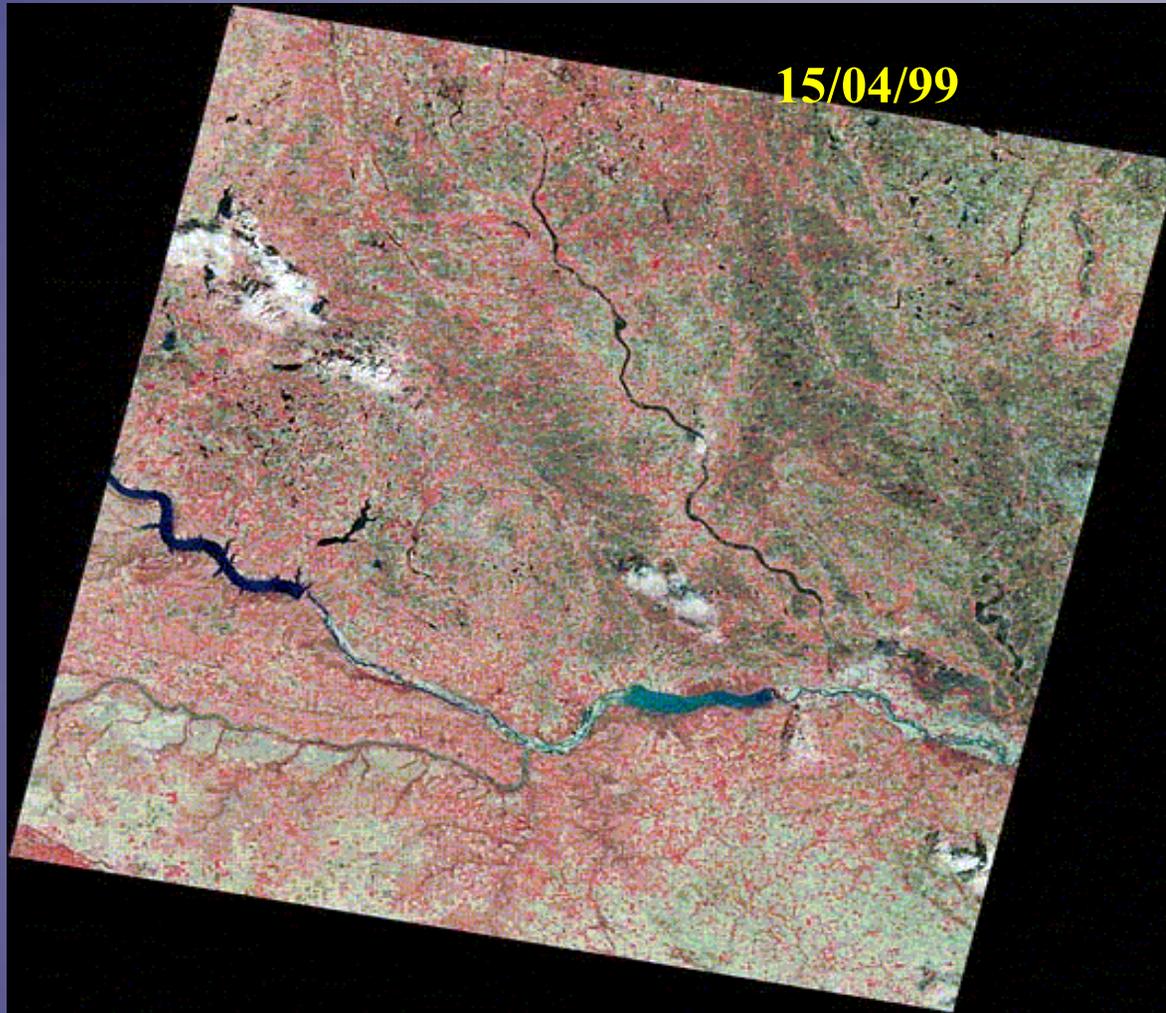
- Análise de grandes áreas em apenas uma imagem. No LANDSAT a cena de 185 km x 185 km abrange mais de 3,4 milhões de hectares;
- Repetitividade, novas imagens de uma mesma área a cada 16 dias (LANDSAT);
- Custo: o km² é mais barato;
- Homogeneidade: toda a área coberta pela imagem apresenta-se uniforme o que seria difícil obter em centenas de fotografias aéreas necessárias para cobrir áreas semelhantes.

⇒ DESVANTAGENS DAS IMAGENS ORBITAIS

- É difícil o mapeamento de detalhes devido à menor escala;
- Ausência de estereoscopia (exceção do SPOT): o relevo e outras feições topográficas devem ser inferidos pela análise da drenagem superficial, textura fotográfica, erosão, diferenças tonais e sombras

NOVAS IMAGENS ORBITAIS

ETM+ Landsat 7 (RGB)



NOVAS IMAGENS ORBITAIS

Rio de Janeiro

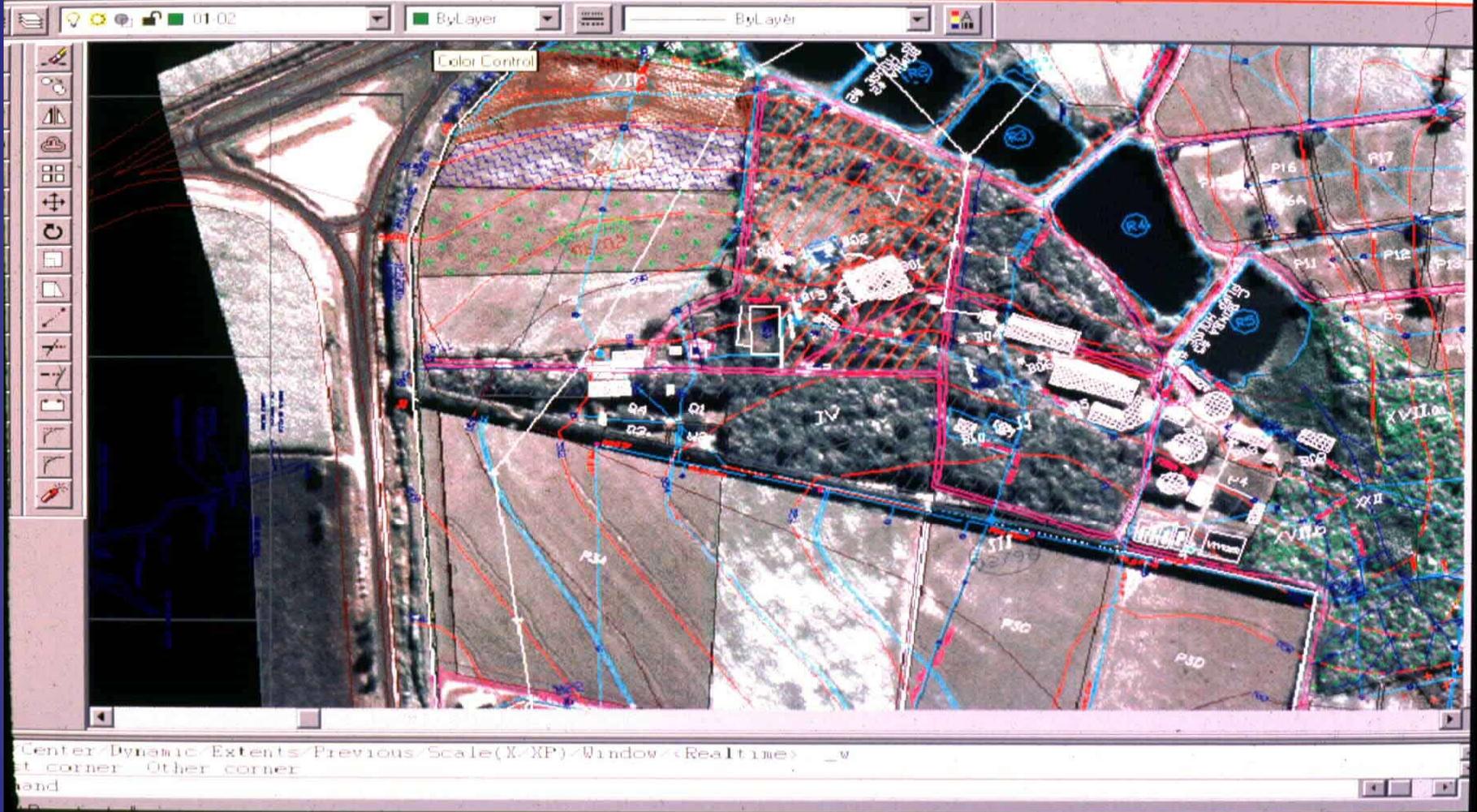


IKONOS II

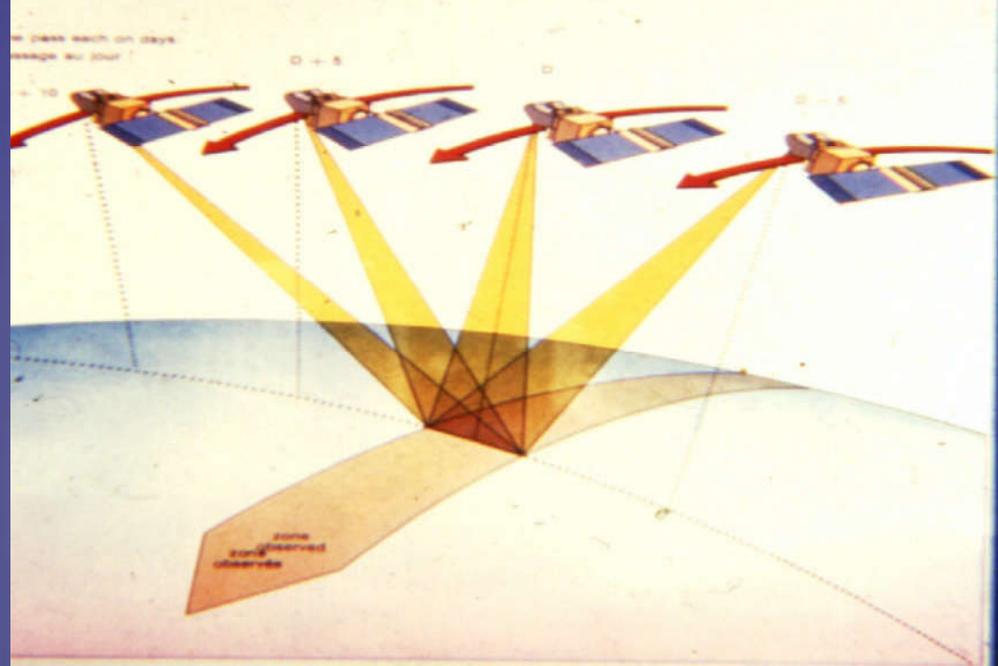
- Lançamento: 24/09/99
- Altitude: 681 km
- Resolução espacial:
1m (Pancromática)
4m (Multiespectral)
- Bandas:
pan (450-900 nm)
azul (450-520 nm)
verde (520-600 nm)
vermelho (630-690 nm)
I.V.P. (760-900 nm)



Levantamento Planialtimétrico Cadastral

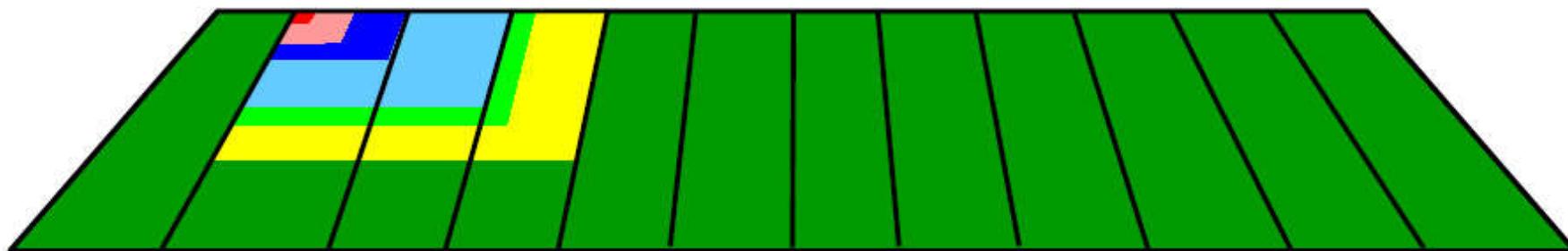


revisit capabilities



la répétitivité des observations

Spatial Resolution



IKONOS - 1m

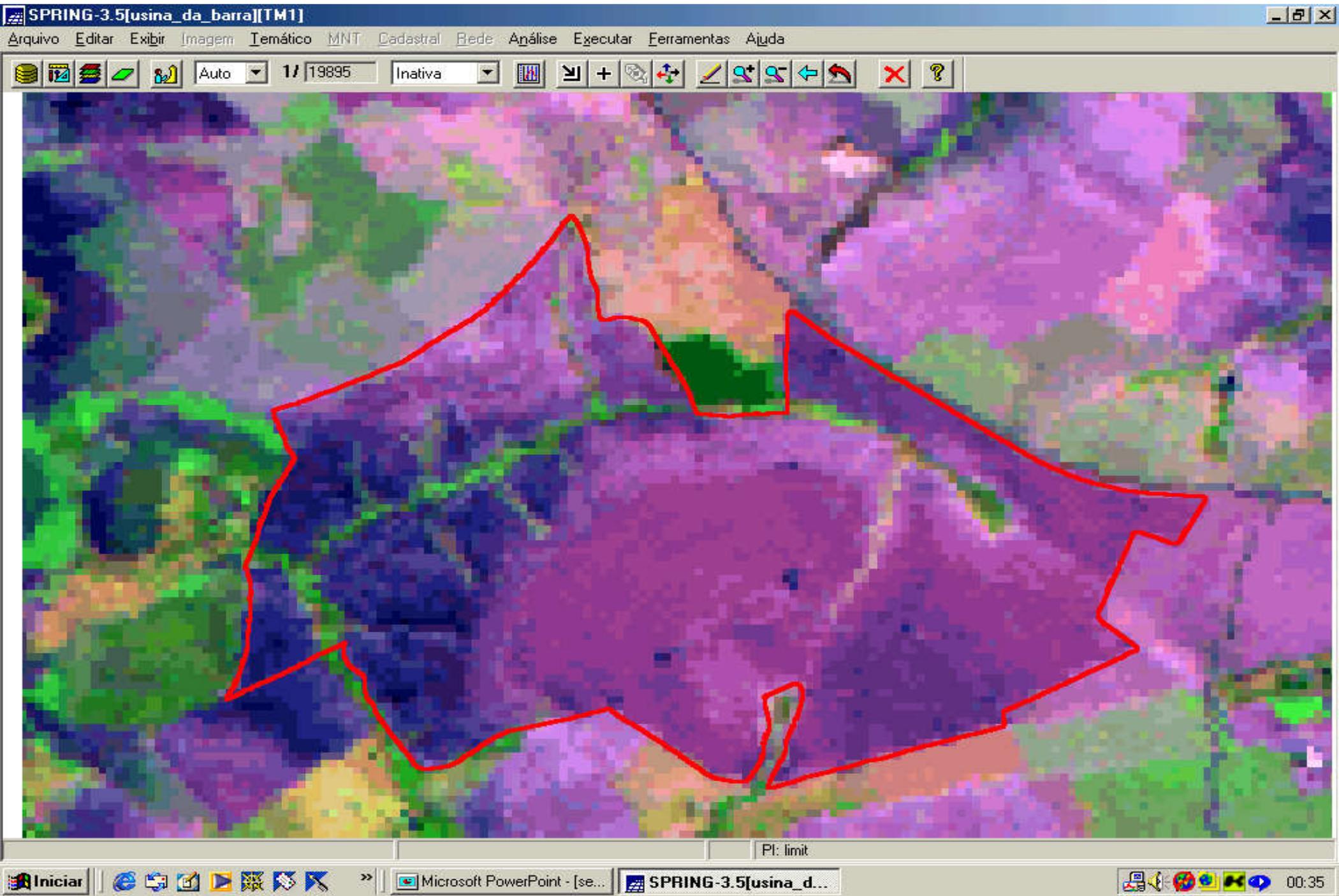
IRS-1C (Pan) - 5.9m

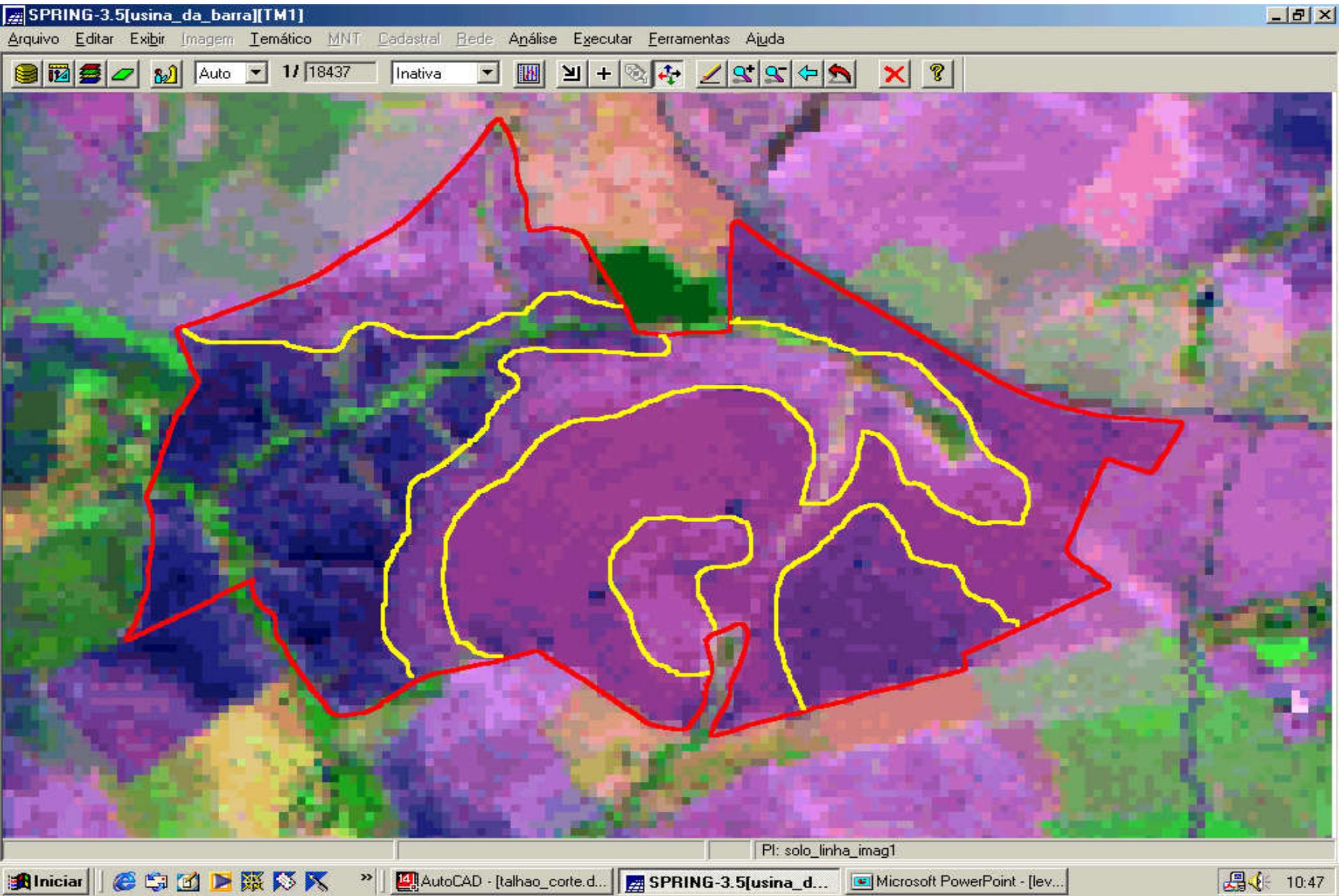
SPOT (Pan) - 10m

SPOT (XS) - 20m

IRS MSI LISS III - 23.5m

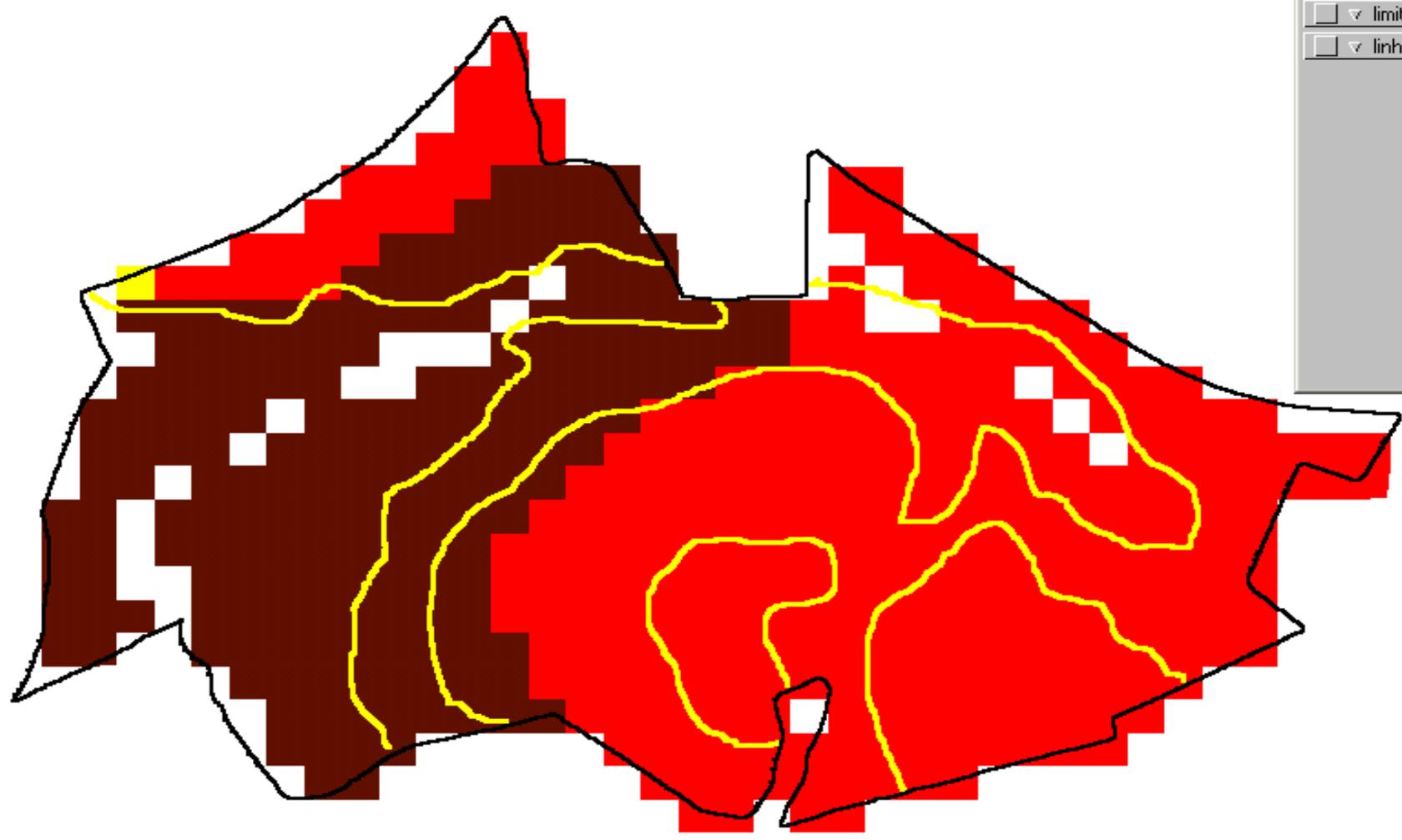
Landsat TM - 30m





Legenda

- SOLO_IAC_2
 - LE1+LE2
 - LE3+LRd+TE2
 - PV1
- limite
- linha_imag1



Estratégias em levantamento de Solos

Aquisição de dados ao nível
laboratório e/ou campo

Laboratório de radiometria



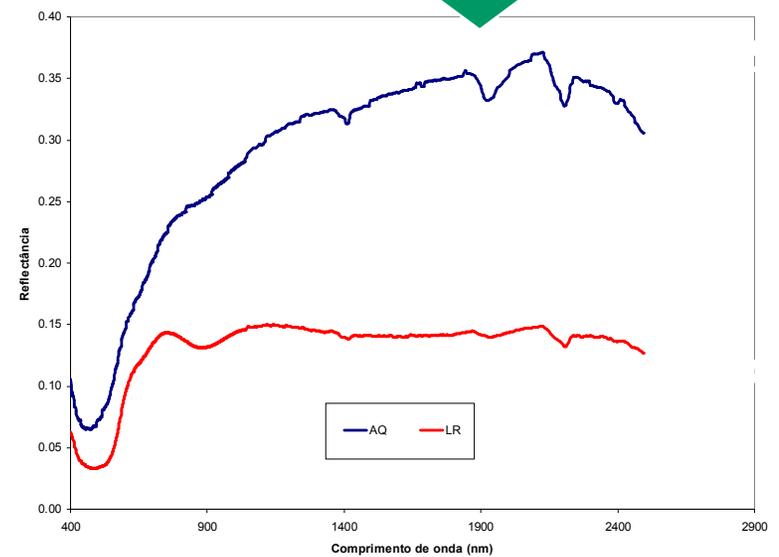
Sensor
400-2500 nm

Halogen
Lamp

Modelagem de dados

Vantagens

Desvantagens



Aquisição de dados por satélite

Processamento: correção atmosférica, transformação em reflectância, georreferenciamento

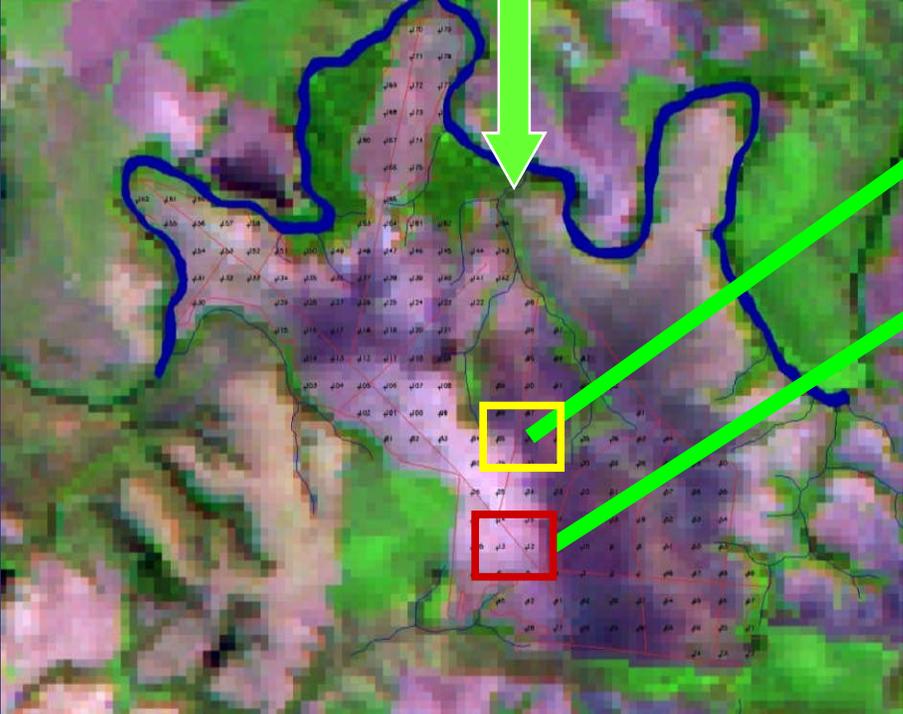
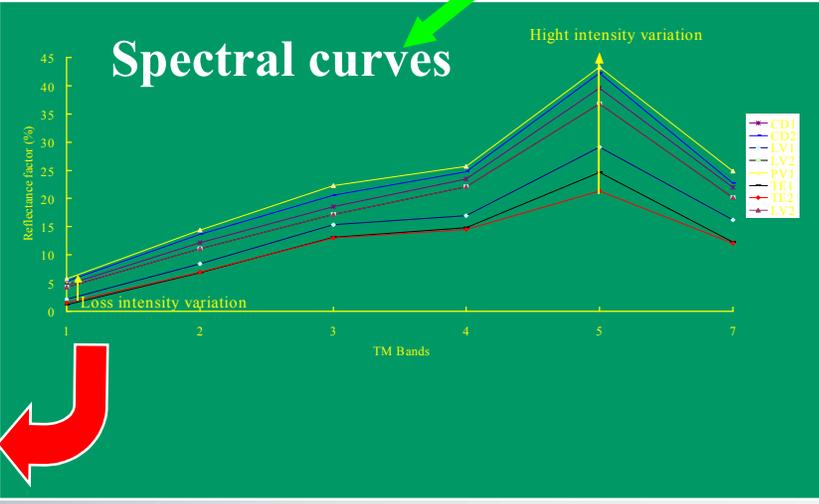
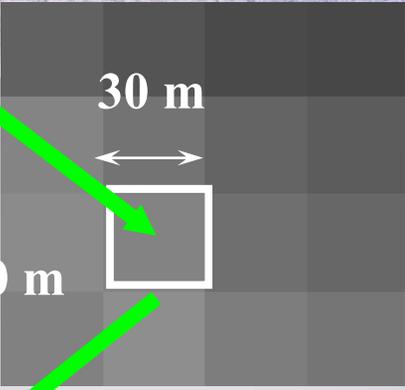
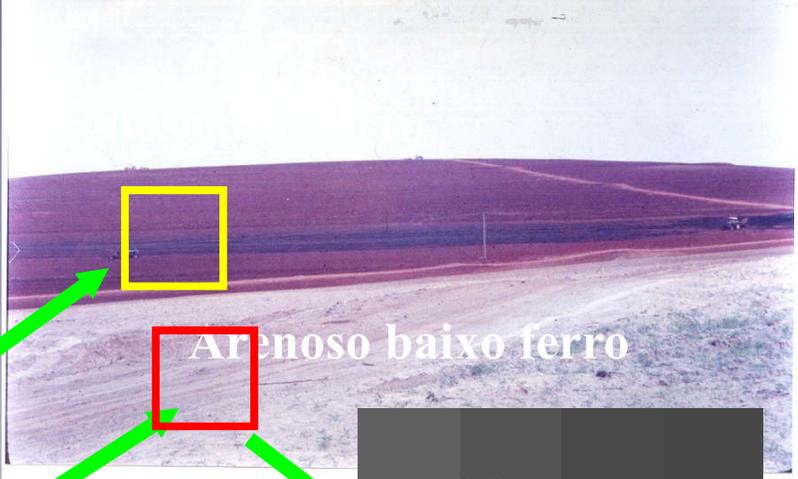


Ilustração de área com solo exposto

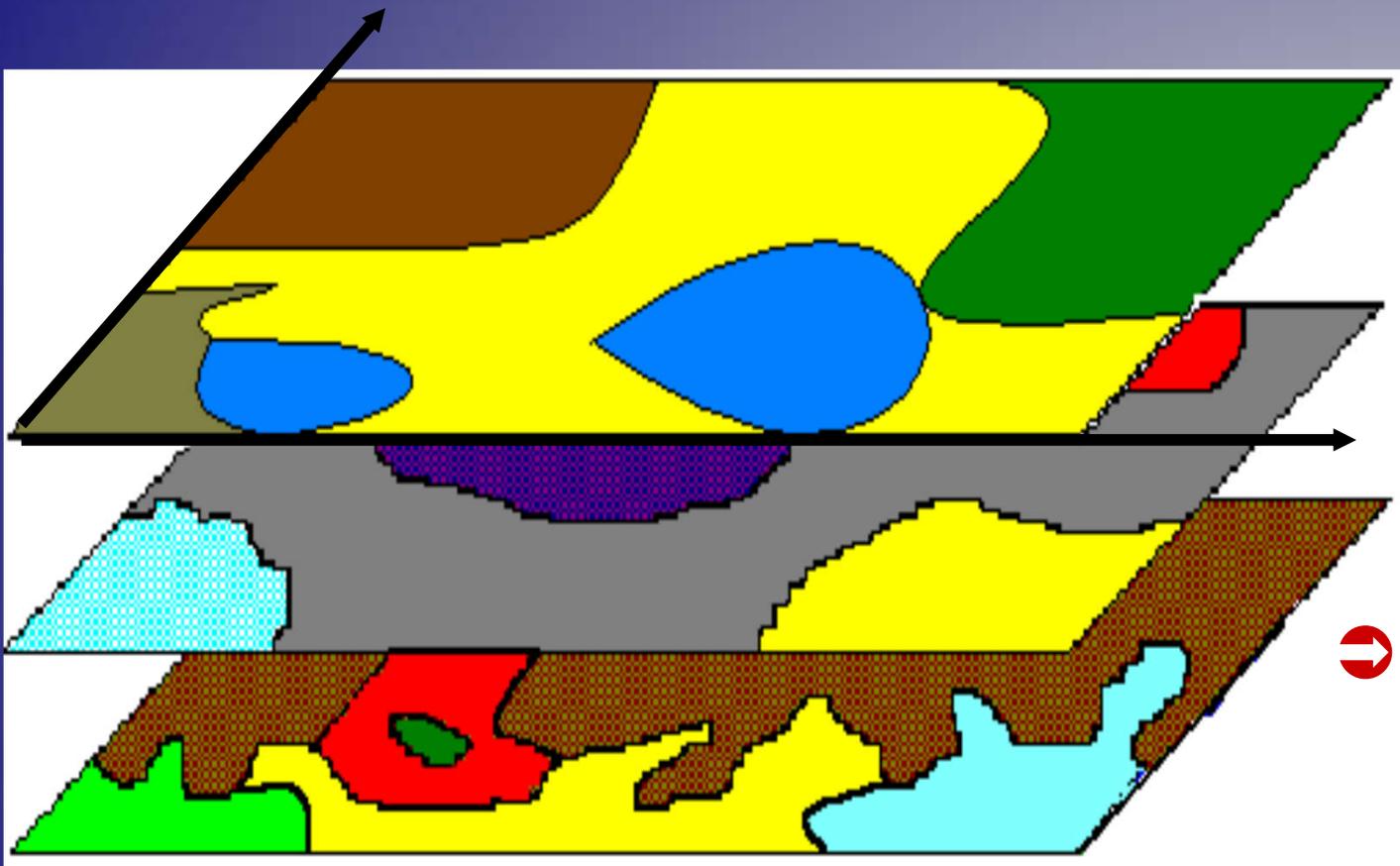


Vantagens

Desvantagens

Modelar dados

GEOPROCESSAMENTO



- ➔ SOLOS
 - Química
 - Física
- ➔ Carta Clinográfica

- ➔ Aptidão Agrícola
- Capacidade de Uso
- Sampa

Considerações finais

A imagem como ela vem inicialmente;

Época da imagem;

Melhor composição para solos;

Cuidados na aquisição



<http://bibliotecaespectral.wix.com/esalq>



• <http://esalqgeocis.wix.com/geocis>

José A.M. Demattê
jamdemat@usp.br