

# **C U R S O**

## **MATERIAL DE APOIO PARA A COMPREENSÃO DOS PRINCÍPIOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS**

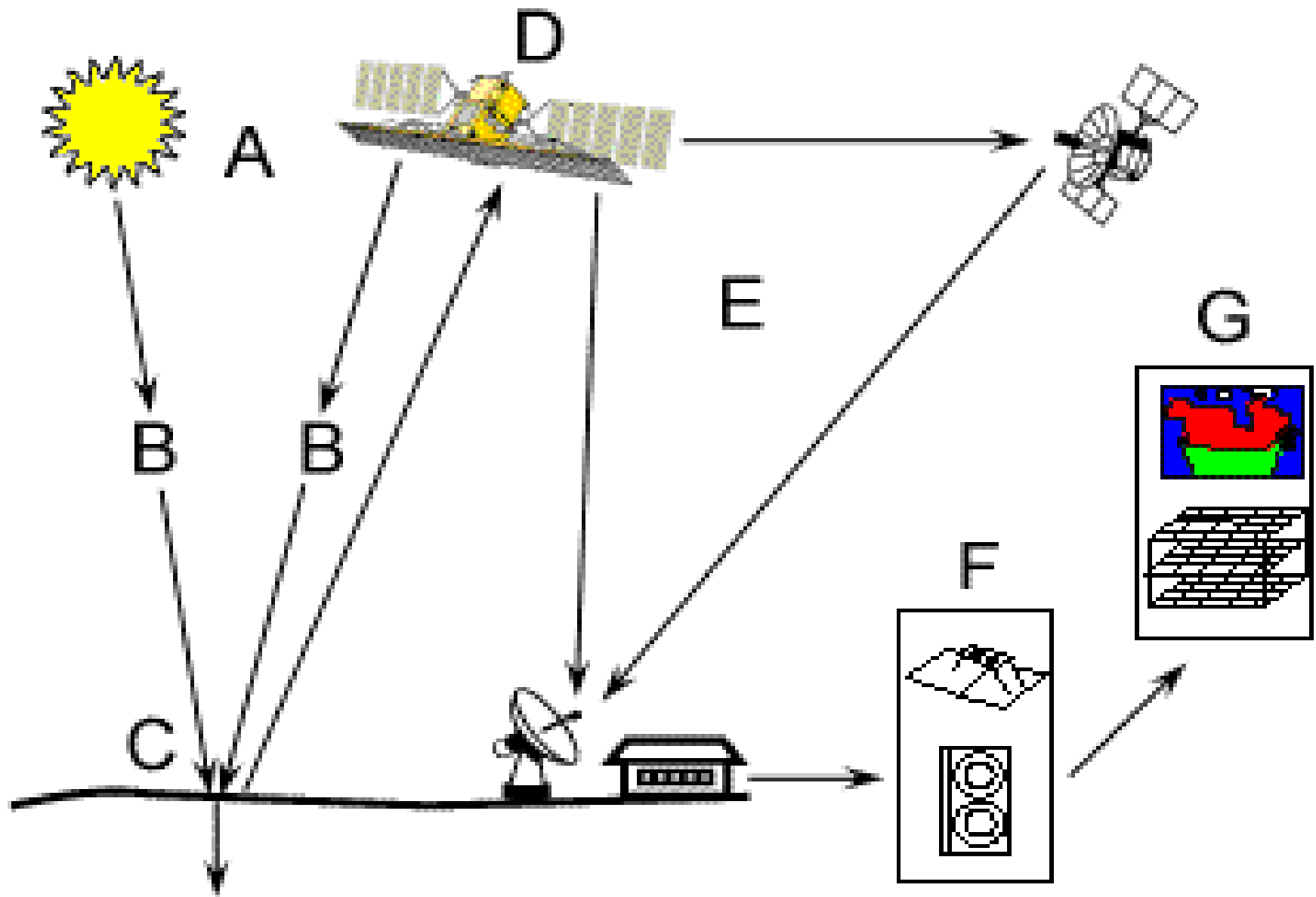
### **DOCENTES**

**Prof. Dr. Getulio Batista**

**Dr. Nelson Dias**

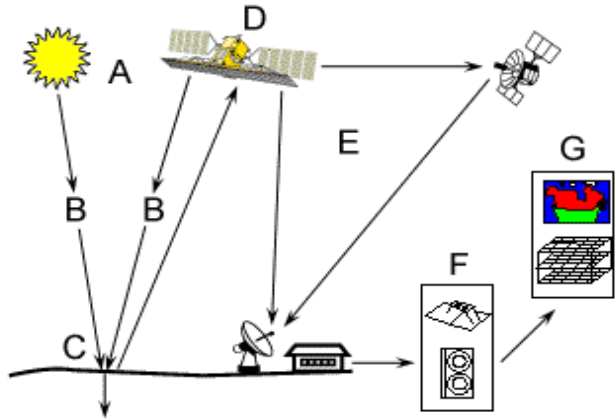
# Conceituação do SR

- O principal objetivo do Sensoriamento Remoto é expandir a percepção sensorial do ser humano, seja através da visão sinóptica (panorâmica) dada pela visão aérea ou espacial seja pela possibilidade de se obter informações em regiões do espectro eletromagnético inacessíveis à visão humana.
- O SR expande a oportunidade, acesso, visão sinóptica >> um modelo da superfície trazido para dentro do laboratório



## **1.1 o que é Sensoriamento Remoto?**

- 1) Fonte de Energia ou Iluminação (A)
- 2) Interação entre a Radiação e a Atmosfera (B)
- 3) Interação com o Objeto (C)
- 4) Registro da Energia pelo Sensor (D)
- 5) Transmissão, Recepção, e Processamento (E)
- 6) Interpretação e Análise (F)
- 7) Modelagem e Aplicação (G)



## Componente

## Exemplo da Máquina Fotográfica

A - 1 - Fonte

Sol (ou outra fonte luminosa e.g. lâmpada)

B - 2 - Meio 1

(entre a fonte e o alvo) Ar (atmosfera)

C - 3 - Alvo

Pessoa (ou uma paisagem)

B - 2 - Meio 2

(entre o alvo e o sensor) Ar (atmosfera)

D - 4 - Sensor

Máquina fotográfica (filme)

E - 5 – Processador

Aparelhos do laboratório de revelação

F - 6 - Analista

Pessoa que observa (analisa) a foto

G – 7 – Integração

Organização do álbum

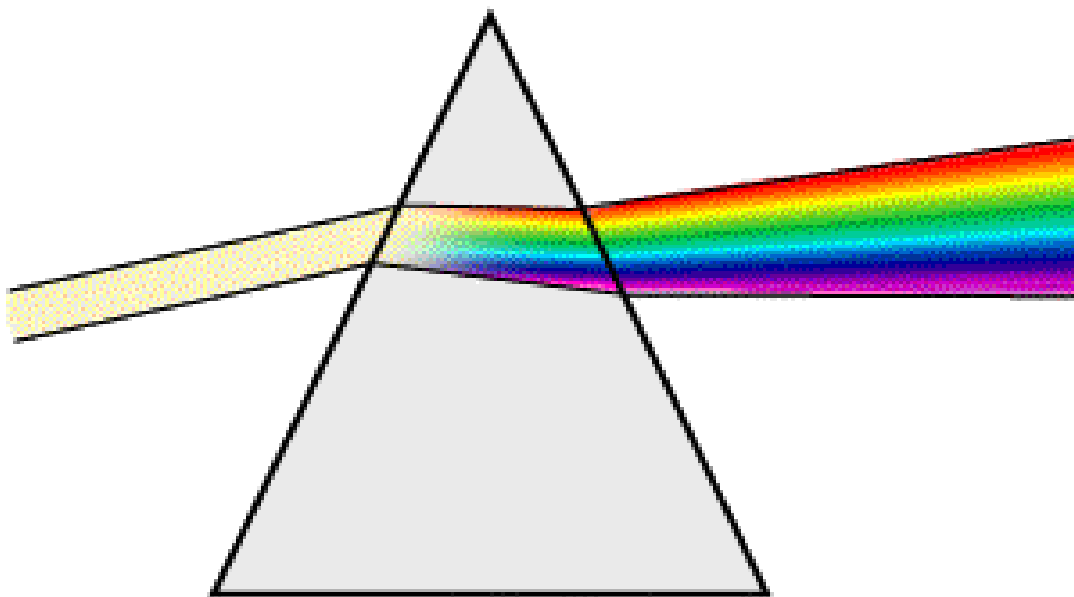
# RADIAÇÃO



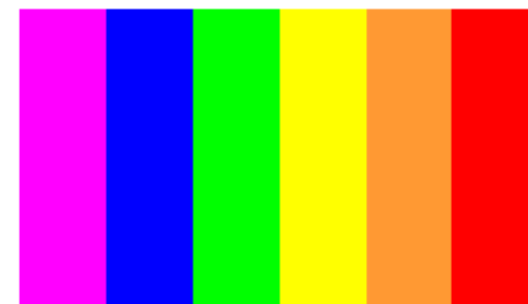
Qualquer objeto acima do zero absoluto emite radiação.

O sol é nossa principal fonte de radiação.

Prisma

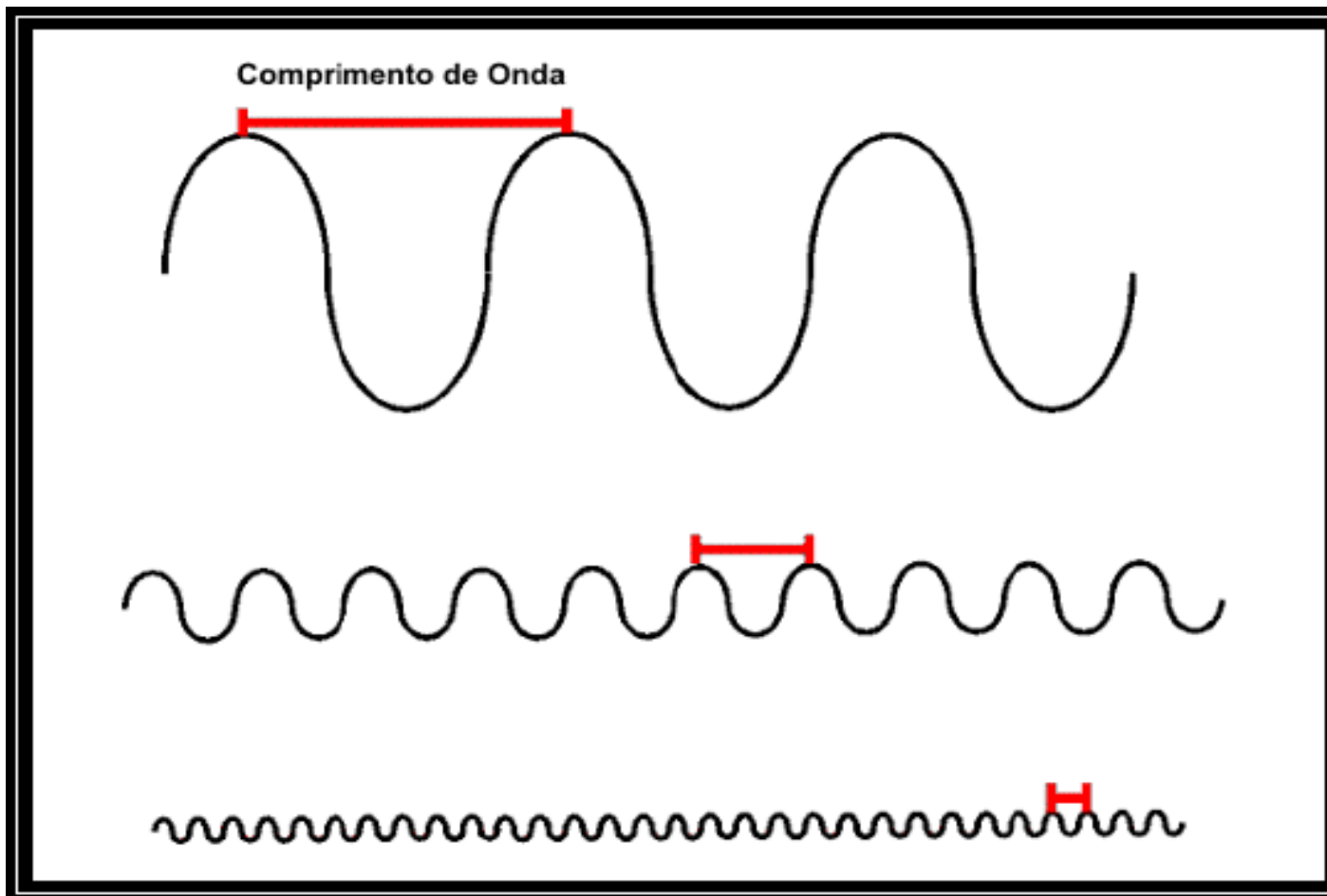


Cores



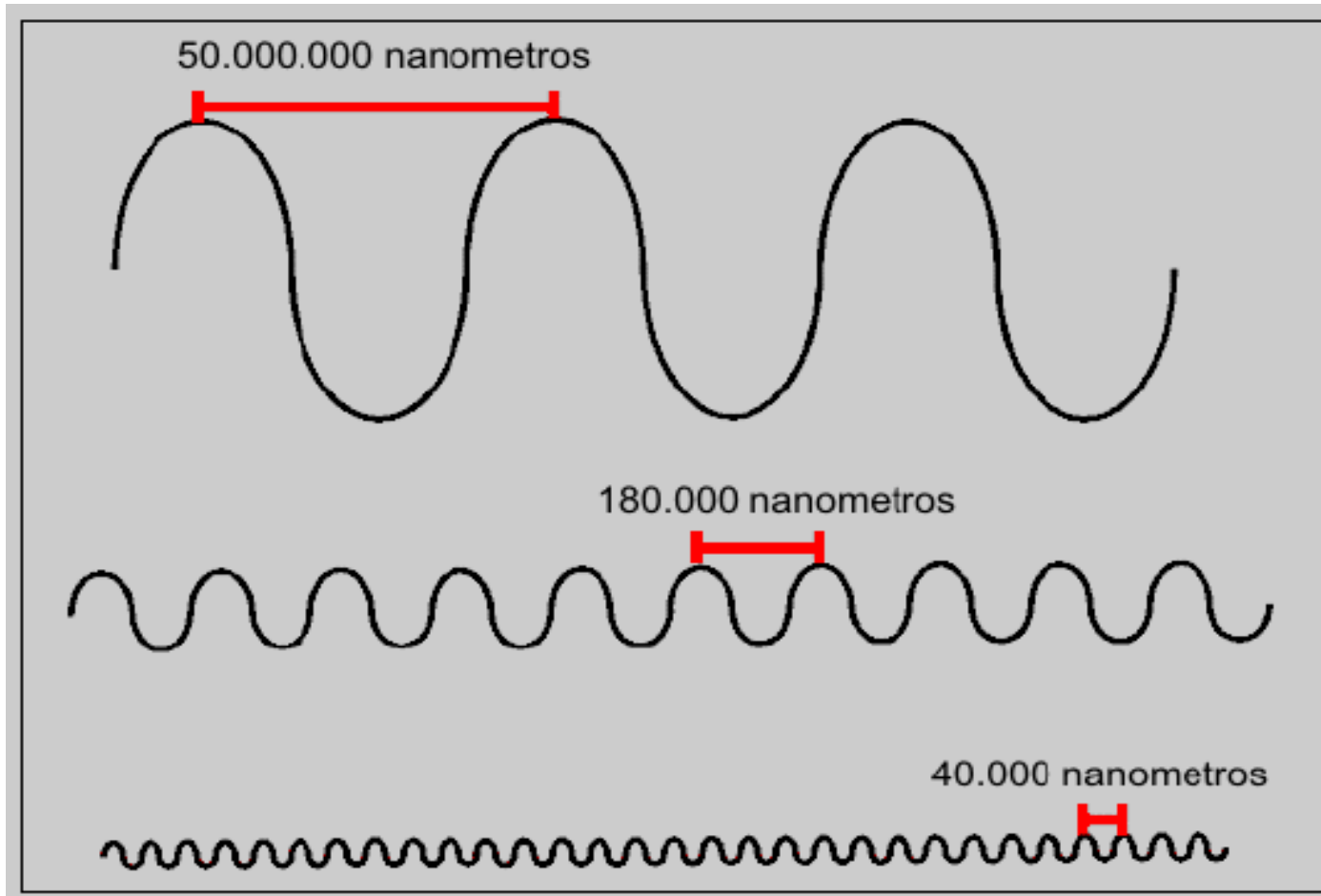
Comprimento de onda +

# RADIAÇÃO

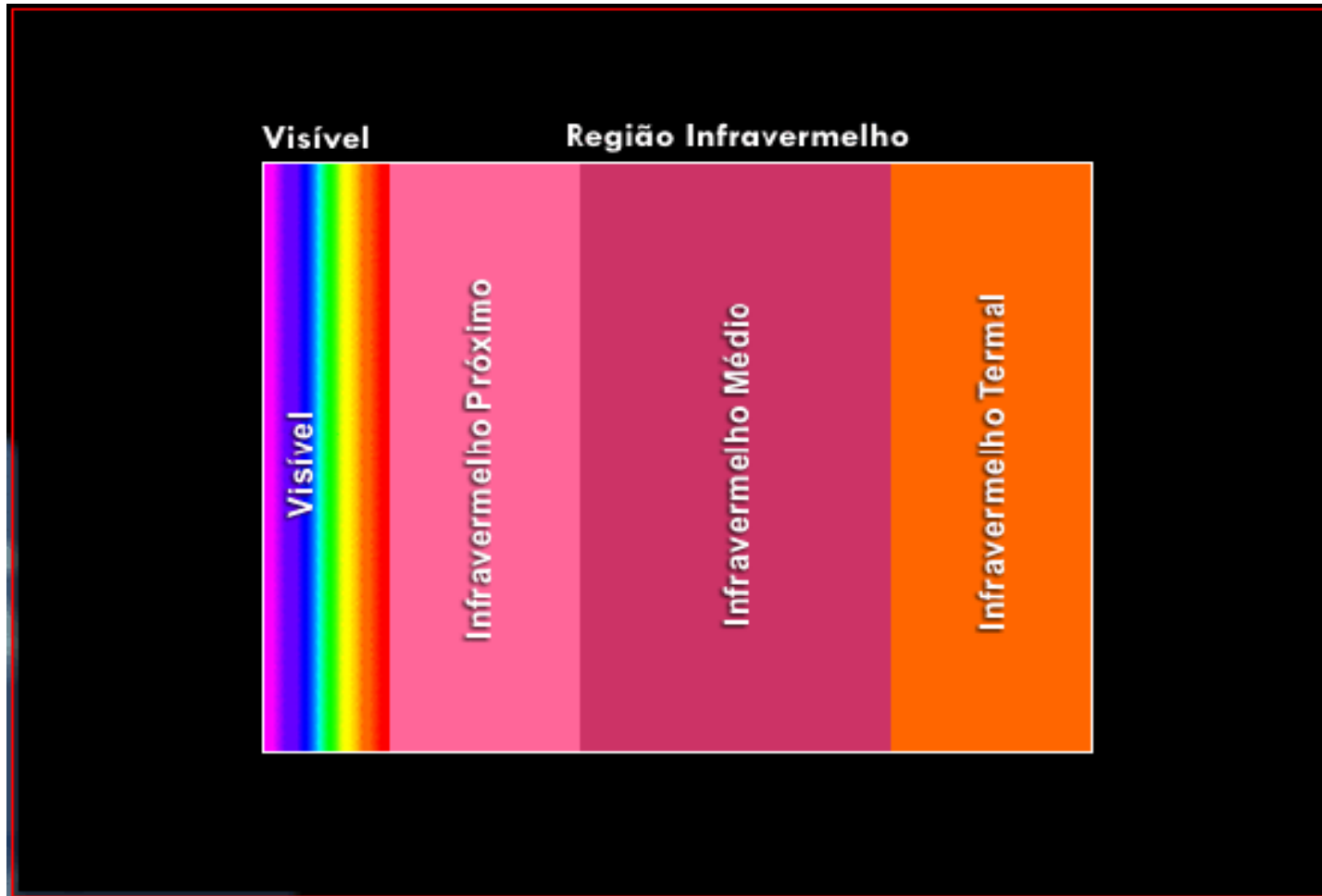




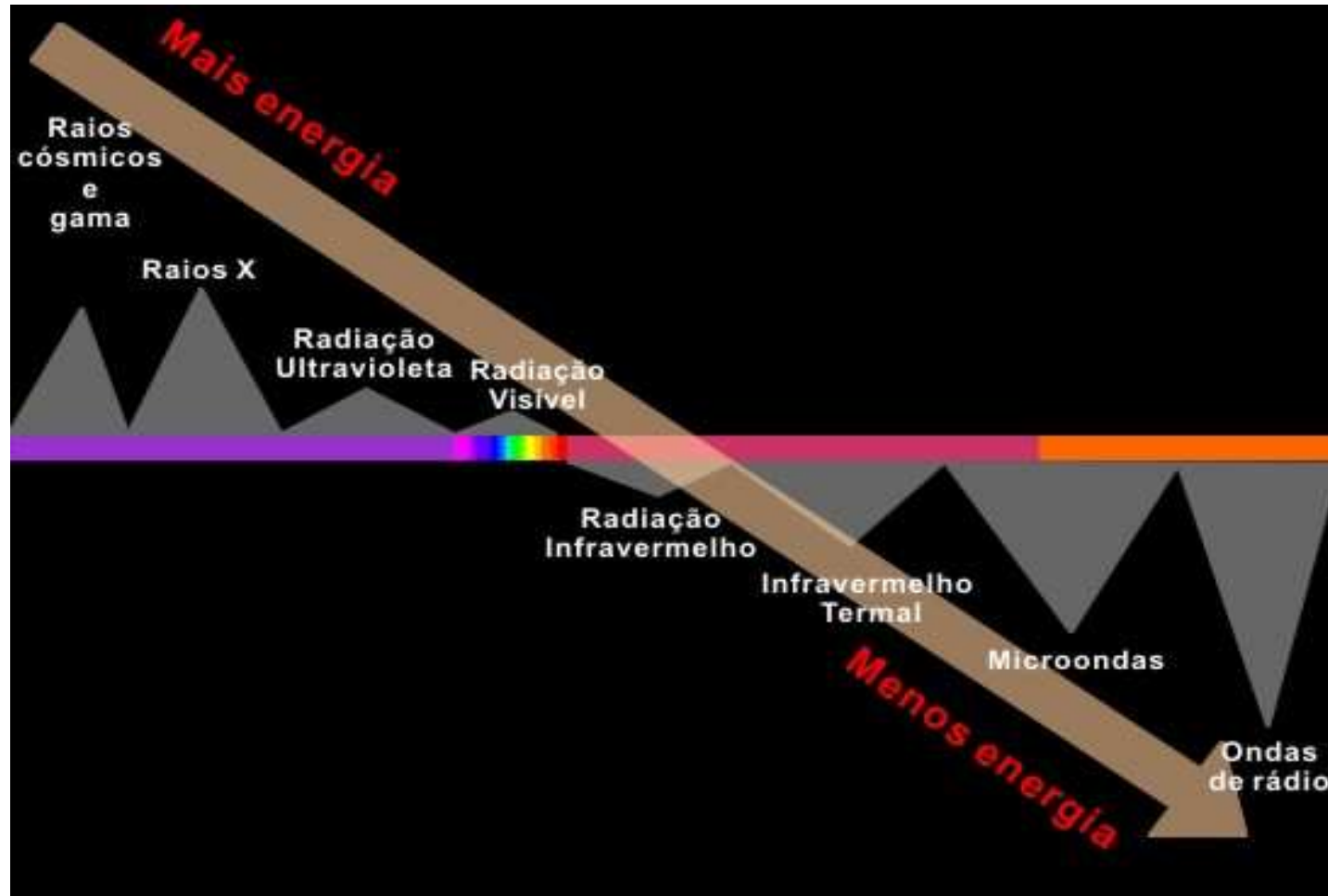
# RADIAÇÃO



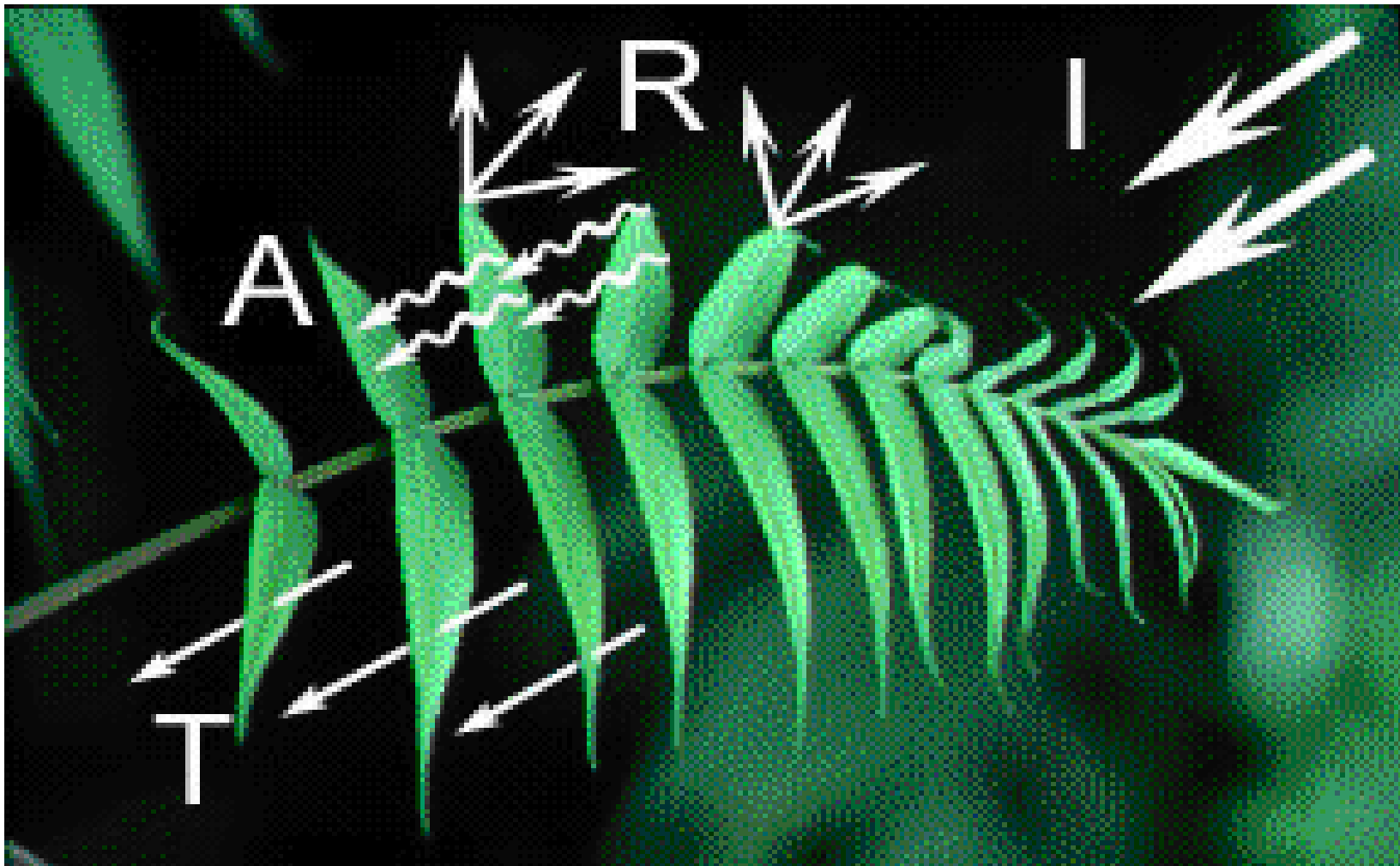
# FAIXAS ESPECTRAIS



# ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



# **INTERAÇÃO DA ENERGIA COM A SUPERFÍCIE DA TERRA**



**Três formas de interação da energia com o alvo:**

$$\mathbf{R + A + T = I}$$

# INTERAÇÃO DA ENERGIA COM A SUPERFÍCIE



# INTERAÇÃO DA ENERGIA COM A SUPERFÍCIE

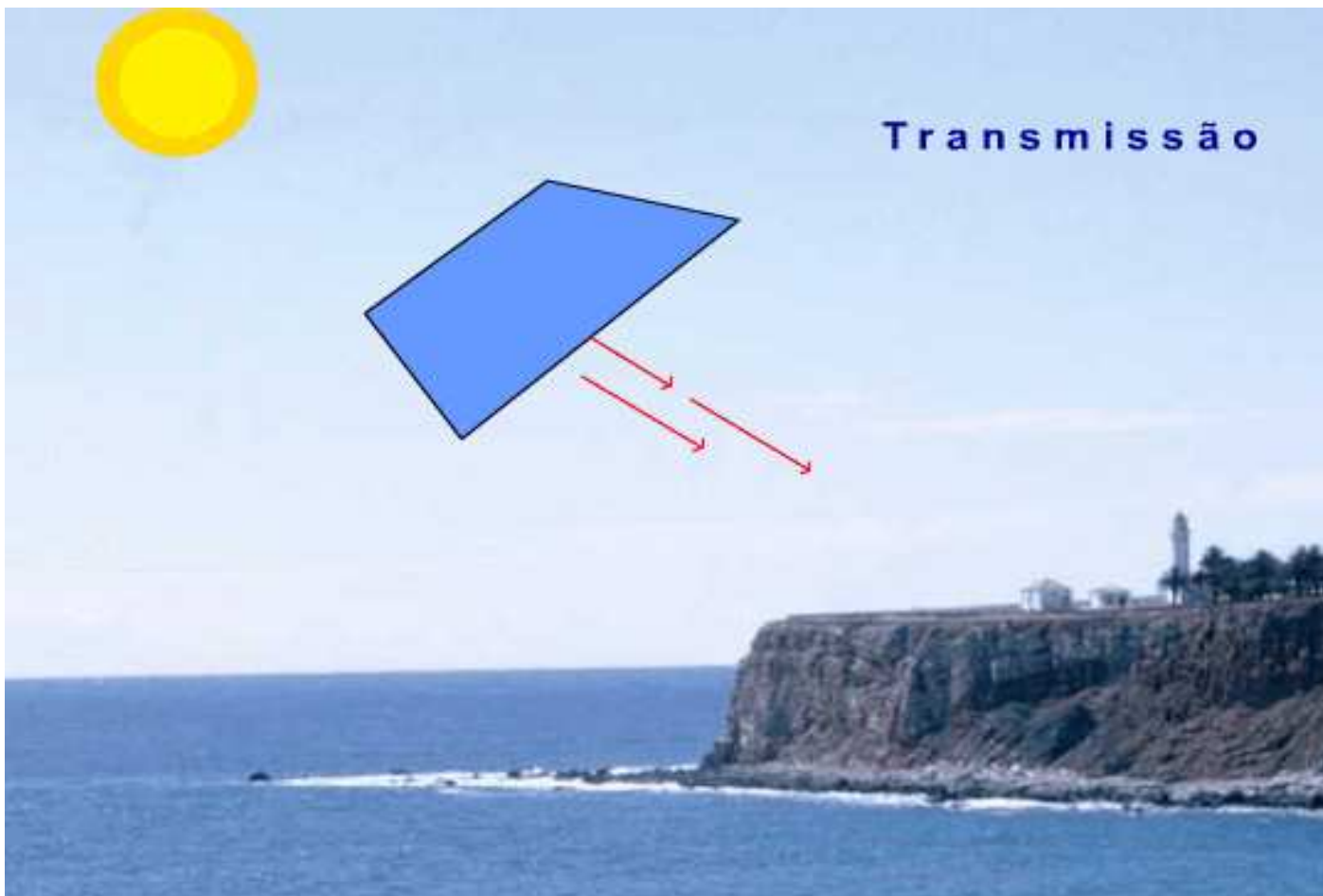


# INTERAÇÃO DA ENERGIA COM A SUPERFÍCIE

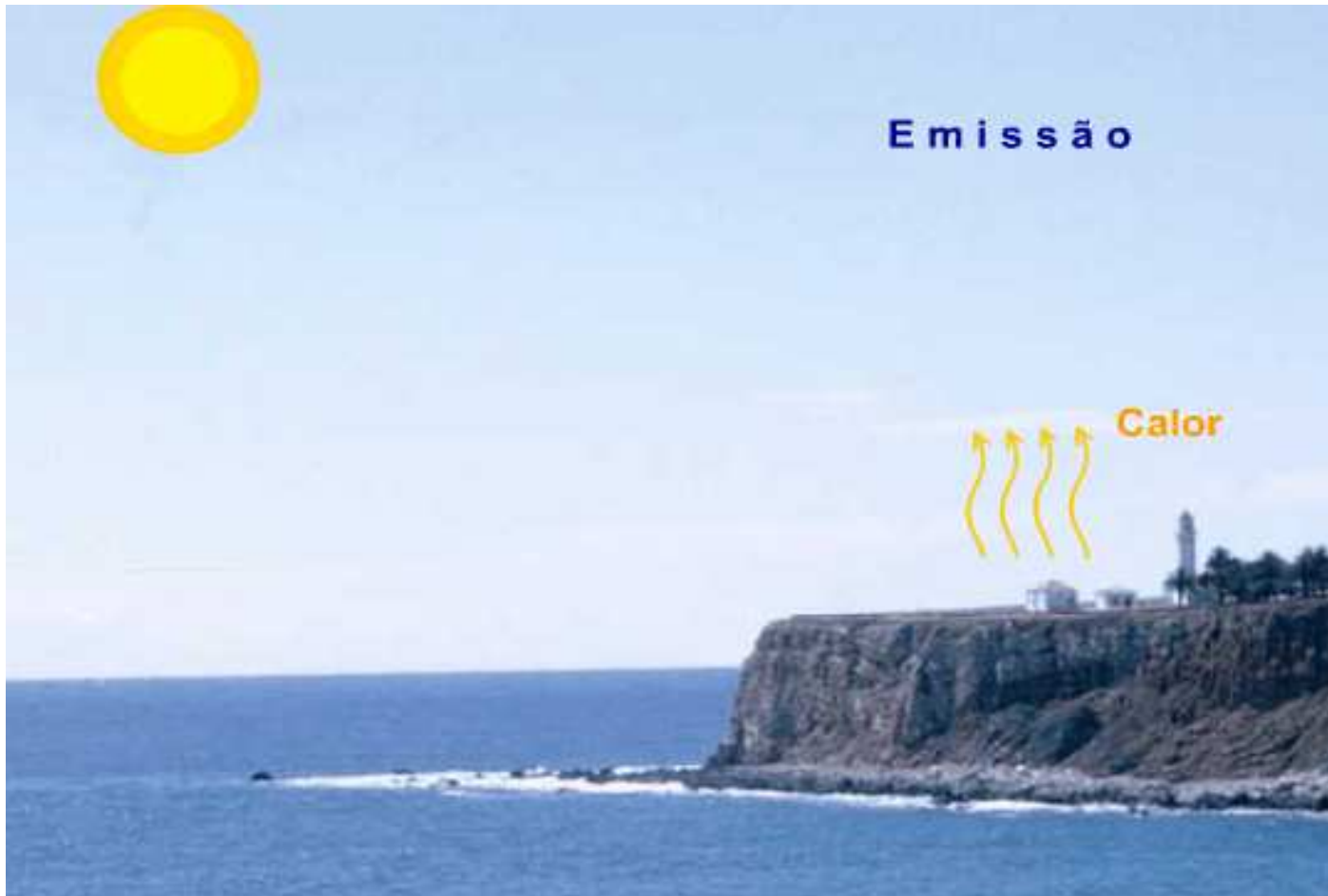


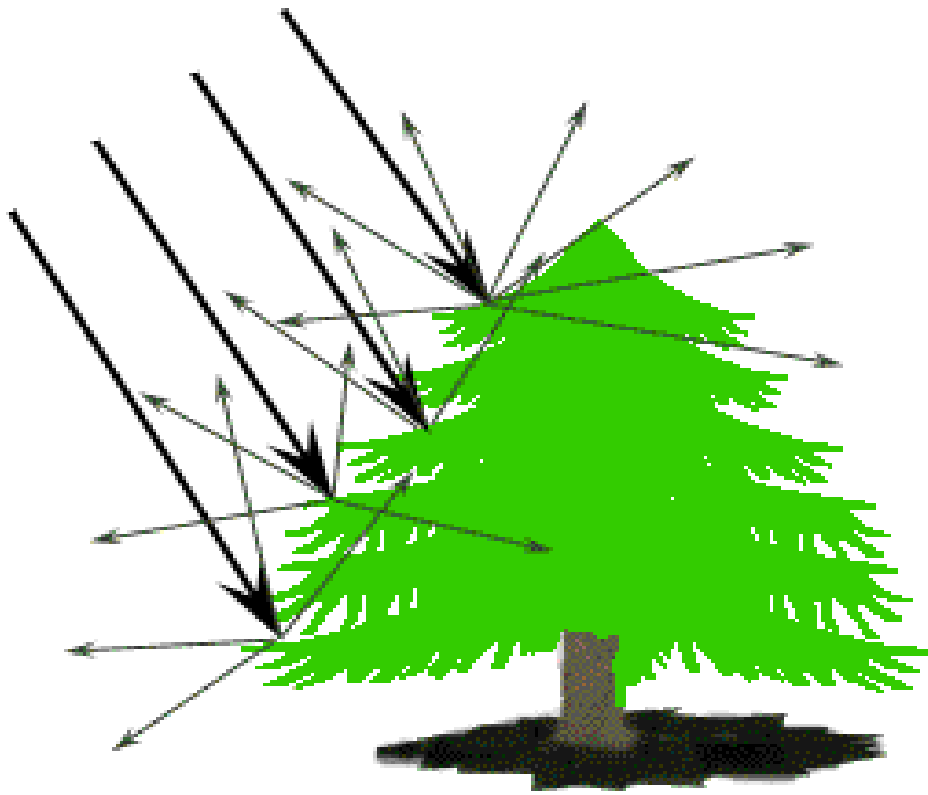


# INTERAÇÃO DA ENERGIA COM A SUPERFÍCIE

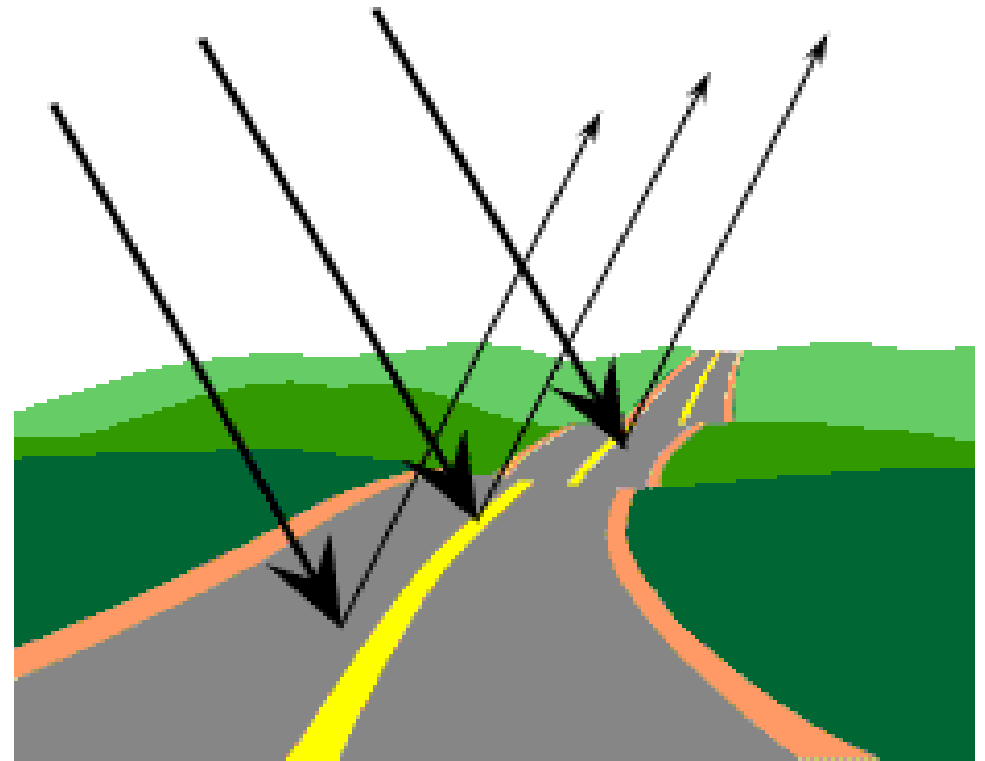


# INTERAÇÃO DA ENERGIA COM A SUPERFÍCIE

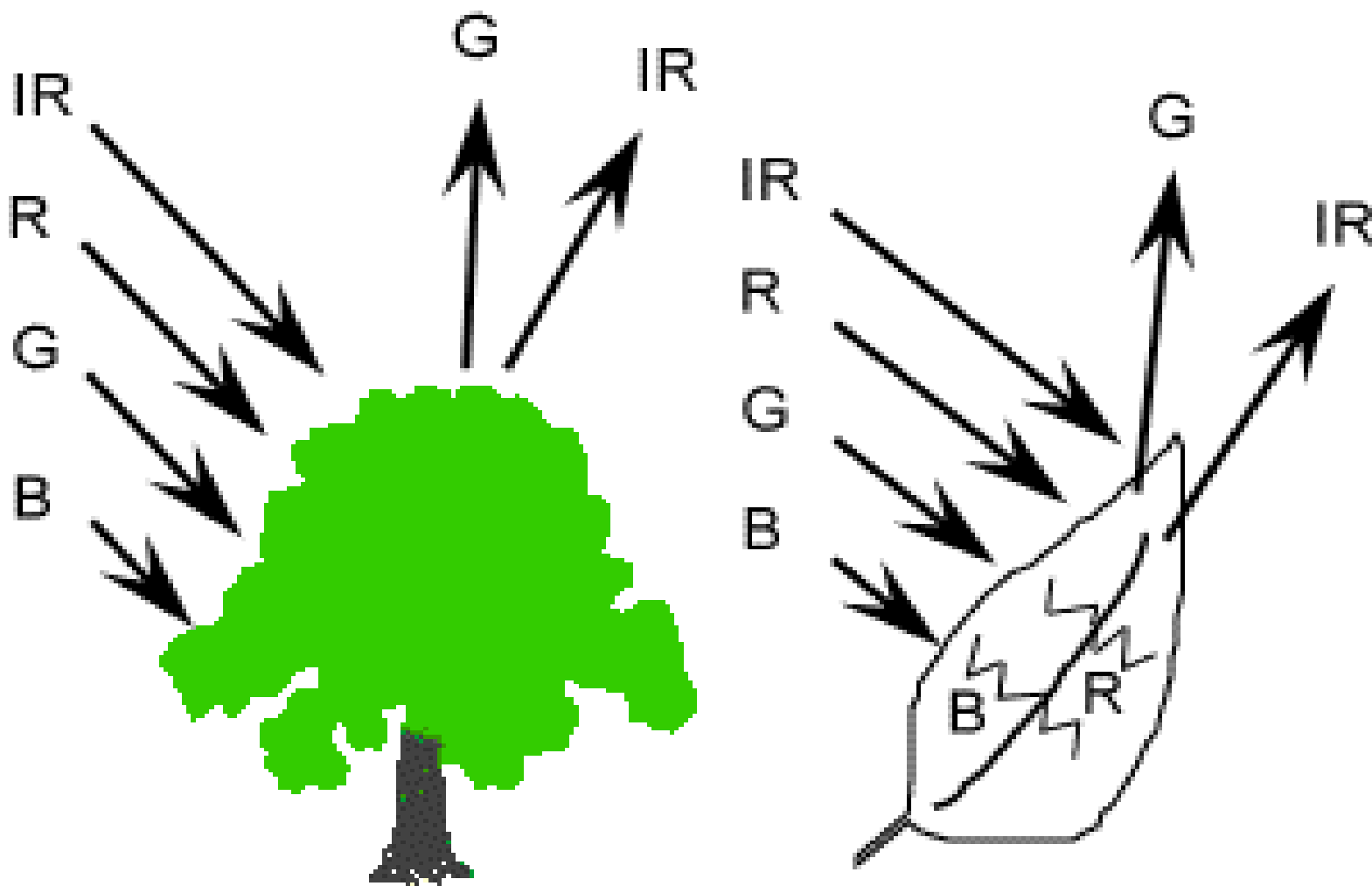




Reflexão Difusa

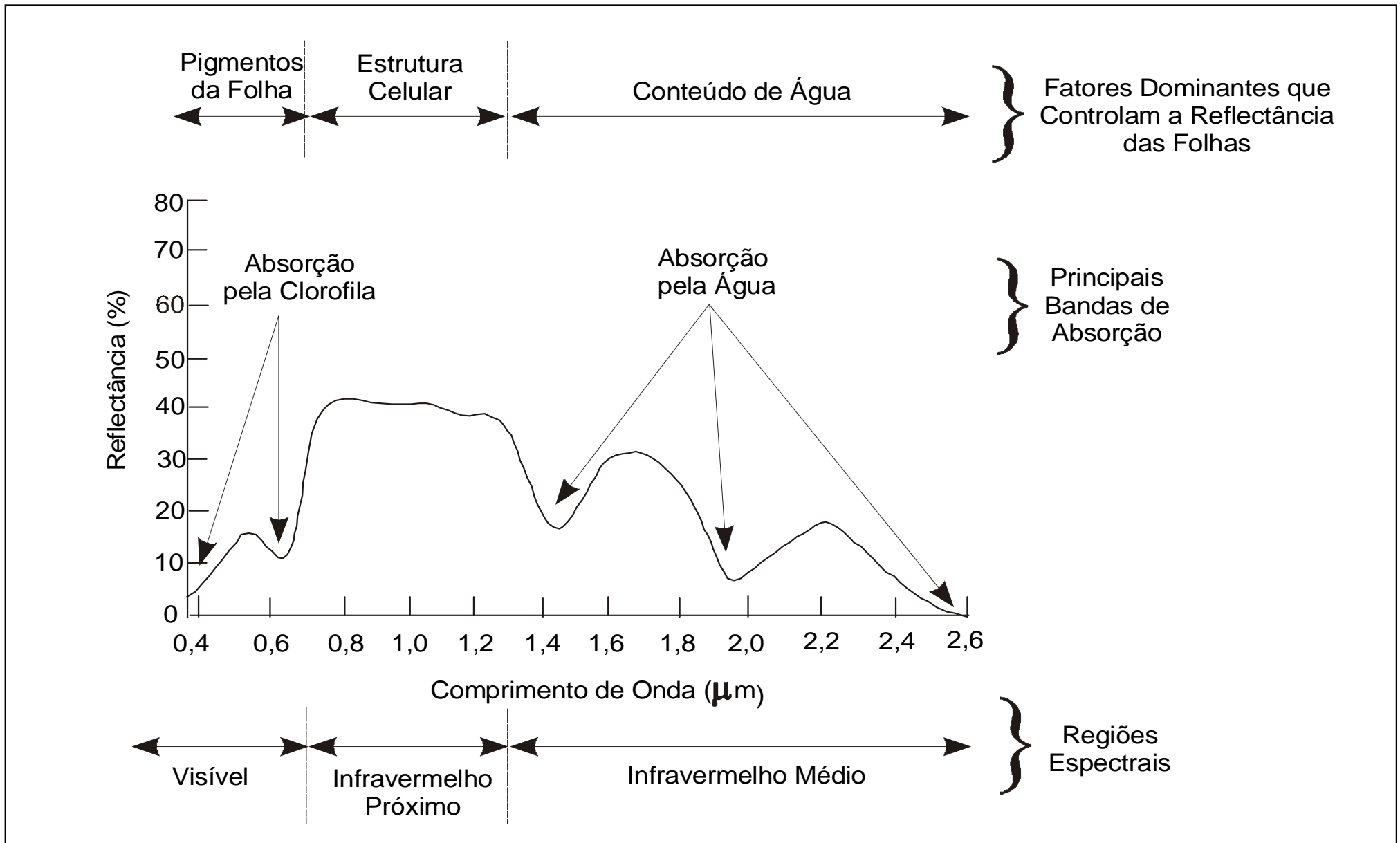


Reflexão Especular



**Reflexão da folha e da copa**

# COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA FOLHA



# REFLECTÂNCIA DA VEGETAÇÃO



Vegetação no Visível

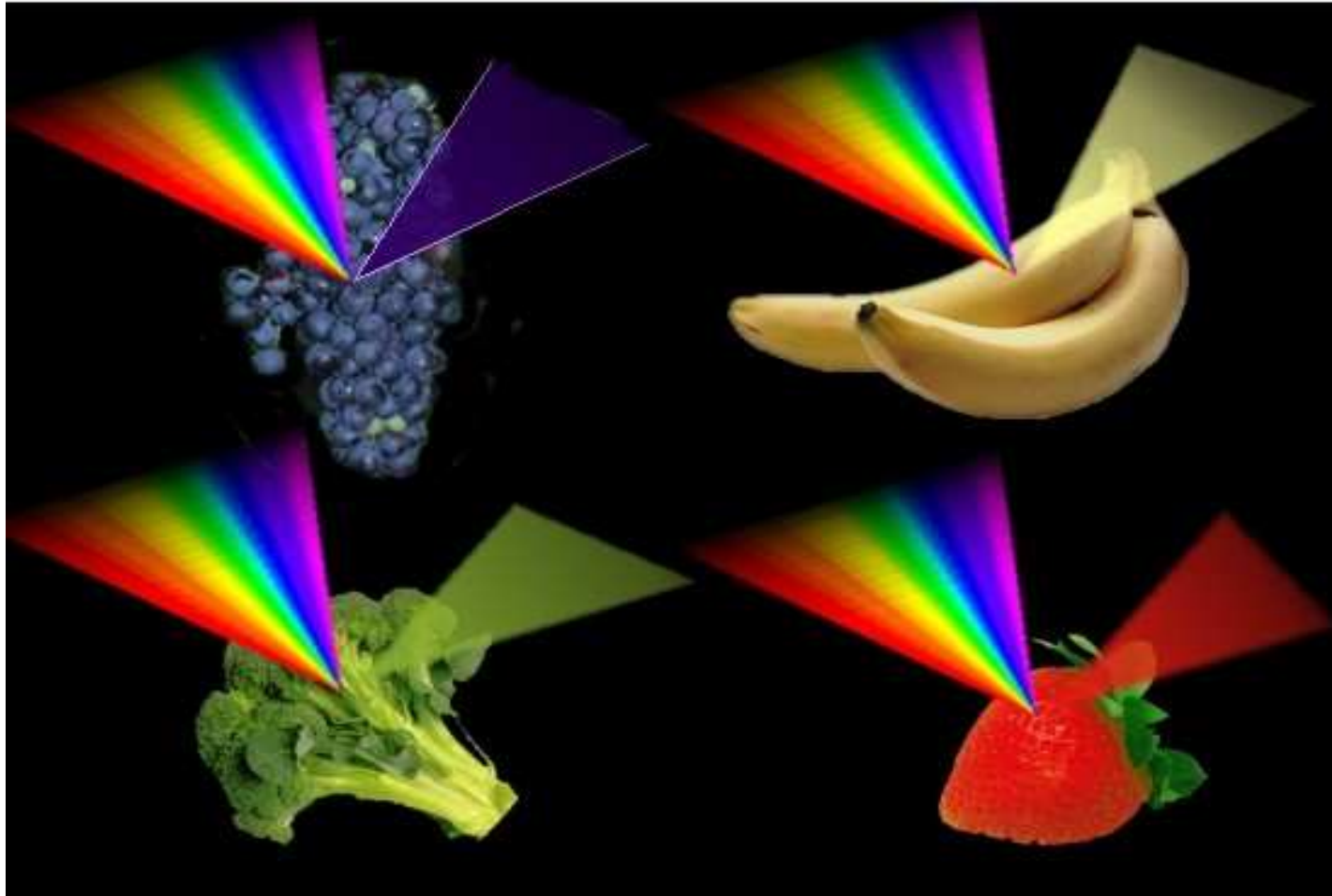


Vegetação no Infravermelho



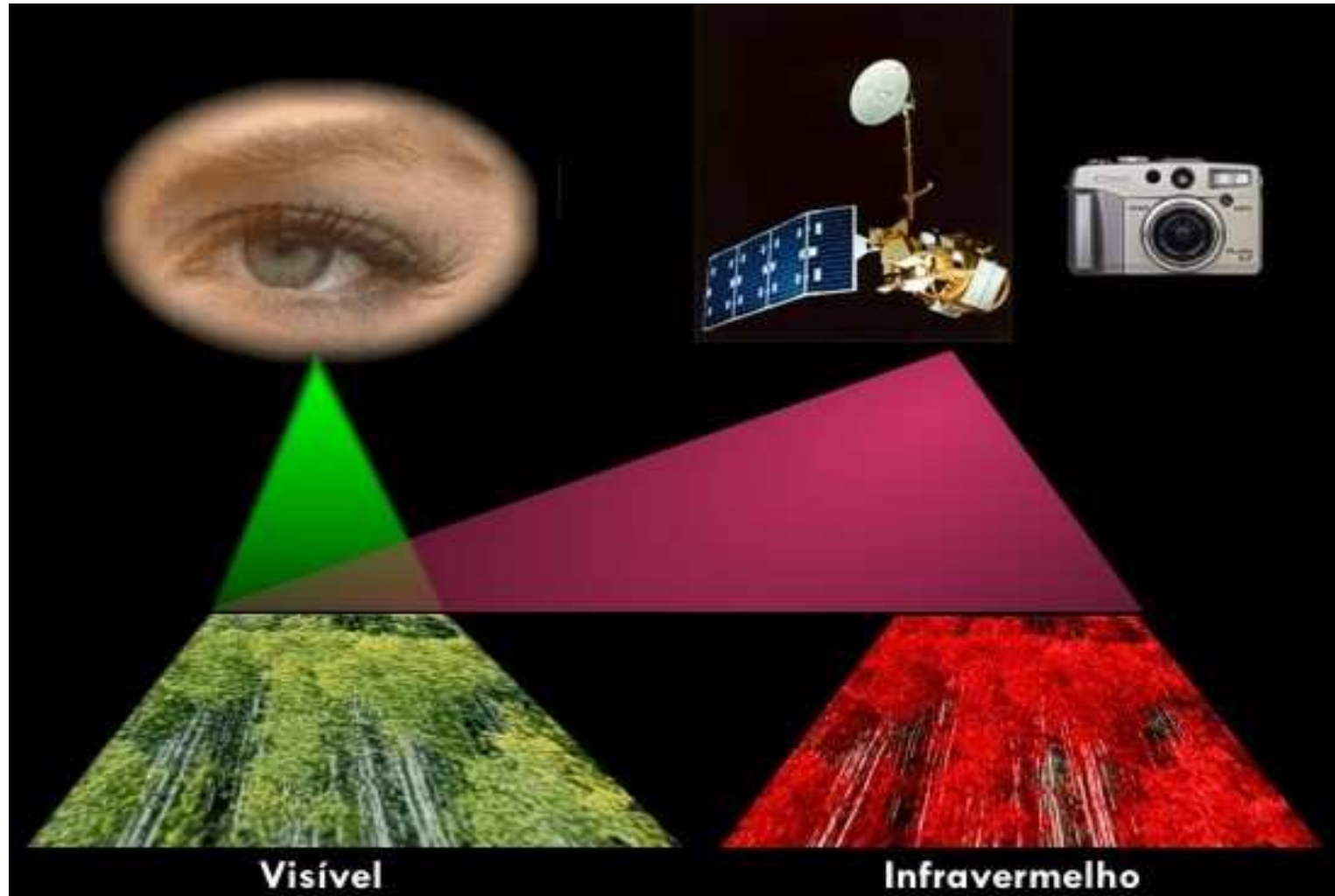
# REFLECTÂNCIA

Luz branca  
incidente



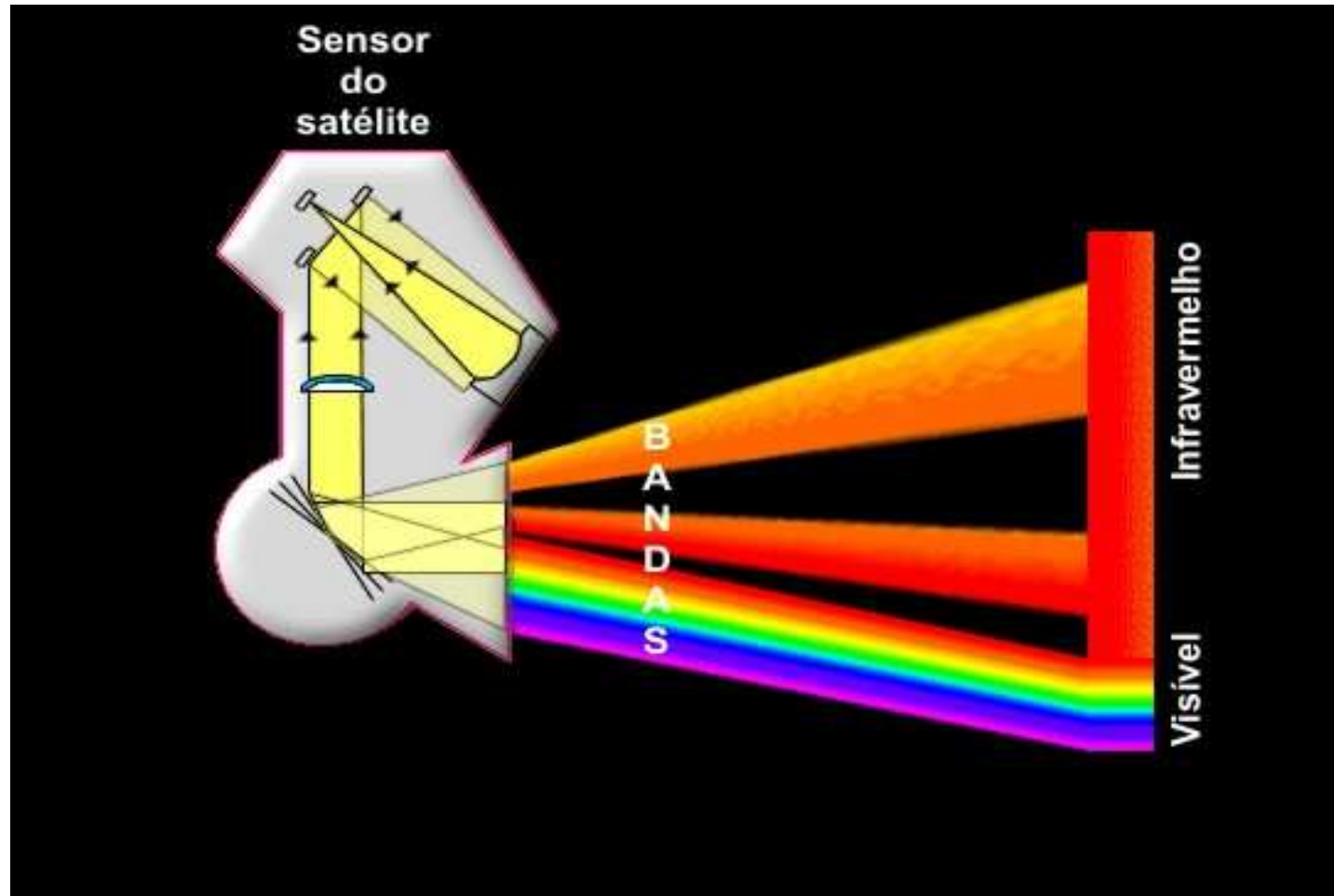
Reflexão  
Depende do alvo

# SENSORES REMOTOS

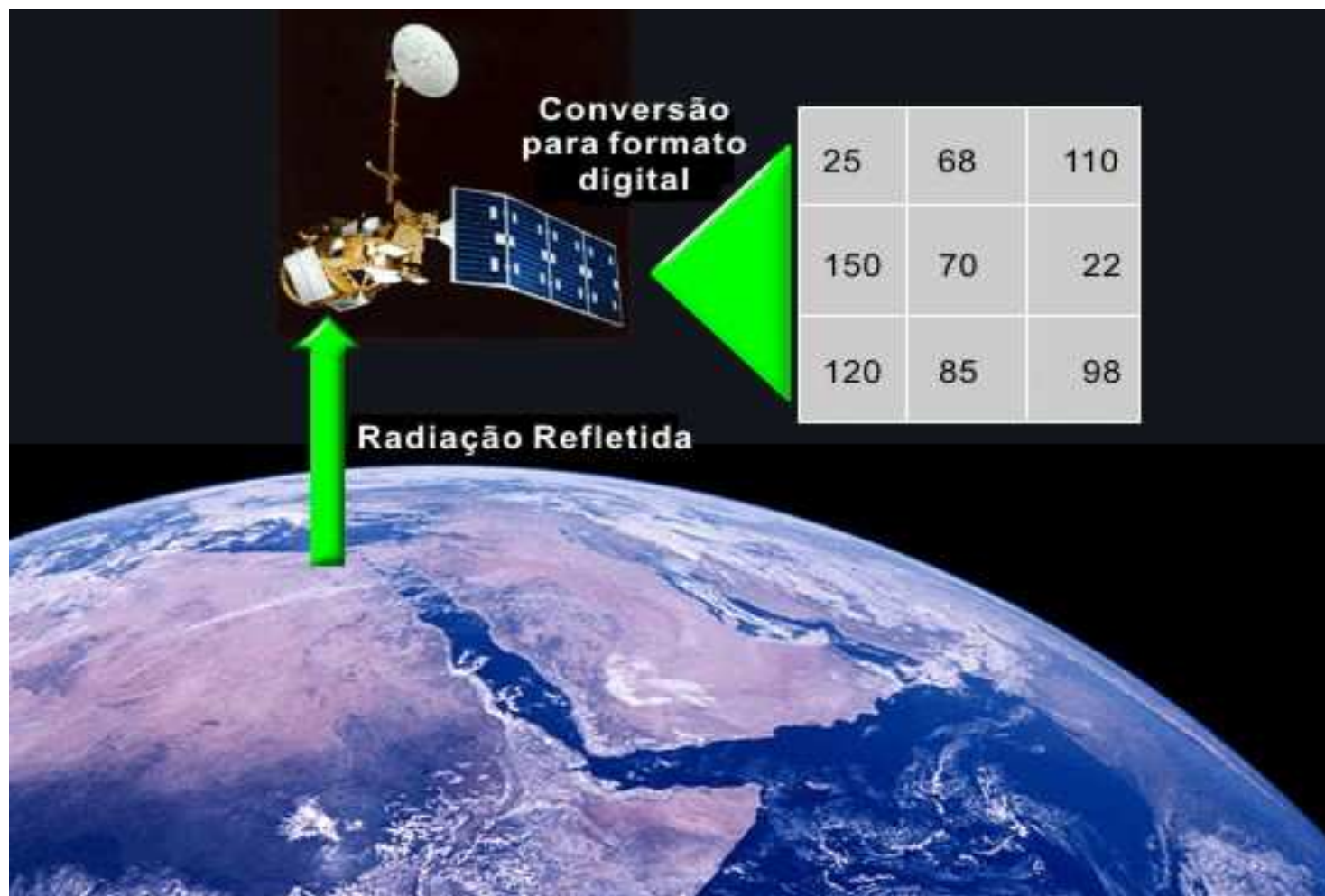




# SENSORES



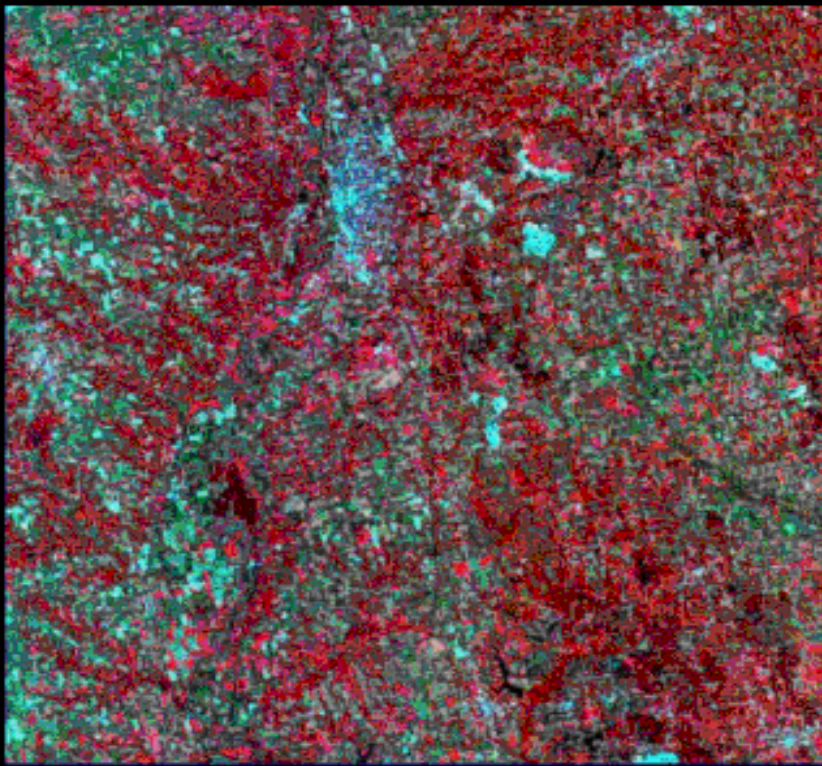
# IMAGEM



# IMAGEM

## Imagem Landsat TM

185 km = 7.000 colunas ou mais

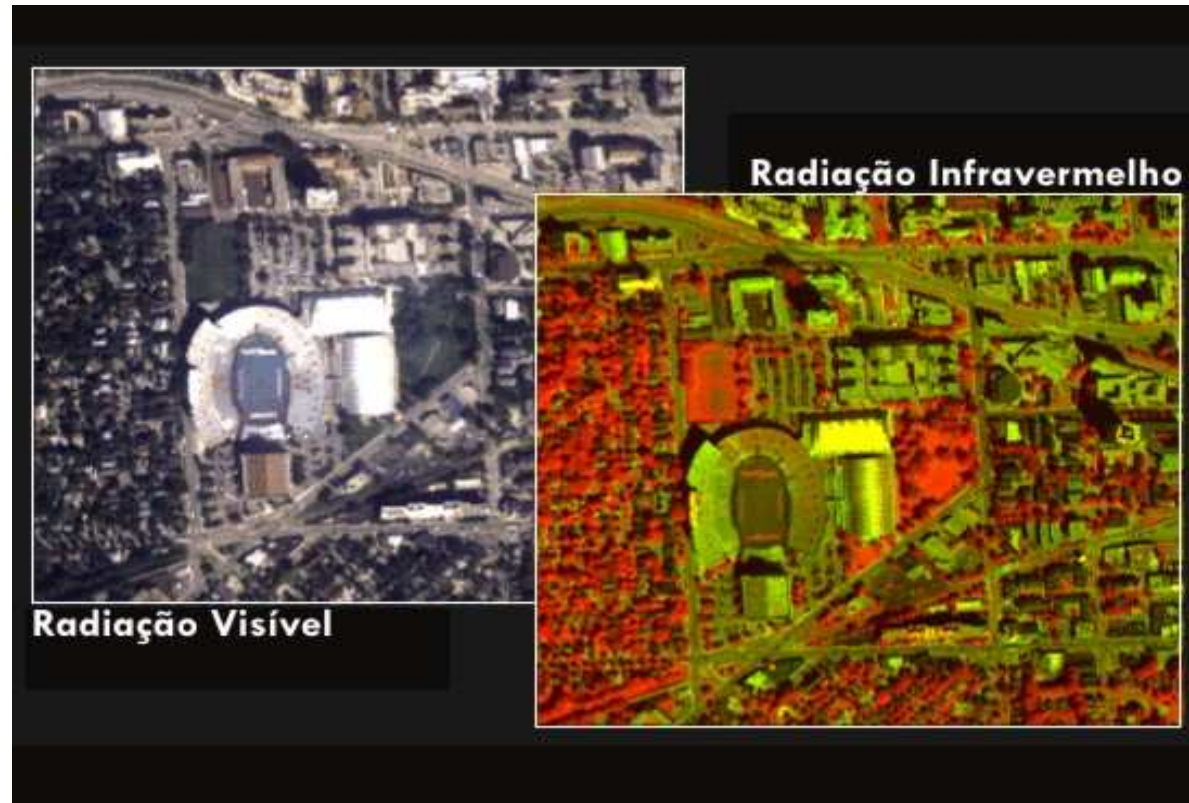


185 km = 6.000 linhas ou mais

**Mais de  
42 milhões  
de pixels.**

# IMAGENS

## COMPOSIÇÕES COLORIDAS



Colorida normal

Colorida falsa cor

# **SATÉLITES E SENSORES**

## **Sistemas de Coleta de Dados:**

- **Passivos**
- **Ativos**

## **Sistemas Passivos :**

- **Landsat**
- **Spot**
- **Ikonos**
- **Quickbird**
- **CBERS e outros ...**

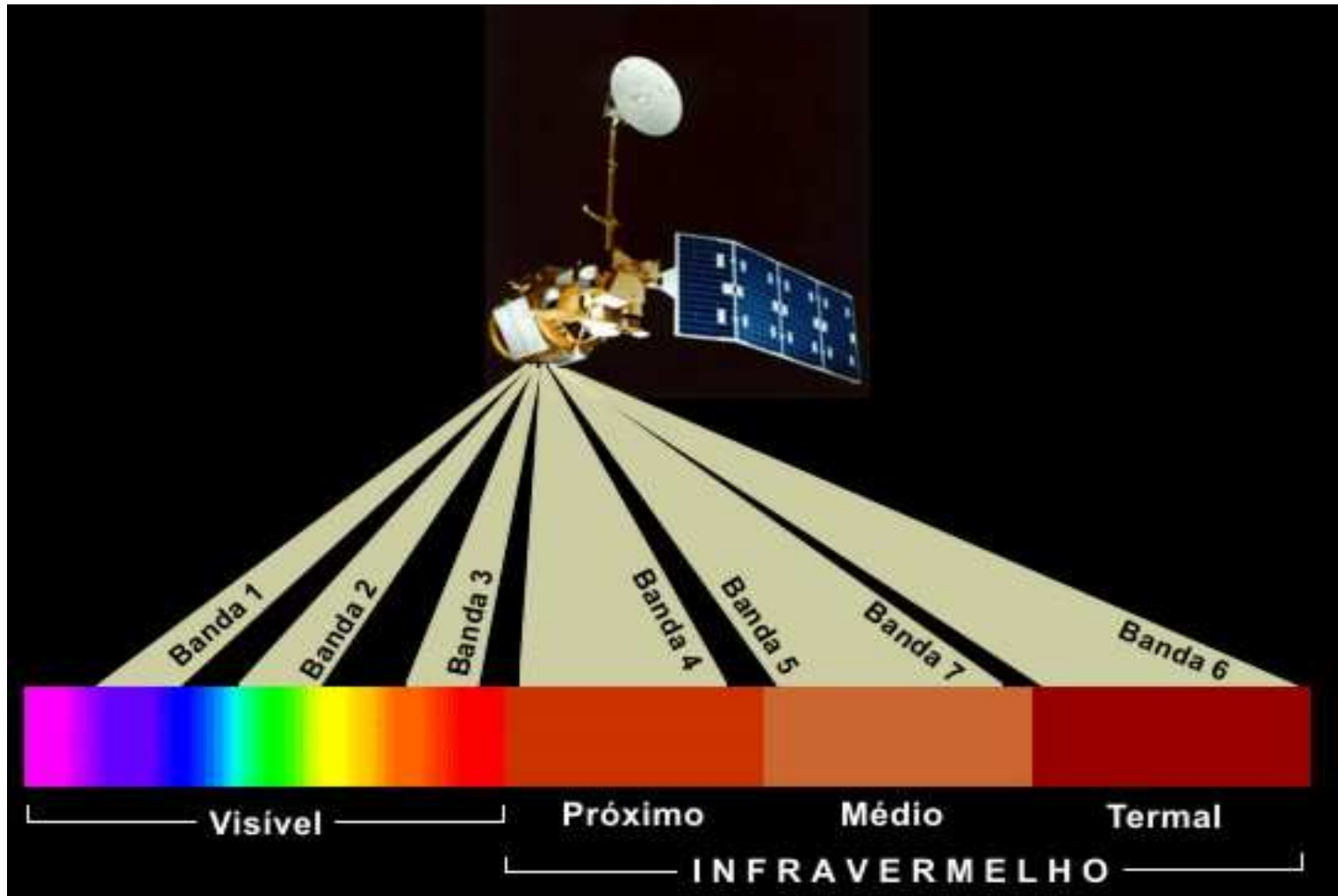
## **Sistemas Ativos :**

- **Radar**
- **Lidar**



Bandas espectrais  
do Landsat TM

# LANDSAT TM



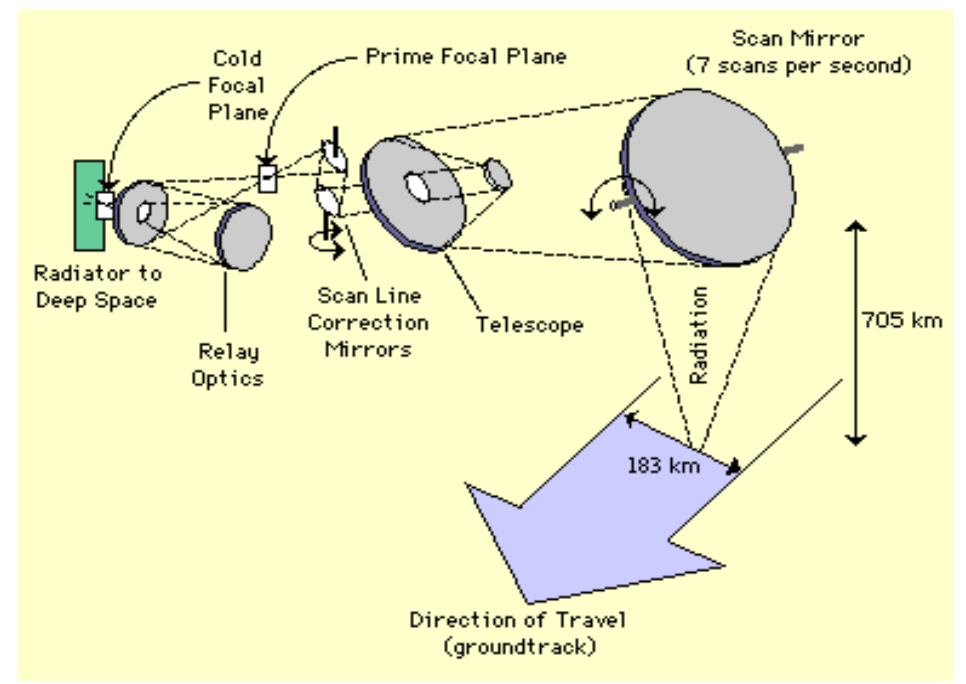
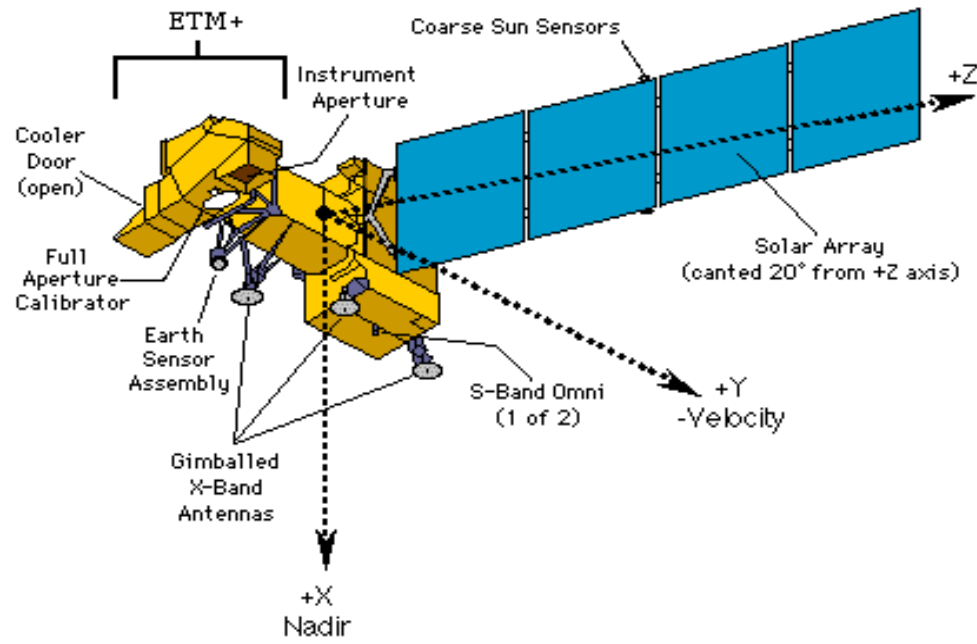
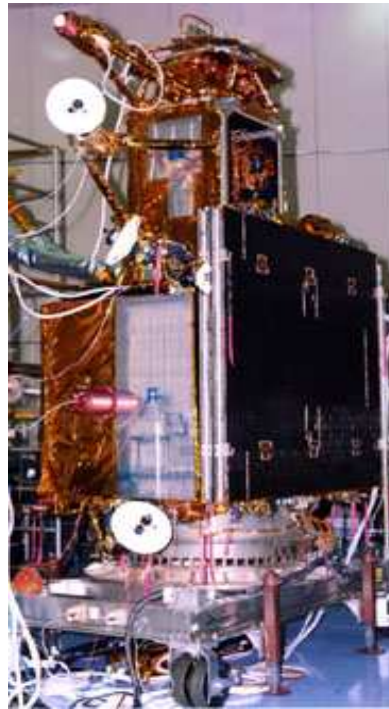
# SATÉLITES

## Evolução da série de satélites Landsat ao Longo do Tempo

LANDSAT SATELLITES 1-7							
System	Launch (End of Service)	Sensors	Resolution (meters)	Communications	Alt. Km	R Days	D Mbps
Landsat 1	07/23/72 (01/06/78)	RBV MSS	80 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 2	01/22/75 (02/25/82)	RBV MSS	80 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 3	03/05/78 (03/31/83)	RBV MSS	40 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 4*	07/16/82	MSS TM	80 30	Direct downlink TDRSS	705	16	85
Landsat 5	03/01/84	MSS TM	80 30	Direct downlink TDRSS**	705	16	85
Landsat 6	10/05/93 (10/05/93)	ETM	15 (pan) 30	Direct downlink with recorders	705	16	85
Landsat 7	04/15/99	ETM+	15 (pan) 30 60	Direct downlink with recorders (solid state)	705	16	150

# LANDSAT 7

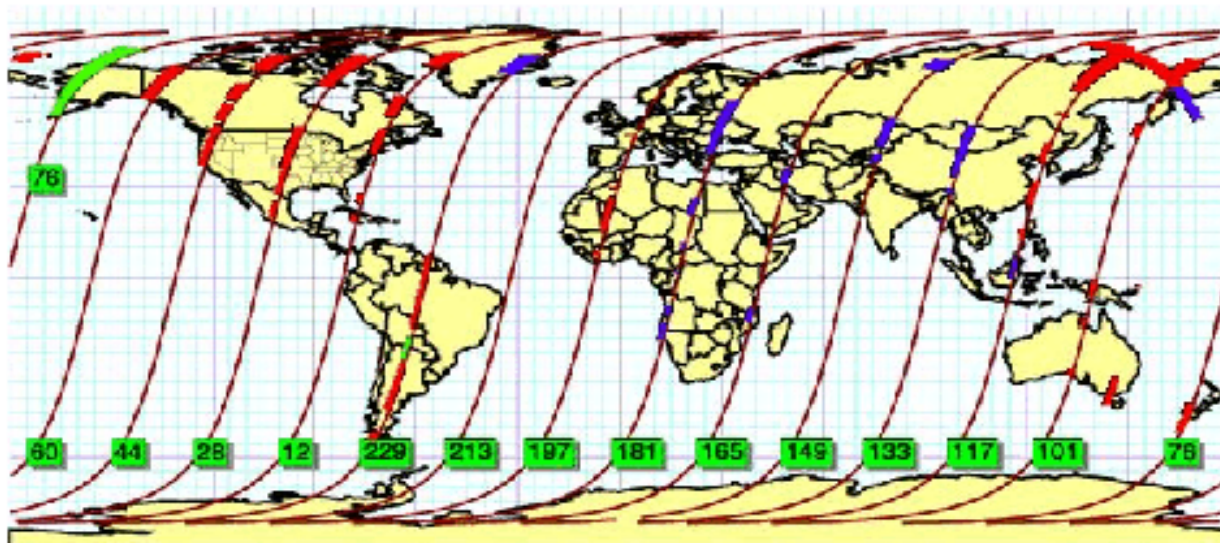
## Características do Landsat 7 ETM







# LANDSAT




## Órbita do Landsat 7 ETM



### Legend

-  = Path (orbit) of Satellite
-  = Path Number

### Ground Receiving Stations

-  = USGS/EROS Data Center - Sioux Falls, SD
-  = Svalbaard, Norway
-  = Poker Flat, Alaska

**NO BRASIL: CUIABÁ, MT**

# LANDSAT

Resolução Temporal = 16 dias

Freqüência de passagem num mesmo ponto.

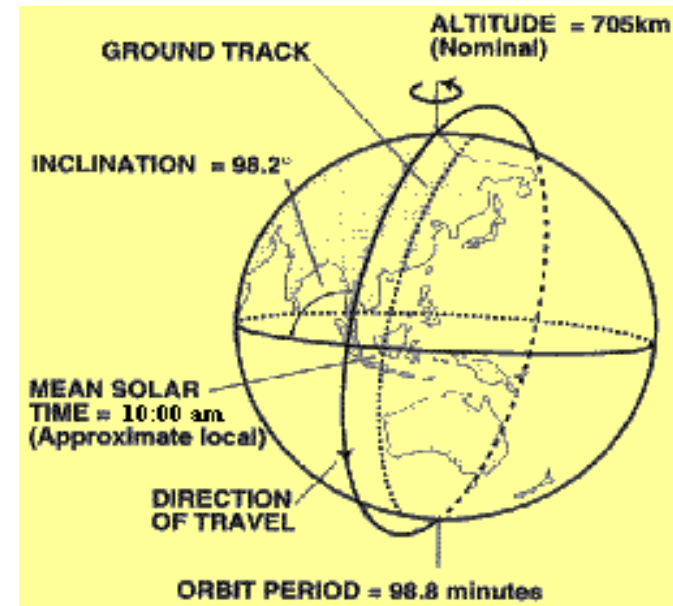
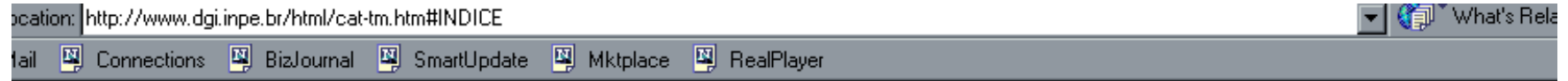


IMAGE SIDELAP OF ADJACENT SWATHS	
Latitude (degrees)	Image Sidelap (percent)
0	7.3
10	8.7
20	12.9
30	19.7
40	29.0
50	40.4
60	53.6
70	68.3
80	83.9



Órbita Base (Base) x Ponto

# GRADE DO LANDSAT NO BRASIL



Coordenadas nominais dos centros das cenas para cada base/ponto da grade de referência Landsat-5 (WRS)

Clique no número da órbita base cujos **pontos X coordenadas** deseja ver:

<a href="#">001</a>	<a href="#">002</a>	<a href="#">003</a>	<a href="#">004</a>	<a href="#">005</a>	<a href="#">006</a>	<a href="#">007</a>	<a href="#">008</a>	<a href="#">009</a>	<a href="#">010</a>
<a href="#">214</a>	<a href="#">215</a>	<a href="#">216</a>	<a href="#">217</a>	<a href="#">218</a>	<a href="#">219</a>	<a href="#">220</a>	<a href="#">221</a>	<a href="#">222</a>	<a href="#">223</a>
<a href="#">224</a>	<a href="#">225</a>	<a href="#">226</a>	<a href="#">227</a>	<a href="#">228</a>	<a href="#">229</a>	<a href="#">230</a>	<a href="#">231</a>	<a href="#">232</a>	<a href="#">233</a>

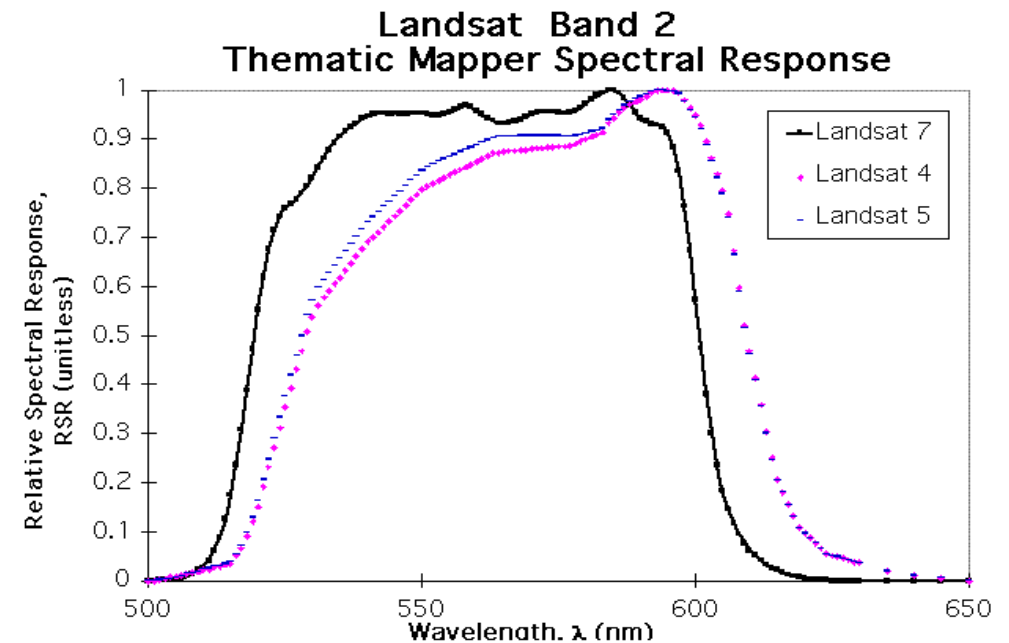
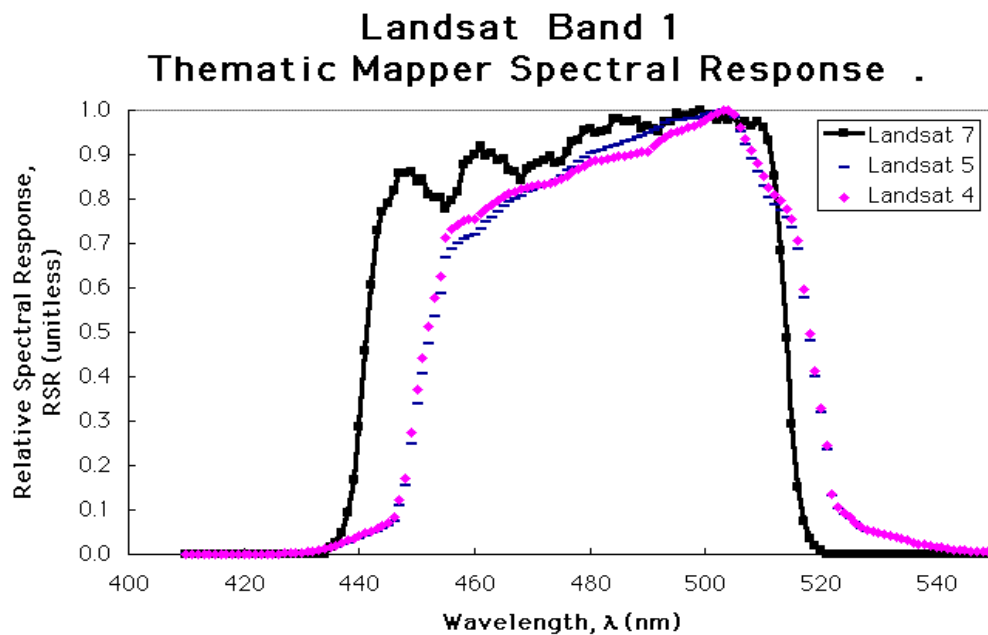
---

	<b>PT.</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PT.</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>
;	055	07:14	-63:03	056	05:47	-63:22
)	058	02:54	-63:59	059	01:27	64:17
;	061	01:27	-64:54	062	-02:54	-65:13
.	064	-05:47	-65:50	065	-07:14	-66:08
?	067	-10:07	-66:46	068	-11:34	-67:04
t	070	-14:27	-67:43	071	-15:54	-68:02
:	073	-18:47	-68:41	074	-20:13	-69:01
.	076	-23:06	-69:42	077	-24:33	-70:03
t	079	-27:25	-70:45	080	-28:52	-71:07
)						

# LANDSAT

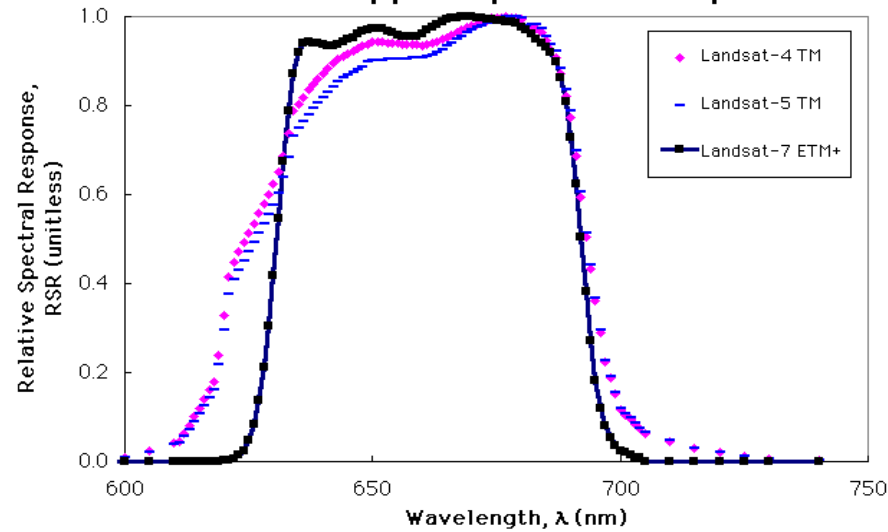
Características do Landsat 7 ETM => Resolução Espectral

TM AND ETM+ SPECTRAL BANDWIDTHS								
Bandwidth ( $\mu$ ) Full Width - Half Maximum								
Sensor	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
TM	0.45 - 0.52	0.52 - 0.60	0.63 - 0.69	0.76 - 0.90	1.55 - 1.75	10.4 - 12.5	2.08 - 2.35	N/A
ETM+	0.45 - 0.52	0.53 - 0.61	0.63 - 0.69	0.78 - 0.90	1.55 - 1.75	10.4 - 12.5	2.09 - 2.35	.52 - .90

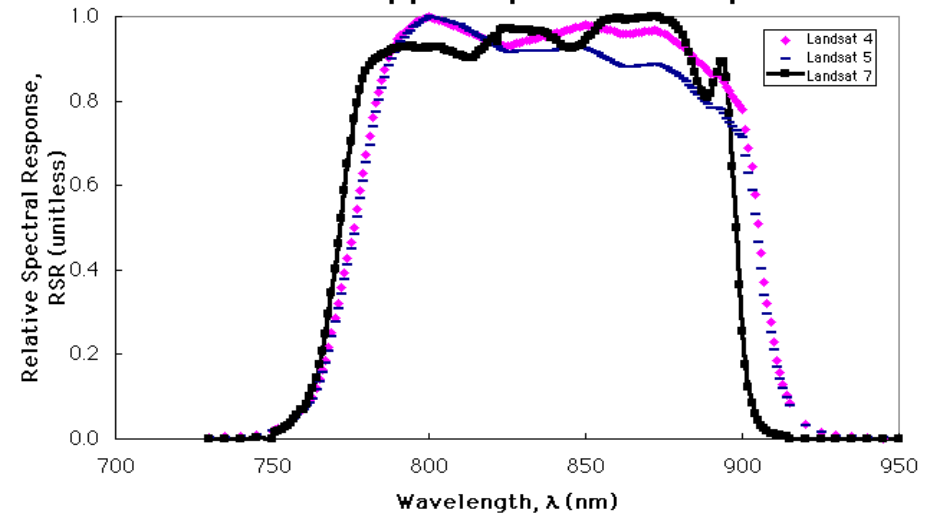


# LANDSAT

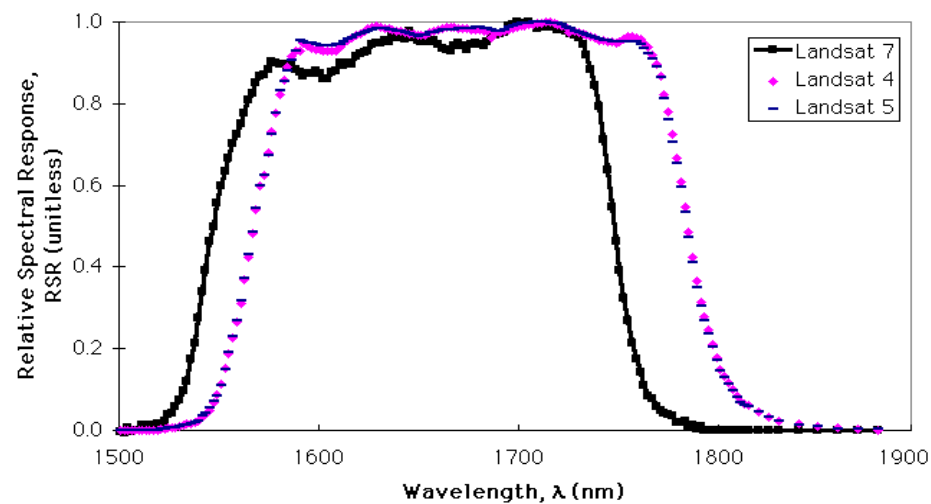
**Landsat Band 3  
Thematic Mapper Spectral Response**



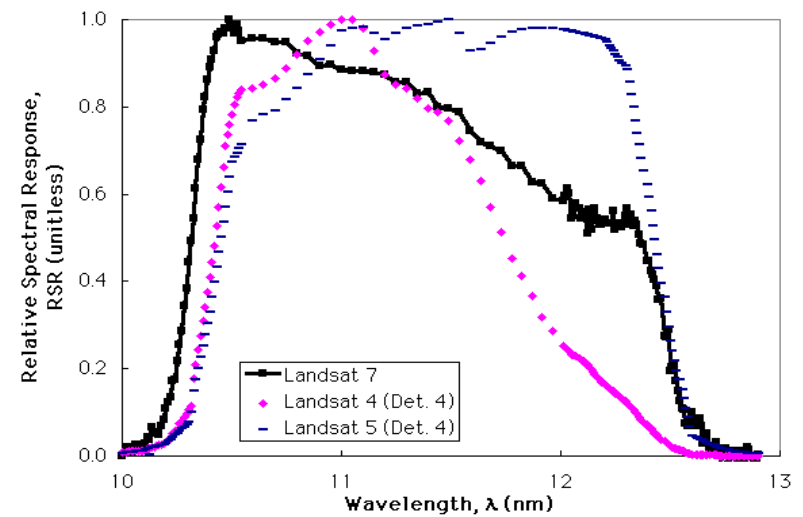
**Landsat Band 4  
Thematic Mapper Spectral Response**



**Landsat Band 5  
Thematic Mapper Spectral Response**

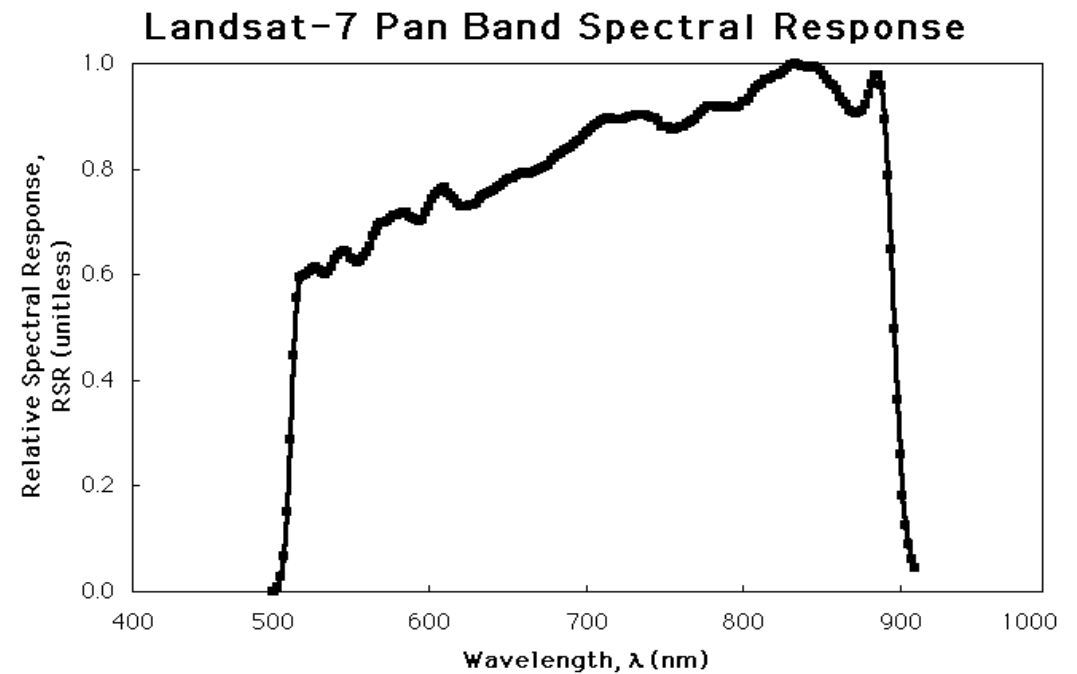
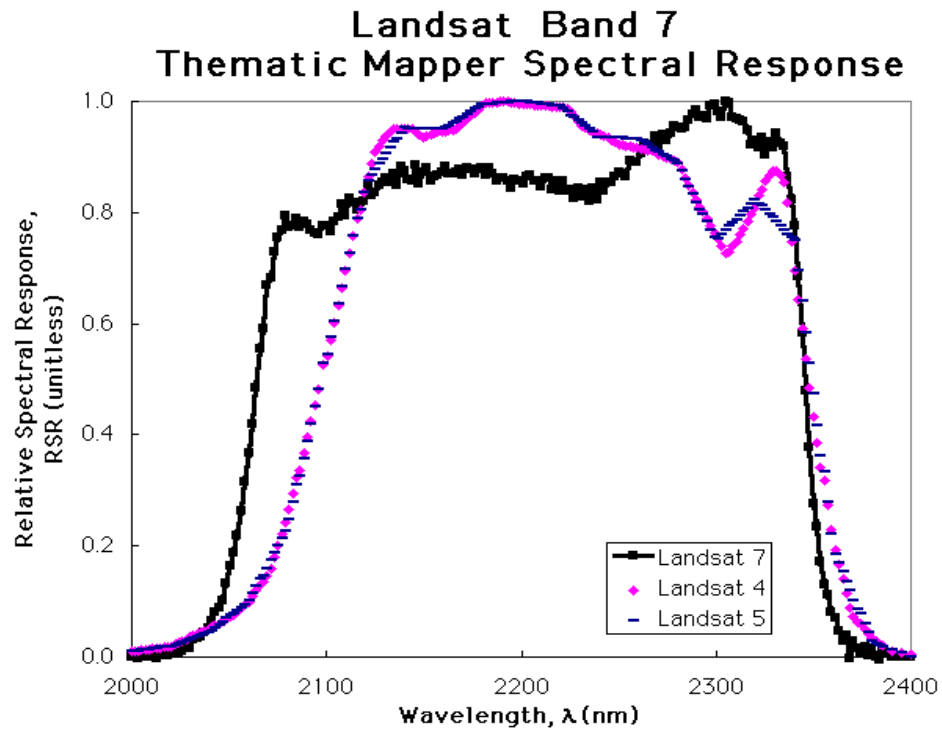


**Landsat Band 6  
Thematic Mapper Spectral Response**

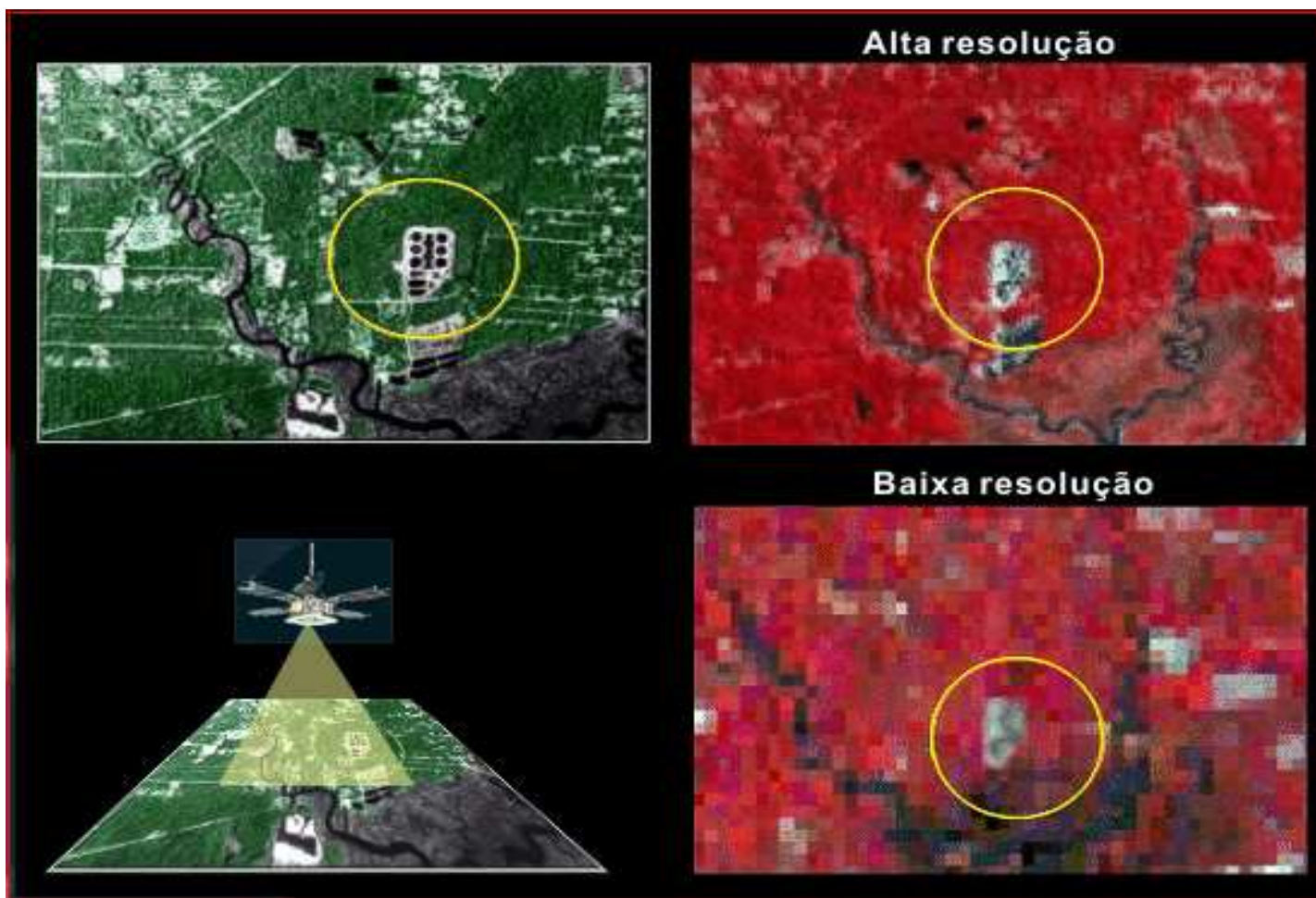


# LANDSAT

Características do Landsat 7 ETM => Resolução Espectral



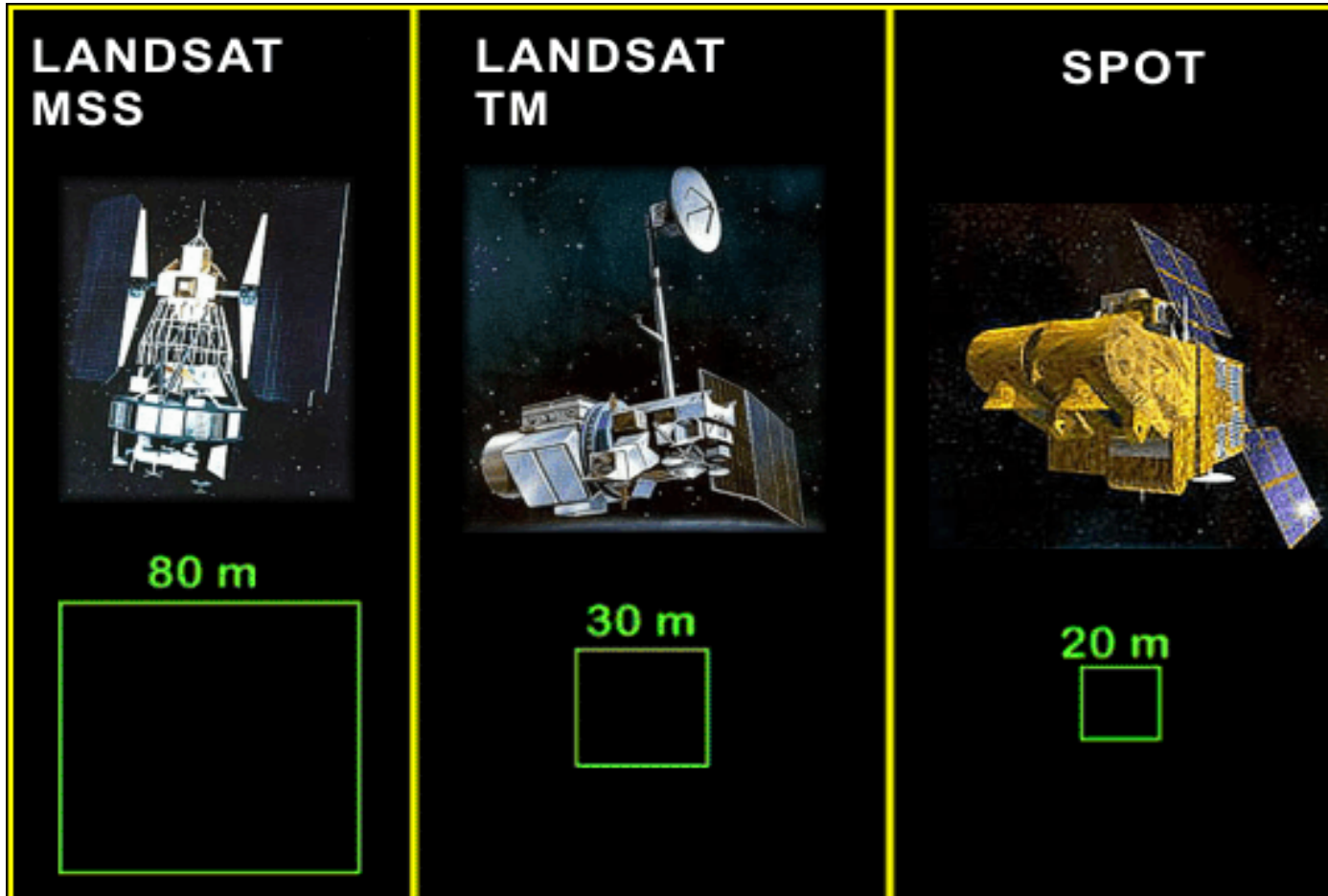
# Resolução Espacial





# SATÉLITES

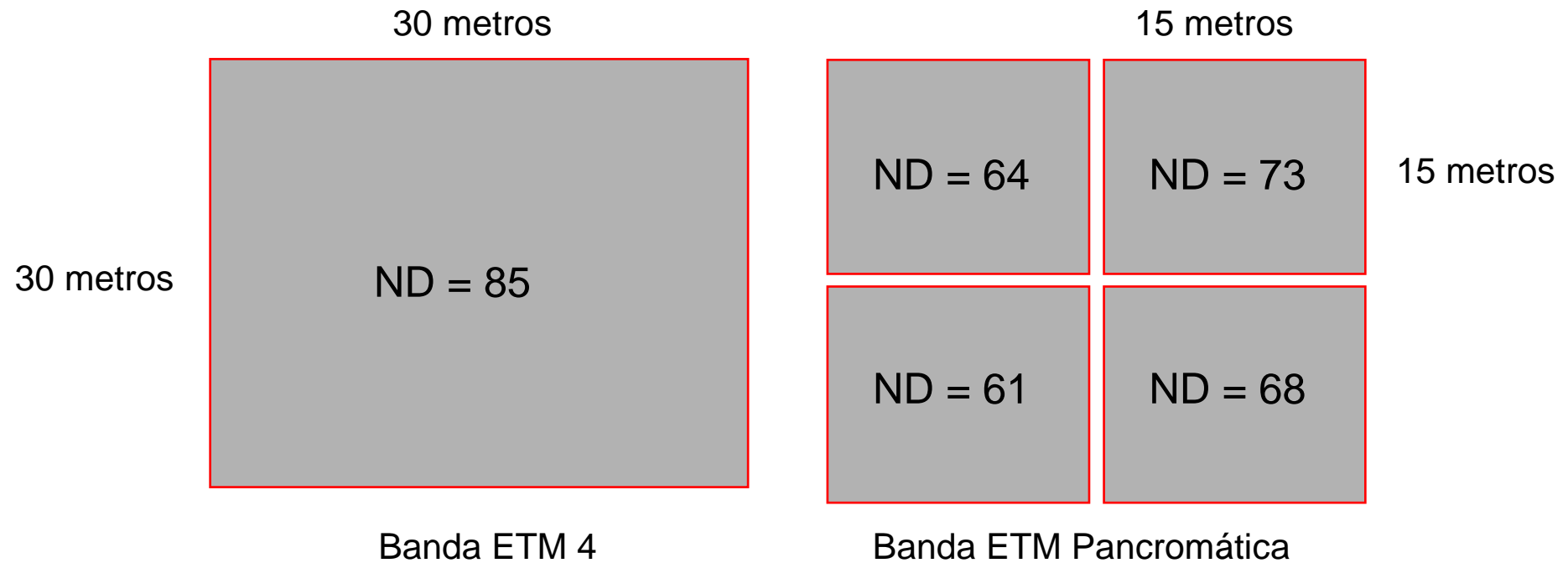
## Resolução Espacial





# RESOLUÇÃO ESPACIAL

Reamostragem das bandas multiespectrais de 30 para 15 metros.



# DADOS DE IMAGENS

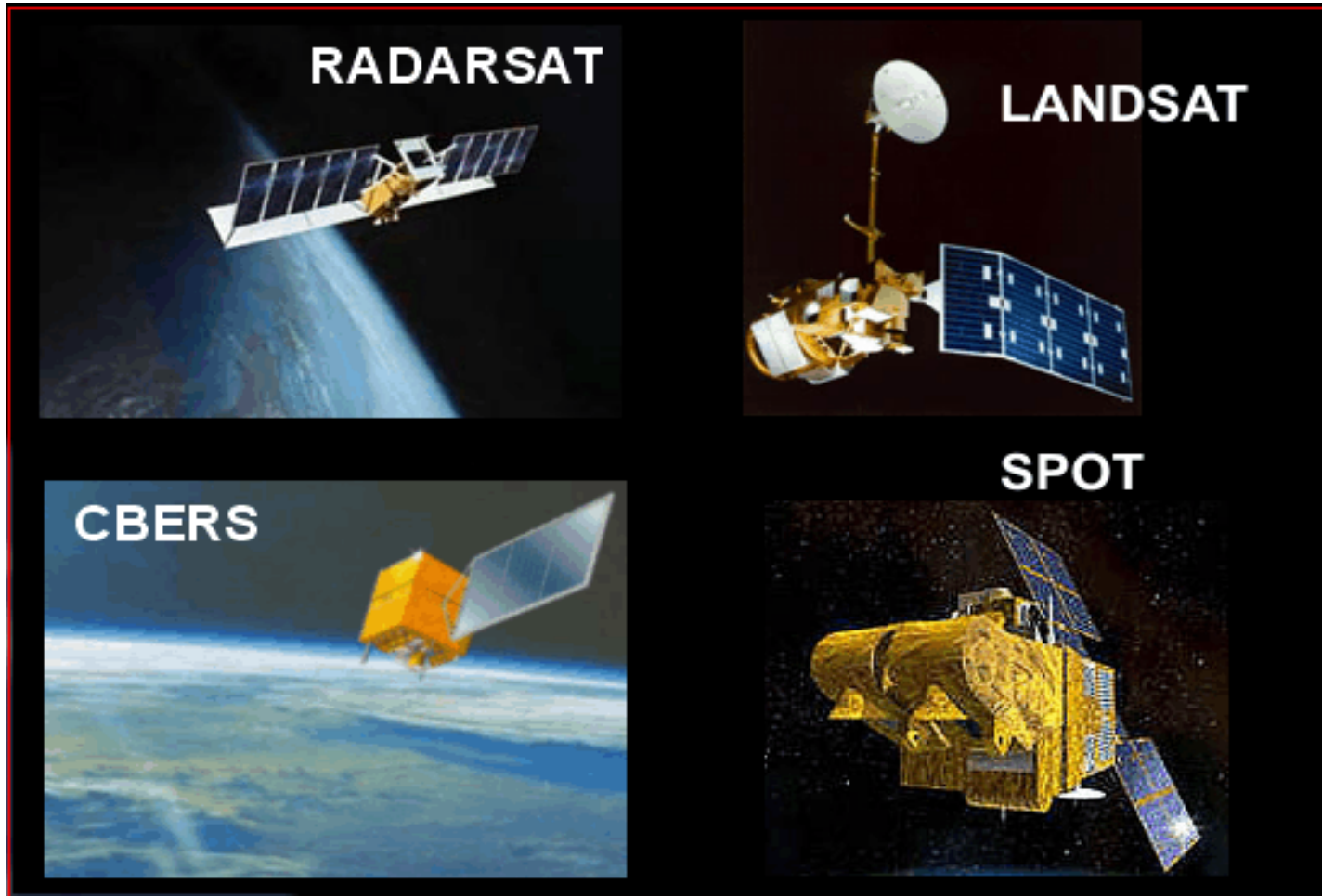
Informações típicas  
sobre uma imagem  
Landsat 7 ETM

Dataset Attribute	Attribute Value
<a href="#">Entity ID</a>	7001070000118050
<a href="#">Data Classification</a>	Normal
<a href="#">Acquisition Date</a>	2001/06/29
<a href="#">Upper Left Corner</a>	13'30'48"S, 68'24'12"W
<a href="#">Upper Right Corner</a>	13'46'01"S, 66'39'02"W
<a href="#">Lower Left Corner</a>	15'08'50"S, 68'46'22"W
<a href="#">Lower Right Corner</a>	15'24'09"S, 67'00'22"W
<a href="#">Browse Available</a>	Yes
<a href="#">Date of Last Update</a>	2001/06/30
<a href="#">WRS Path</a>	1
<a href="#">Scene Center</a>	14'27'25"S, 67'42'29"W
<a href="#">WRS Row</a>	70
<a href="#">Full Aperature Cal Flag</a>	Unknown
<a href="#">Aggregate Cloud Cover</a>	0 to 9% Cloud Cover
<a href="#">Image Quality 2</a>	9
<a href="#">Flight Path</a>	Descending
<a href="#">Scene Stop Time</a>	2001:180:14:24:14.0542868
<a href="#">Sun Elevation</a>	40.6553459
<a href="#">Image Quality 1</a>	9
<a href="#">Sun Azimuth</a>	40.7366447
<a href="#">Day or Night</a>	Day
<a href="#">Scene Start Time</a>	2001:180:14:23:47.0266618
<a href="#">Upper Left Quad Cloud Cover</a>	0 to 9% Cloud Cover
<a href="#">Upper Right Quad Cloud Cover</a>	0 to 9% Cloud Cover
<a href="#">Lower Left Quad Cloud Cover</a>	0 to 9% Cloud Cover
<a href="#">Lower Right Quad Cloud Cover</a>	0 to 9% Cloud Cover
<a href="#">Receiving Station</a>	EDC



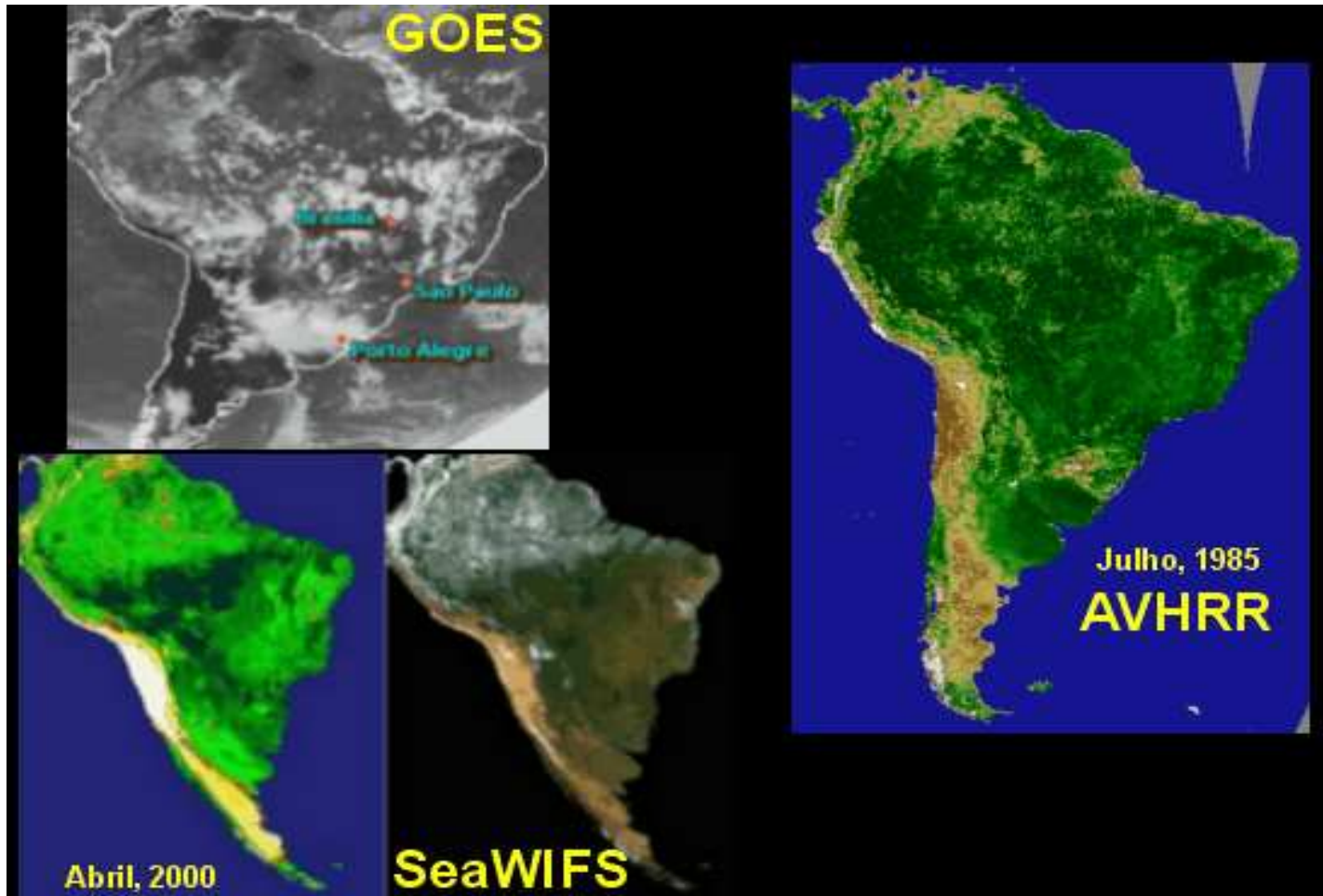
# SATÉLITES

Em Operação (alta resolução)



# SATÉLITES

Em Operação (baixa resolução)



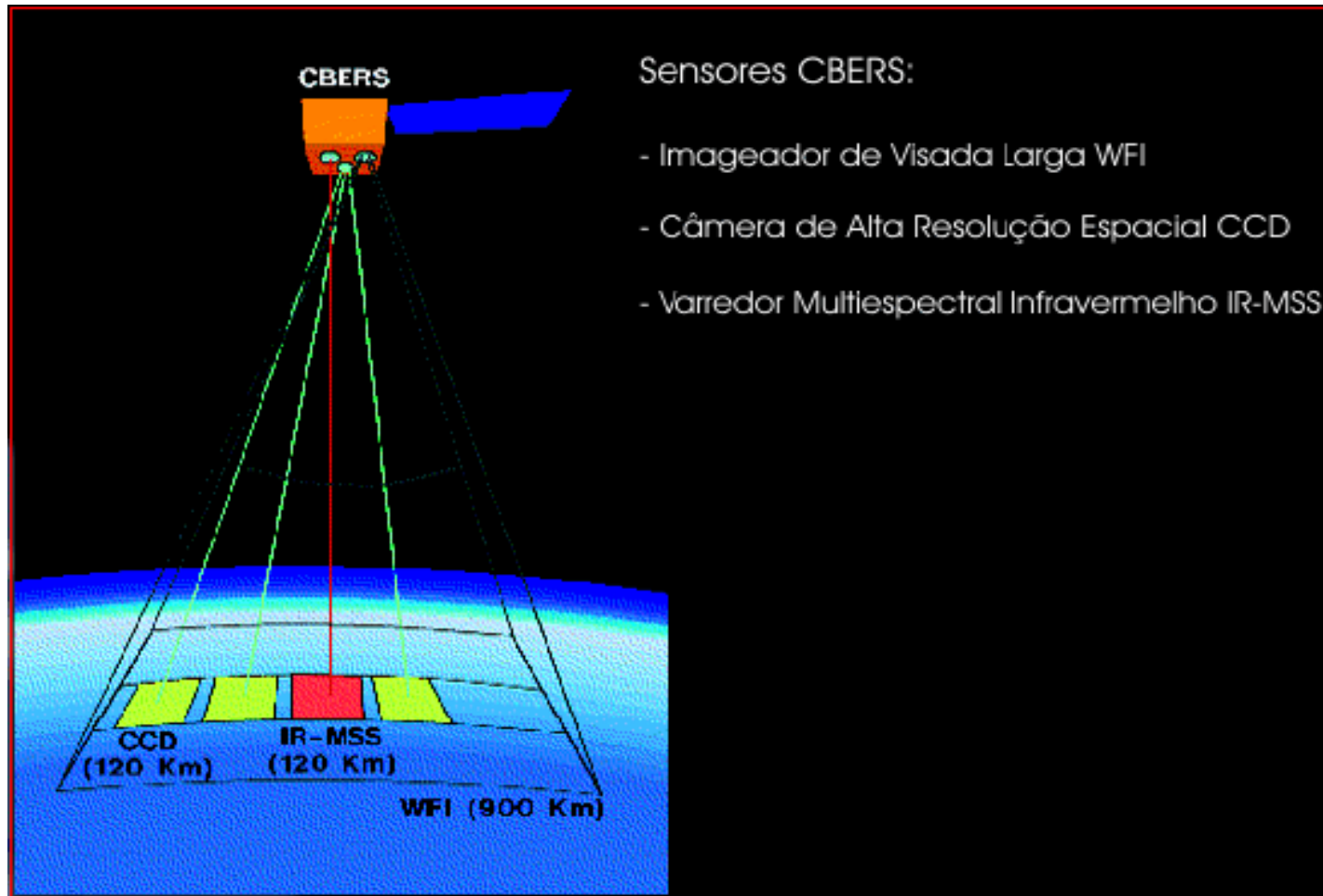
# SATÉLITES

CBERS



# SATÉLITES


## CBERS





# SATÉLITES

## IKONOS



The image is a composite. On the left, a 3D rendering of the IKONOS satellite is shown against a white background. The satellite has a central body with gold-colored thermal insulation and two large, rectangular solar panel arrays extending outwards. On the right, a high-resolution satellite image shows a detailed view of a city street intersection, including buildings, a road, and a green field, demonstrating the satellite's 1-meter resolution.

<b>Características do IKONOS</b>	
<b>Altitude</b>	680 km
<b>Resolução Espacial</b>	Pancromática: 1m Multiespectral: 4m
<b>Bandas espectrais</b>	Pan 0.45 - 0.90 $\mu$ Azul 0.45 - 0.52 $\mu$ Verde 0.52 - 0.60 $\mu$ Vermelho 0.63 - 0.69 $\mu$ Infra vermelho próximo 0.76 - 0.90 $\mu$
<b>Imageamento</b>	13km na vertical (cenas de 13km x 13km)
<b>Frequência de Revisita</b>	2.9 dias no modo Pancromático 1.5 dia no modo Multiespectral

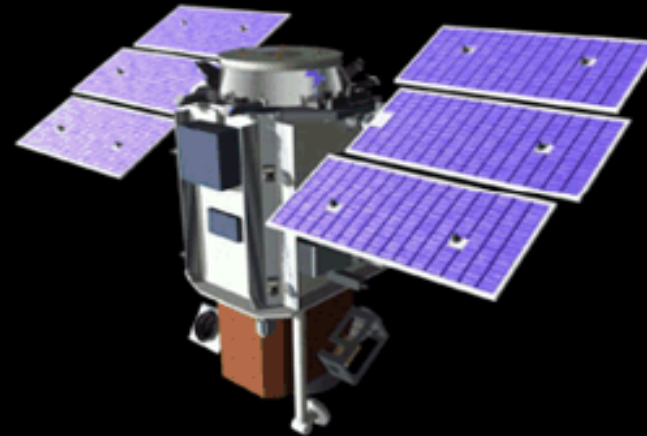


# SATÉLITES

## QUICKBIRD

### Características do QuickBird

Tempo de revisita	1 a 3,5 dias, dependendo da latitude (30° off-nadir)
Largura do imageamento	16.5 km x 16.5 km, no nadir
ResoluçãoPan:	61 cm (nadir) to 72 cm (25° off-nadir)
Multiespectral:	de 2.44 m (nadir) até 2.88 m (25° off-nadir)
Bandas	Pancromática 450 - 900 nm
	Azul: 450 - 520 nm
	Verde: 520 - 600 nm
	Vermelho: 630 - 690 nm
	Infravermelho próximo : 760 - 900 nm



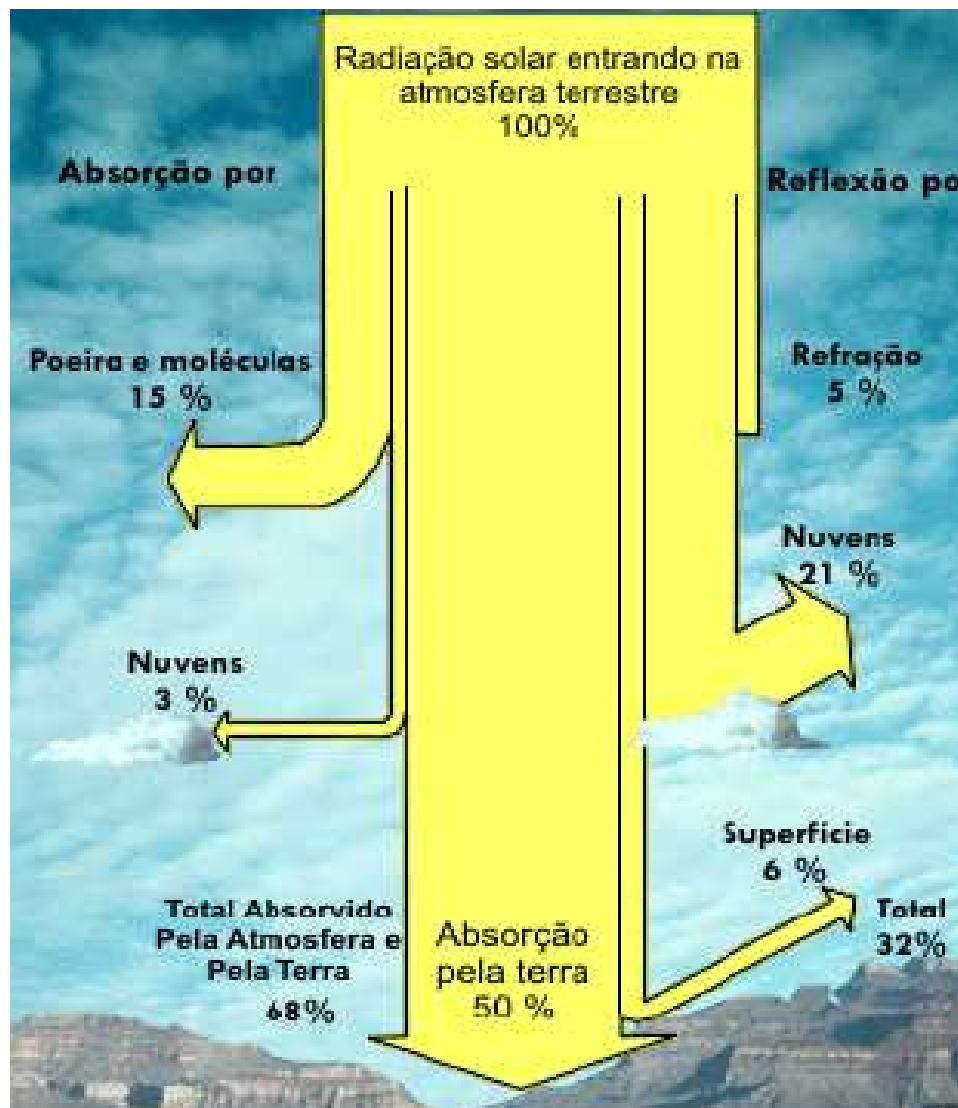
# **CORREÇÃO ATMOSFÉRICA, RADIOMÉTRICA E GEOMÉTRICA**

# CORREÇÕES

Correção Radiométrica

Correção Atmosférica

Conversão para Reflectância



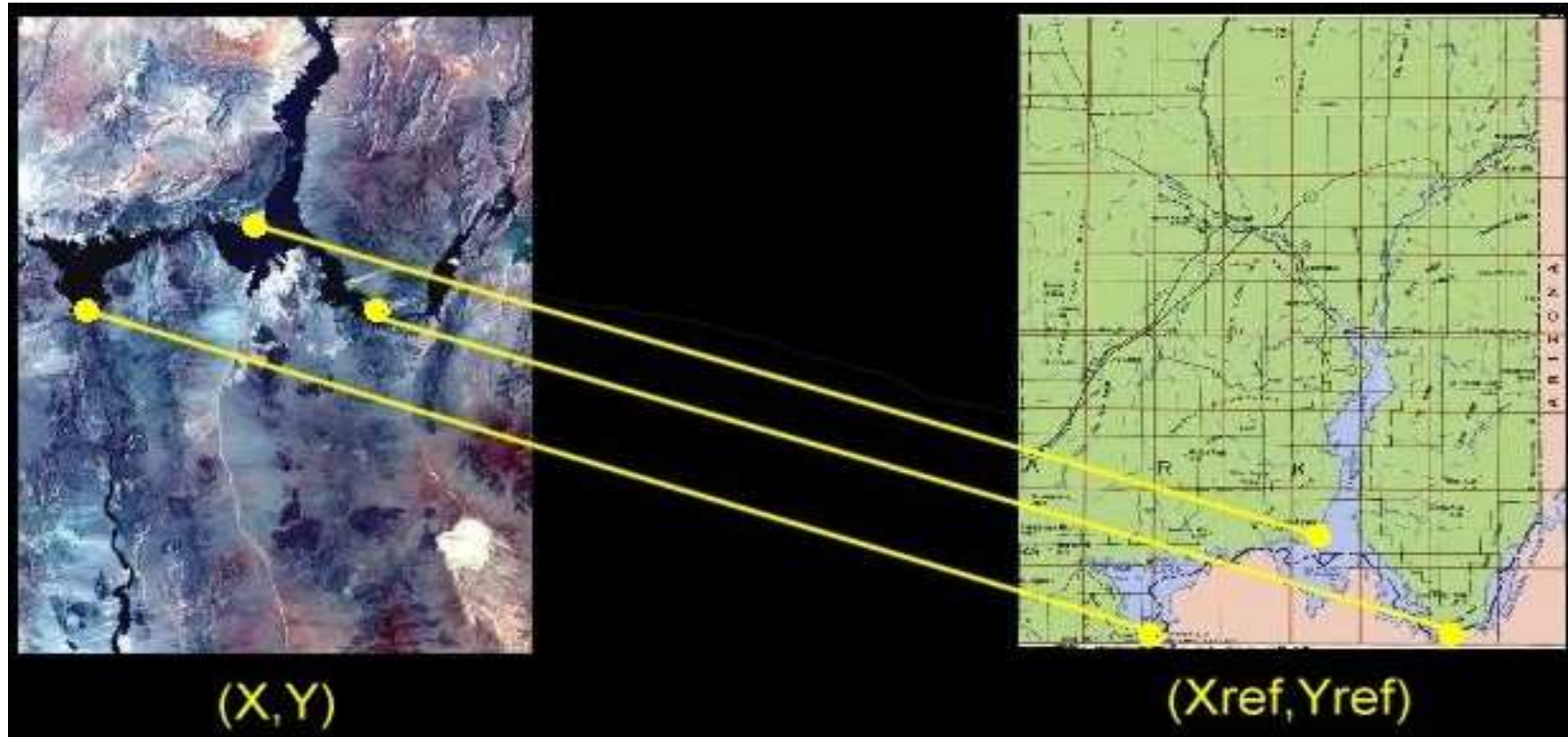
# CORREÇÕES

## Correção Geométrica



# CORREÇÕES

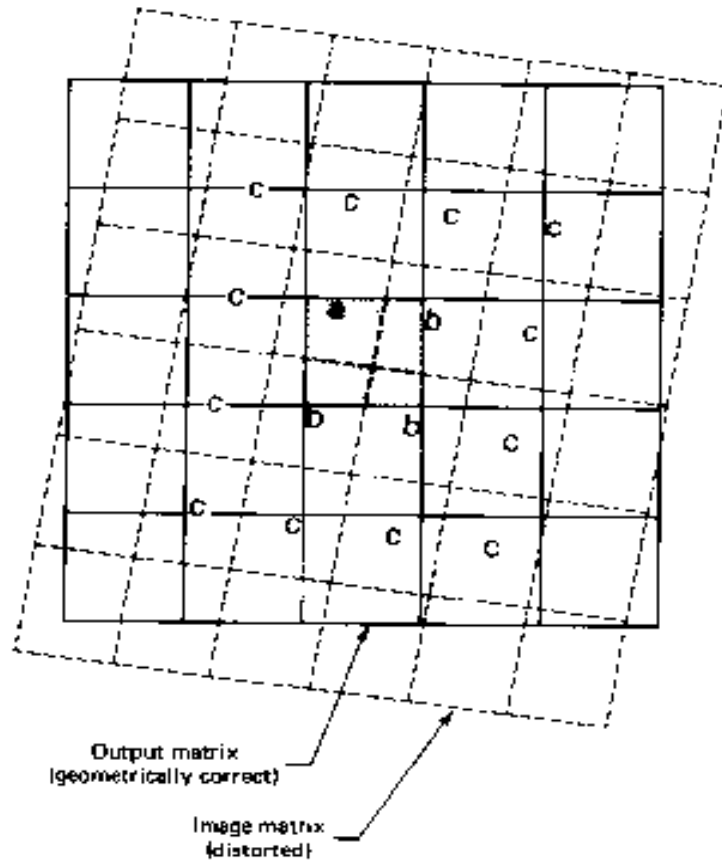
## Correcção Geométrica





# CORREÇÕES

## Correcção Geométrica



# CORREÇÕES

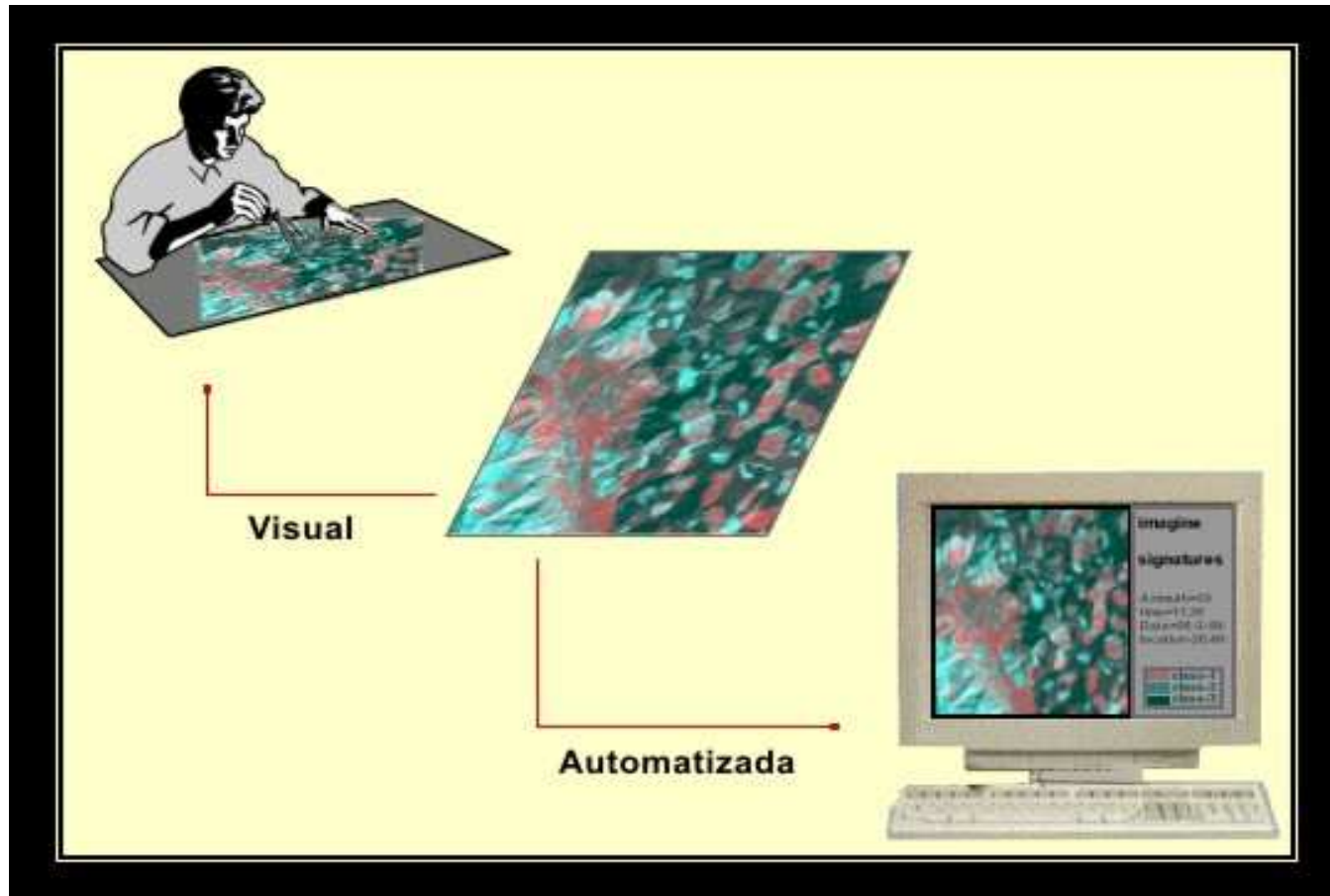
Correção Geométrica



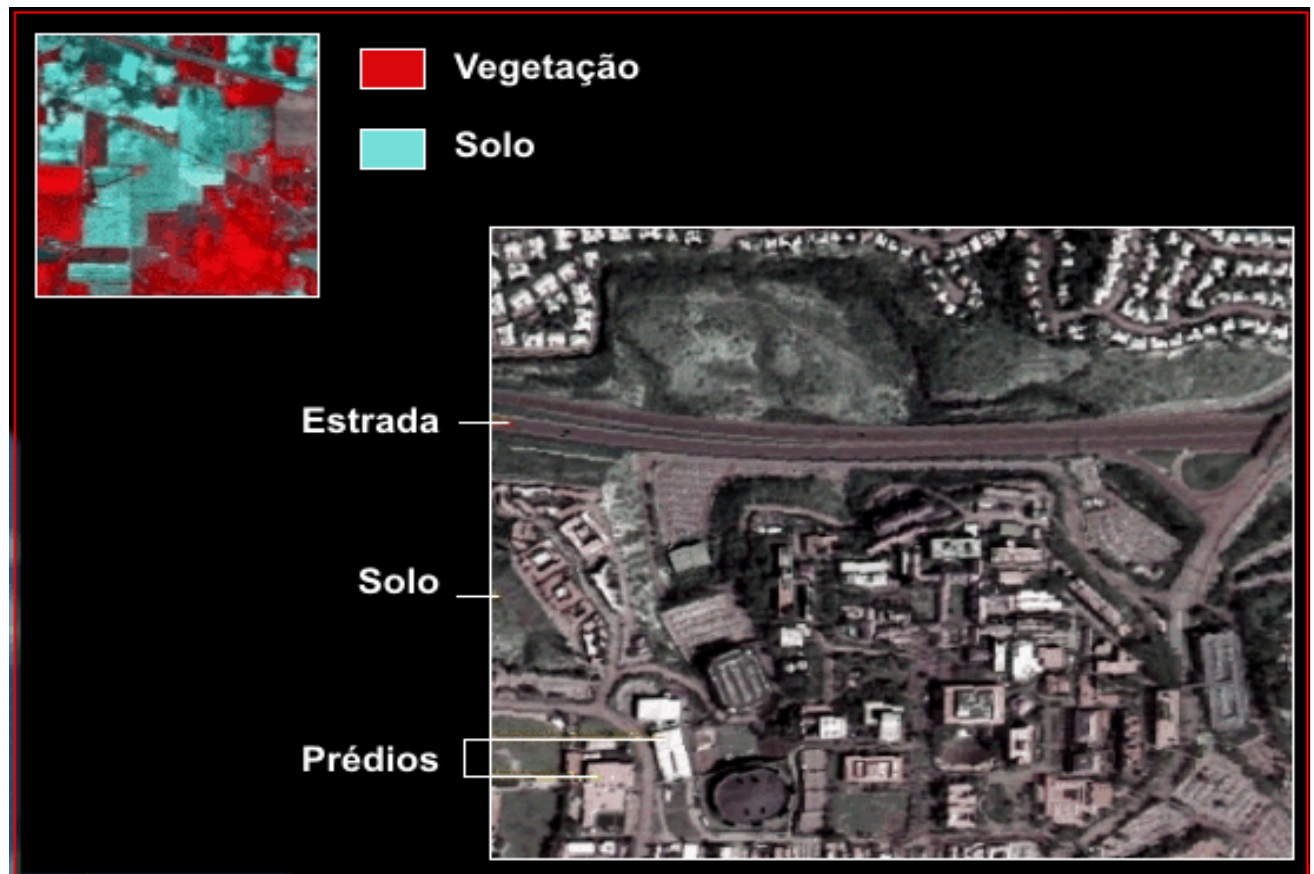
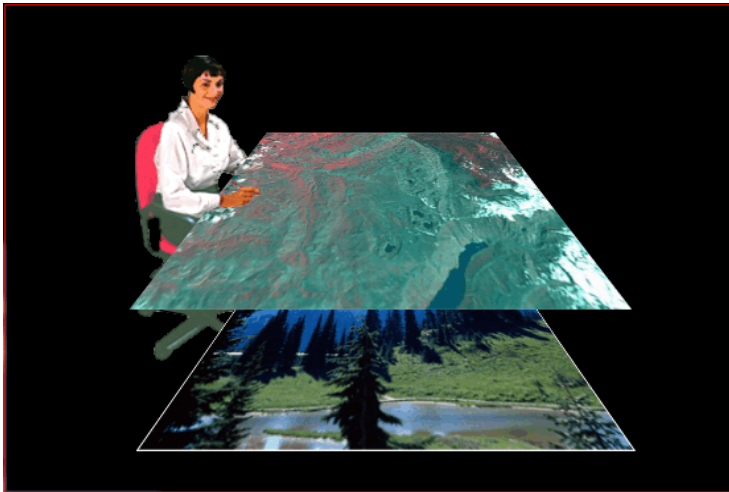


# **INTERPRETAÇÃO VISUAL**

# I N T E R P R E T A Ç Ã O



# INTERPRETAÇÃO



# I N T E R P R E T A Ç Ã O

## Forma



# INTERPRETAÇÃO

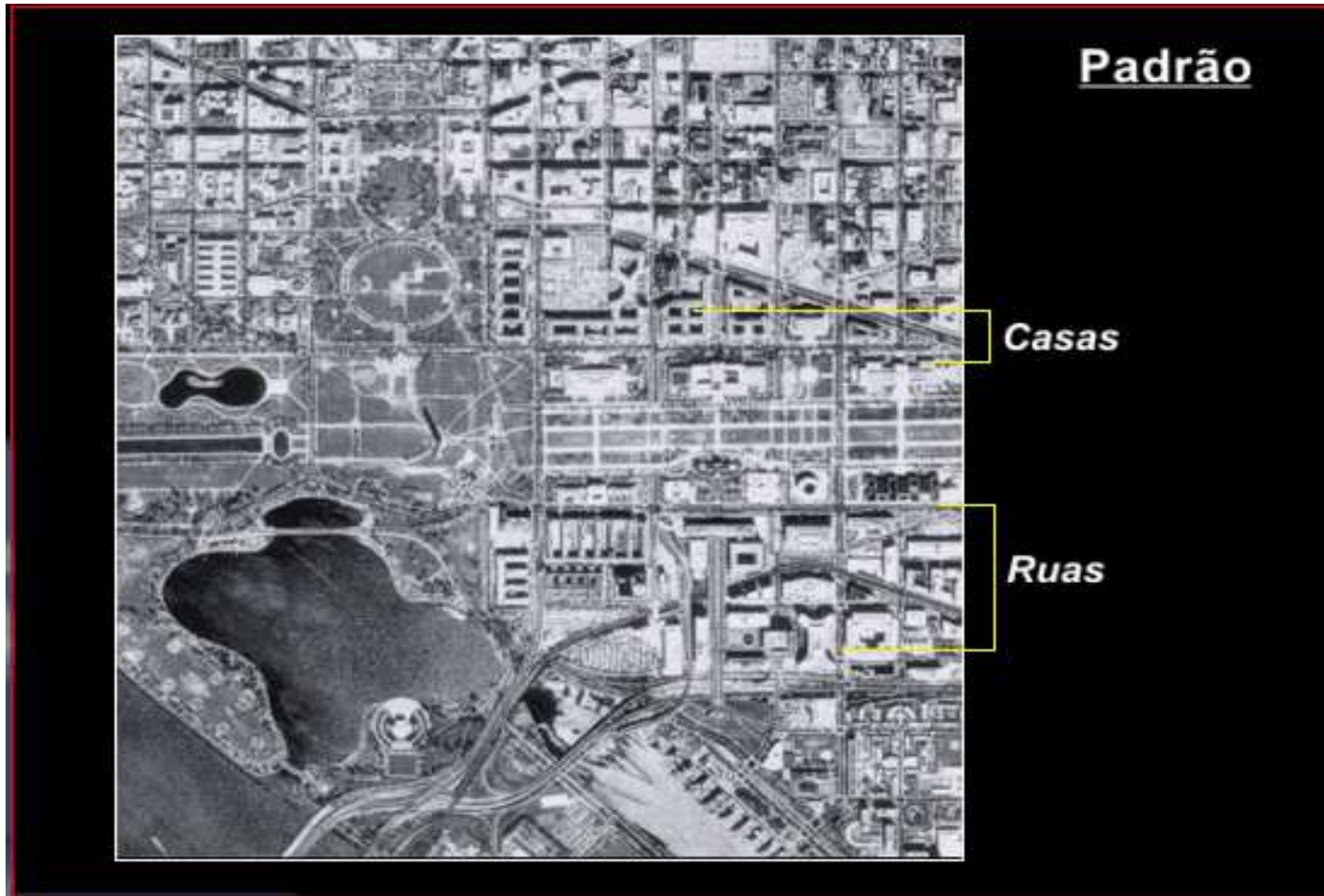


T  
A  
M  
A  
N  
H  
O

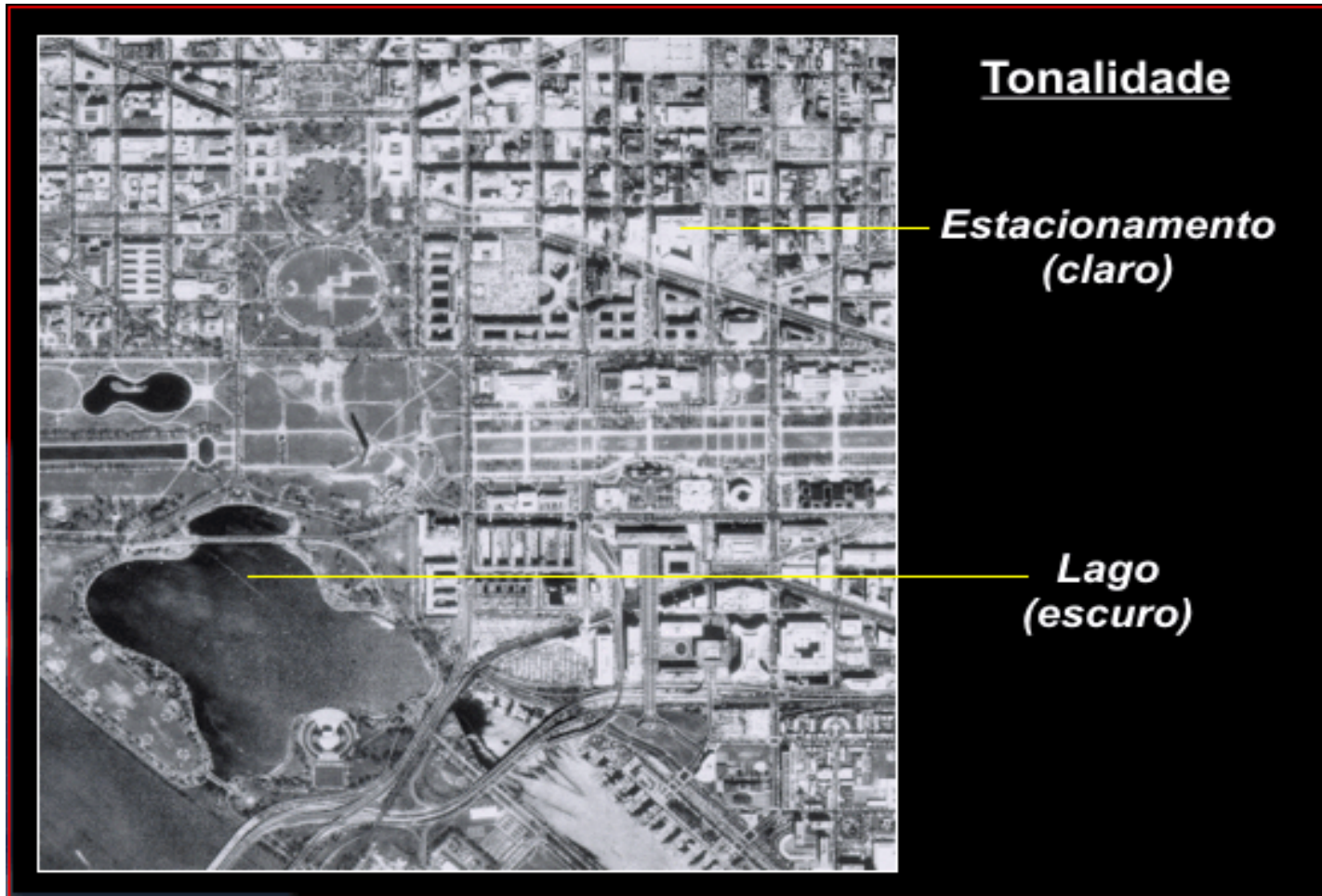




# I N T E R P R E T A Ç Ã O



# INTERPRETAÇÃO

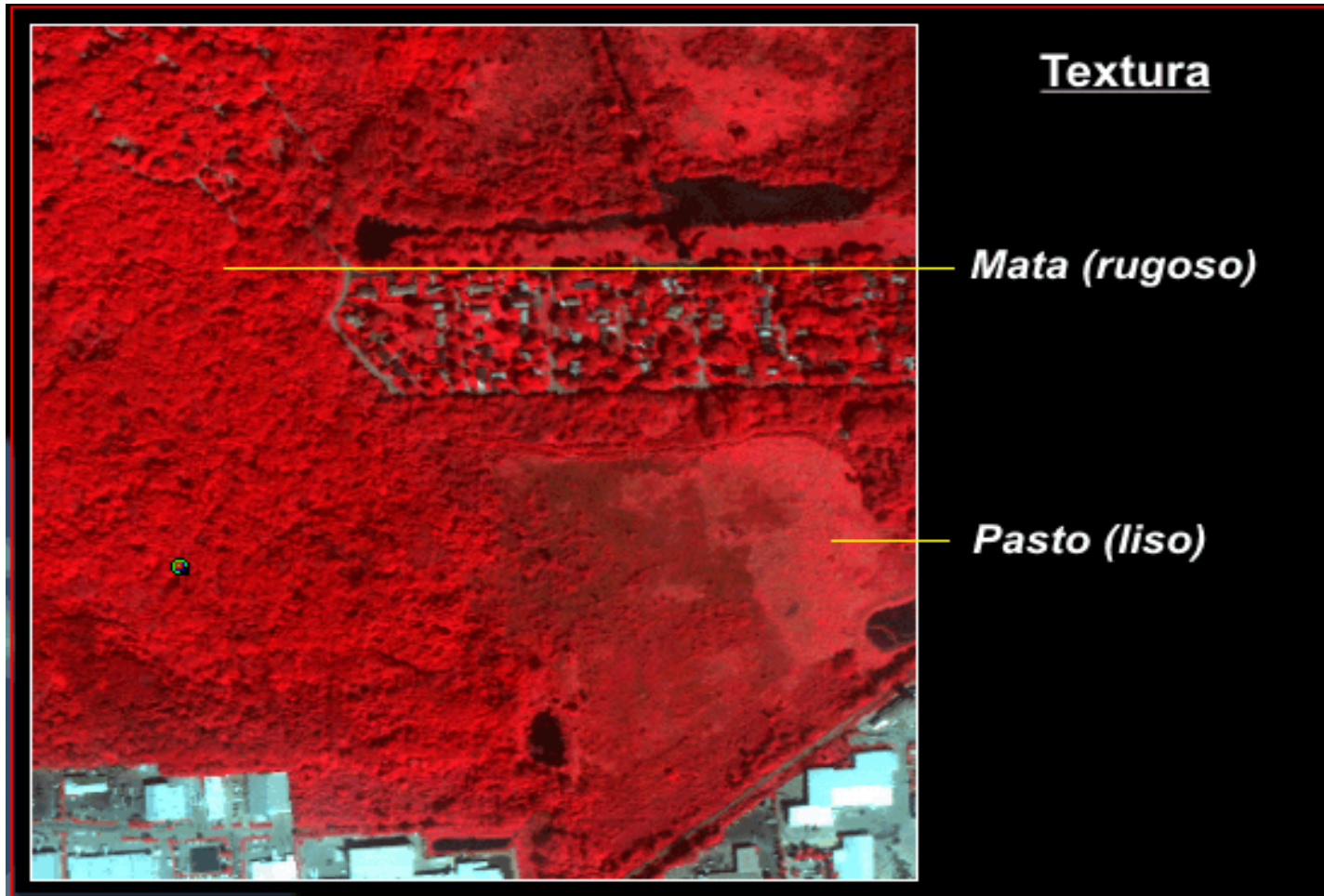




# INTERPRETAÇÃO



# I N T E R P R E T A Ç Ã O



# INTERPRETAÇÃO

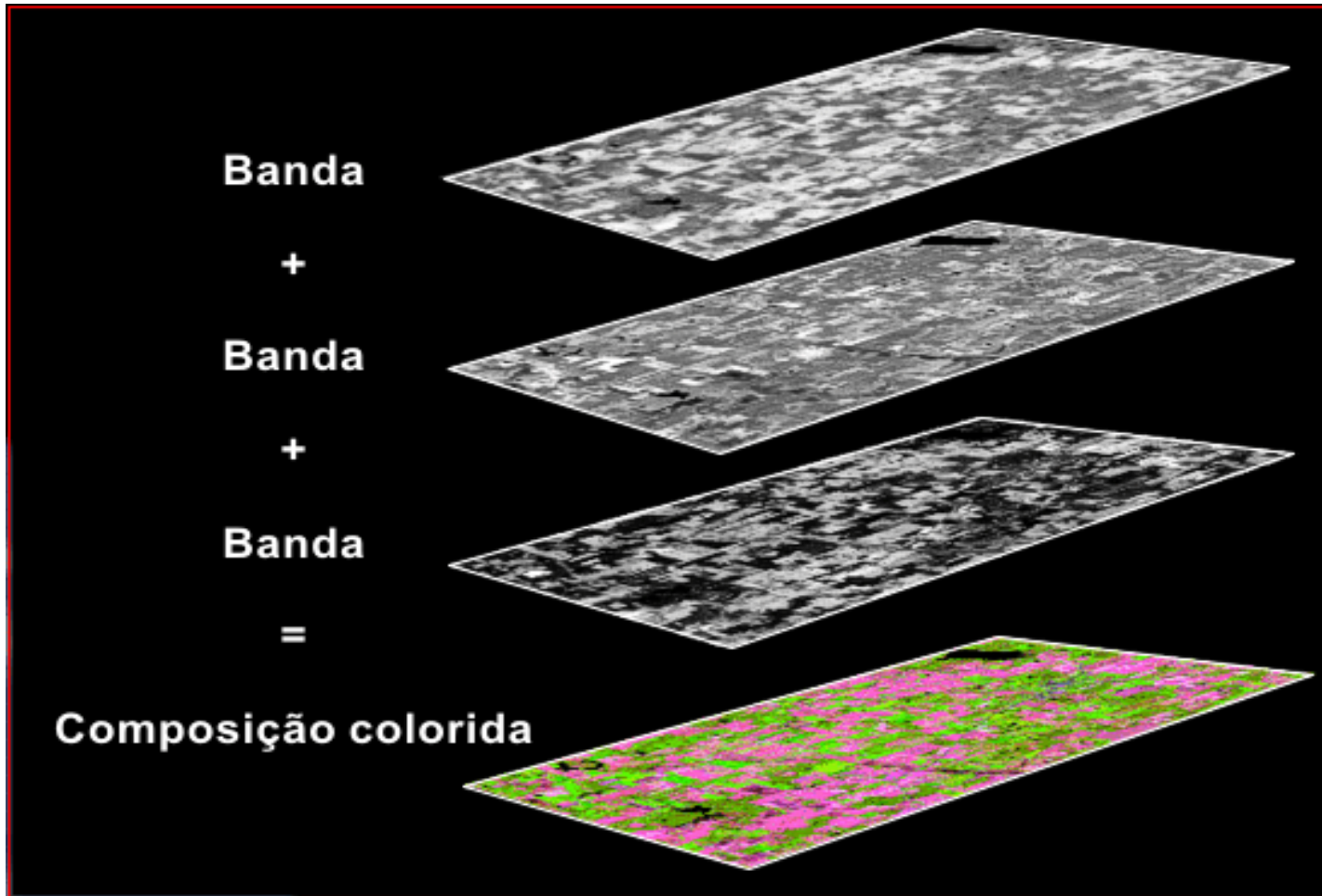


Sombra

*Sombra do edifício*

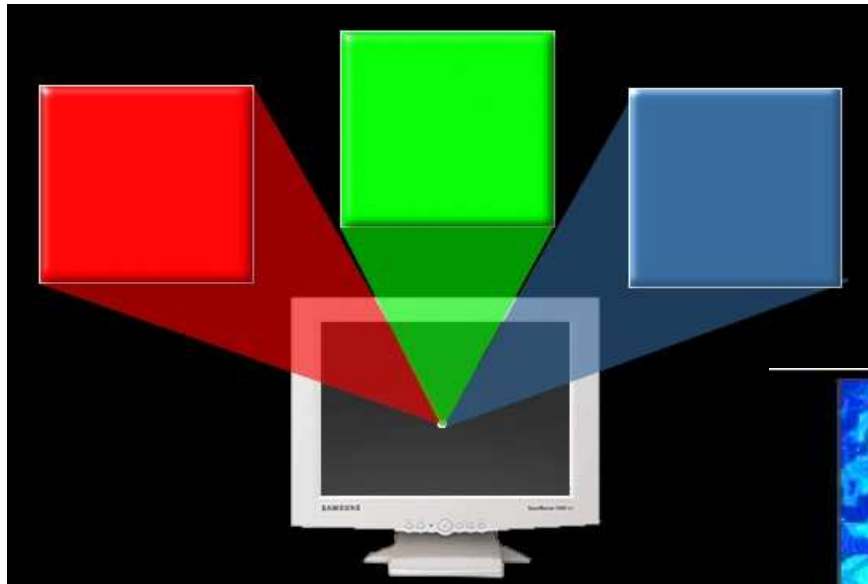
*Edifício alto*

# I N T E R P R E T A Ç Ã O





# I N T E R P R E T A Ç Ã O

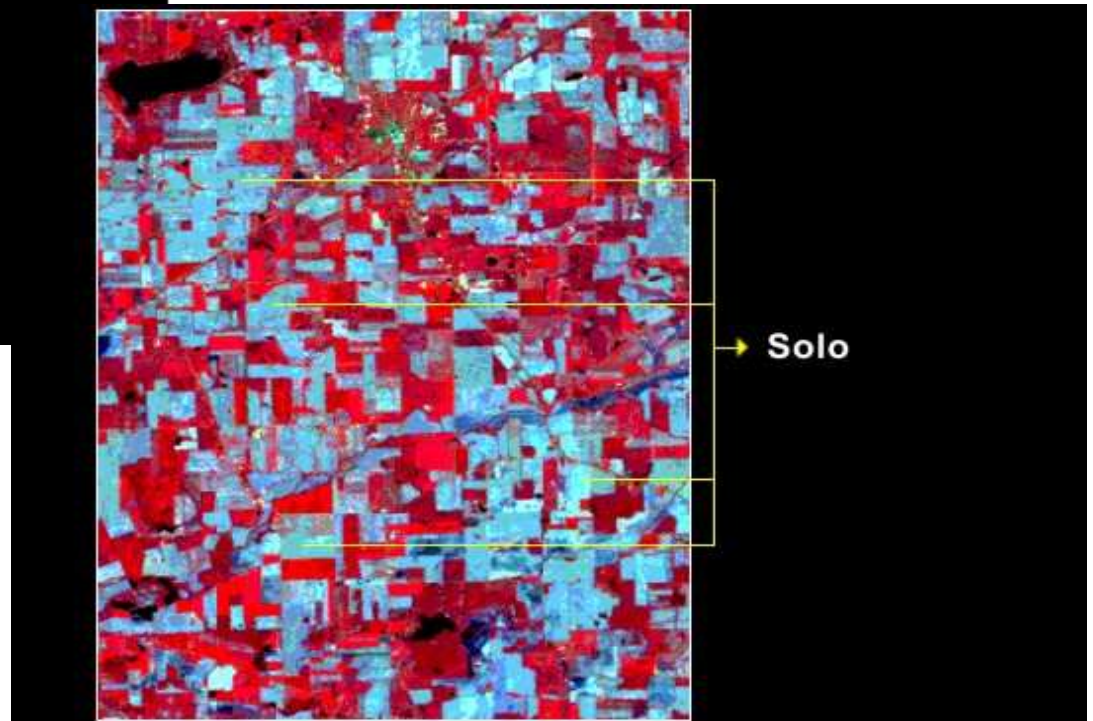
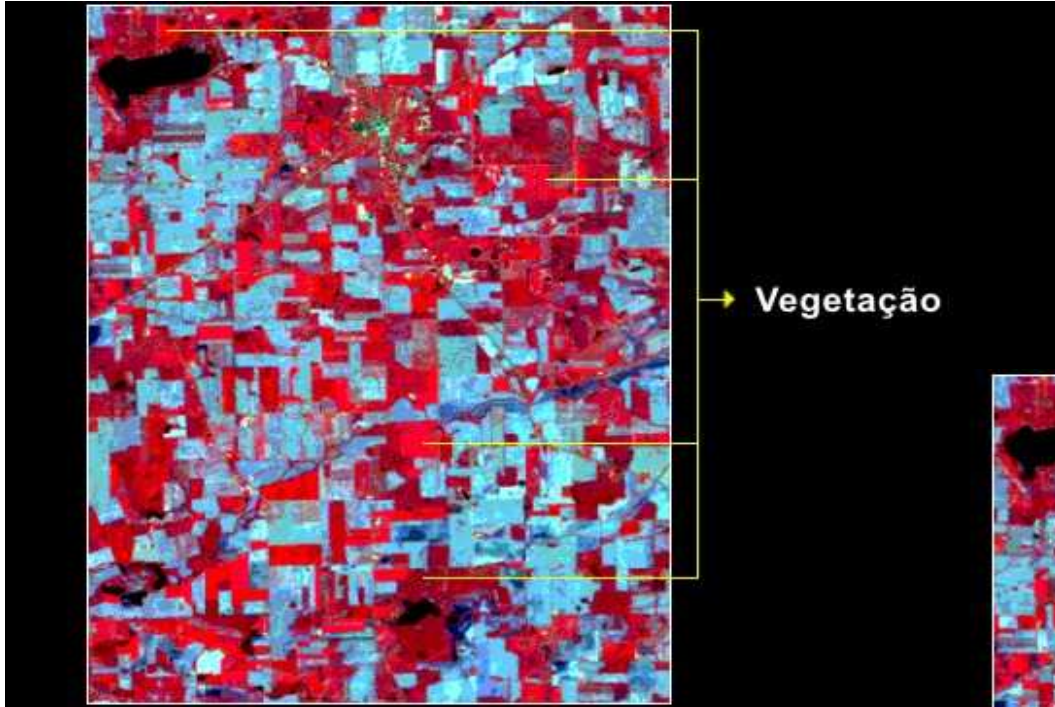


Sistema RGB

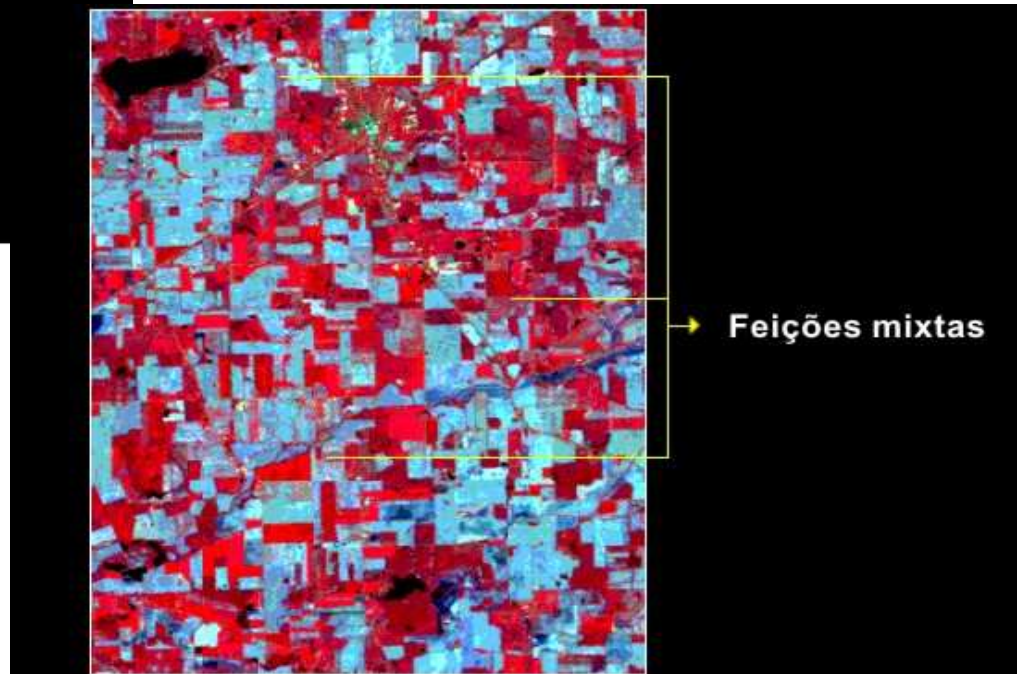
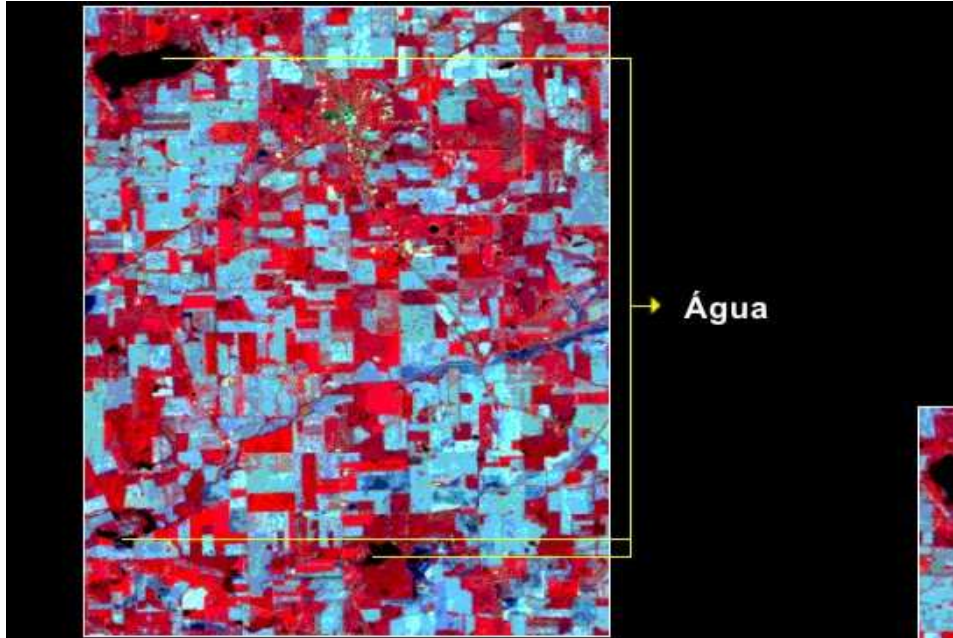


RGB = Vermelho + Verde + Azul

# I N T E R P R E T A Ç Ã O



# I N T E R P R E T A Ç Ã O





# Exercício Prático de Interpretação

## ELEMENTOS DE FOTOINTERPRETAÇÃO

### Tonalidade/Cor

Tonalidades claras estão associadas a área de elevada radiância, emitância ou retro-espalhamento em imagens de sensores óticos e termais e ativos de microondas, respectivamente. As cores mais claras e mais escuras, e suas combinações são derivadas da combinação de tonalidade das bandas individuais.

### Textura

A textura de imagem representa a freqüência de mudanças tonais por unidade de área dentro de uma dada região. A textura da imagem depende da resolução espacial do sistema, do processo de imageamento e da escala da imagem utilizada.

### Padrão

O padrão define o arranjo espacial dos objetos na cena. O significado do padrão também depende do tipo de imagens analisadas, de sua escala e sua resolução espacial.

### Localização/Contexto

A localização representa a posição relativa do objeto ou feição dentro da cena em relação a outros objetos.

### Forma

Representa a configuração espacial do objeto. Pode ser bi ou tridimensional (estereoscopia).

### Sombra

A sombra dos objetos pode ser utilizada como fonte de informação sobre limites de unidades geológicas, dimensões relativas de escarpas, árvores. Depende da resolução espacial do sensor e da escala da imagem.

### Tamanho

O tamanho dos objetos é função da resolução do sistema e da escala das imagens. O tamanho do objeto pode ajudar em sua identificação.

Tonalidade



Textura



Forma



Padrão



Sombra/Tamanho



Associação



1. Identifique na fotografia abaixo as seguintes características/objetos e explique com base nos elementos de interpretação visual descritos:

- Pista de corrida
- Rio
- Estradas
- Pontes
- Áreas residenciais
- Barragem



(Fonte: Tutorial do CCRS)

# CHAVE DE INTERPRETAÇÃO

REGIÃO

TEXTURA  
RUGOSA

TEXTURA  
LISA

COR  
VERDE

COR  
MAGENTA

COR  
ESCURA

COR  
MAGENTA

FLORESTA  
INTACTA

FLORESTA  
QUEIMADA

PASTAGEM  
QUEIMADA

PASTAGEM  
INTACTA

# EXERCÍCIO DE FOTOINTERPRETAÇÃO

Análise geral da imagem (região, localização, sensor, resolução, bandas espectrais, composição colorida, data de aquisição, escala, qualidade (ruído, nuvens, névoa), dados auxiliares (mapas, informação climática, censos agropecuário, etc.)

1. Identificar 4 alvos e descrever como eles aparecem em cada um dos produtos (usar os elementos de interpretação para a descrição)
2. Identificar uma cava de areia inativa e uma ativa e explicar como as identificou
3. Cobrir a legenda dos mapas e explicar como separar (identificar) a banda 3 da banda 5
4. Como apareceria uma área de reflorestamento se a combinação de cores fosse 4R, 5G, 3B?
5. Qual a distância entre o centro de Taubaté e o centro de Pindamonhangaba?
6. Qual o comprimento da pista do aeroporto do BAVEX?



# **C U R S O**

## **INTRODUÇÃO AO SENSORIAMENTO REMOTO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS**

### **Lição 2**

#### **DOCENTES**

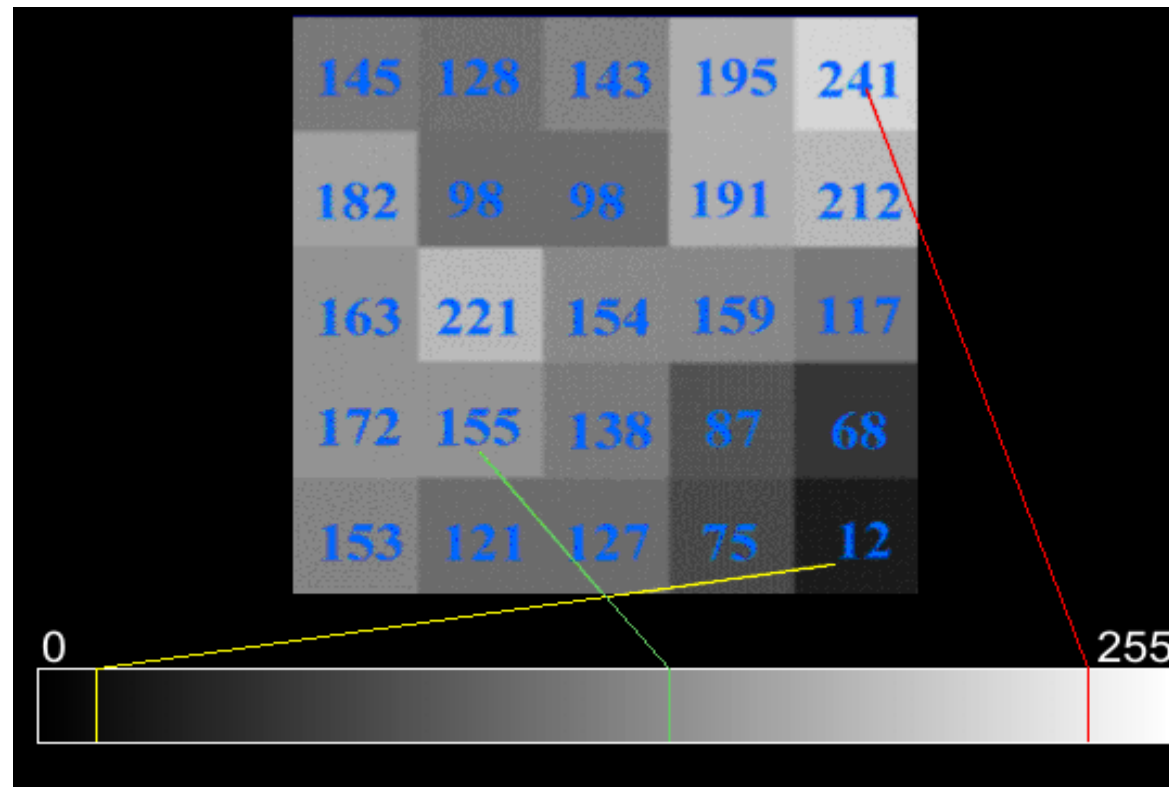
**Prof. Dr. Getulio Batista**

**Dr. Nelson Dias**

**R E S P O S T A S**  
**E S P E C T R A I S**

# RESPOSTAS ESPECTRAIS

Números Digitais ou ND



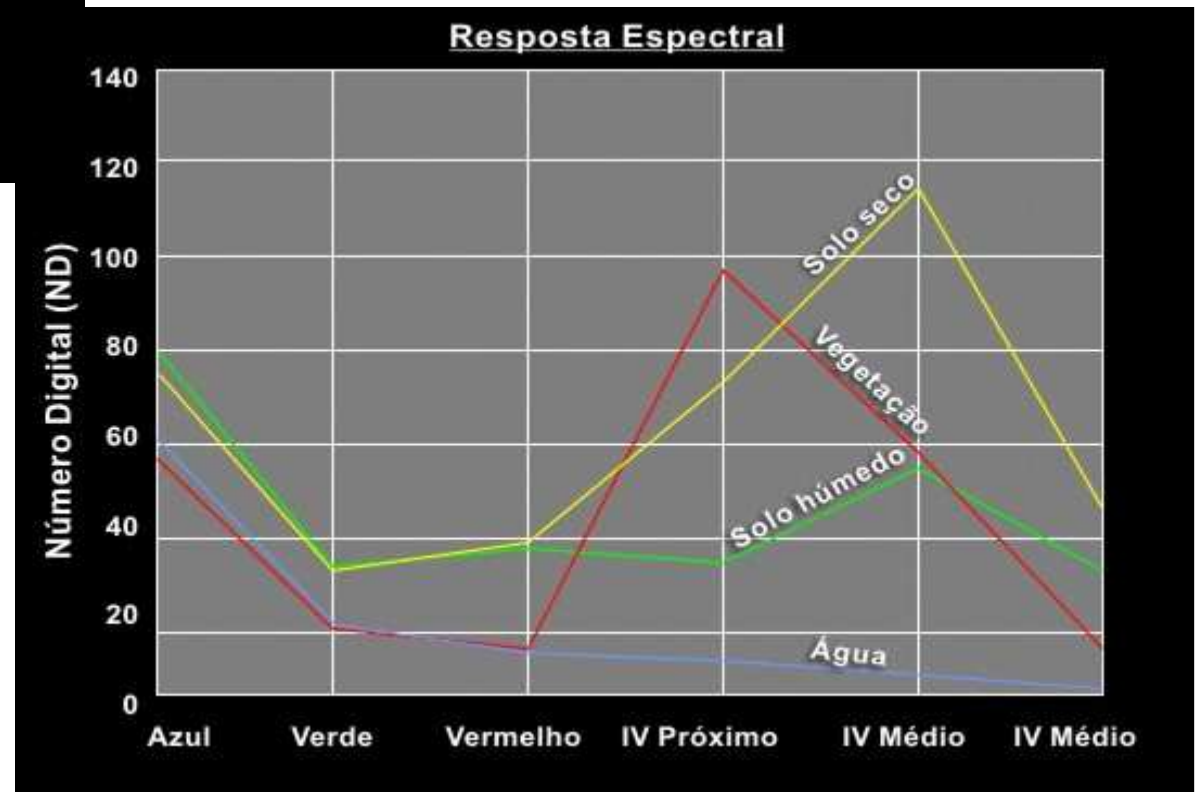
# RESPOSTAS ESPECTRAIS

36	43	32	37	51	68	61
34	39	41	49	54	63	60
29	32	33	41	48	44	47
21	23	21	31	36	34	35
17	21	20	24	27	31	28
19	17	17	21	45	75	83
11	14	12	34	67	66	91
15	14	16	23	54	68	97
19	21	23	21	38	54	73
27	25	32	48	52	57	63





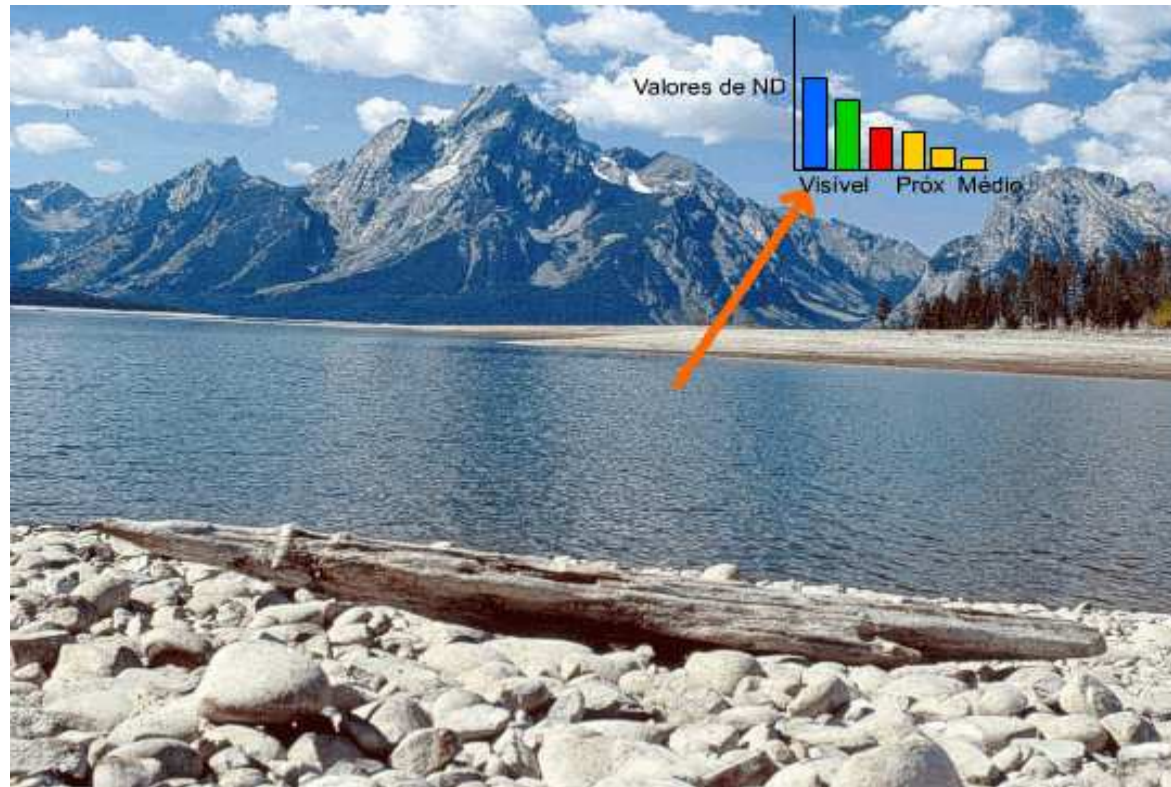
# RESPOSTAS ESPECTRAIS





# RESPOSTAS ESPECTRAIS

Energia Refletida pela Água

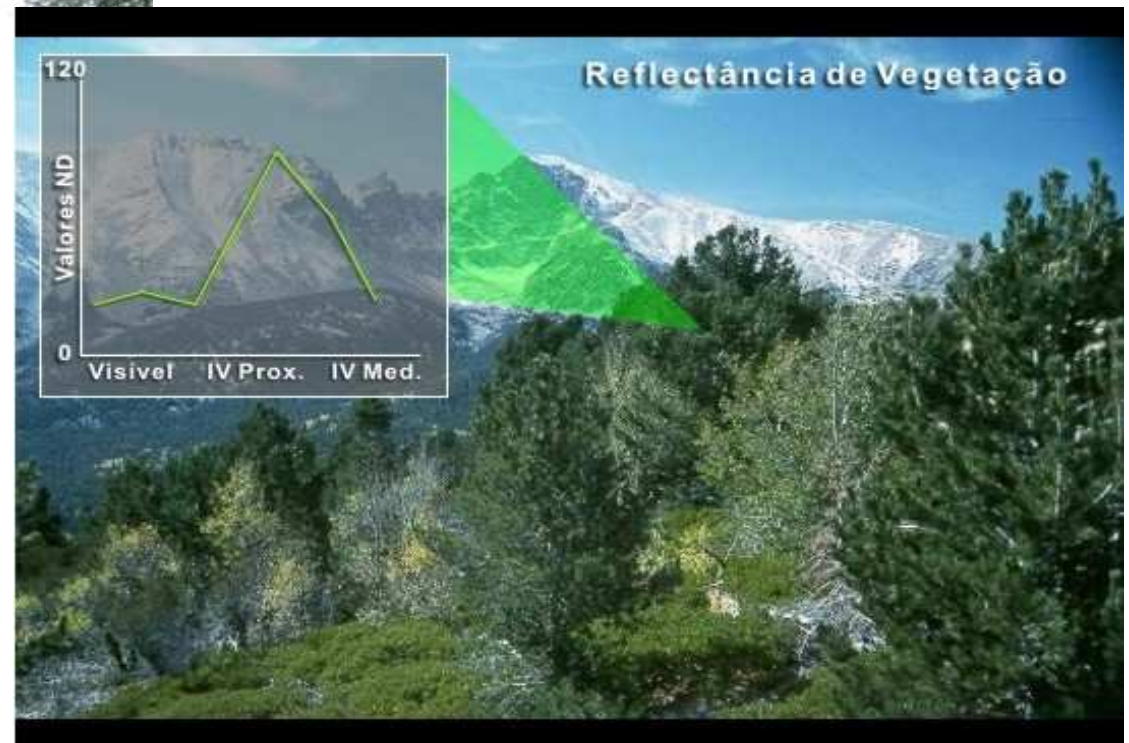


# RESPOSTAS ESPECTRAIS

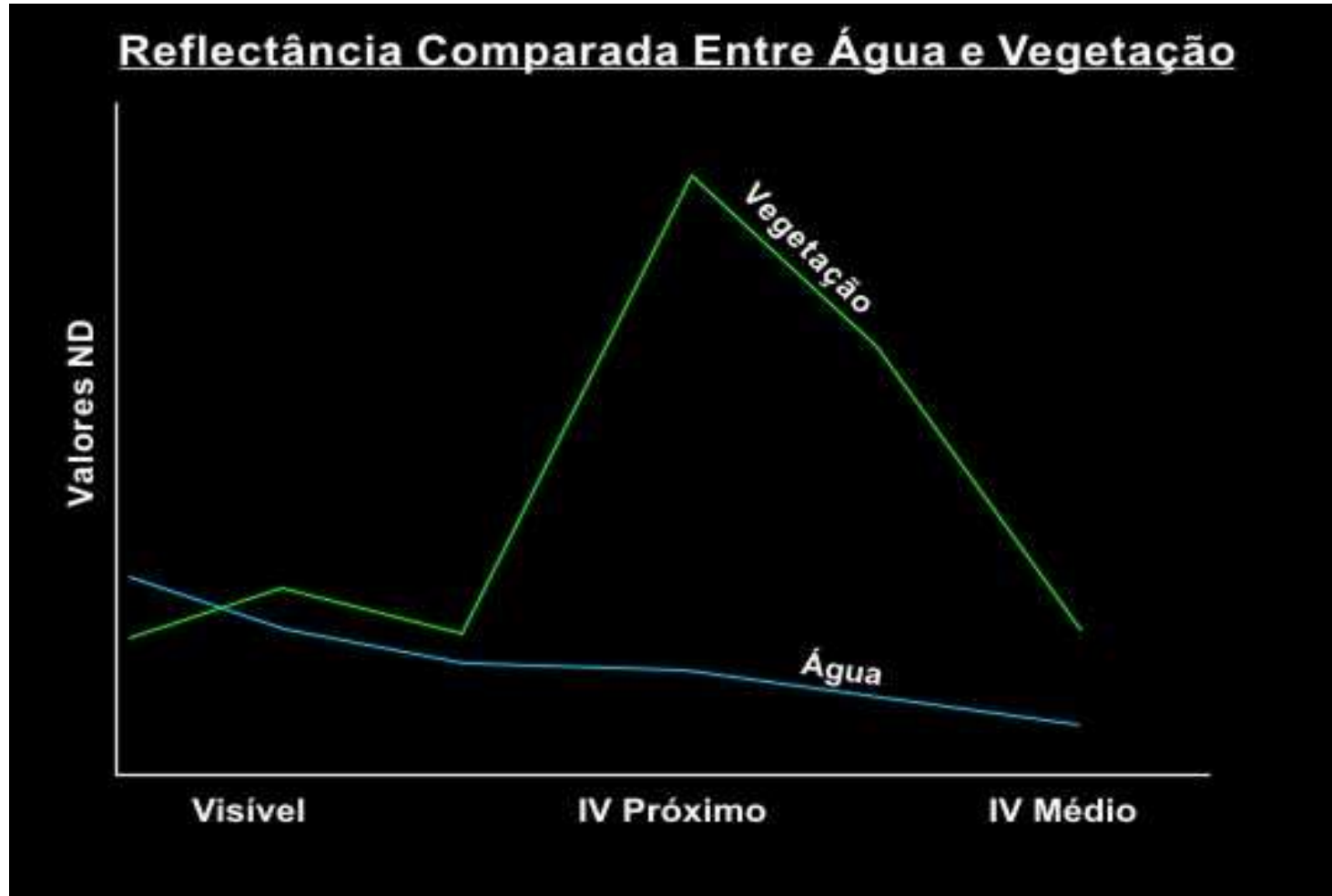
Reflectância de Água



Reflectância de Vegetação



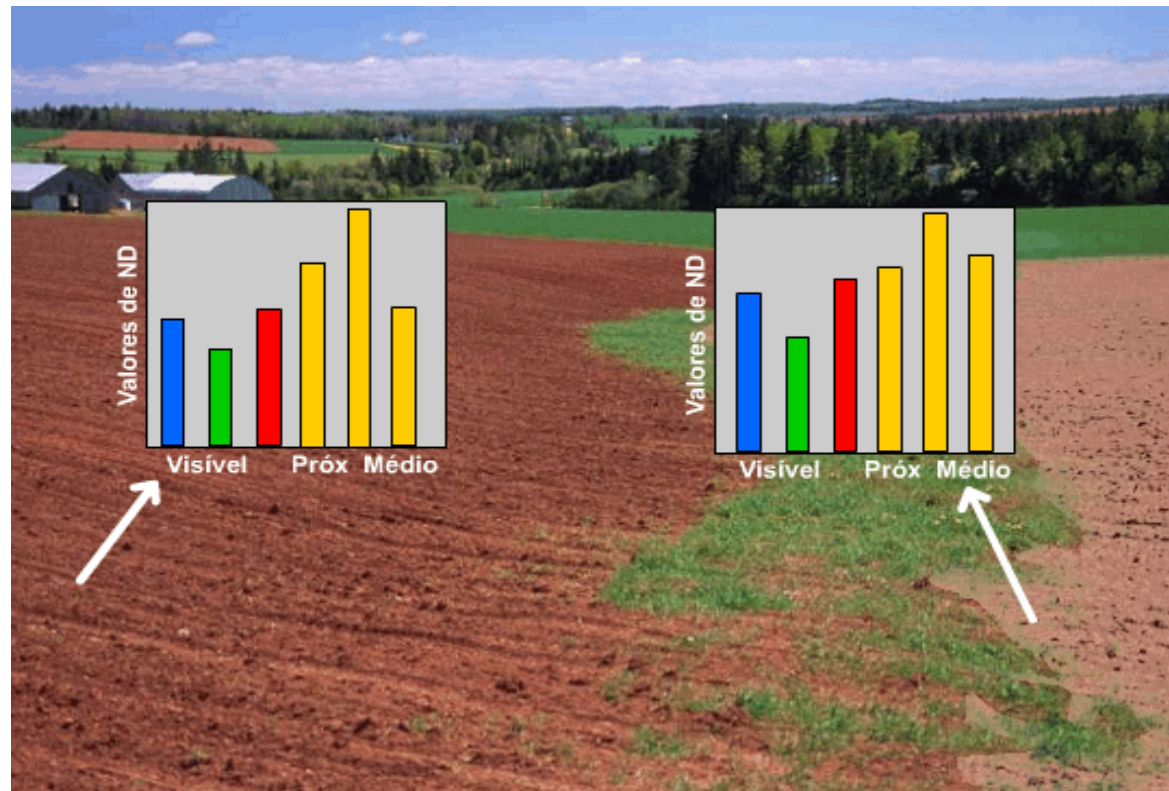
# RESPOSTAS ESPECTRAIS



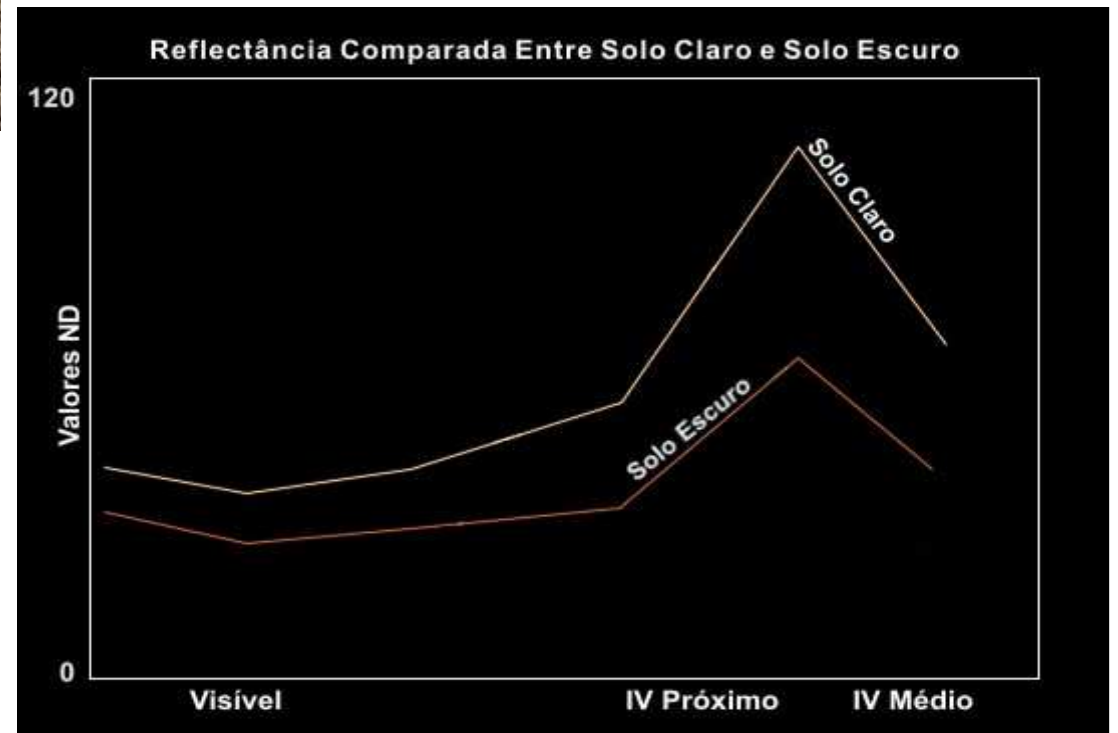
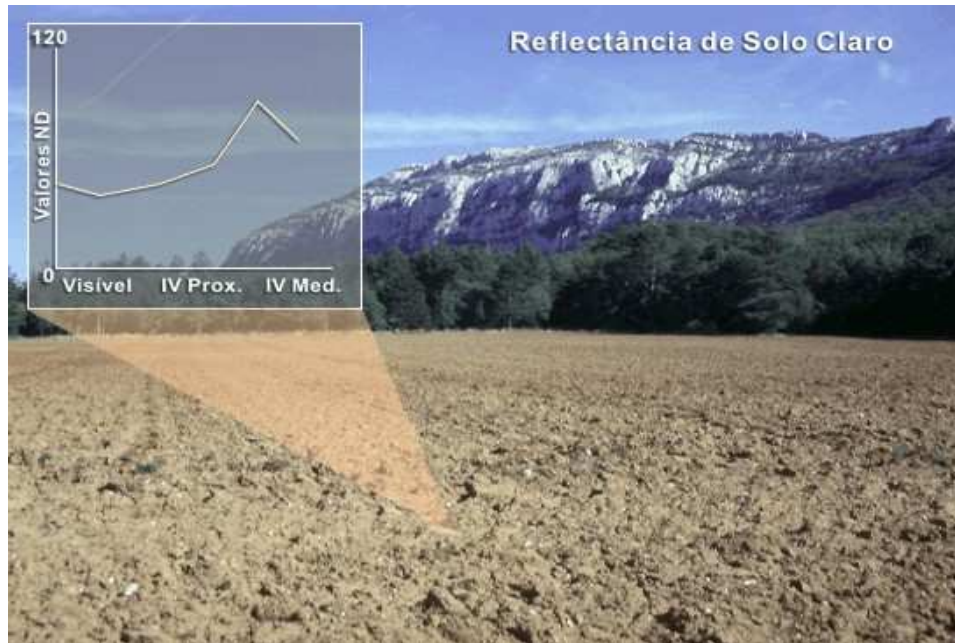


# RESPOSTAS ESPECTRAIS

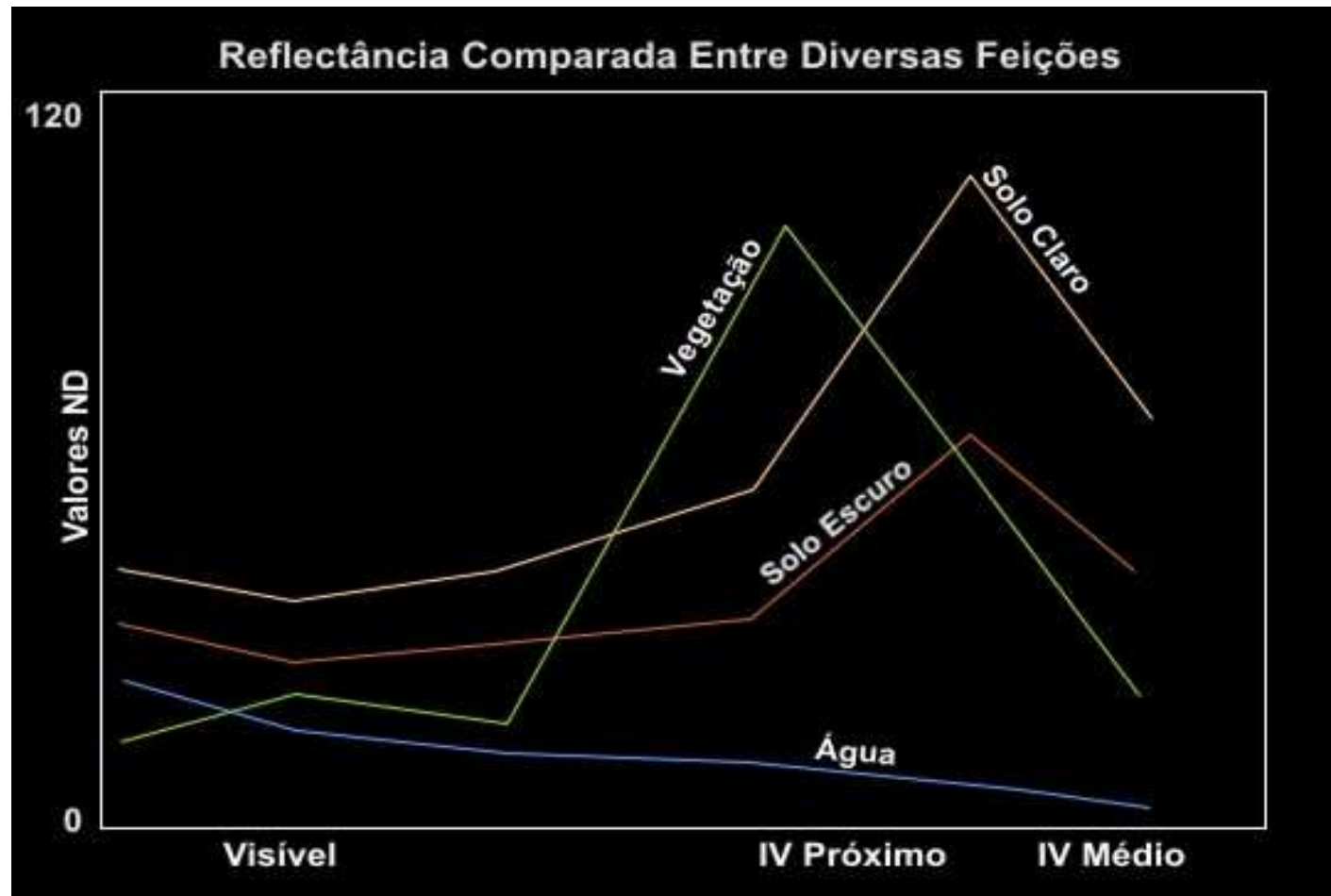
Energia Refletida pelo Solo



# RESPOSTAS ESPECTRAIS



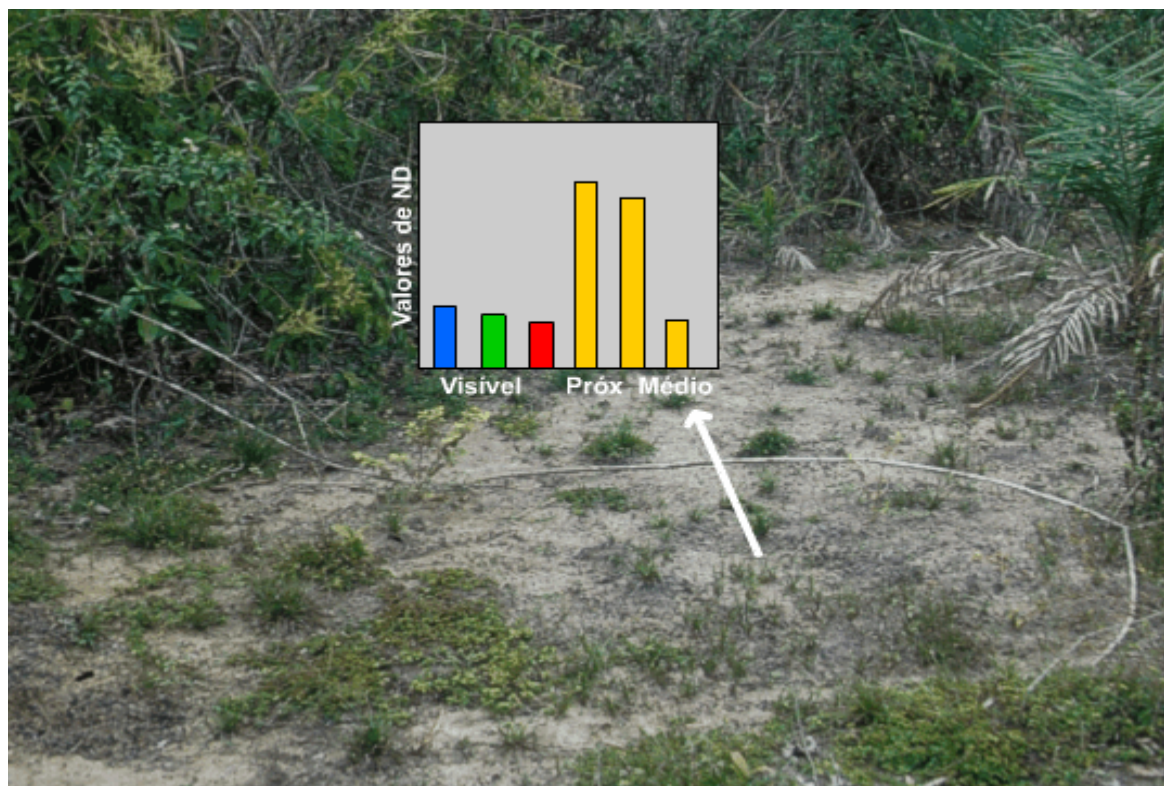
# RESPOSTAS ESPECTRAIS





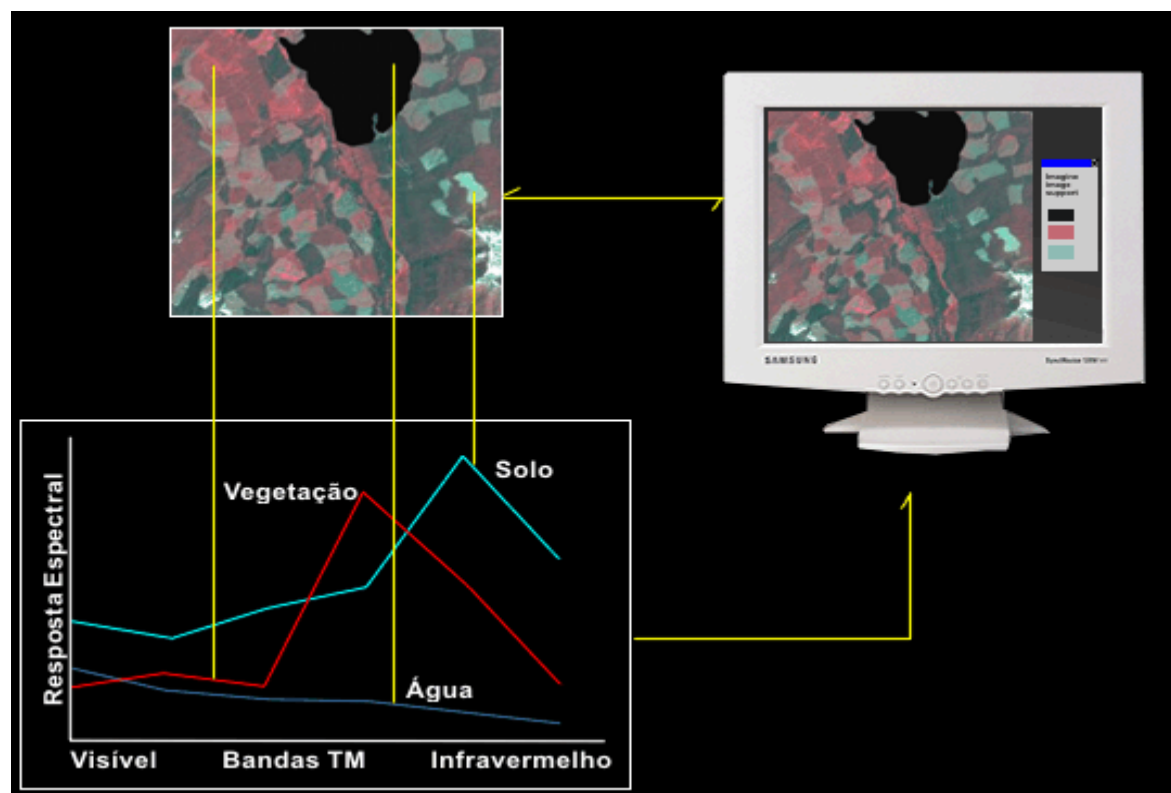
# RESPOSTAS ESPECTRAIS

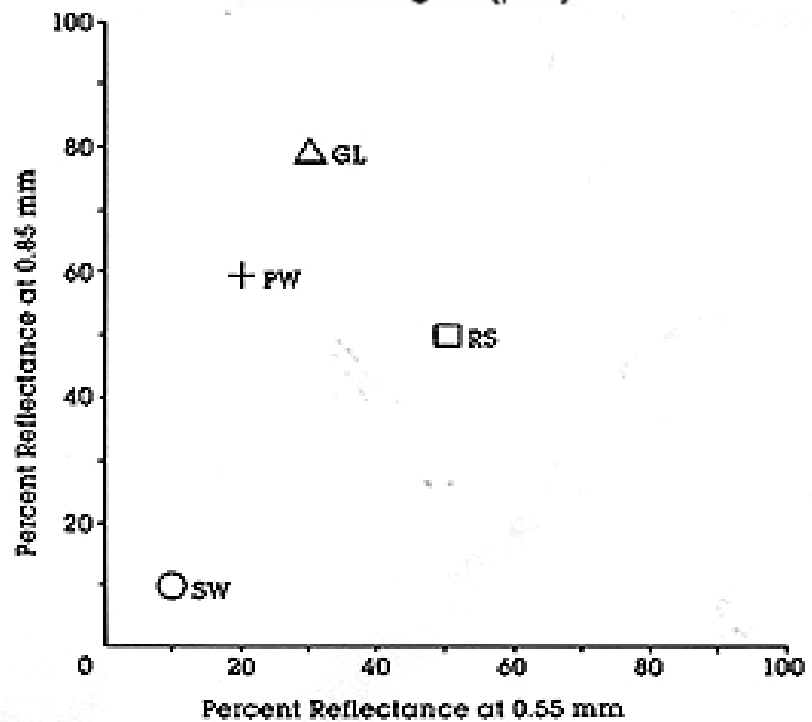
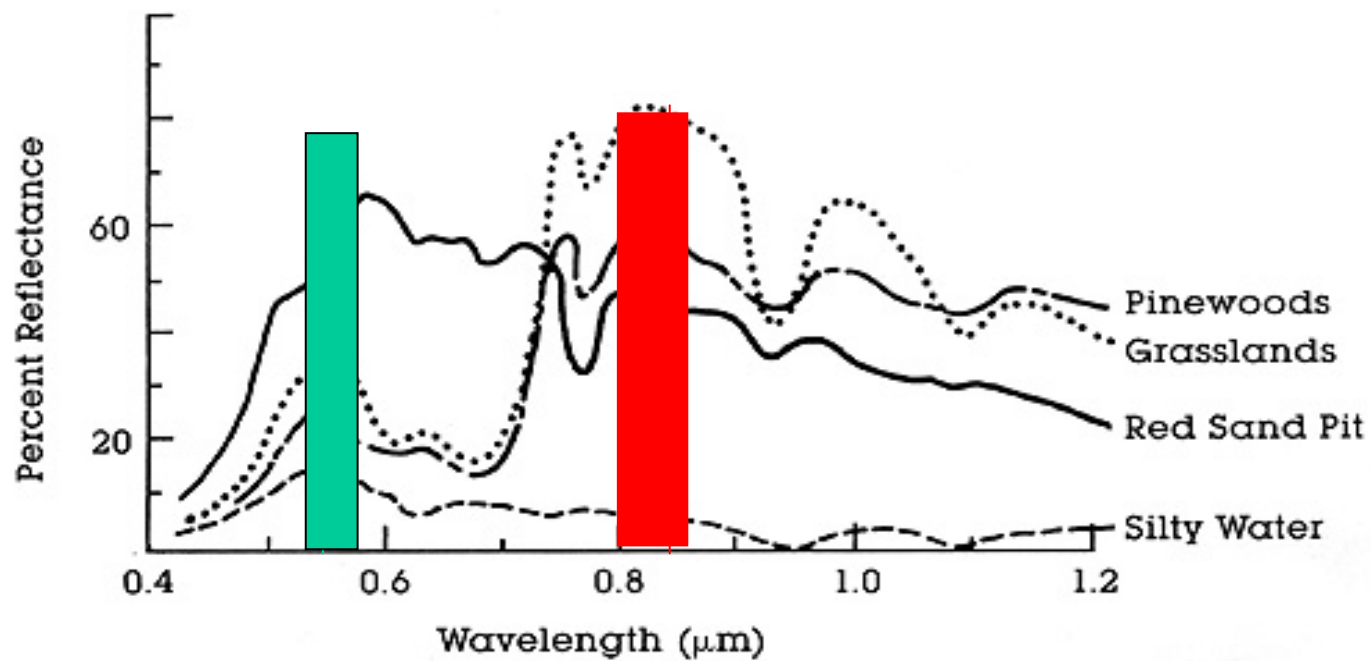
Energia Refletida por Feições Mistas



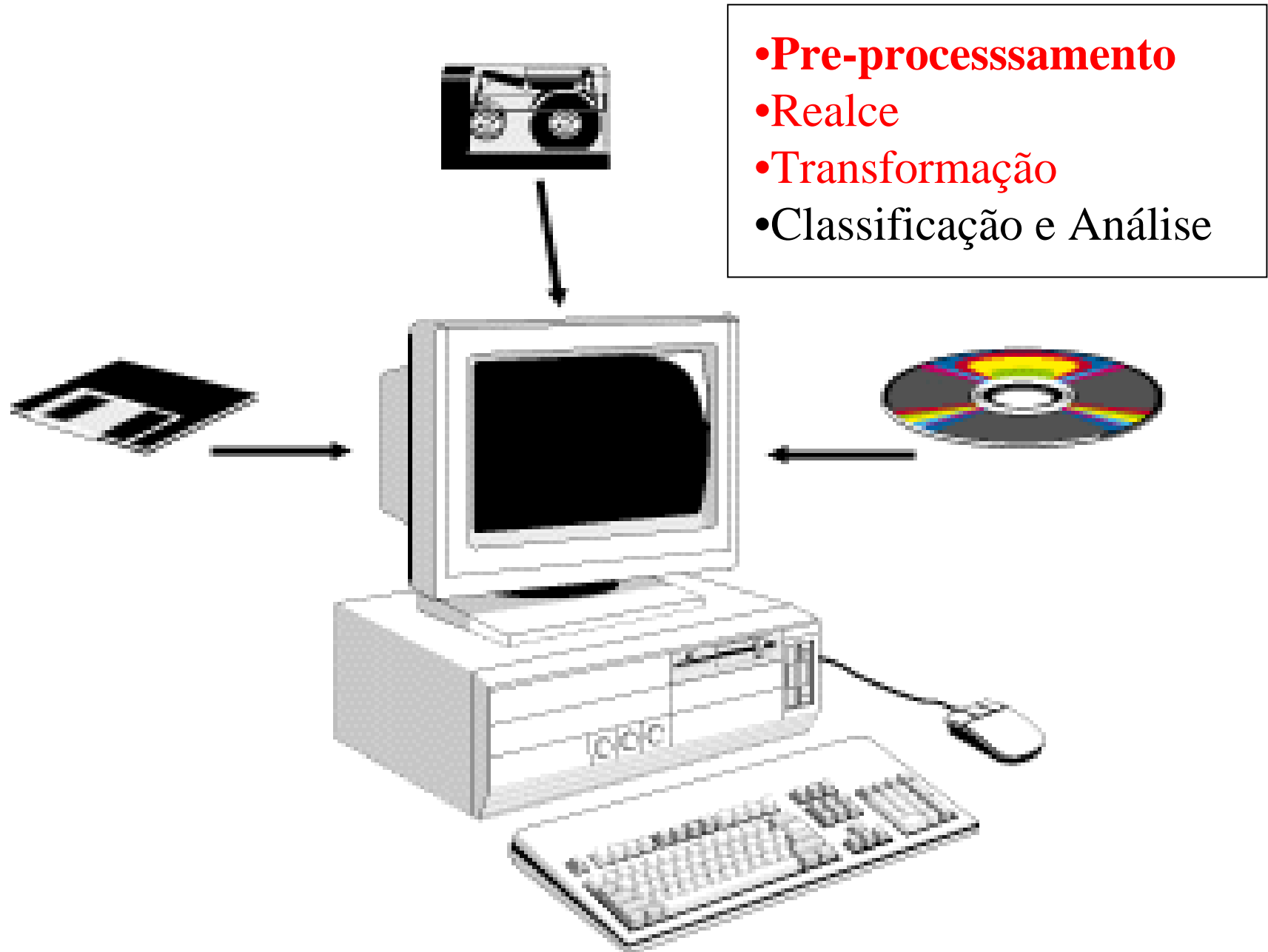
# RESPOSTAS ESPECTRAIS

## Interpretação Digital da Imagem

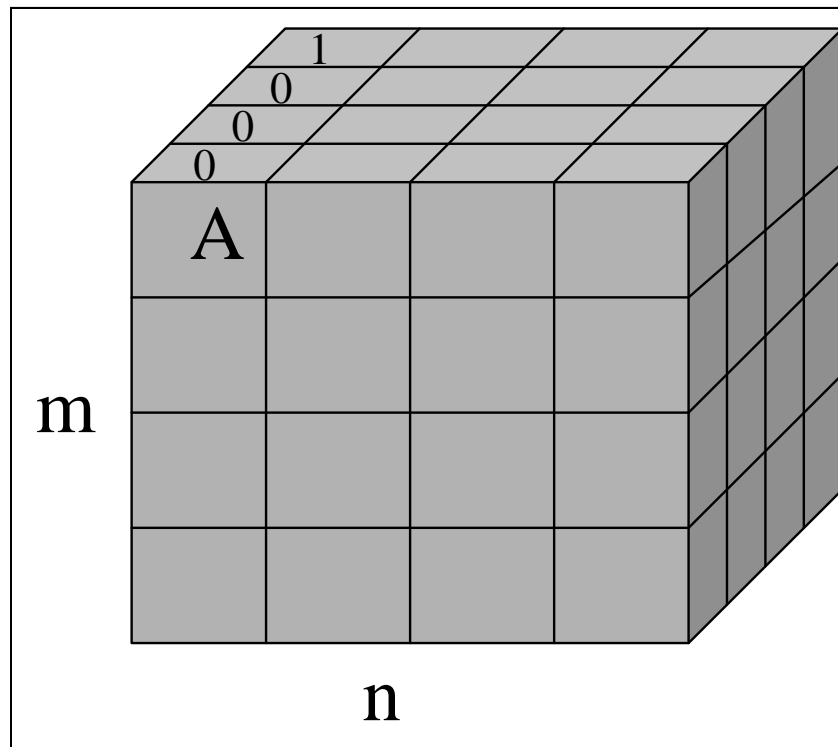




# Análise Digital



Representação, na memória de um computador, de uma imagem digital formada por **m** e **n** pixels ou colunas, e com uma resolução radiométrica de 4 bits. O pixel A corresponde ao nível digital  $\{[(0 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0)] = 1\}$  (Adaptado de Mather, 1987).



formato em grade (grid) ou formato raster > adequado > sistemas de varredura (aquisição) + equipamentos visualização das imagens também > formato raster. registros lógicos > valores de cada pixel > independentemente serem pontos, linhas ou áreas > facilidade de endereçamento

Formato “raster” vs. vetorial

# Conceito de Processamento Digital

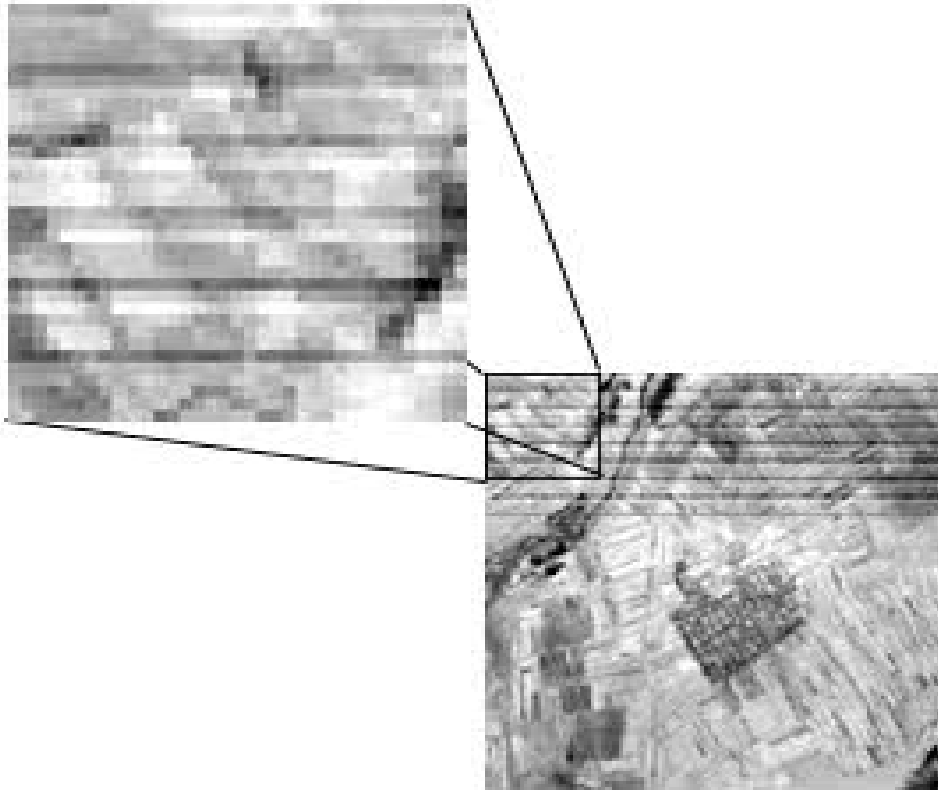
## Pré-Processamento



Pré-Processamento: Esticamento de Contraste



“Striping”

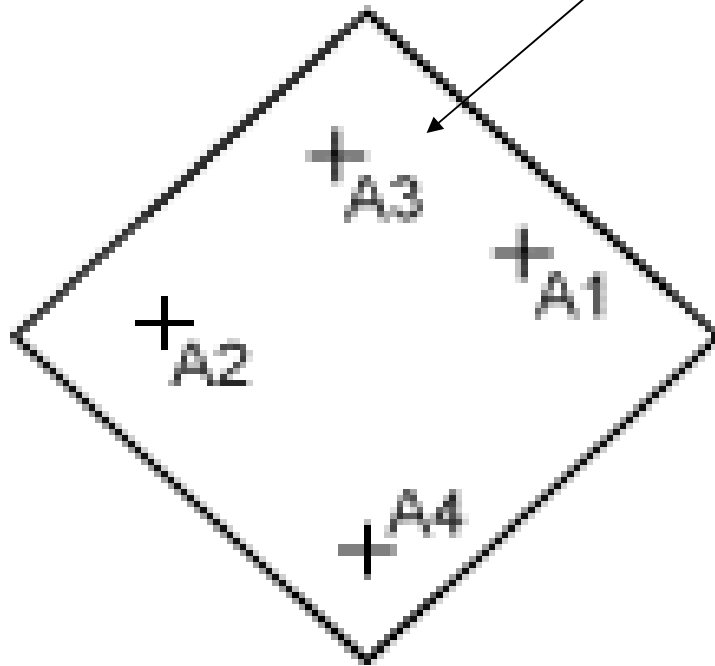


Ruído - Perda de linhas



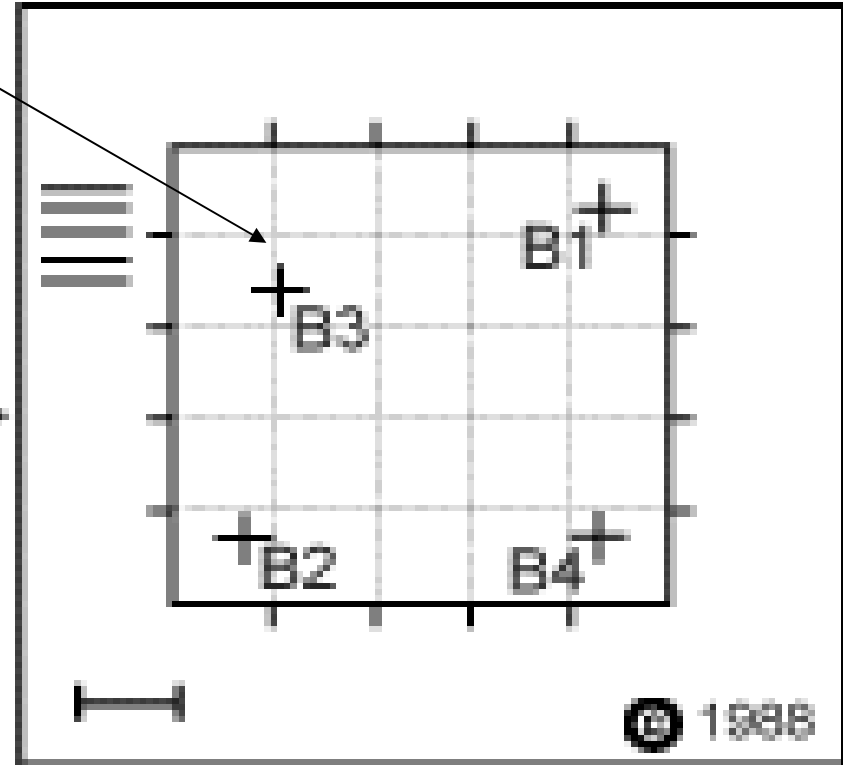
# Registro de Imagens

Pontos Homólogos



A

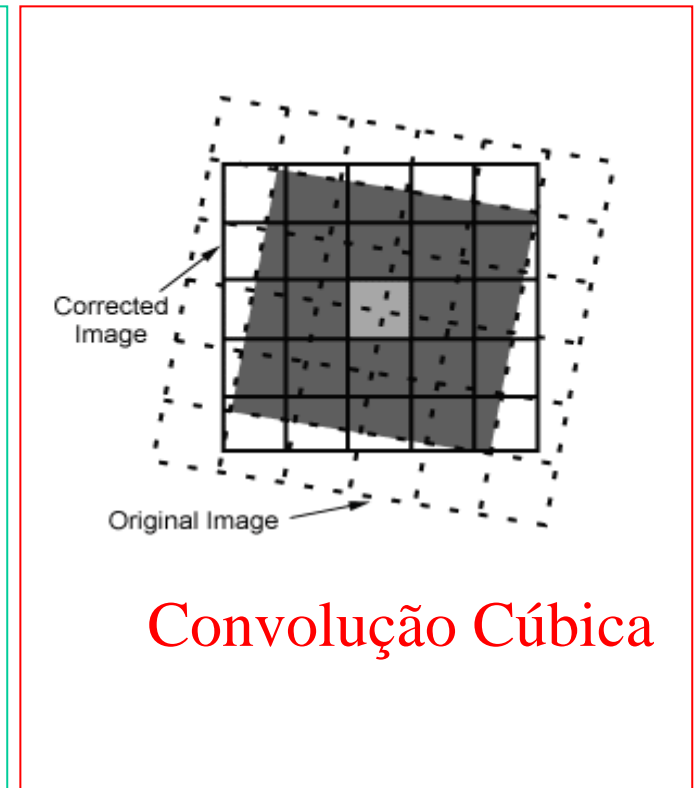
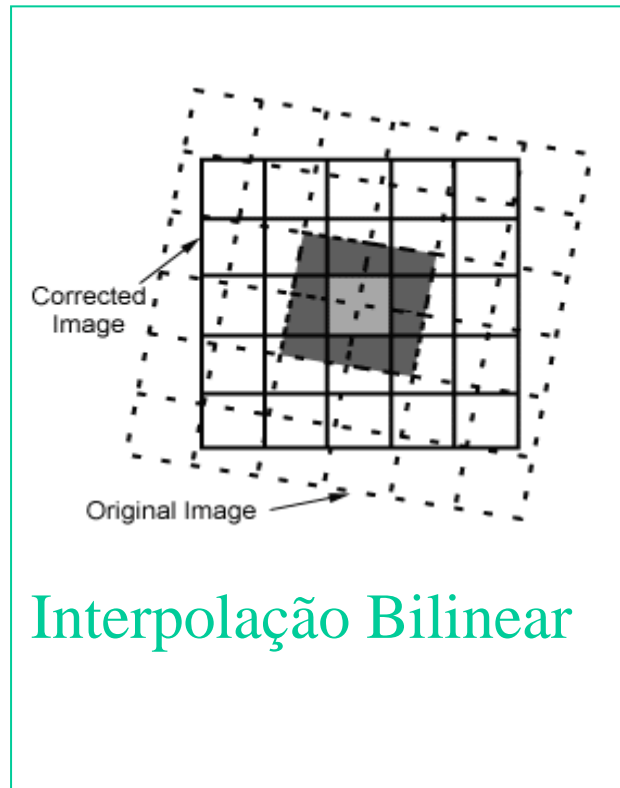
Imagem



B

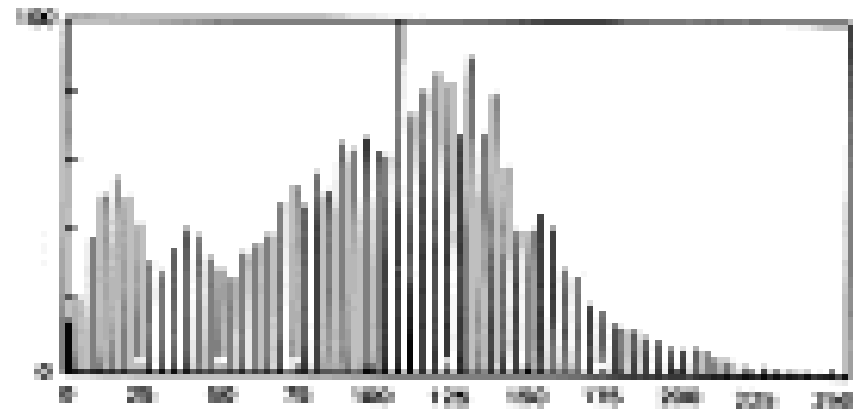
Mapa de Referência

# Reamostragem

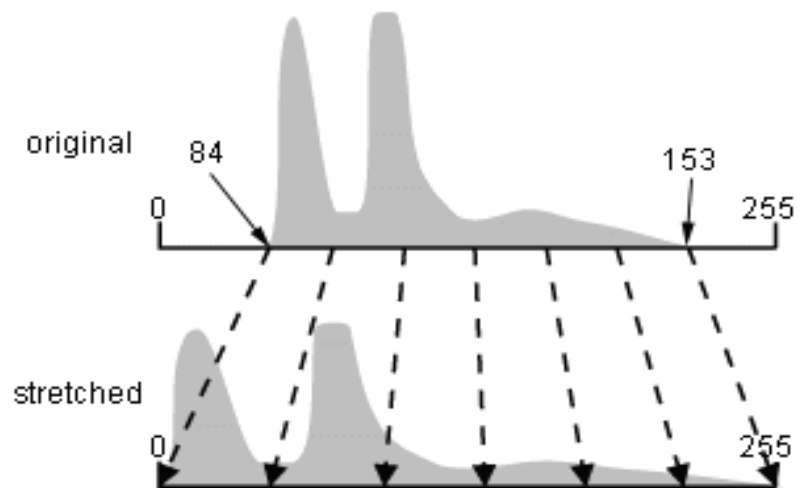


Ligado ao processo de Registro / Integração de Dados

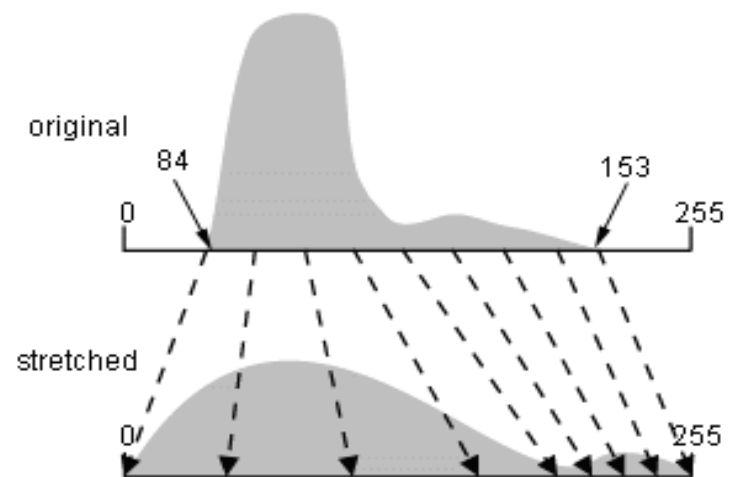
# Histograma



# Esticamento de Contraste

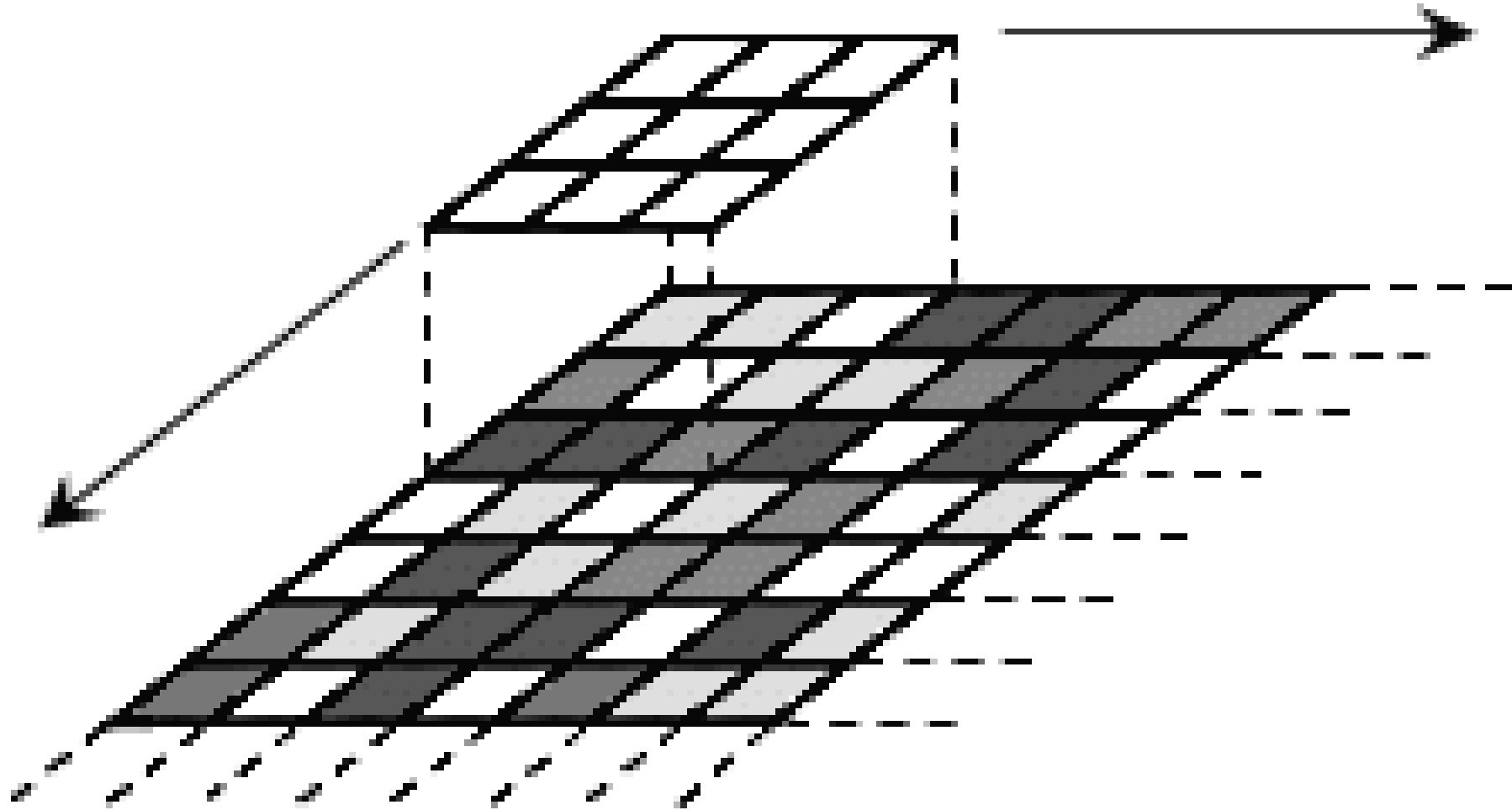


Contraste Linear



Equalização de Histogramas

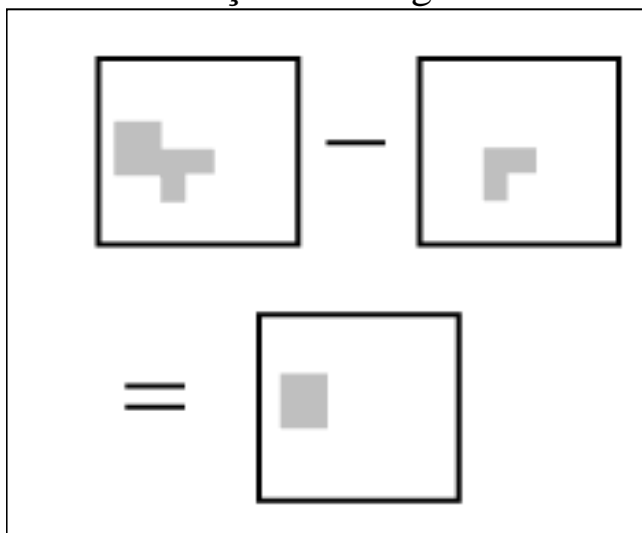
# Filtragem



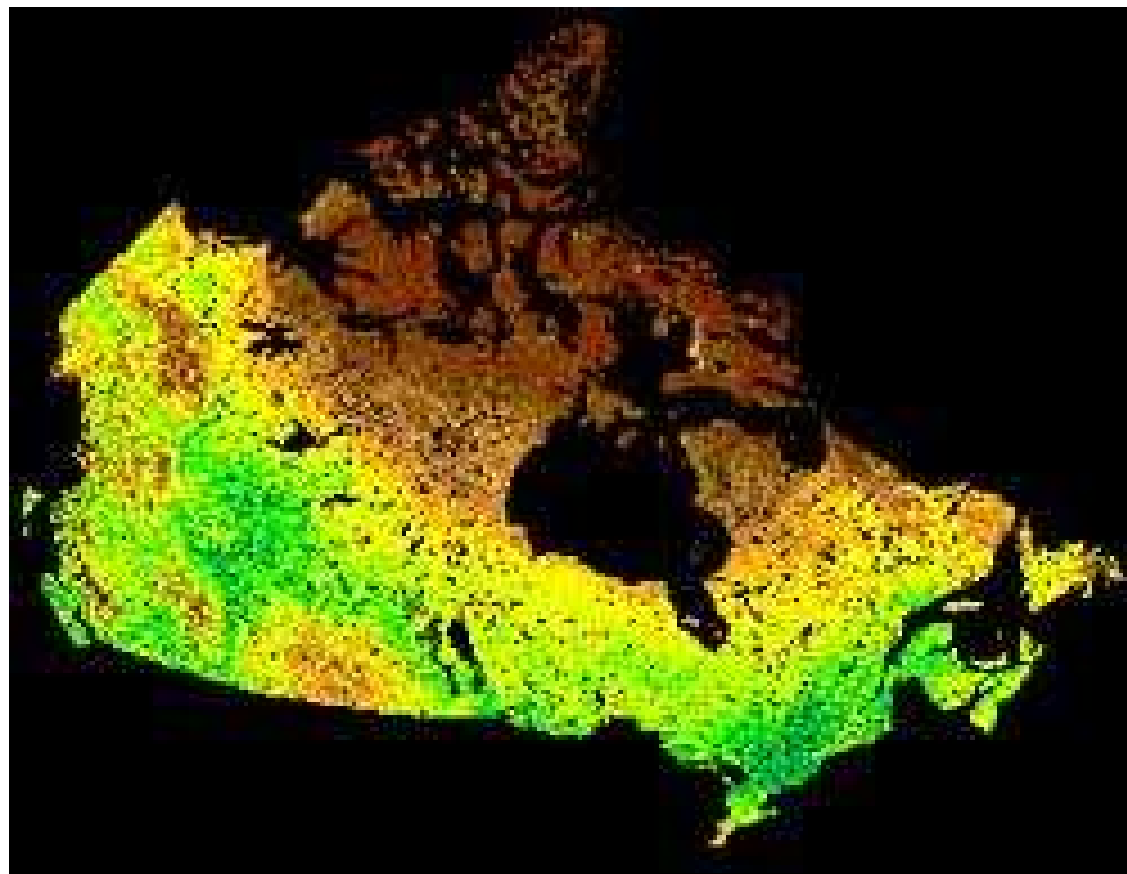


# Transformações de Imagens

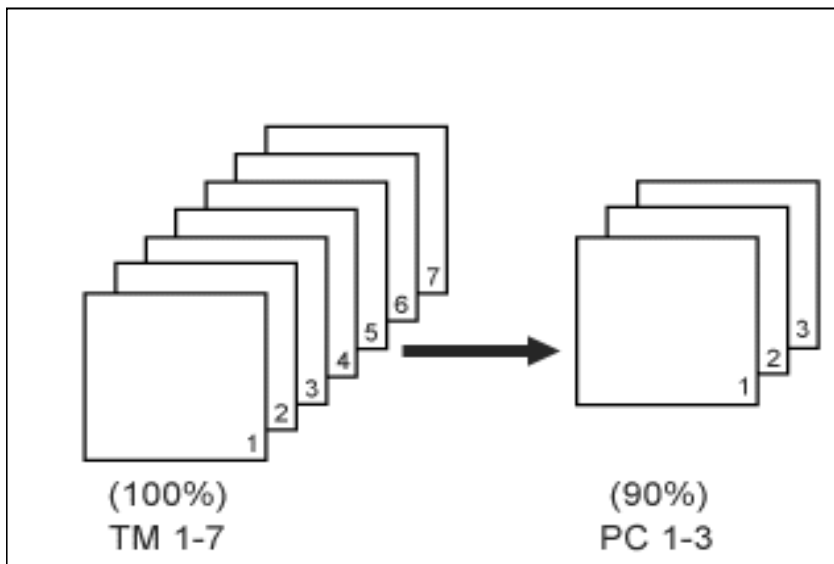
Subtração de Imagens



Índice de Vegetação --> NDVI



Principais Componentes



Outro exemplo: Modelo de Mistura  
Gera imagens **sombra, vegetação, solo**

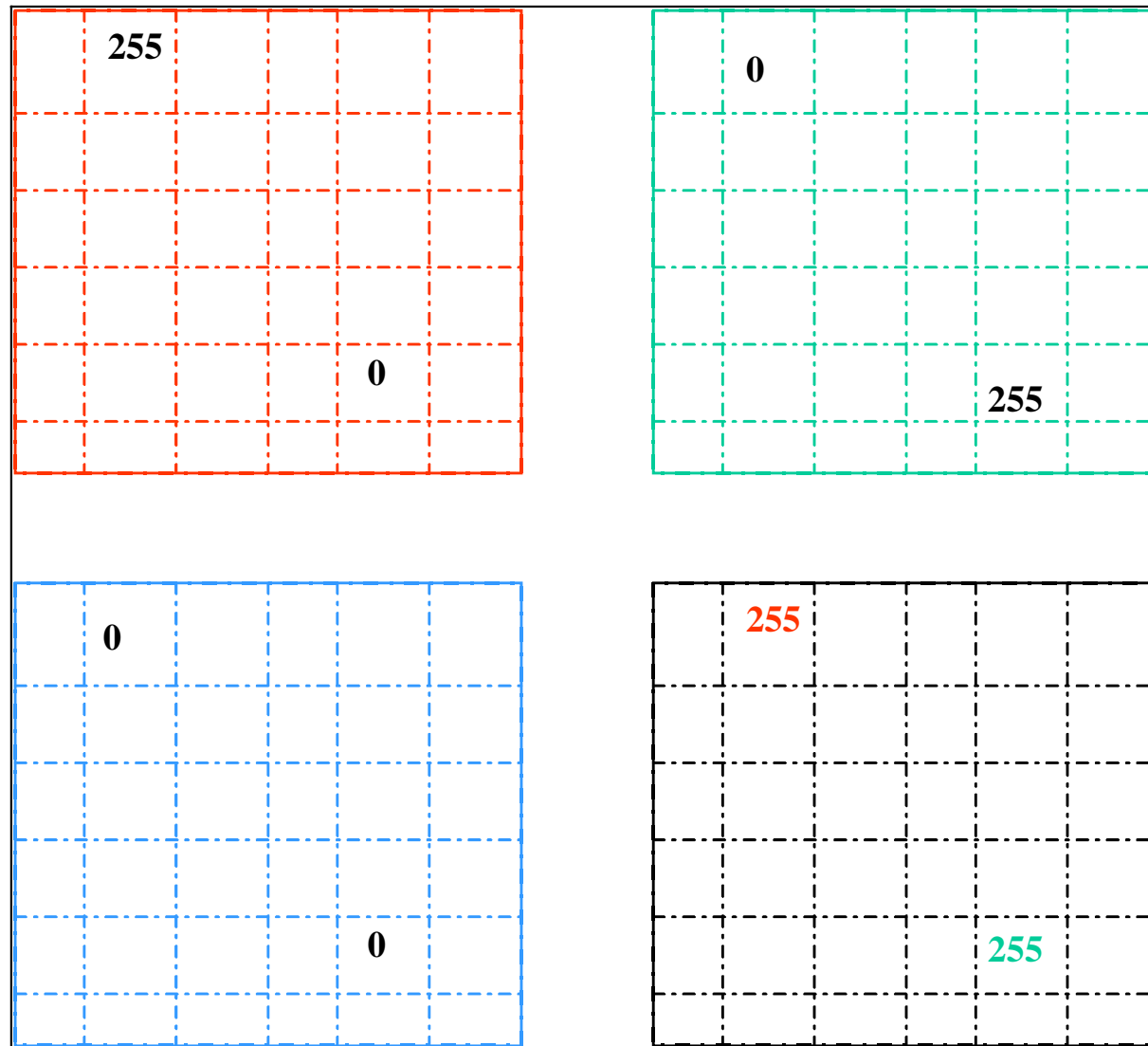
# MELHORAMENTO DE IMAGENS

## ÍNDICES

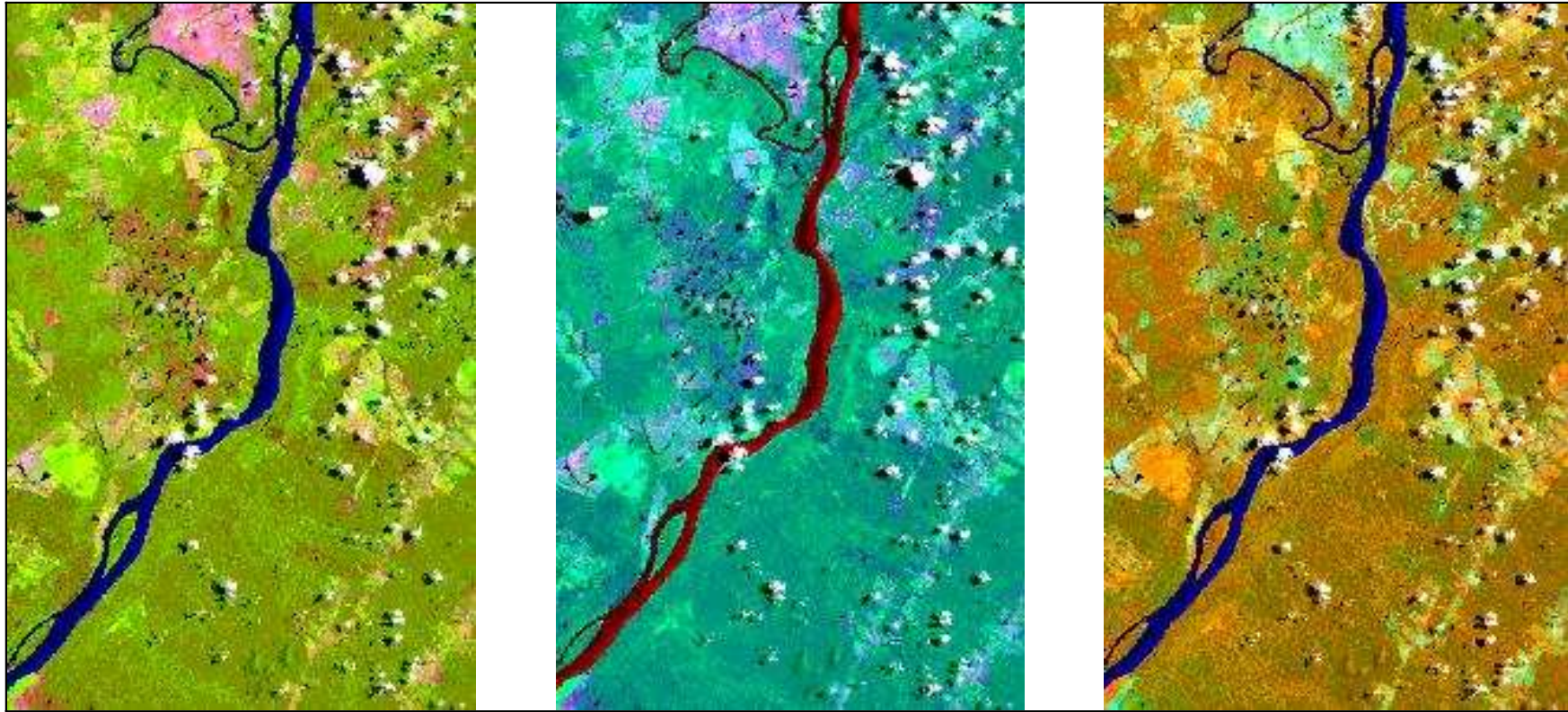
$$\text{IVDN} = \frac{\text{Verm} - \text{IVP}}{\text{Verm} + \text{IVP}}$$

$$\text{MSAVI} = \frac{\{(2 \times (\text{IVP}+1)) - [ \{(2 \times \text{IVP})+1\}^2 - 8 (\text{IVP}-\text{Verm})\} \times \frac{1}{2} ] .}{2}$$

# Ilustração do processo de formação de uma imagem colorida



Composições coloridas do mesmo conjunto de bandas espectrais associadas a diferentes combinações de cores.



3 (A) 4 (Verd) 5 (Verm)

3(Vm) 4 (Vd) 5 (Az)

3 (A) 5 (Verd) 4 (Verm)

# C L A S S I F I C A Ç Ã O

## **Tipos de classificação:**

- **Supervisionada: as classes são criadas a partir de amostras que o operador coleta para cada classe;**
- **Não-supervisionada: o computador cria automaticamente um número máximo de classes, o qual pode ser definido pelo operador.**



# C L A S S I F I C A Ç Ã O

Imagem a ser classificada

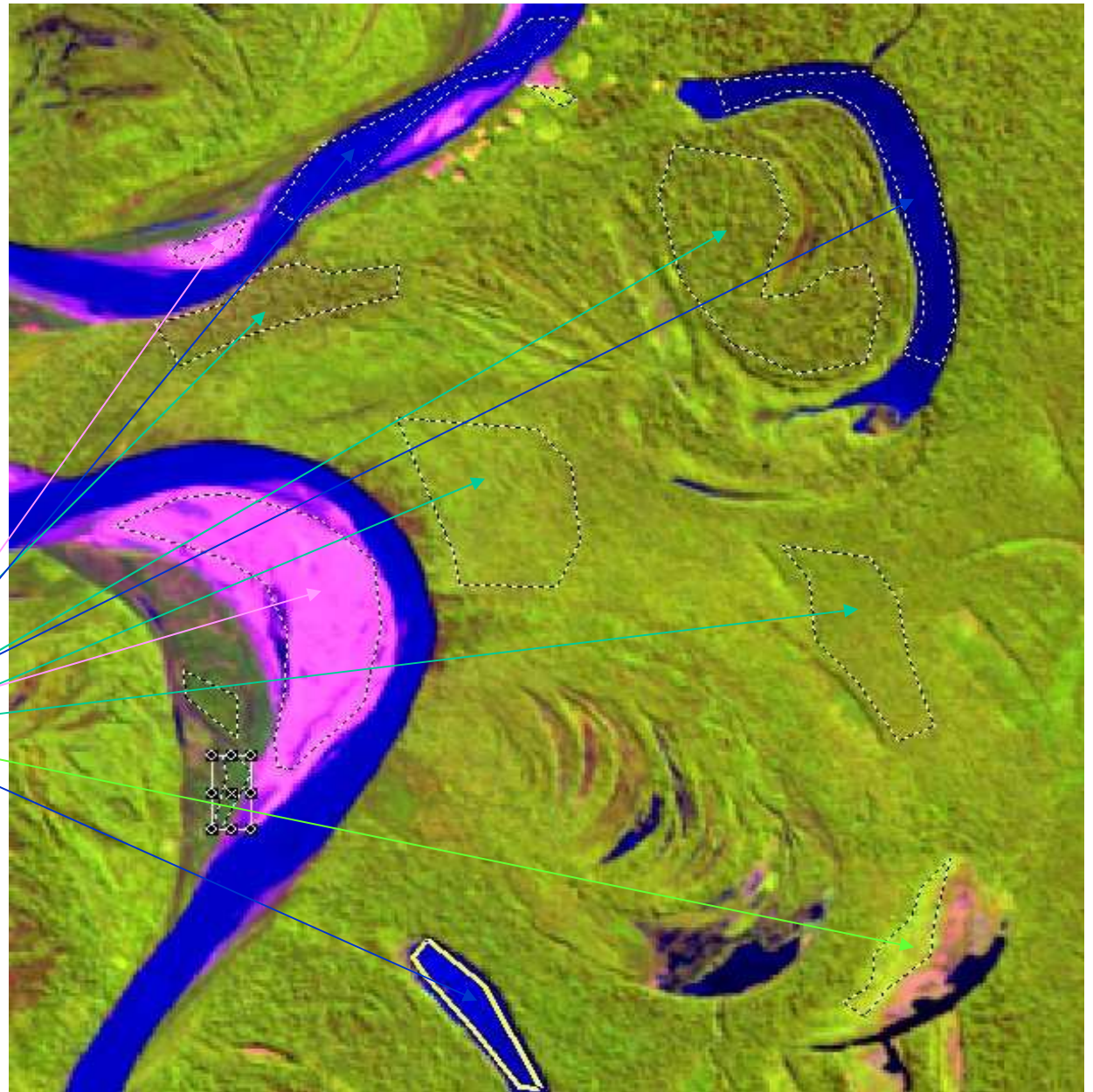




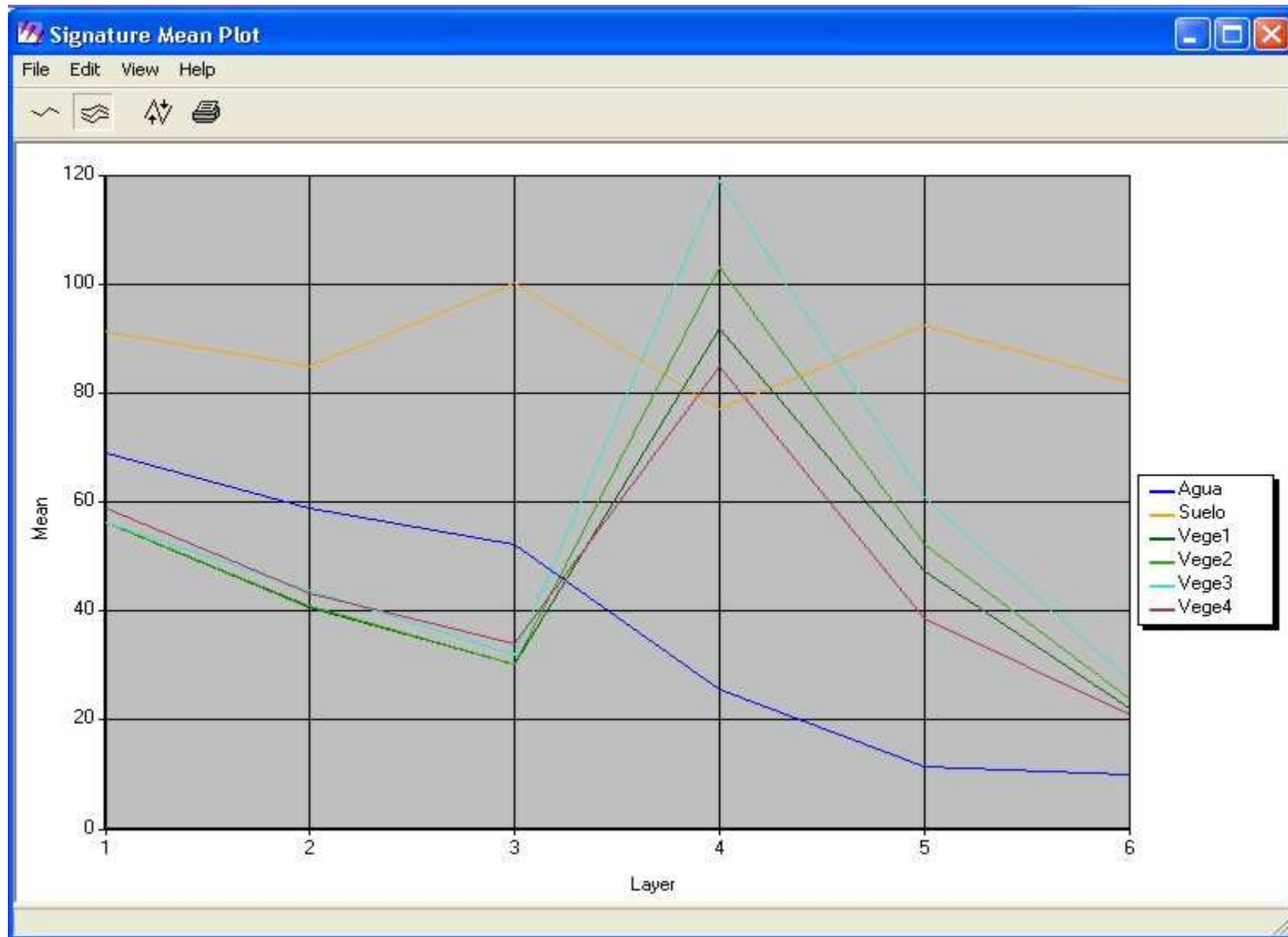
# C L A S S I F I C A Ç Ã O

Imagem a ser classificada

Amostragem



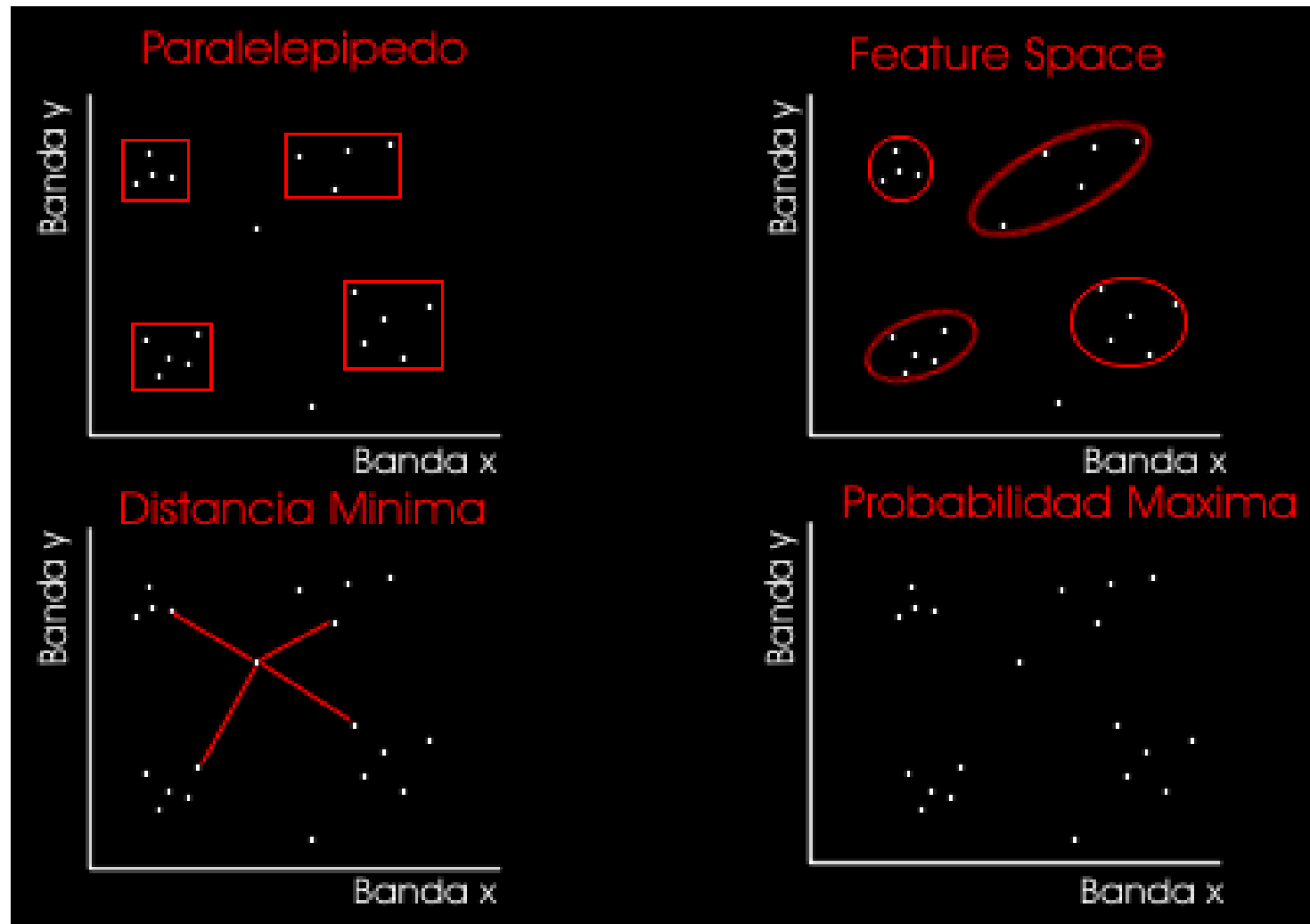
# C L A S S I F I C A Ç Ã O





# C L A S S I F I C A Ç Ã O

## Métodos de Classificação





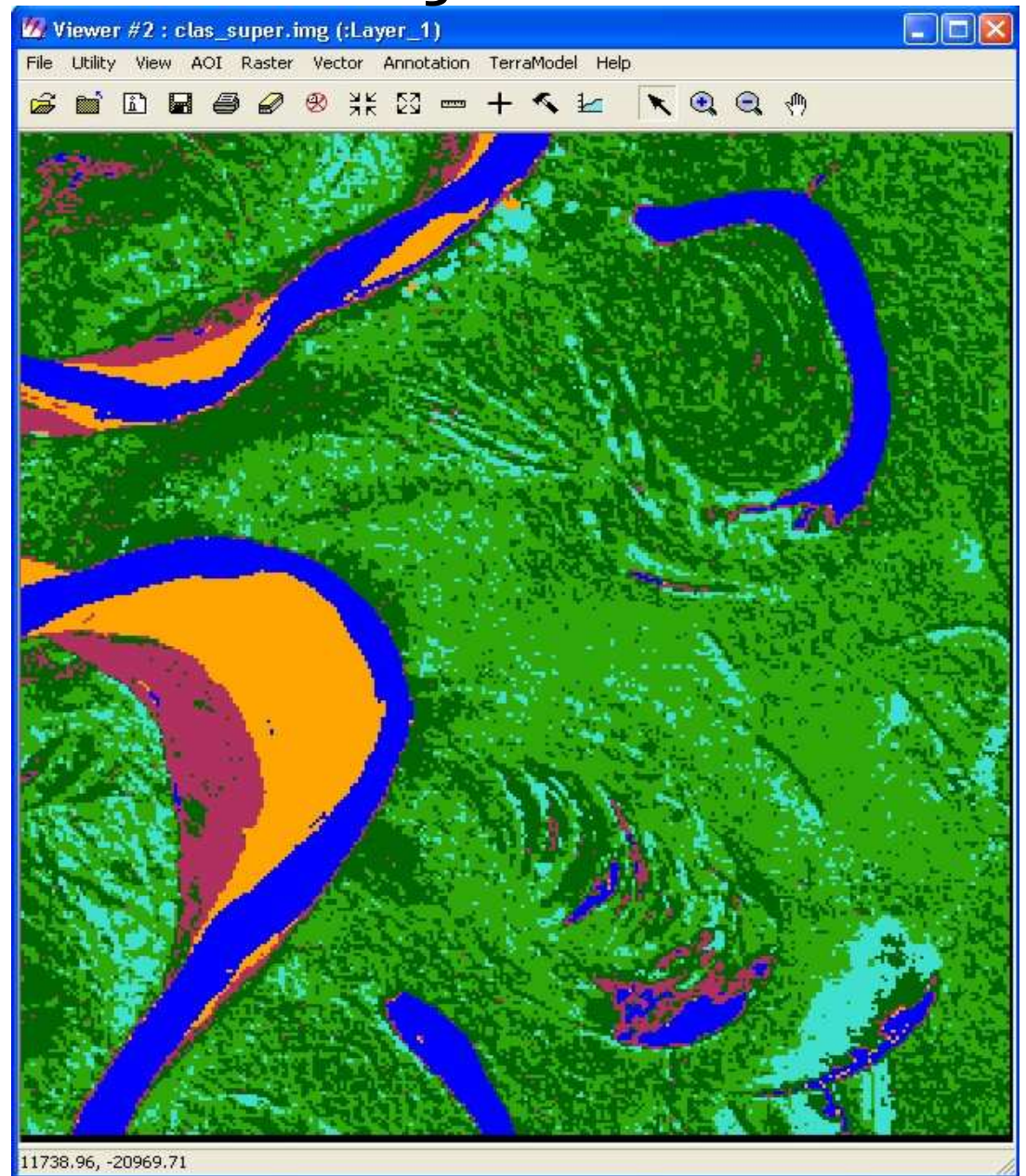
# CLASSIFICAÇÃO

Raster Attribute Editor - clas\_super.img(:Layer\_1)

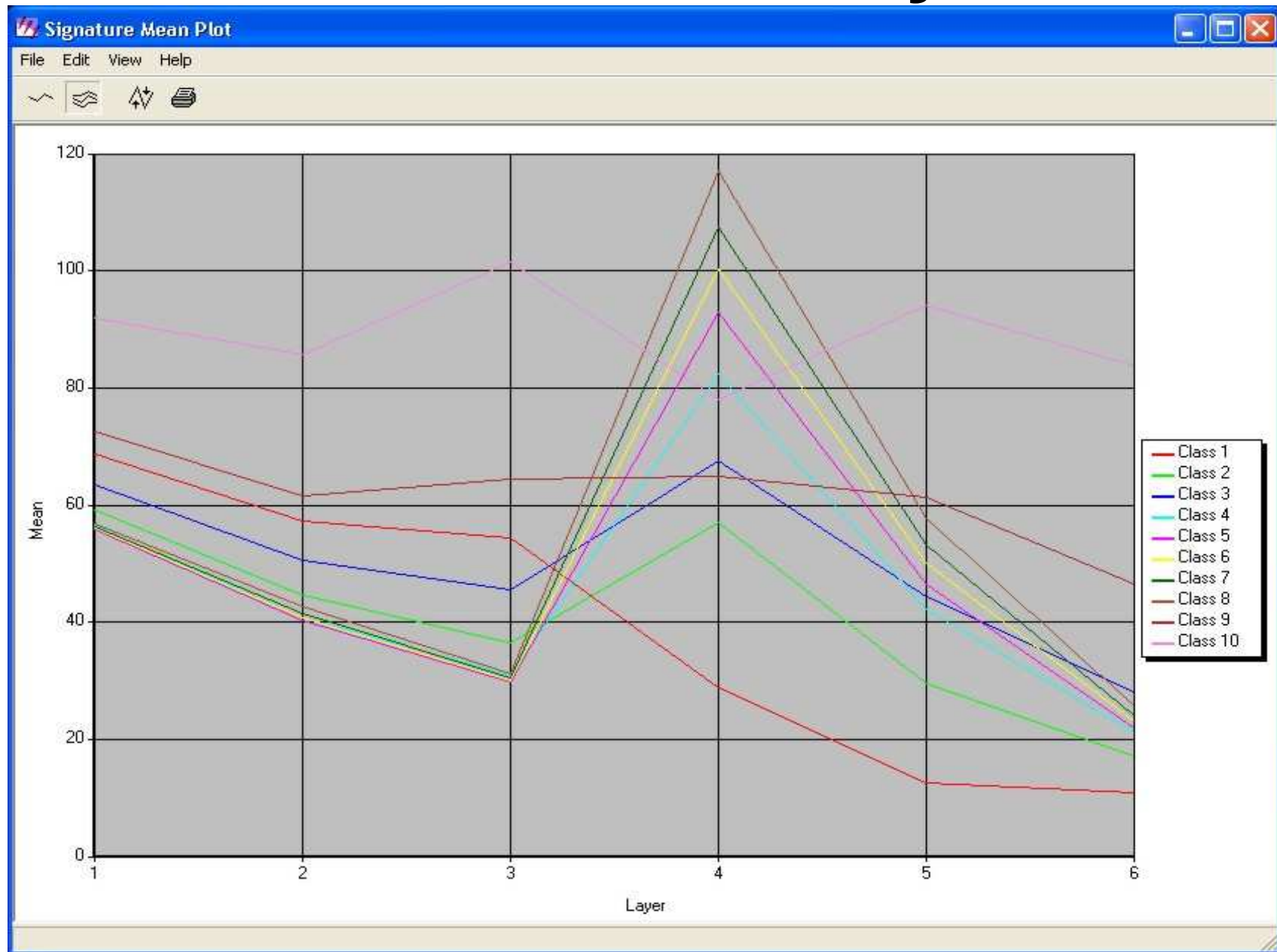
File Edit Help

Layer Number: 1

Row	Class Names	Histogram	Color	Red	Green
13		0		0	
14	Água	8313		0	
15	Suelo	4810		1	0.64
16	Vege1	29728		0	0.39
17	Vege2	35777		0.188235	0.65
18	Vege3	6130		0.25098	0.87
19	Vege4	4447		0.690196	0.18

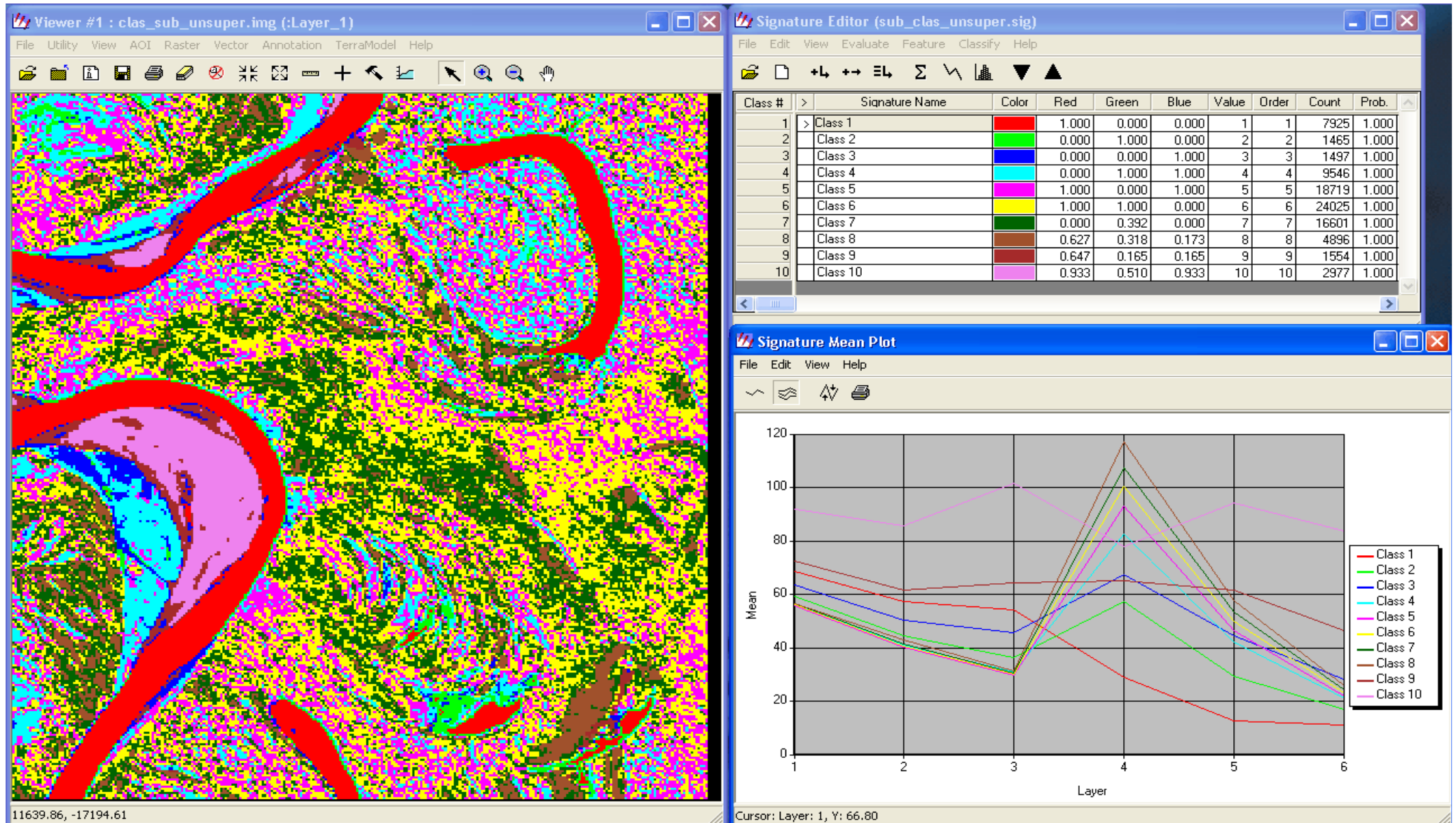


# CLASSIFICAÇÃO

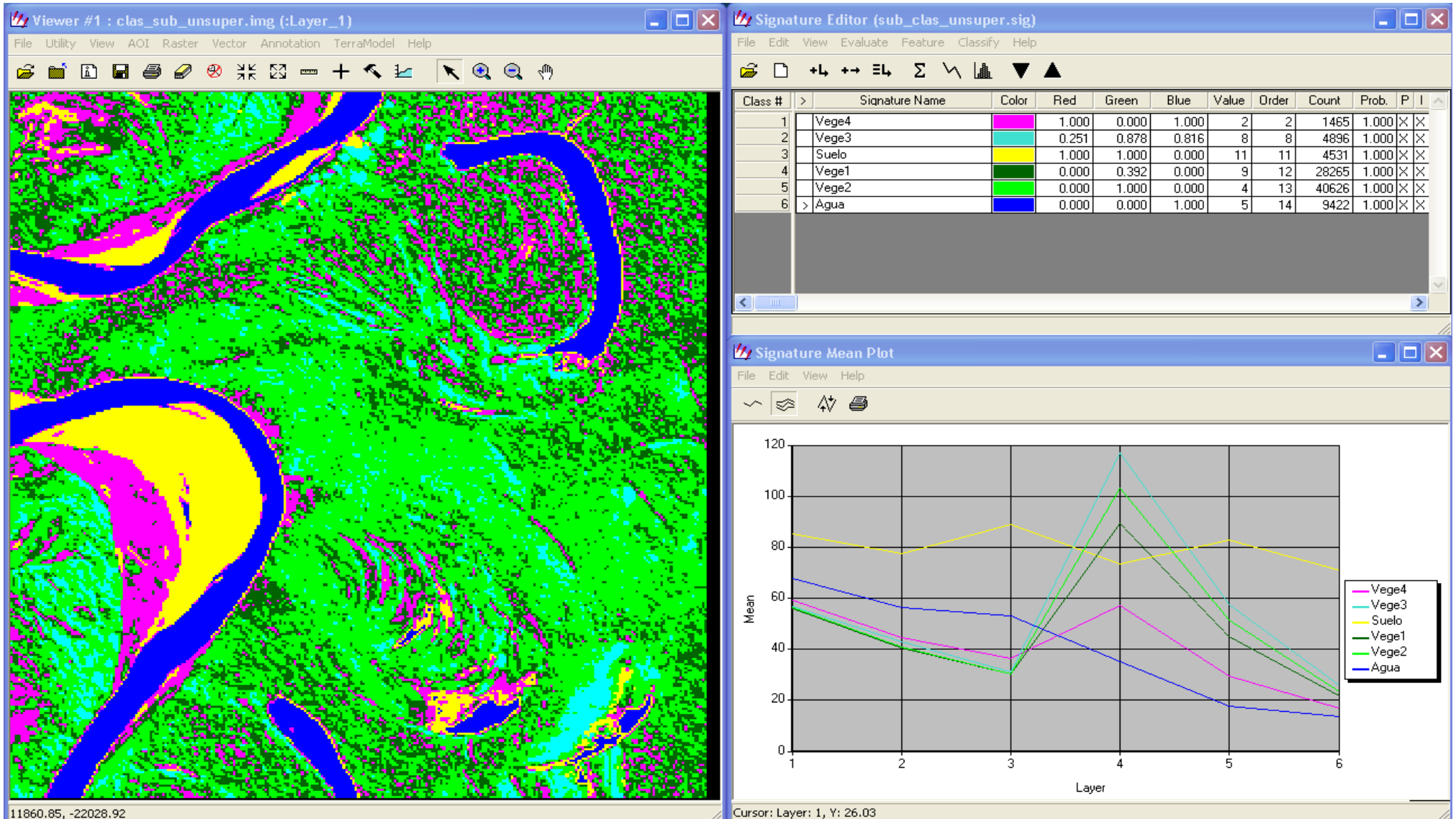




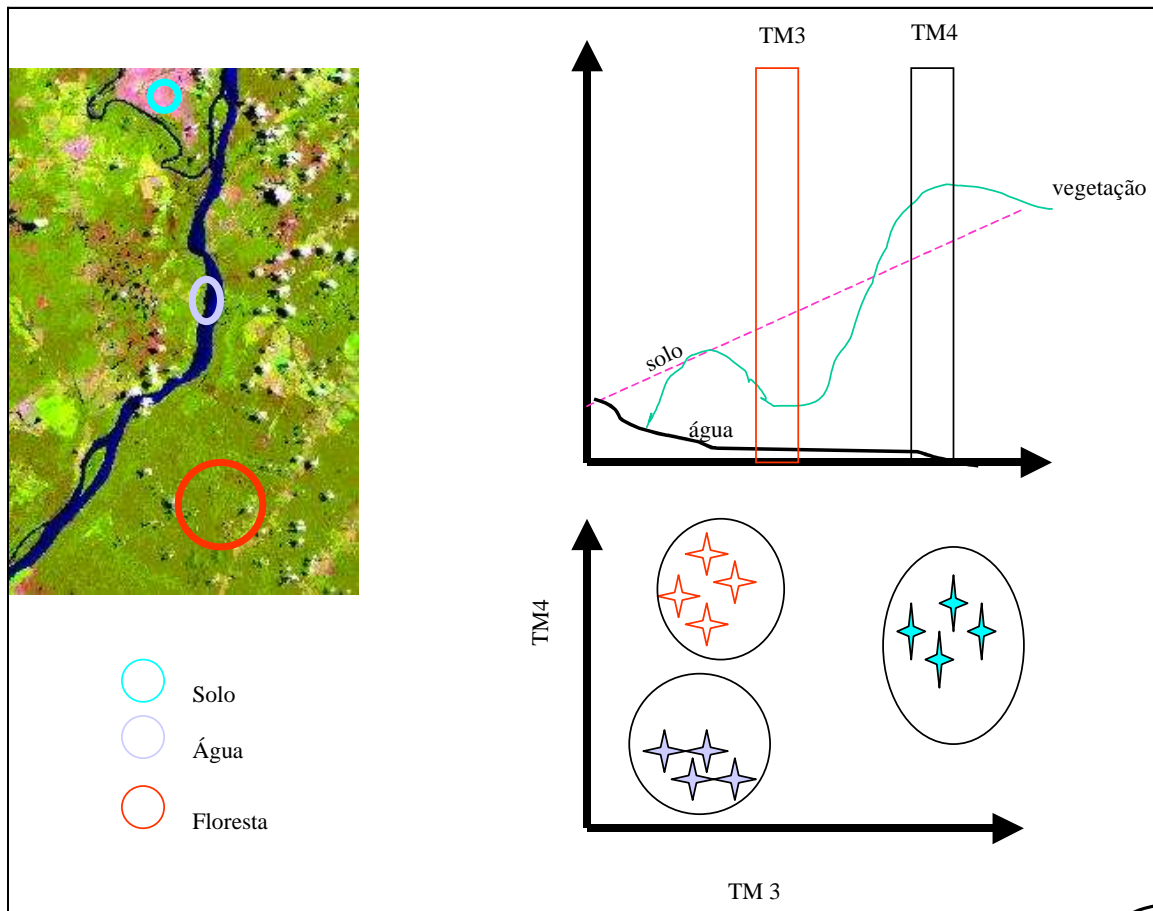
# CLASSIFICAÇÃO



# CLASSIFICAÇÃO



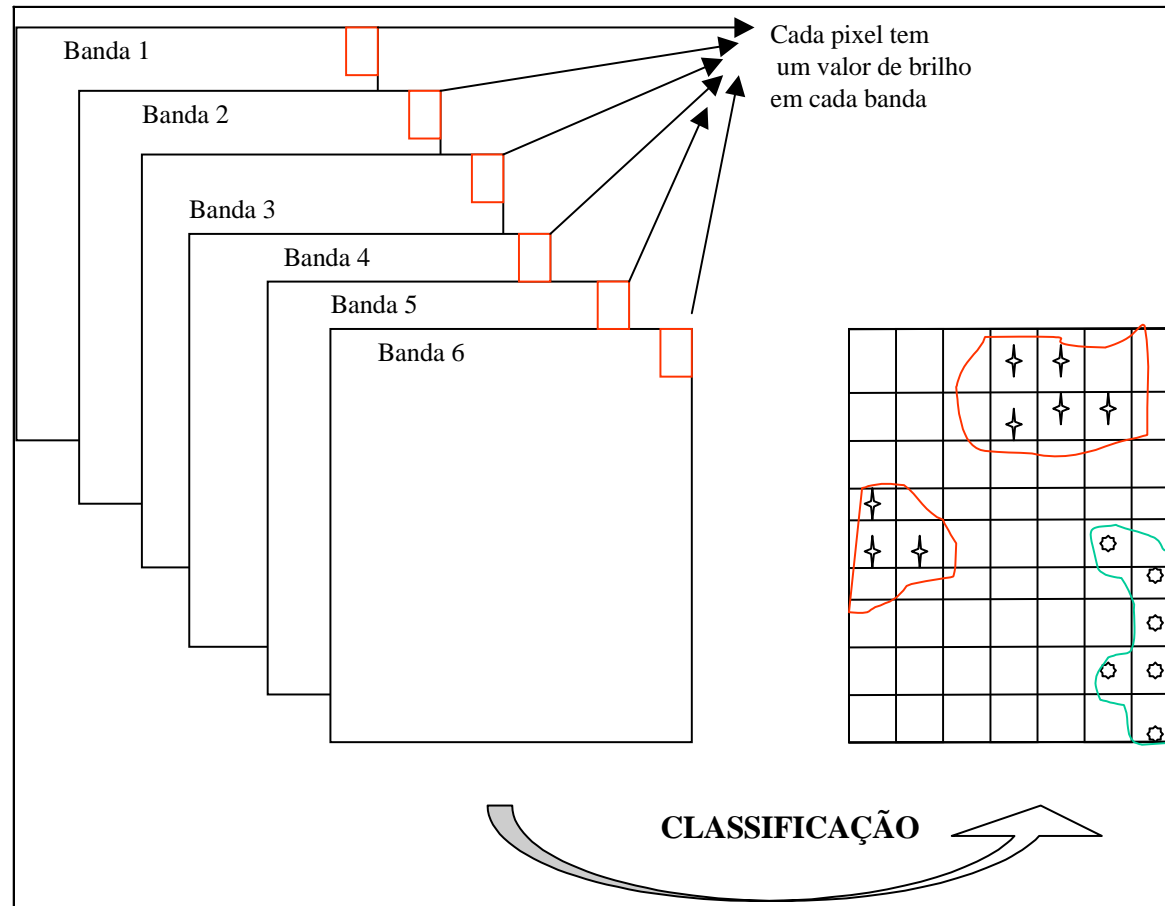
# Métodos de interpretação de imagens digitais: Análise quantitativa – Classificação.



representação bidimensional > níveis de brilho de uma imagem e sua relação com o comportamento espectral dos tipos de cobertura do solo.

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ X_n \end{pmatrix}$$

# Classificação de Imagens

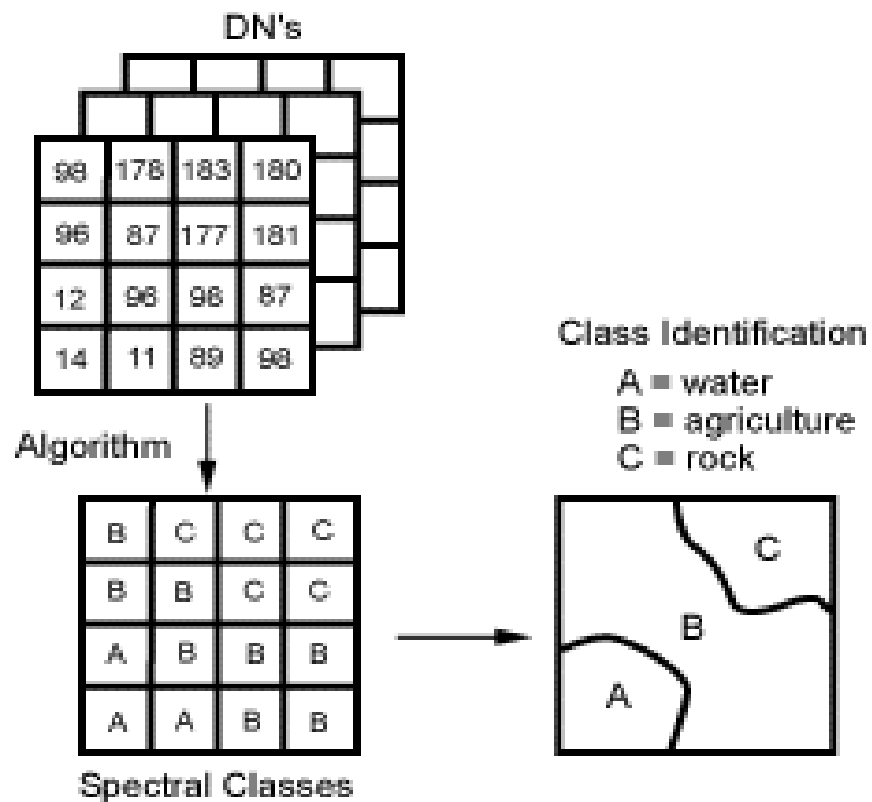


O processo de classificação consiste em atribuir cada pixel da imagem a uma dada “classe espectral” em função do “vetor de pixels” representativos de cada material da superfície

# Tipos de Classificação

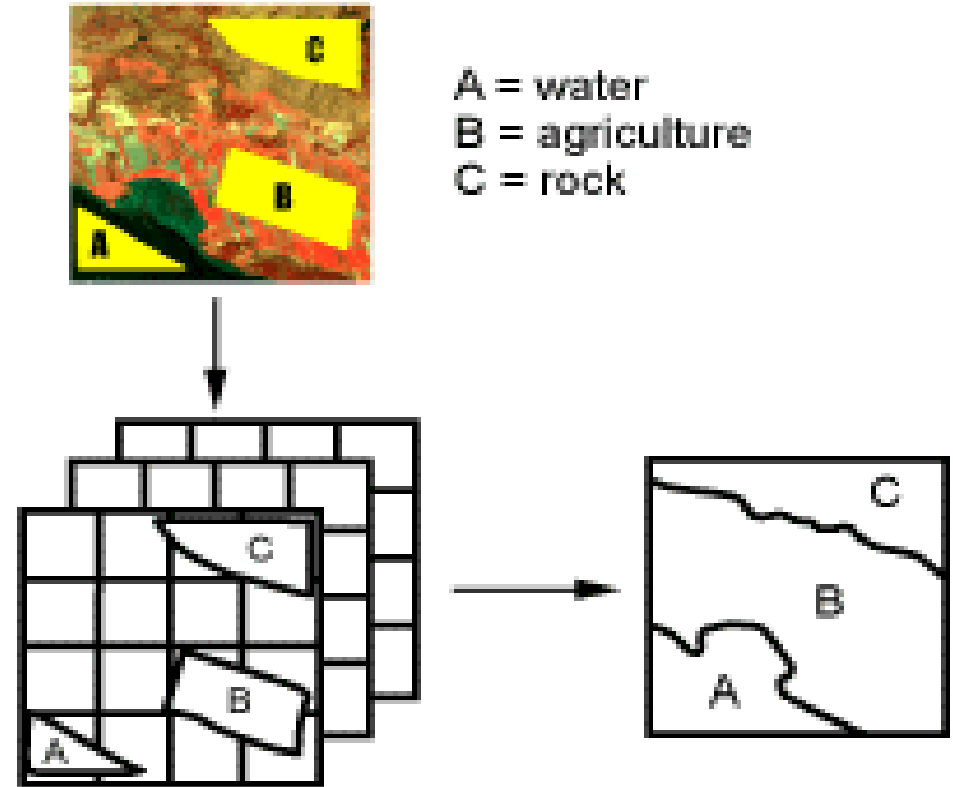
## Classificação não supervisionada

- os pixels de uma imagem são alocados em classes “espectrais” sem que o usuário saiba de antemão sua classe “informativa”.
- a classe informativa à qual pertence cada pixel é portanto determinada *a posteriori*.
- a classificação *não supervisionada* é um passo importante a ser executado antes da classificação *supervisionada*
- permite ao analista conhecer o número de classes espectrais existentes na cena.



## Classificação Supervisionada

- baseada no conhecimento prévio sobre a localização espacial de algumas amostras das classes de interesse
- a classificação supervisionada pode ser determinística ou probabilística
- classificação determinística: baseia-se na descrição da classe fornecida pelo usuário
- classificação probabilística: cada classe espectral é descrita por uma distribuição de probabilidade no espaço multiespectral.

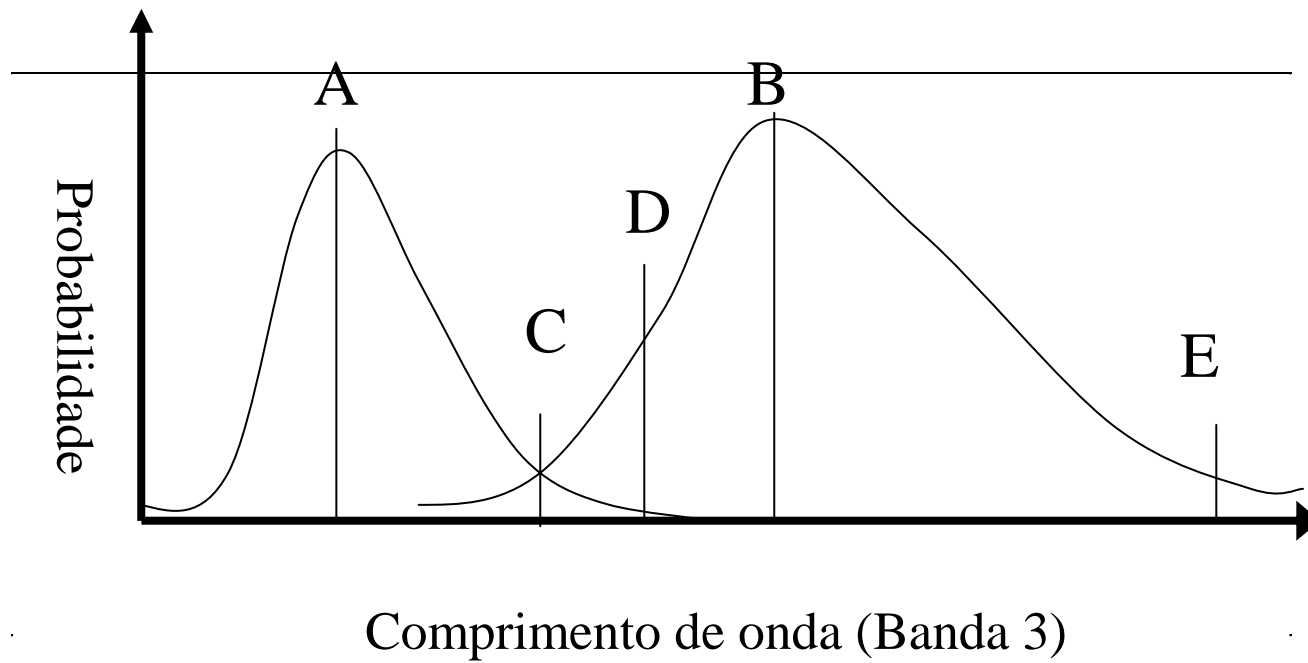




## Passos do processo de classificação

- 1) escolha do melhor conjunto de bandas espectrais para a classificação;
- 2) localização precisa de áreas de “treinamento”;
- 3) determinação da relação entre o alvo e o nível digital das bandas escolhidas (Função de distribuição de probabilidade);
- 4) classificação de cada pixel para toda a cena;
- 5) avaliação da exatidão da classificação (exatidão vs. Precisão).

# *Classificação Probabilística*



## Passos do processo de classificação

- 1) escolha do melhor conjunto de bandas espectrais para o objeto de classificação de interesse;
- 2) localização precisa de áreas de “treinamento”;
- 3) determinação do relacionamento entre o tipo de objeto e o nível digital das bandas escolhidas;
- 4) extrapolação desse relacionamento para toda a cena;
- 5) avaliação da precisão da classificação realizada.

## Seleção de canais

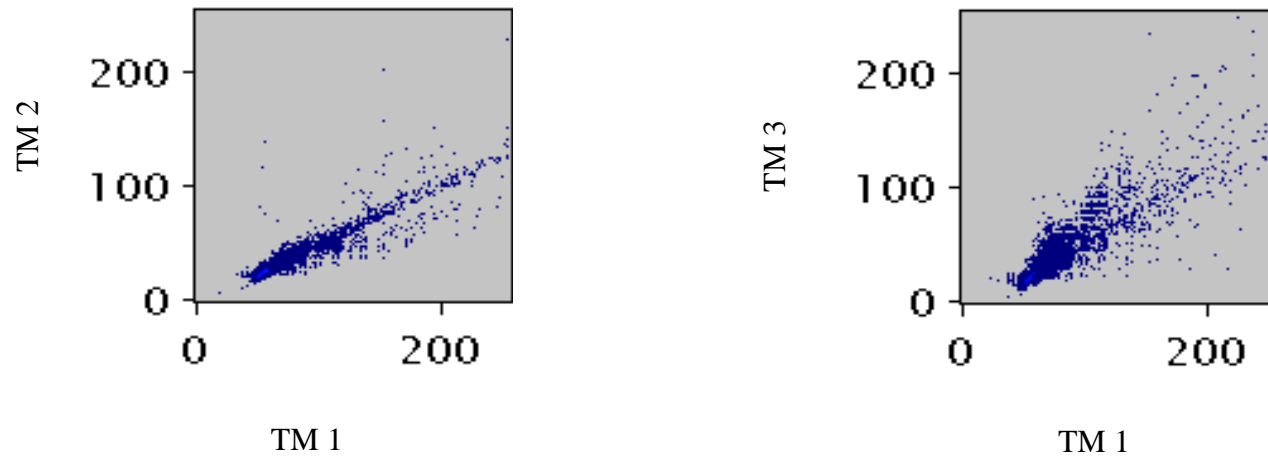
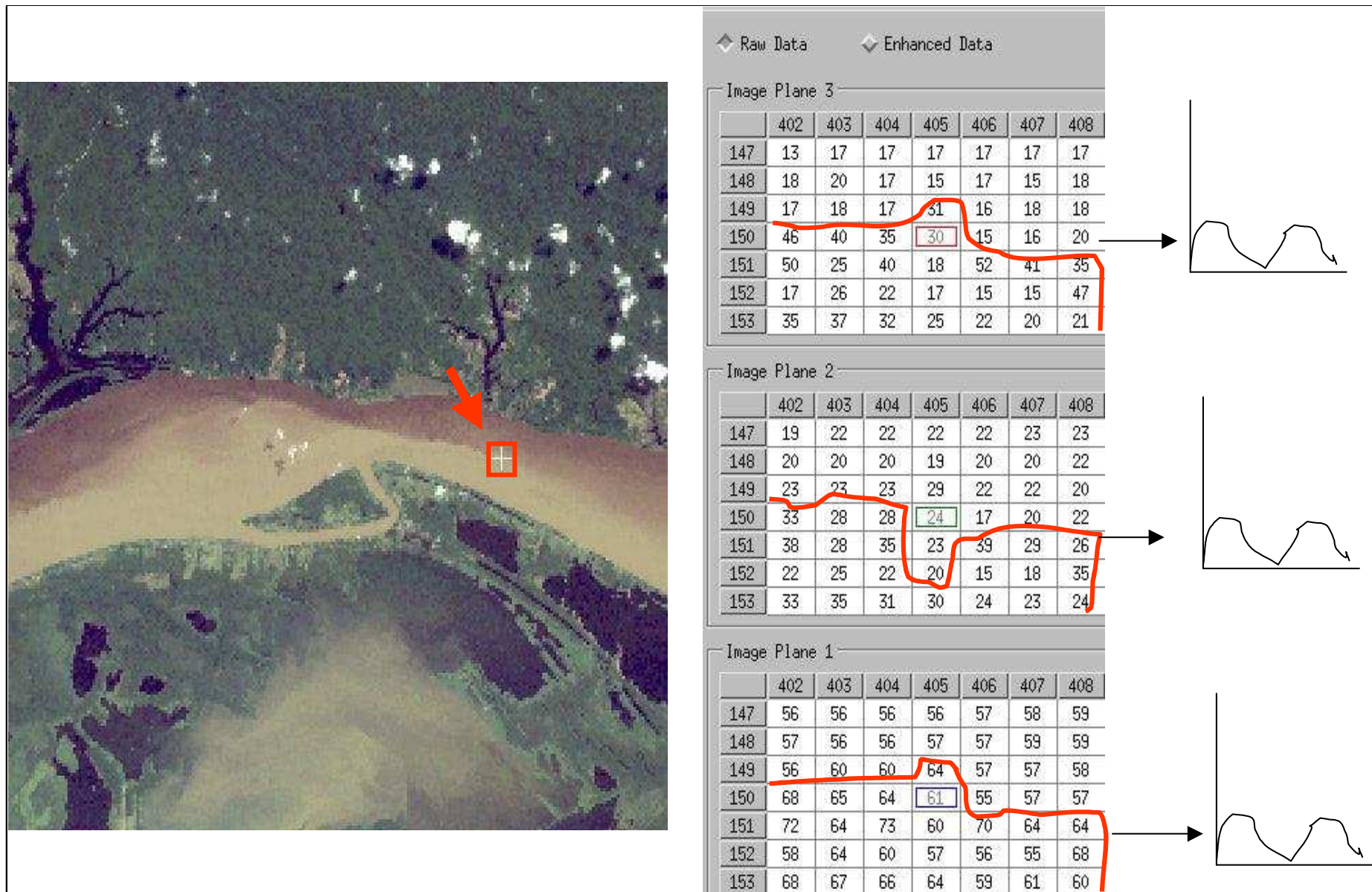


Gráfico de dispersão do nível digital de bandas espectrais.

## Seleção de amostras



# Seleção de amostras



Exemplo de amostra de treinamento inadequada com pixels representativos de mais de uma “classe espectral”.



## Seleção de amostras

- processo de “treinamento” do algoritmo - >cria regras de decisão para a alocação de os pixels em classes espectrais.

- 1) as amostras de uma dada classe devem ser representativas de todos os dados daquela classe;

- 2) as amostras de cada classe devem se ajustar aos pressupostos teóricos da regra de decisão adotada.

## A avaliação da exatidão da classificação

- determinação da qualidade da classificação em relação à realidade.
- avaliação da exatidão de classificação depende da disponibilidade de dados de campo.

### **Métodos:**

- razão entre a área total de cada classe obtida na imagem em relação à área total da classe determinada em campo ou em fotografias aéreas sem levar em conta a localização das classes
- matriz de confusão.

# Avaliação da Exatidão da Classificação

## Exemplo de Matriz de Erro

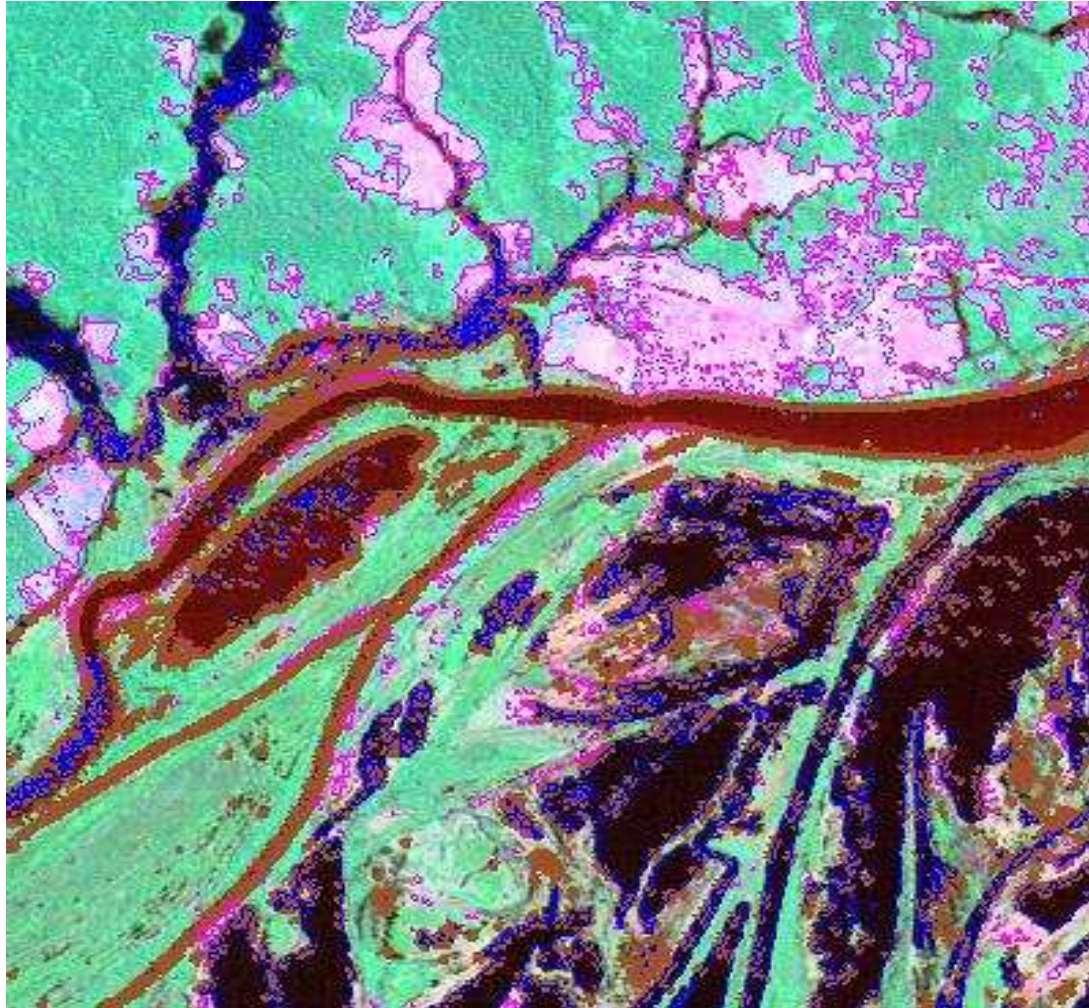
DADOS CLASSIFICADOS	DADOS DE REFERÊNCIA				TOTAL DA LINHA
	CANA	MILHO	FEIJÃO	BATATA	
CANA	<b>65</b>	4	22	24	<i>115</i>
MILHO	6	<b>81</b>	5	8	<i>100</i>
FEIJÃO	0	11	<b>85</b>	19	<i>115</i>
BATATA	4	7	3	<b>90</b>	<i>104</i>
TOTAL DA COLUNA	<i>75</i>	<i>103</i>	<i>115</i>	<i>141</i>	<b>434</b>

(Adaptada de Fidalgo, 1995).

## Exercícios

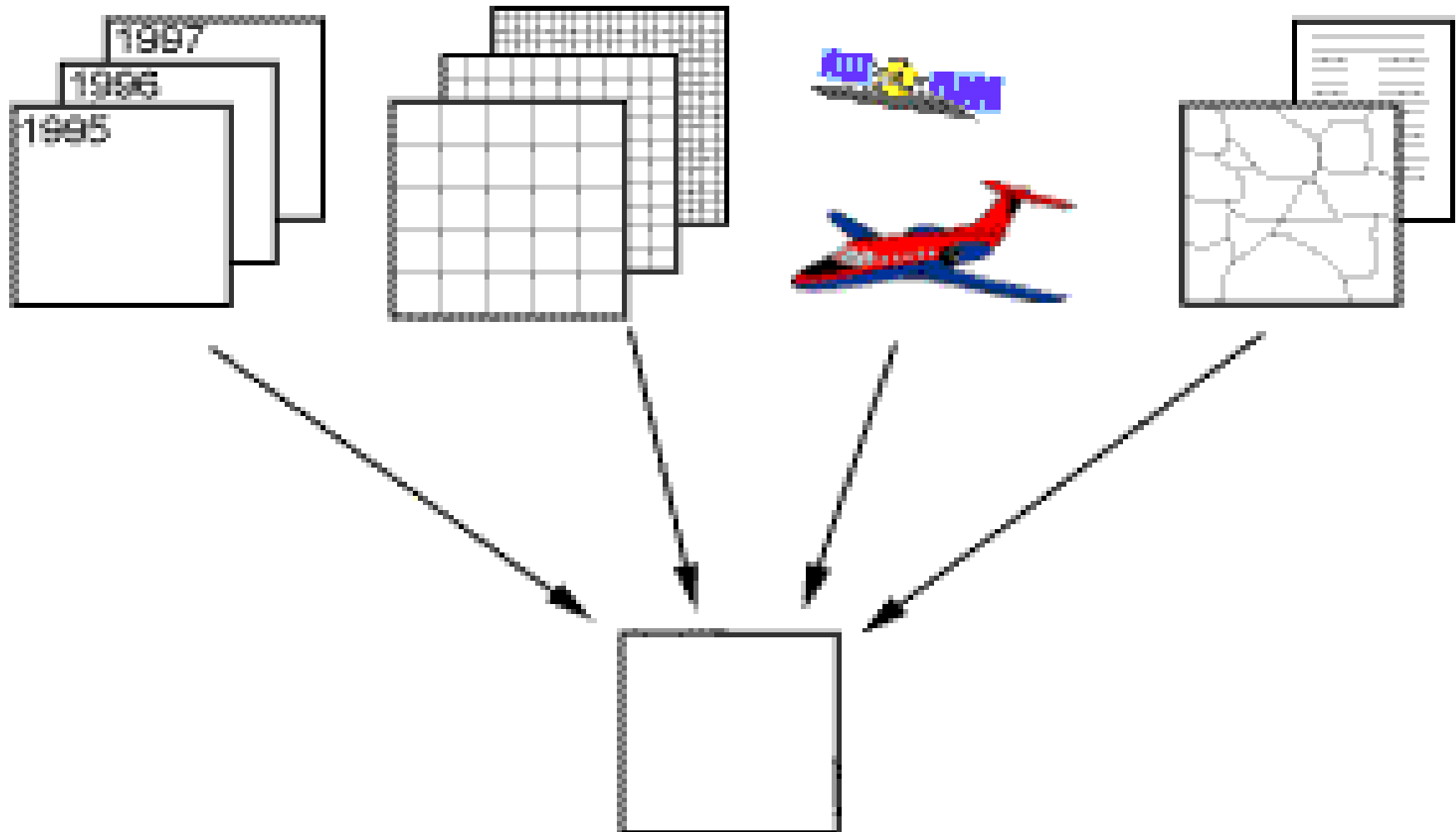
- Explique as diferenças entre a interpretação visual de imagens e a interpretação quantitativa (Interpretação Digital ou Classificação Digital) de imagens.
- Quais os elementos de “foto-interpretação” utilizados no processo de extração de informações a partir de análise visual de imagens.
- Quais as fases da “foto-interpretação”.
- Quais as vantagens e desvantagens das chaves de identificação? Que cuidados devem ser tomados ao utilizar chaves pré-existentes.

## Vetor superposto à imagem



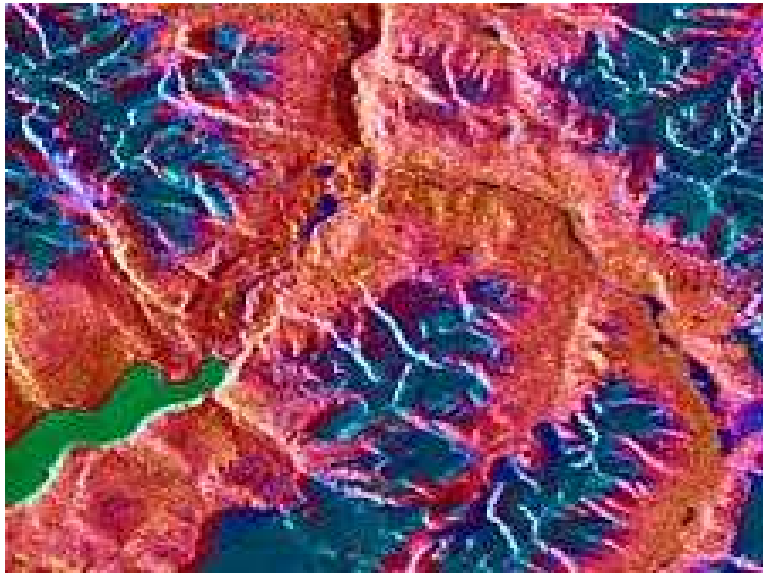
Rosa - Área antropizada  
Azul - Água Preta  
Marrom- Água Túrbida

# Integração de Dados

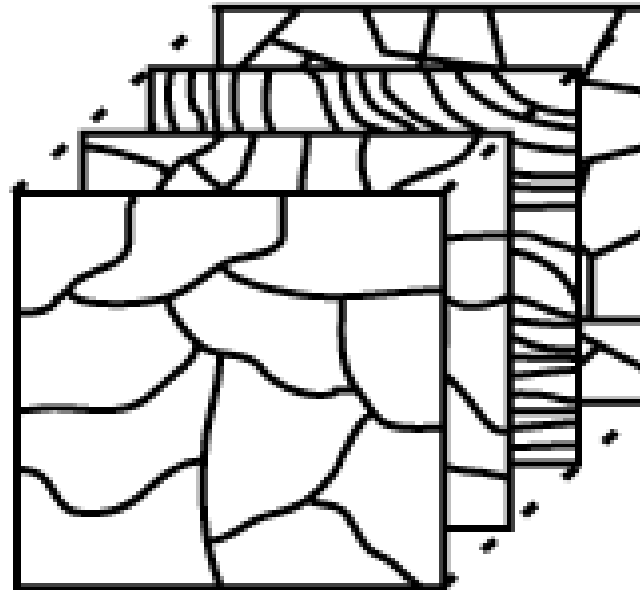
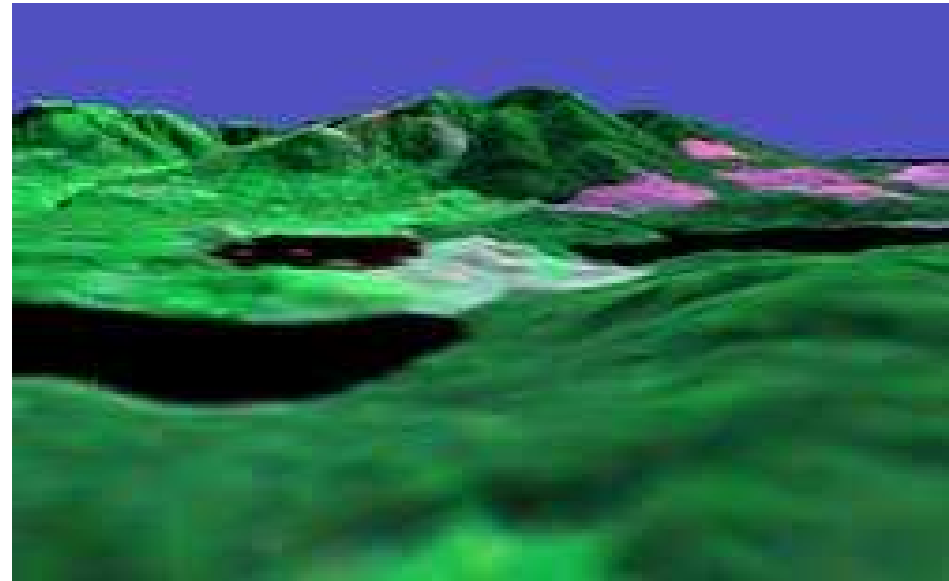




## Dados Ópticos + Radar



## DEM + Imagens de S. Remoto (Visão em 3-D)



Sistemas de Informações  
Geográficas --> SIGs

↓  
SPRING