



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE**



**DISCIPLINA: LEB450 TOPOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO II**  
**PROF. DR. CARLOS ALBERTO VETTORAZZI**

# **PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

# PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

## 1 INTRODUÇÃO

IMAGEM DIGITAL

TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE  
IMAGENS (Práticas: IDRISI)

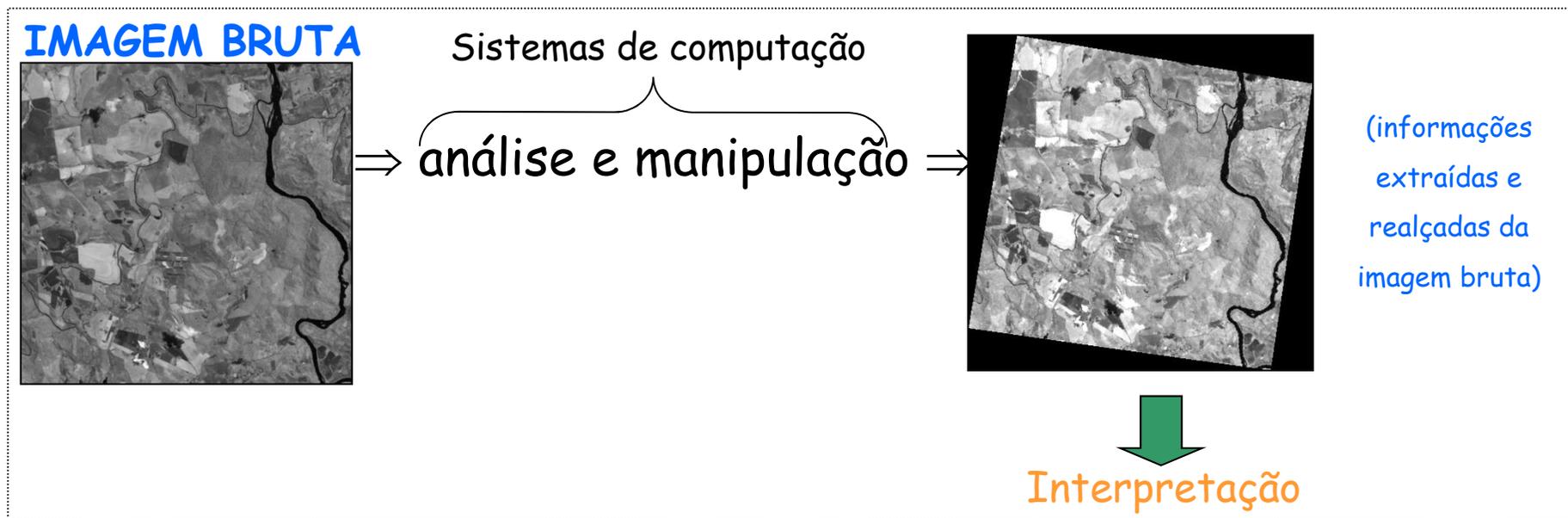
TÉCNICAS DE PRÉ-PROCESSAMENTO

TÉCNICAS DE REALCE

TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO

# INTRODUÇÃO

fornecer instrumentos para facilitar a **identificação** e a **extração** da informação contida nas imagens (interpretação)



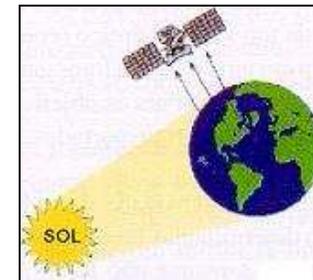
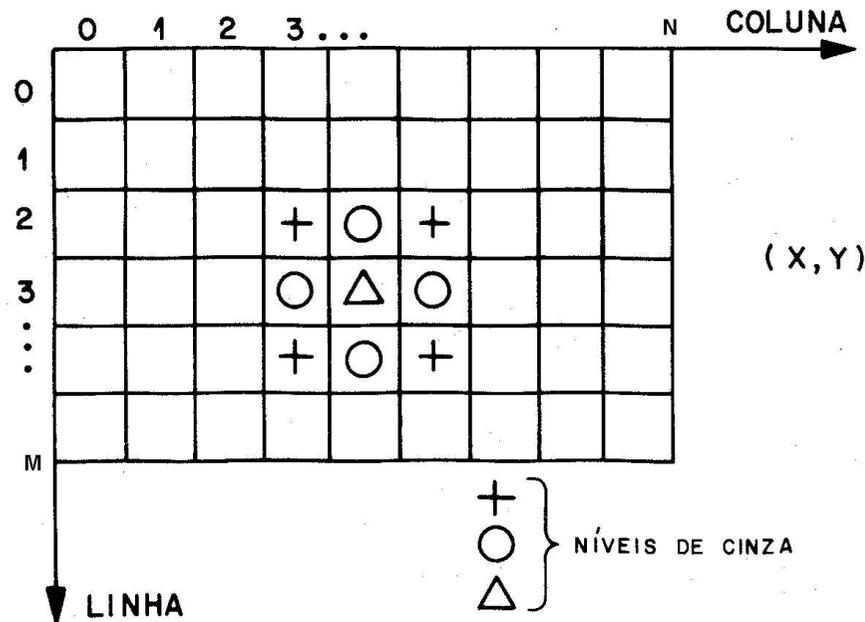
As técnicas de processamento digital de imagens, podem ser divididas em dois grupos:

(1) Processamento com objetivo de facilitar a **interpretação humana**, pela melhora da qualidade da imagem, realçando detalhes importantes; e

(2) Classificação de padrões, onde são extraídas da imagem informações mais convenientes à **interpretação automática**.

# IMAGEM DIGITAL

É uma função bidimensional da intensidade de luz refletida ou emitida por uma cena (incluindo-se o efeito atmosférico), representada por  $f(x,y)$ .



$(x,y)$  : coordenadas espaciais

$f$  correspondente a cada  $(x,y)$  dá a intensidade da imagem nesse ponto. Esta intensidade é numericamente representada na imagem por um **valor inteiro**, não-negativo e finito, chamado Nível de Cinza (NC).

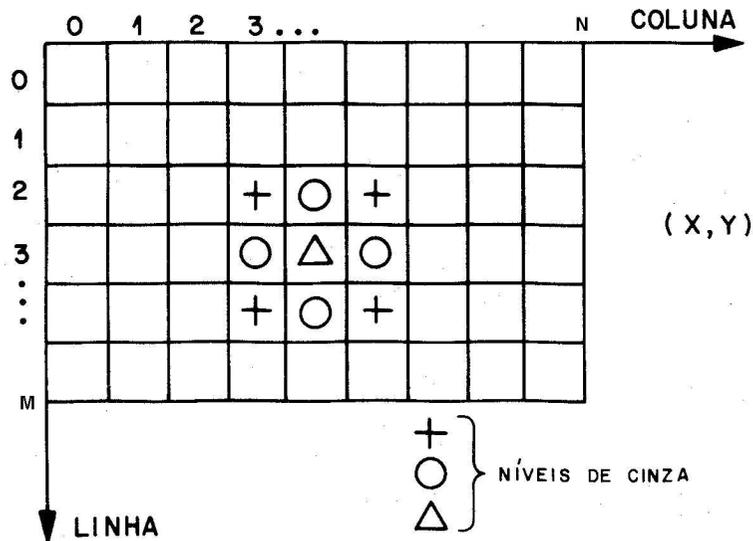
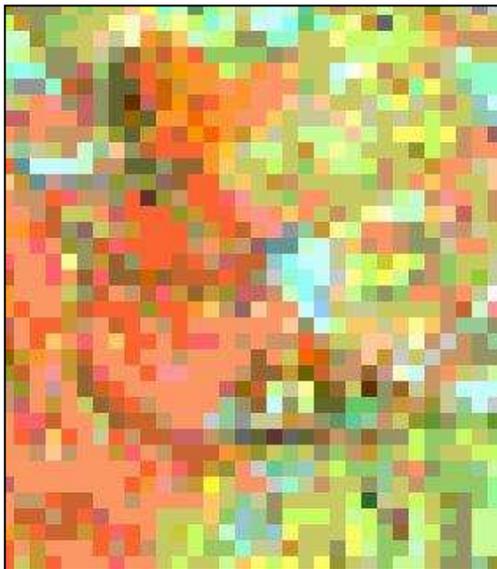


Imagem TM/LANDSAT inteira (185 km x 185 km),  $M=N=6167$  e  $k=256$  (0 a 255).



- Imagens: compostas por unidades discretas chamadas **pixels** (do inglês *picture elements*), ou elementos de imagem.

- O **NC** de cada pixel corresponde ao valor de **radiância** do respectivo **elemento de resolução no terreno (ERT)**, ou seja, a menor unidade de área na superfície terrestre, cuja radiância é registrada instantaneamente pelo sensor.

- Imagem é uma representação discreta de  $f(x,y)$ , definida numa grade regular de **M linhas e N colunas** e representada por:  $f(i,j)$ , onde:  $0 < i < M-1$  e  $0 < j < N-1$  e

$f$  variando no intervalo  $[0, k-1]$ , onde  $k$  é o número de níveis de cinza.

## 2 TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

TÉCNICAS DE PRÉ-PROCESSAMENTO

TÉCNICAS DE REALCE

TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO

## 2.1 TÉCNICAS DE PRÉ-PROCESSAMENTO

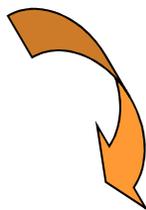
Conjunto de programas computacionais que permitem a transformação de dados digitais brutos em dados corrigidos **radiométrica, atmosférica e geometricamente.**

## A) Correção Radiométrica

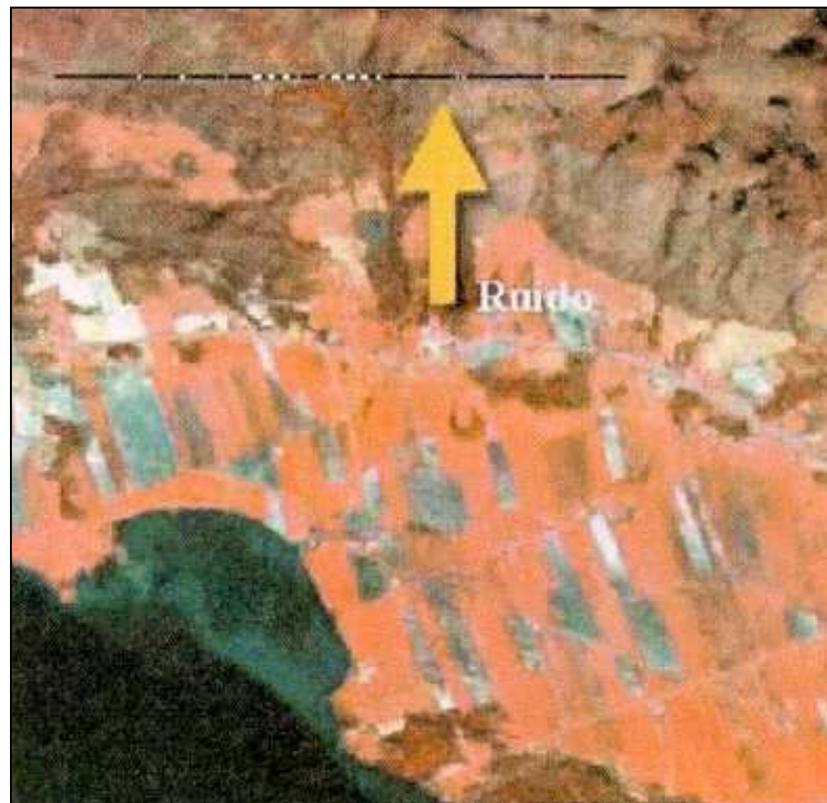
A finalidade principal da correção radiométrica é a eliminação de ruídos (geralmente pontos e/ou linhas) presentes na imagem



Falta de informações da energia refletida de uma área no terreno

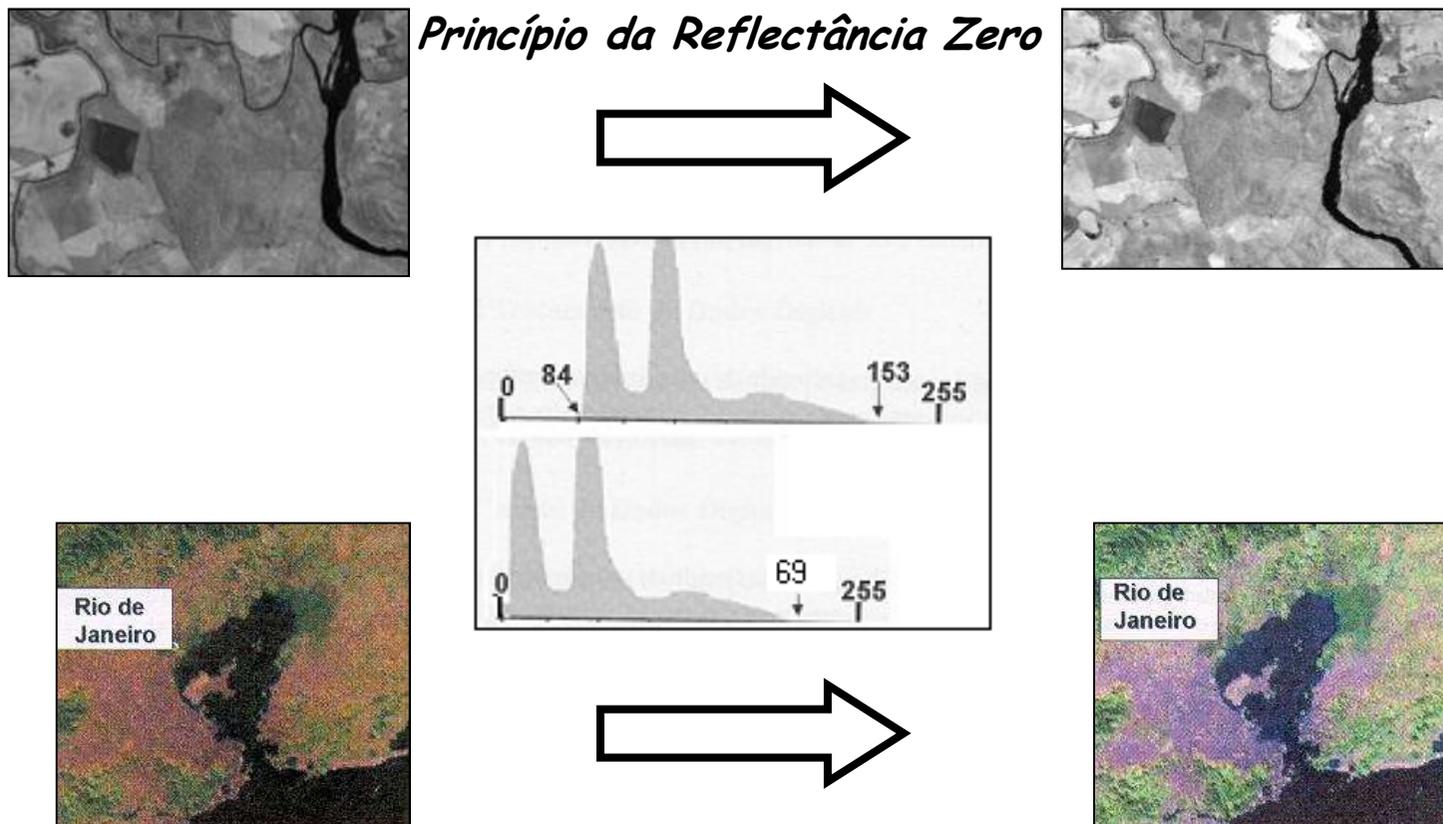


Falha momentânea no sistema de registro da energia, no instante de imageamento da área pelo sensor



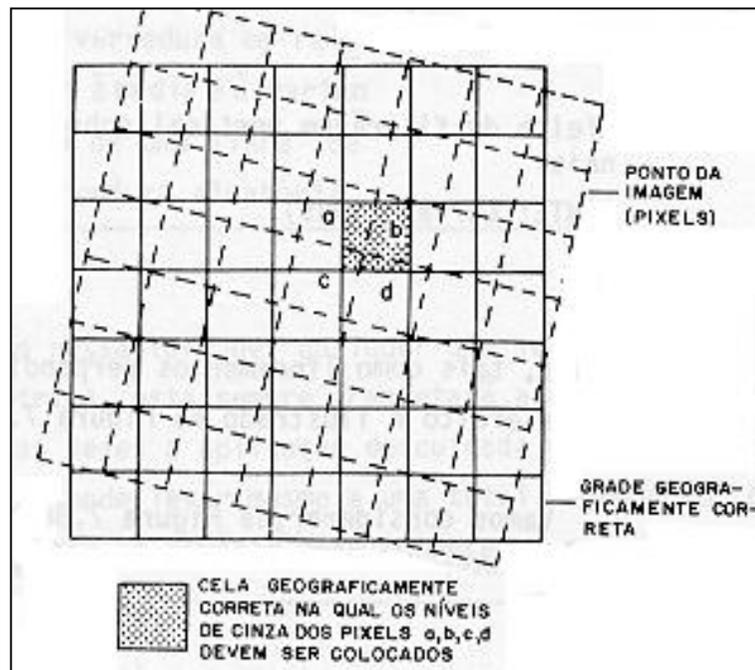
## B) Correção Atmosférica

reduzir os efeitos do espalhamento da atmosfera terrestre sobre os valores de nível de cinza registrados pelo sensor para uma determinada cena.



## C) Correção Geométrica

Finalidade: reorganizar os pixels da imagem em relação a um determinado sistema de projeção cartográfica.

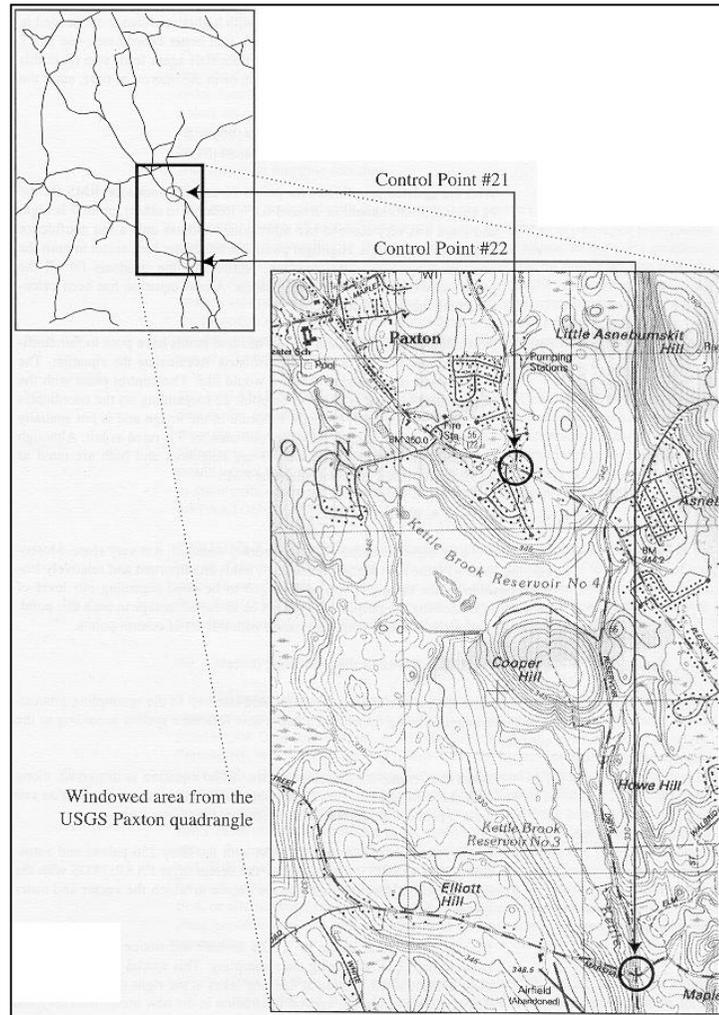


### Fontes de distorção geométrica das imagens:

- \* **rotação da Terra** durante a aquisição da imagem;
- \* **campo de visada** muito amplo de alguns sensores / curvatura da Terra;
- \* **variações na plataforma** (altitude, atitude e velocidade) ;
- \* **variações no sistema óptico** do sensor.

## C) Correção Geométrica (Contin.)

Método mais simples de correção: **modelo polinomial**  
(exige um conjunto de **pontos de controle**).



Cálculo dos novos níveis de cinza  
(reamostragem): **interpolação**.

Métodos mais comuns : vizinho mais  
próximo, interpolação bilinear e  
convolução cúbica.

Registro:

**IMAGEM x MAPA**

**IMAGEM x IMAGEM**

## 2.2 TÉCNICAS DE REALCE

Finalidade: melhorar a visualização da cena nas imagens.

Algumas das técnicas mais empregadas são:

Transformação da Imagem por Modificação do Histograma

Filtragem Digital ou Espacial

Realces Espectrais

## 2.2.1 Transformação da imagem por modificação do histograma



Numérico

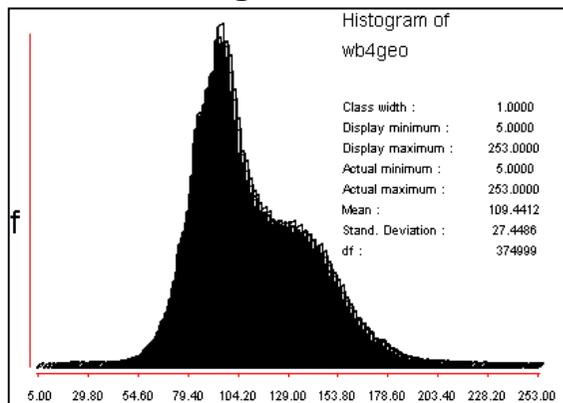
Histogram of wb4geo

Class	Lower Limit	Upper Limit	Frequency	Prop.	Cum. Freq.	Cum. Prop.
0	5.0000	5.9999	1	0.0000	1	0.0000
1	6.0000	6.9999	0	0.0000	1	0.0000
2	7.0000	7.9999	0	0.0000	1	0.0000
3	8.0000	8.9999	1	0.0000	2	0.0000
4	9.0000	9.9999	0	0.0000	2	0.0000
5	10.0000	10.9999	2	0.0000	4	0.0000
6	11.0000	11.9999	0	0.0000	4	0.0000
7	12.0000	12.9999	3	0.0000	7	0.0000
8	13.0000	13.9999	3	0.0000	10	0.0000
9	14.0000	14.9999	7	0.0000	17	0.0000
10	15.0000	15.9999	6	0.0000	23	0.0001
11	16.0000	16.9999	11	0.0000	34	0.0001
12	17.0000	17.9999	9	0.0000	43	0.0001
13	18.0000	18.9999	15	0.0000	58	0.0002
14	19.0000	19.9999	24	0.0001	82	0.0002
15	20.0000	20.9999	42	0.0001	124	0.0003
16	21.0000	21.9999	35	0.0001	159	0.0004
17	22.0000	22.9999	34	0.0001	193	0.0005
18	23.0000	23.9999	14	0.0000	207	0.0006
19	24.0000	24.9999	19	0.0001	226	0.0006
20	25.0000	25.9999	30	0.0001	256	0.0007
21	26.0000	26.9999	15	0.0000	271	0.0007
22	27.0000	27.9999	14	0.0000	285	0.0008
23	28.0000	28.9999	16	0.0000	301	0.0008
24	29.0000	29.9999	18	0.0000	319	0.0009
25	30.0000	30.9999	18	0.0000	337	0.0009
26	31.0000	31.9999	18	0.0000	355	0.0009
27	32.0000	32.9999	19	0.0001	374	0.0010
28	33.0000	33.9999	27	0.0001	401	0.0011
29	34.0000	34.9999	23	0.0001	424	0.0011
30	35.0000	35.9999	20	0.0001	444	0.0012
31	36.0000	36.9999	15	0.0000	459	0.0012
32	37.0000	37.9999	27	0.0001	486	0.0013
33	38.0000	38.9999	25	0.0001	511	0.0014
34	39.0000	39.9999	27	0.0001	538	0.0014
35	40.0000	40.9999	35	0.0001	573	0.0015
36	41.0000	41.9999	36	0.0001	609	0.0016
37	42.0000	42.9999	31	0.0001	640	0.0017
38	43.0000	43.9999	45	0.0001	685	0.0018
39	44.0000	44.9999	58	0.0002	743	0.0020
40	45.0000	45.9999	65	0.0002	808	0.0022
41	46.0000	46.9999	69	0.0002	877	0.0023
42	47.0000	47.9999	94	0.0003	971	0.0026
43	48.0000	48.9999	110	0.0003	1081	0.0029
44	49.0000	49.9999	129	0.0003	1210	0.0032
45	50.0000	50.9999	125	0.0003	1335	0.0036
46	51.0000	51.9999	162	0.0004	1497	0.0040
47	52.0000	52.9999	171	0.0005	1668	0.0044
48	53.0000	53.9999	182	0.0005	1850	0.0049
49	54.0000	54.9999	205	0.0005	2055	0.0055
50	55.0000	55.9999	261	0.0007	2316	0.0062
51	56.0000	56.9999	298	0.0008	2614	0.0070
52	57.0000	57.9999	360	0.0010	2974	0.0080

Quantidade de pixels para cada NC

Representação gráfica da frequência de pixels nos diversos níveis de cinza

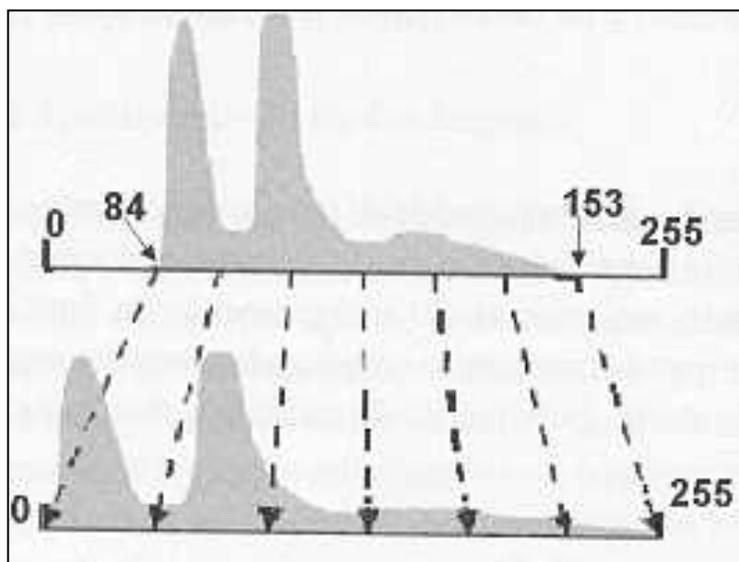
gráfico



# Transformação da imagem por modificação do histograma

Técnicas:

**Ampliação Linear de Contraste**  
(com ou sem saturação)



NC mais baixos  0 ( mais escura)  
NC mais alto  255 (cinza claro)  
outros  distribuição linear 1 a 254

Sem contraste



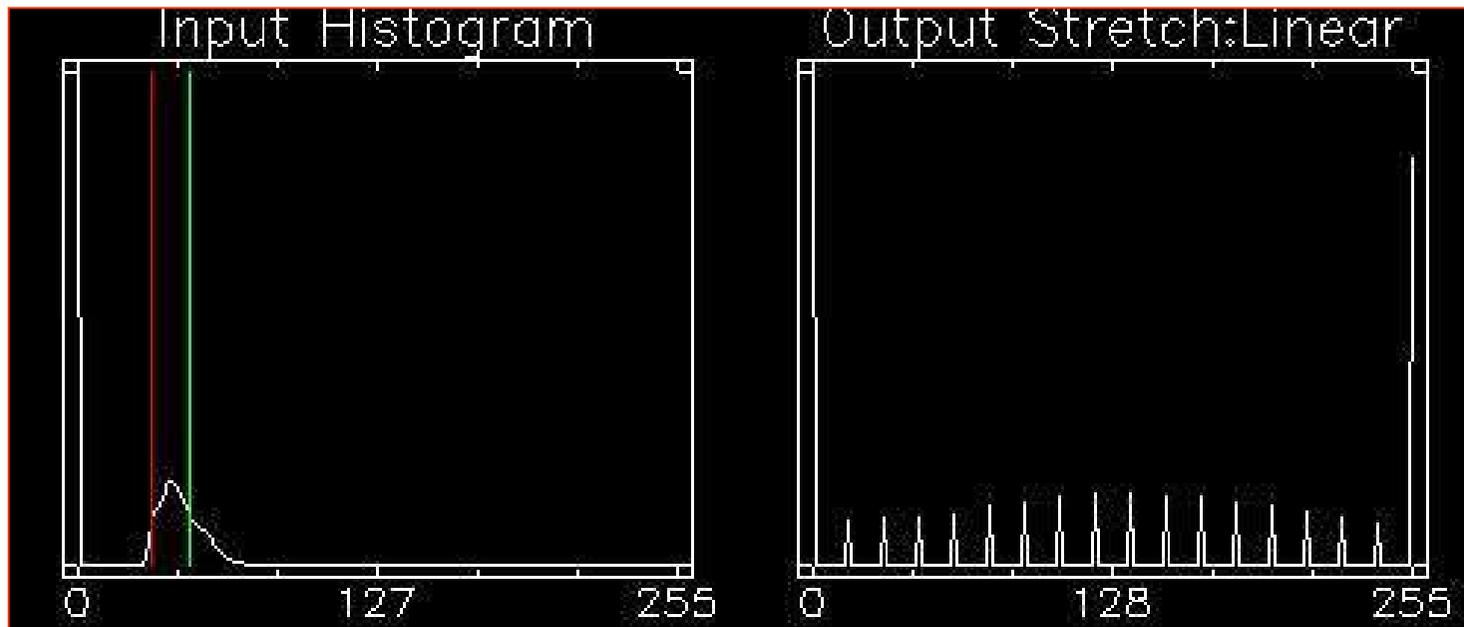
Com contraste



Com contraste e saturação de 2%



## Transformação Linear por Segmentos

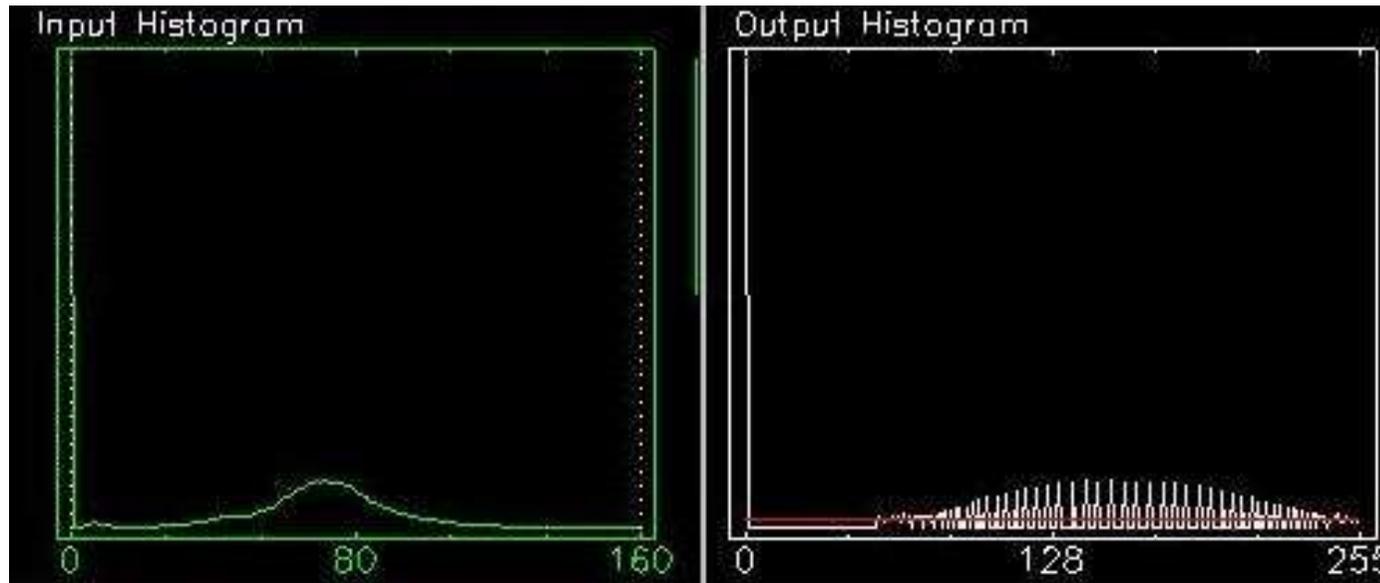


**Sem contraste**

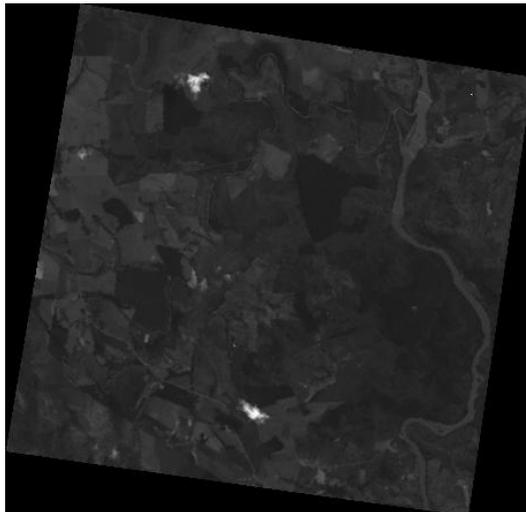


**Com contraste**

## Equalização de histogramas (ou achatamento)



**Sem contraste**



**Com contraste**



## 2.2.2 Filtragem Digital (ou Espacial)

São transformações pixel a pixel, realizadas por operadores denominados **filtros**, considerando os valores digitais da vizinhança de cada pixel.

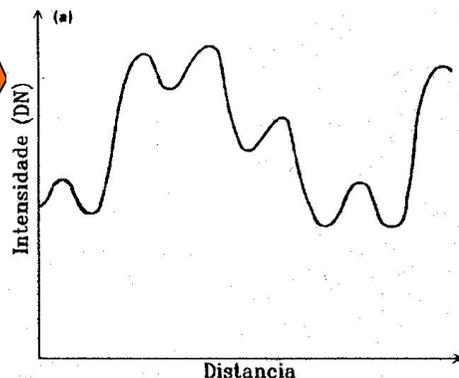
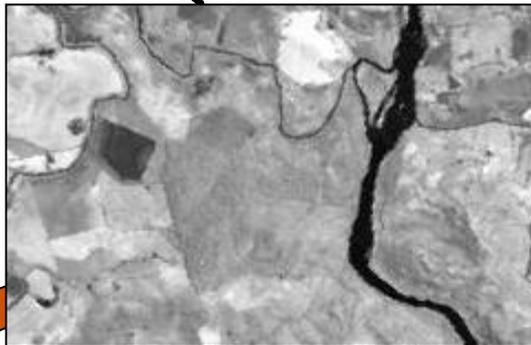
**FREQUÊNCIA ESPACIAL:** taxa de repetição de padrões de

intensidade de cinza, em todas as direções.

Padrões que se **alteram de forma brusca**  bordas  
componentes de **alta frequência**.

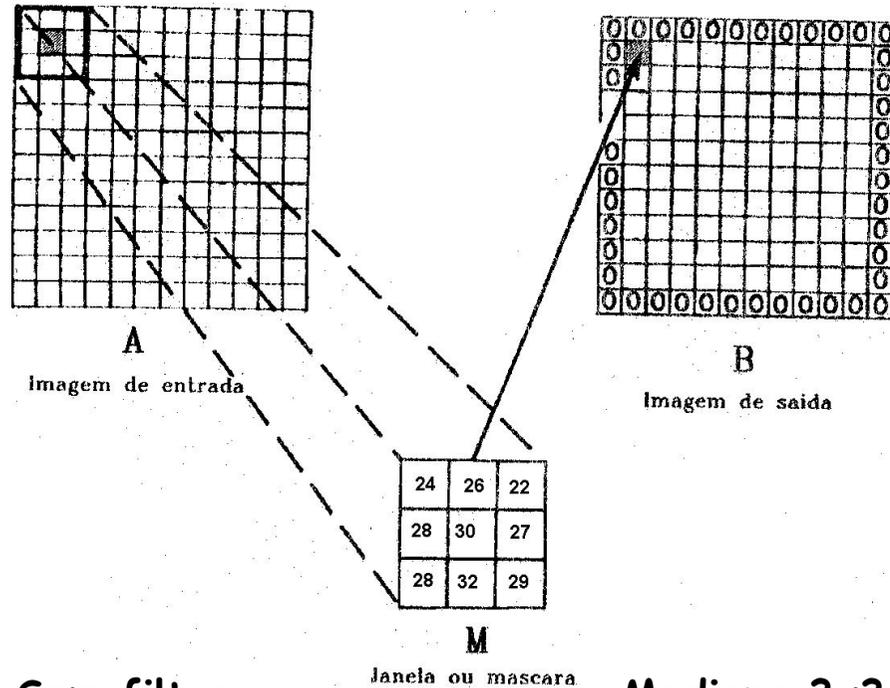
Padrões que se **alteram gradualmente**  
componentes de **baixa frequência**

Bordas, padrões de  
textura, feições lineares  
de determinadas direções



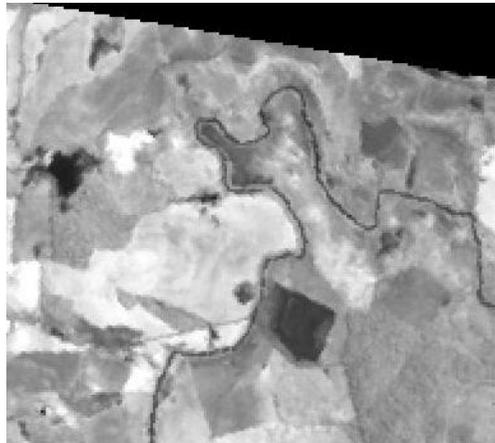
# Tipos de filtro:

## Filtros Passa-baixa (filtros de média, mediana, moda)

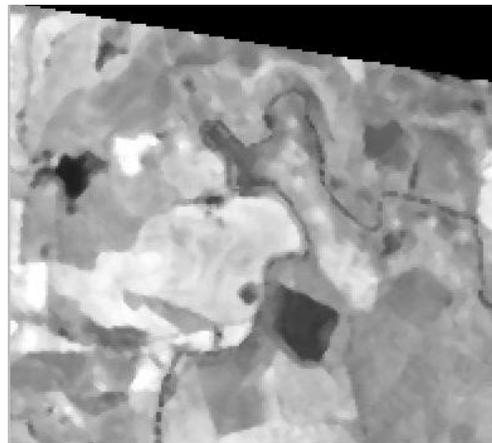


- \* eliminam altas frequências
- \* usados para "suavizar" as imagens
- \* atenuação de processos ruidosos
- \* problema: "desfocam" a imagem:  
9 x 9 mais que 3 x 3

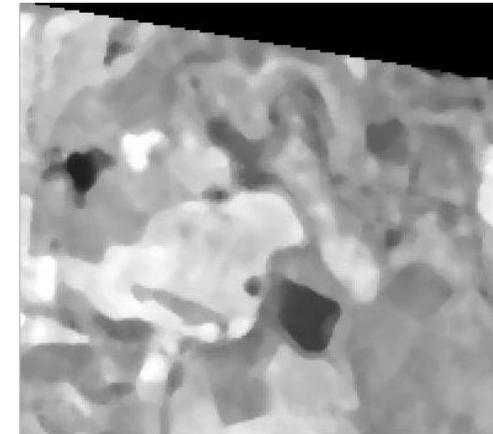
Sem filtro



Mediana 3x3



Mediana 5x5



## Filtros Passa-alta

- elimina feições de baixa frequência
- realça bordas
- menor máscara, menores os detalhes realçados
- EX.: realçar limites de talhões

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

## Filtros Direcionais

- filtros de passa-alta
- realçam bordas em direções pré-determinadas

$$\begin{bmatrix} \text{Vertical} \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

## Filtros Não-Direcionais

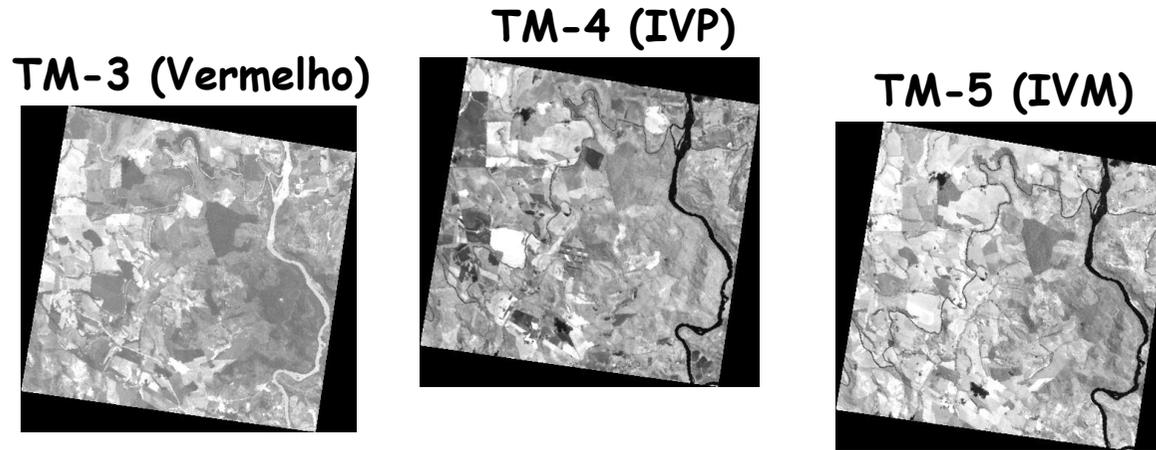
- filtros de passa-alta
- realçam bordas independente da direção

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

etc.

## 2.2.3 Realces Espectrais

Estão relacionados a imagens multiespectrais de uma mesma cena



O objetivo é a obtenção de novas imagens que reflitam as relações existentes entre essas imagens pixel a pixel.

**Exemplos:**

**Composições coloridas**

**Razão entre bandas**

**etc.**

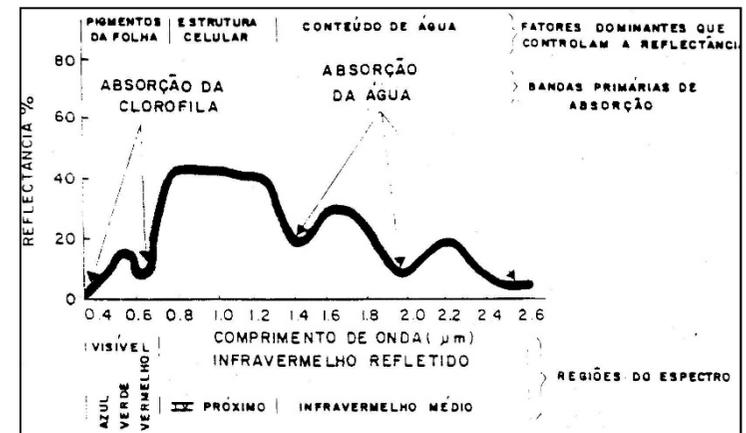
## Composições Coloridas

Associação de uma das cores primárias (azul, verde e vermelho) a cada uma das imagens relativas a um determinado intervalo do espectro eletromagnético.

( No máximo 3 imagens)

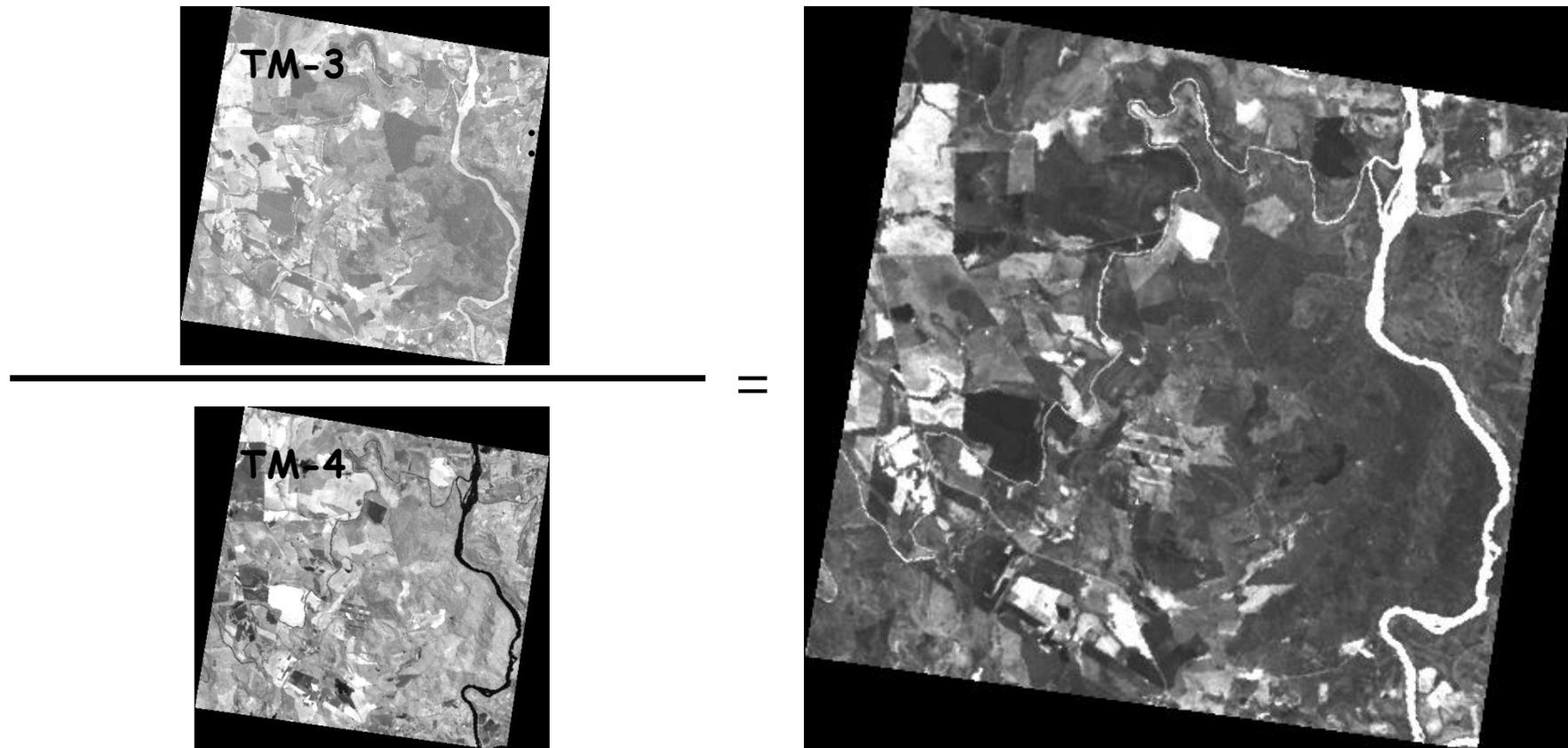


TM 5 (IVM) - azul  
TM 4 (IVP) - verde  
TM 3 (V) - vermelho



## Razão entre Bandas

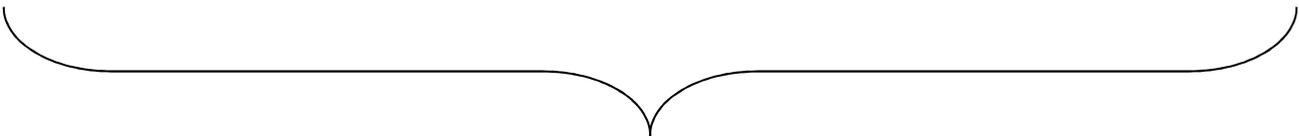
Divide-se o NC de um pixel, em uma banda, pelo seu NC em outra banda



## Razão entre Bandas

Vegetação Sadia  contraste entre assinaturas  vermelho e IVP

**Maior contraste = maior o vigor vegetativo da área imageada**



Principio dos Índices de Vegetação

$$\text{NDVI} = (\text{IVP} - \text{VER}) / (\text{IVP} + \text{VER})$$

## 2.3 TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO

### 2.3.1 Introdução

**Classificação:** atribui a cada pixel da imagem uma classe ou tema ("rótulo")

- observação: pixel e vizinhança
- norteada por uma série de regras de decisão

PRODUTO FINAL : **Mapa Temático**

Tipos:

**Classificação Visual (Manual)**

**Classificação Digital**

## 2.3.2 Classificação Digital

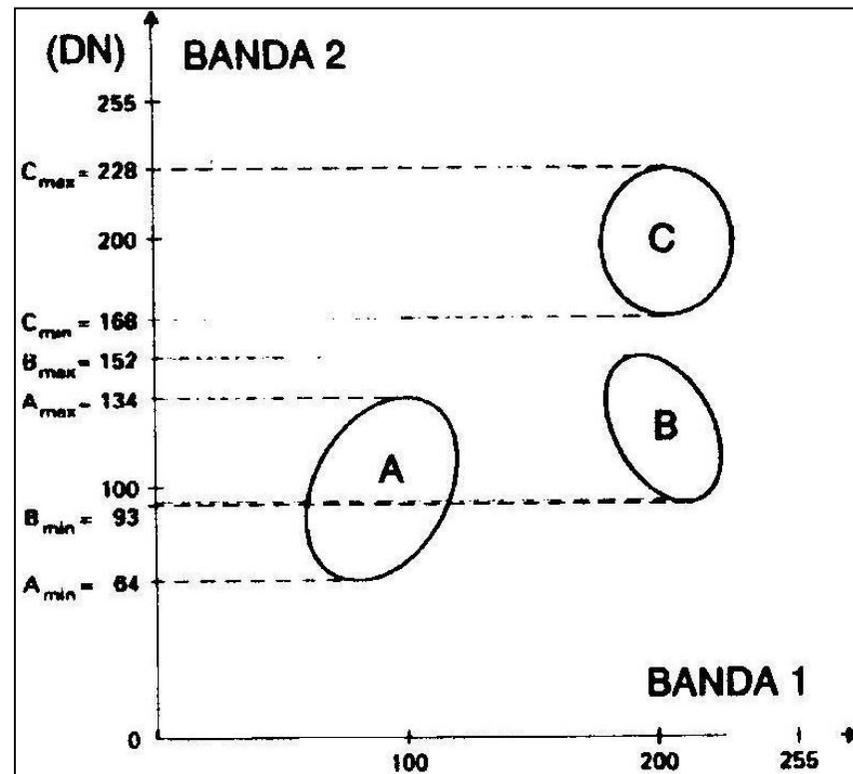
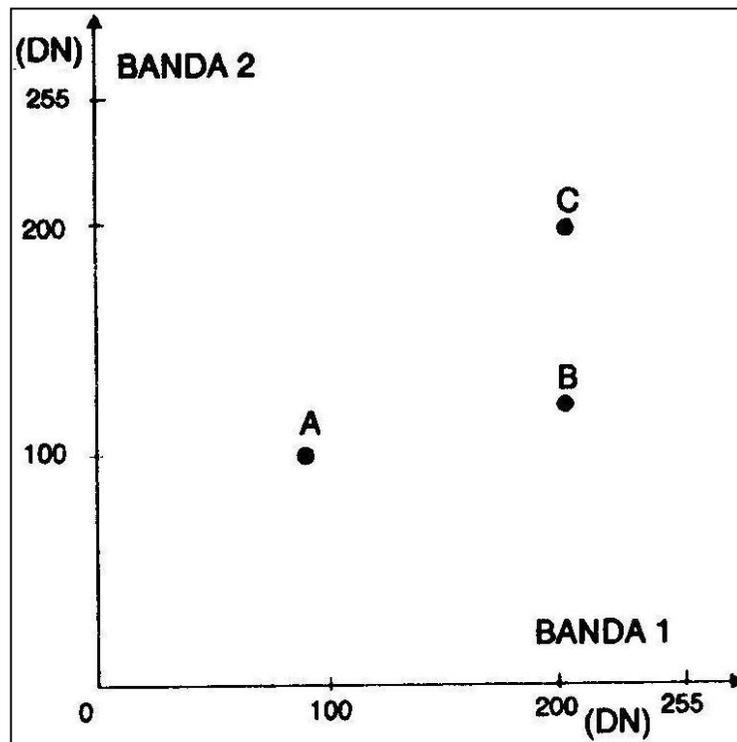
### 2.3.2.1 Características

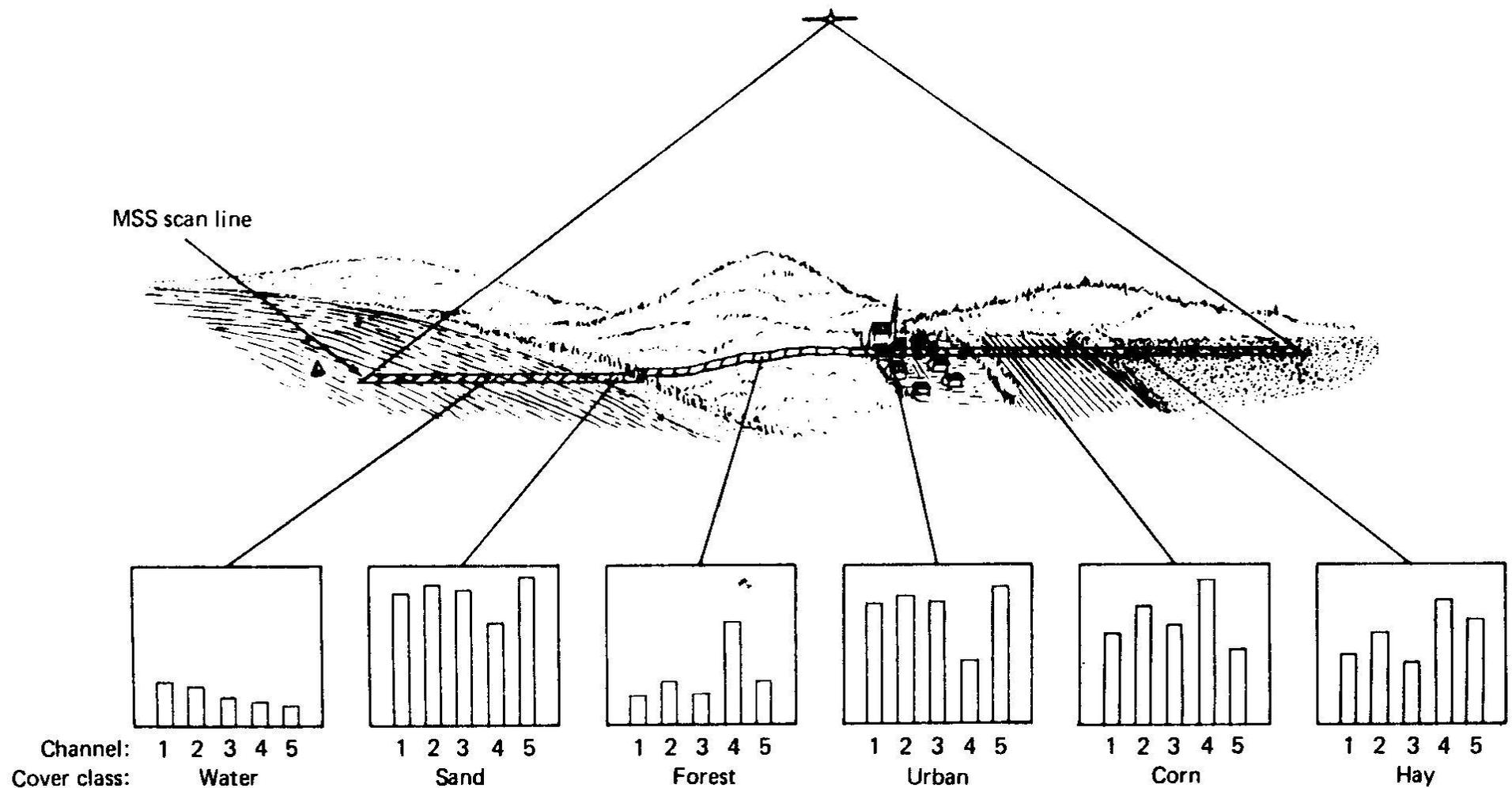
- Procura **eliminar a subjetividade** do processo de análise visual
  - Torna possível a **repetição** do mesmo processo
- Produto diretamente na forma digital (**mapa temático digital**) : importante para a "alimentação" de um SIG
- O produto é uma **representação simplificada** em relação à enorme complexidade existente em uma cena de satélite (CROSTA, 1992)
  - A maioria das técnicas de classificação digital tem por base **agrupamento de valores de NC**, não levando em conta o arranjo espacial dos pixels (**textura e forma**).

Conceito Importante:

### 2.3.2.2 Espaço de Atributos

É o gráfico com a distribuição de intensidades (NC) das bandas de uma imagem multiespectral



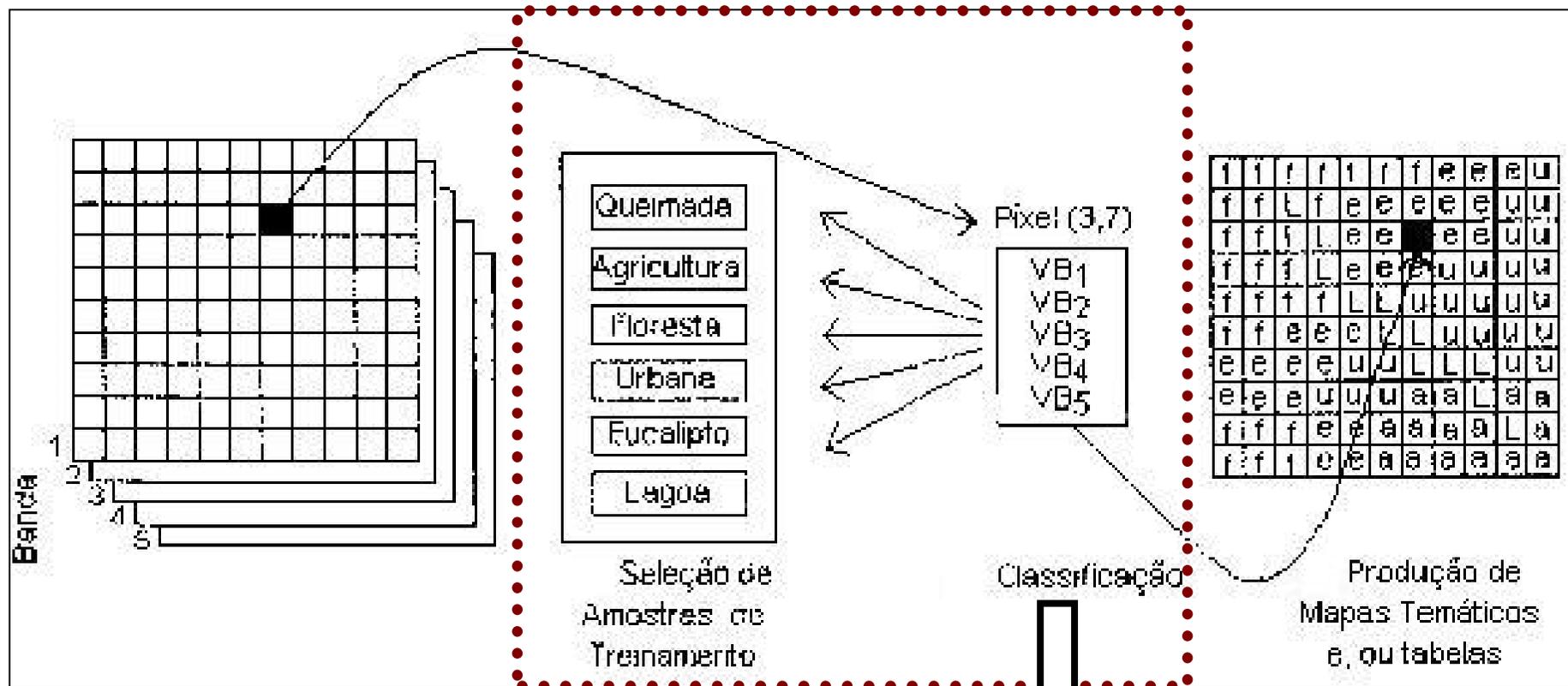


**FIGURE 10.36** Selected MSS measurements made along one scan line. Channels cover the following spectral bands: 1—blue, 2—green; 3—red, 4—near-infrared, 5—thermal infrared.

Quanto maior o nº de bandas, melhor o resultado da classificação.

Cuidado: redundância de informações nas diversas bandas e tempo de computação!!

### 2.3.2.3 Processo de Classificação



Regra de decisão

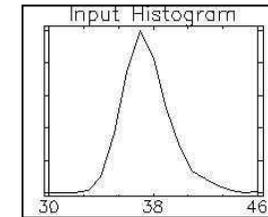
Supervisionada, Não supervisionada e Híbrida

## 2.3.2.4 Treinamento

Classificação: o sistema deve ser treinado para reconhecer padrões nos dados

Treinamento é o processo de definição de **critérios** pelos quais esses padrões são reconhecidos.

conjunto de "assinaturas"



critérios estatísticos para um conjunto de classes propostas.

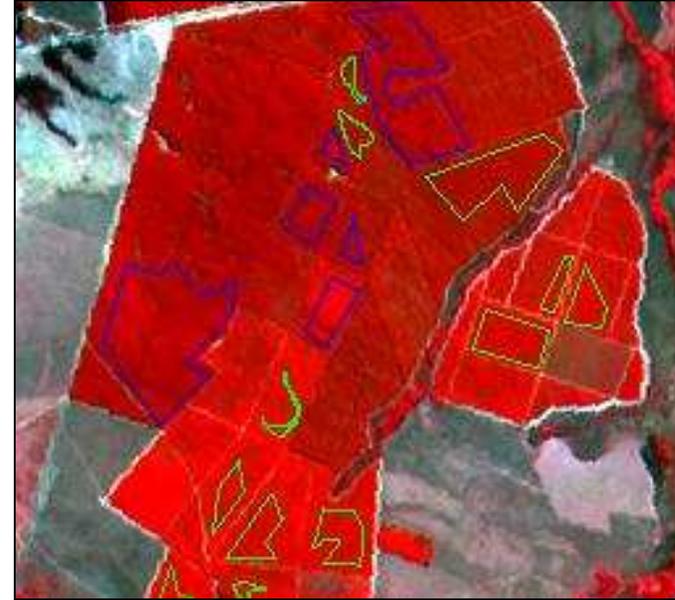
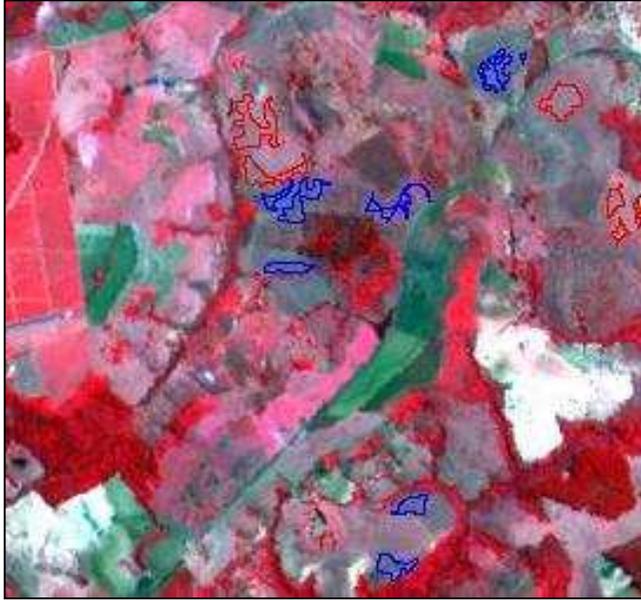
pixels  
distribuídos  
em classes

algoritmo matemático

regra de decisão que usa estatísticas particulares para distribuir os pixels entre as diversas classes



## Treinamento

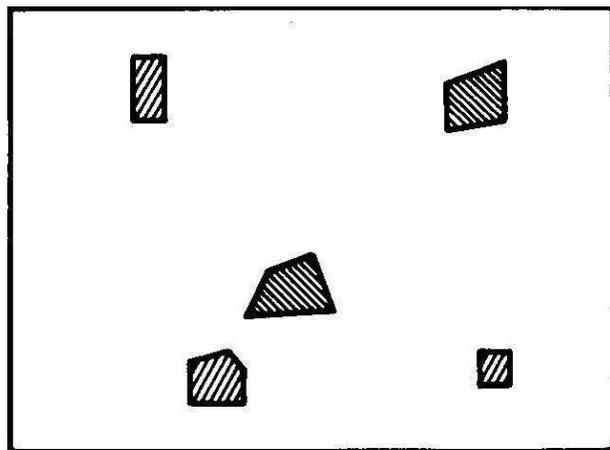


- Conhecimento *a priori* dos dados: classes definidas
- Controlado pelo analista: amostras de treinamento

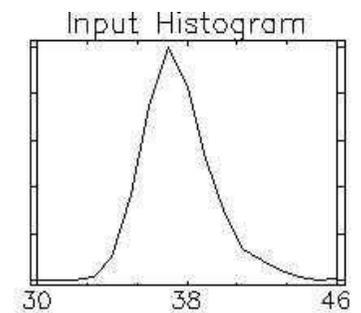
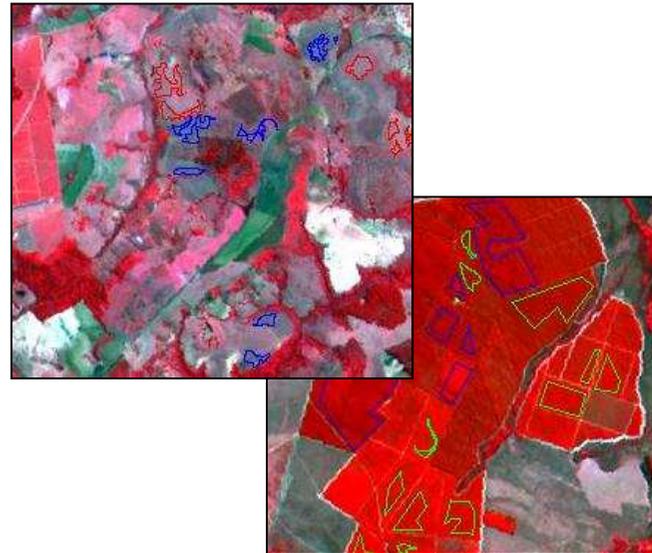
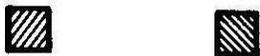
- Tamanho da amostra

Total = (1,5% a 3,0%) do total de pixels : dividir proporcionalmente pelas classes

- Homogeneidade da amostra



CLASSE 1      CLASSE 2



## 2.3.2.5 Classificação Propriamente Dita

Supervisionada

Não supervisionada

Híbrida

## A) Classificação Supervisionada

**Interação** grande entre o **analista** e o **sistema de análise**, com o fornecimento de **dados** para o “**treinamento**” do sistema computacional, por meio das **amostras de treinamento**

Principais algoritmos ou métodos de classificação:



regras de decisão que usam **estatísticas** particulares para distribuir os pixels entre as diversas classes

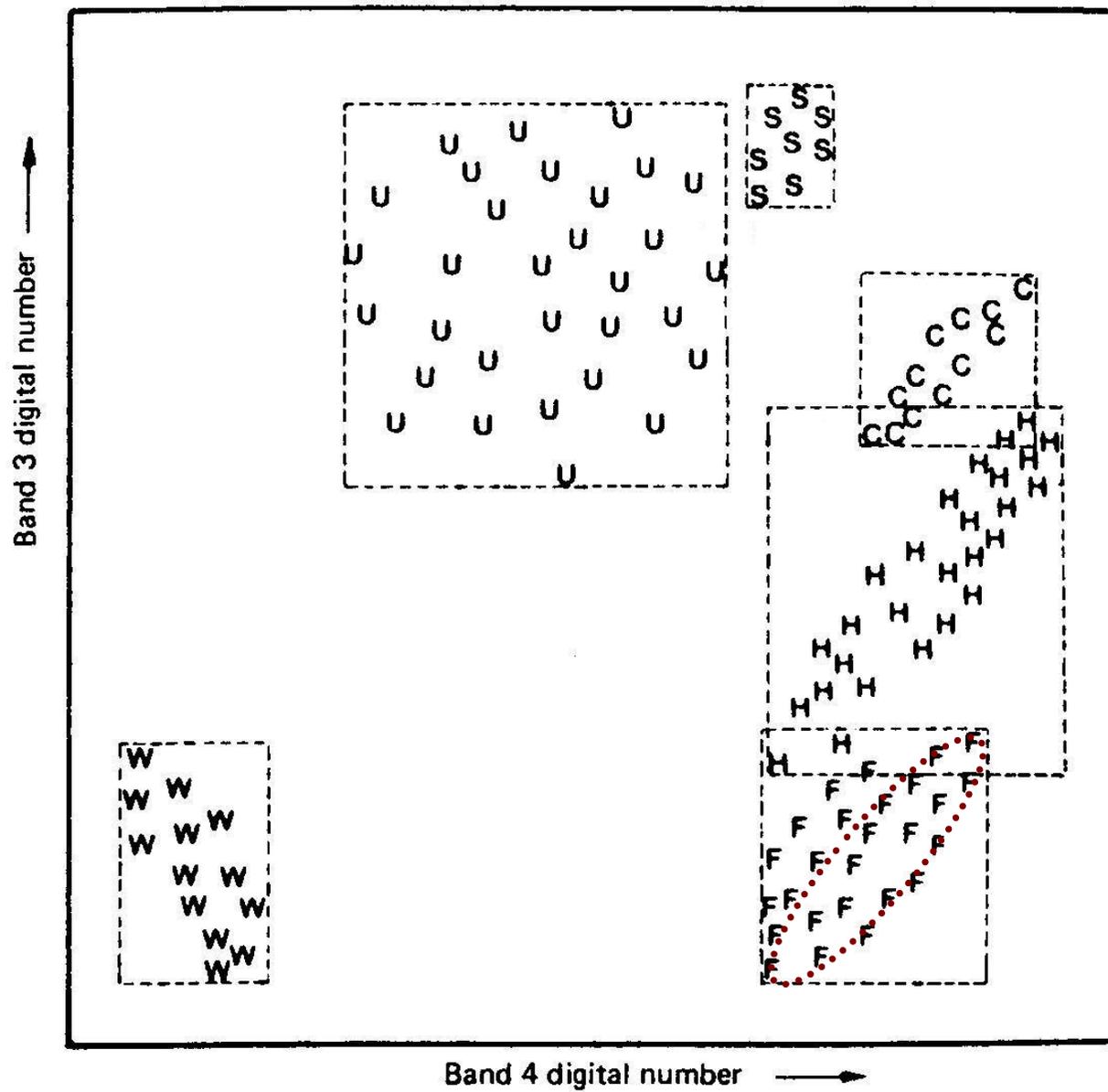
**Método do Paralelepípedo**

**Método da Distância Mínima às Médias**

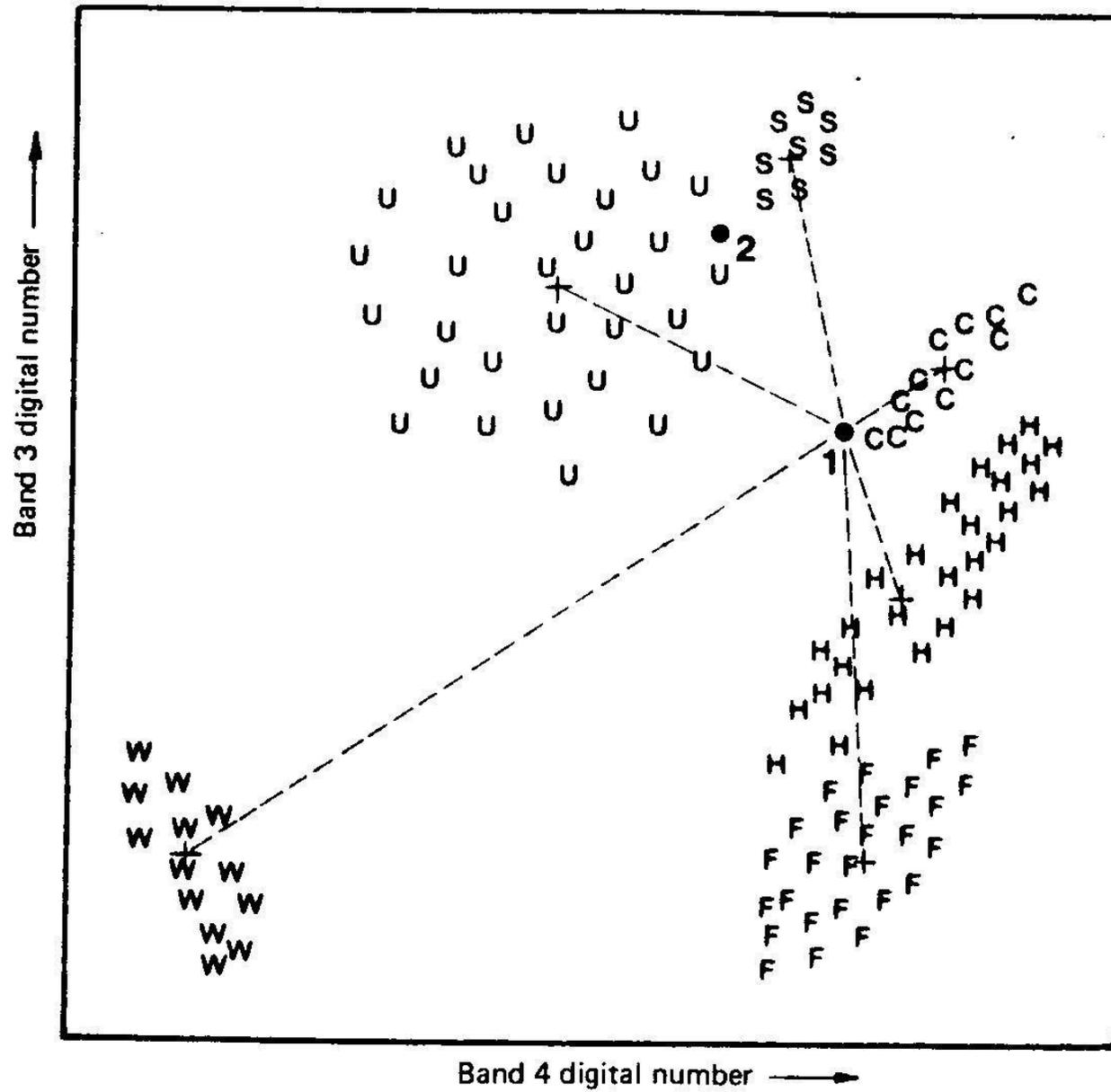
**Método da Máxima Verossimilhança**

**(MaxVer)**

# A1) Método do Paralelepípedo

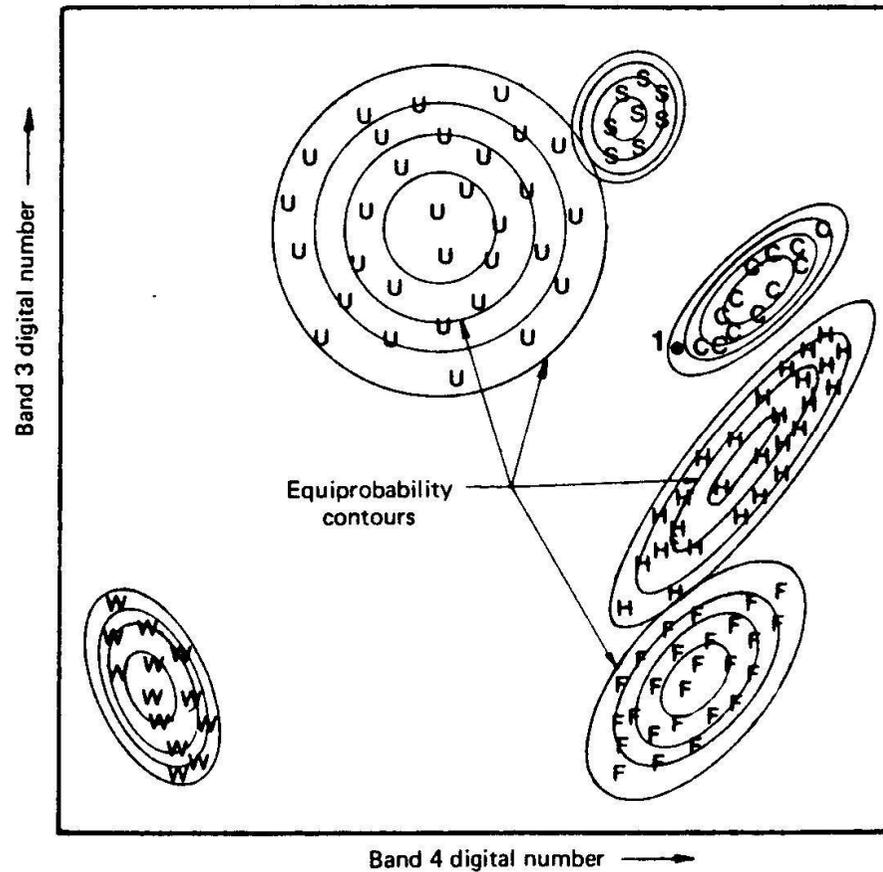


## A2) Método da Distância Mínima às Médias

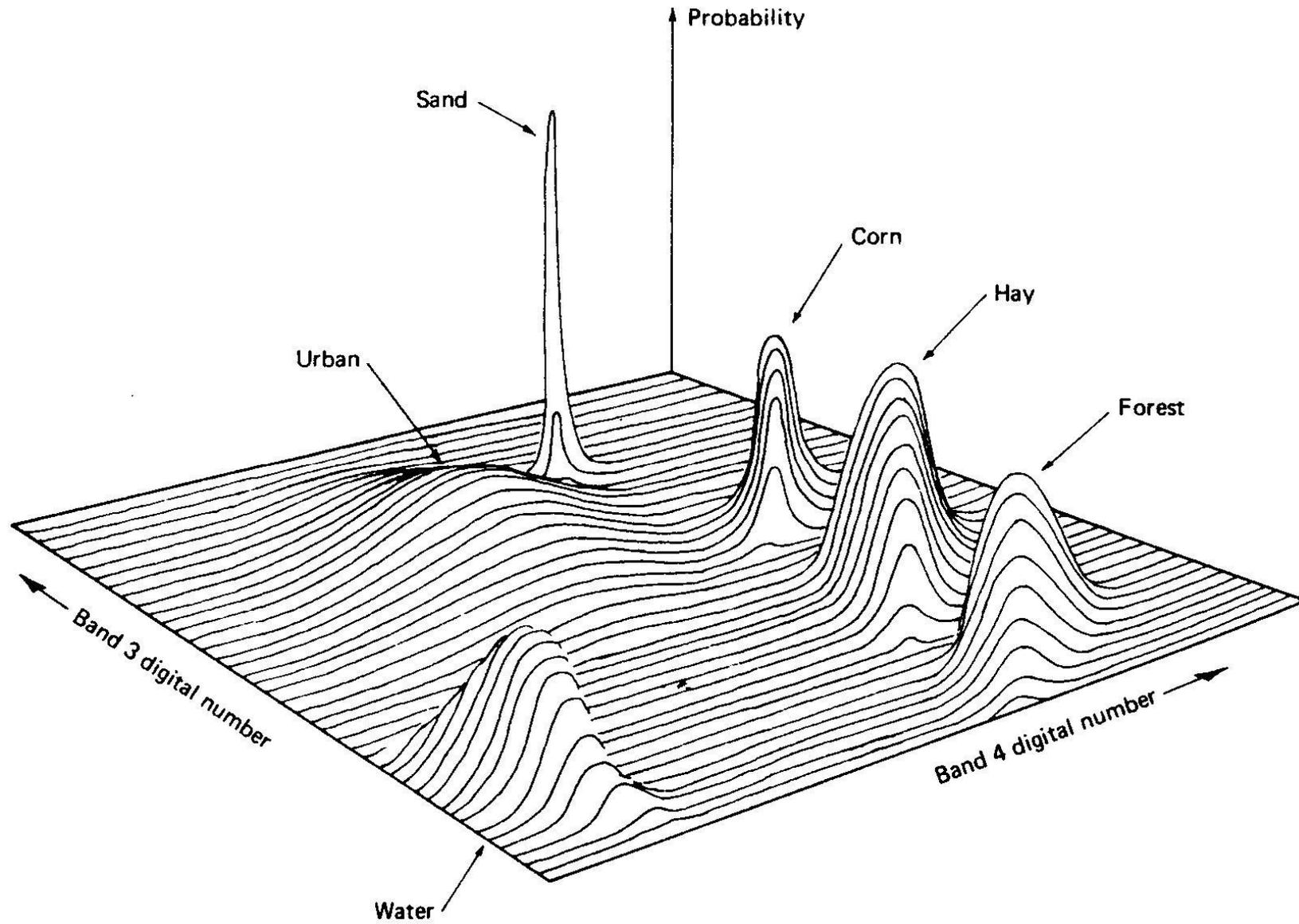


### A3) Método da Máxima Verossimilhança (MaxVer)

- Considera a ponderação das distâncias médias
- Base estatística mais complexa
- Precisão depende número de pixels amostrados

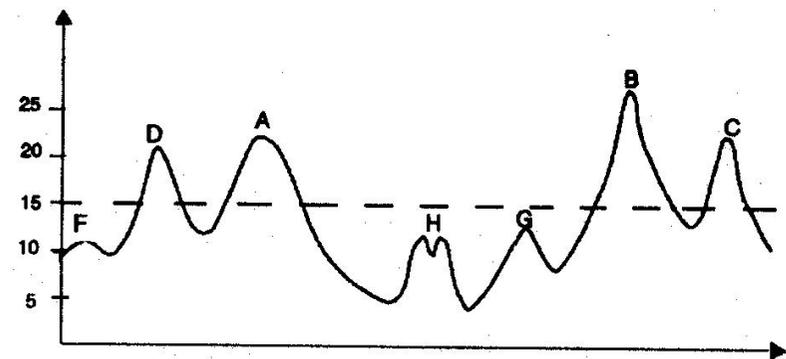
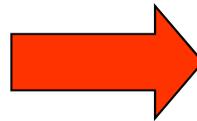
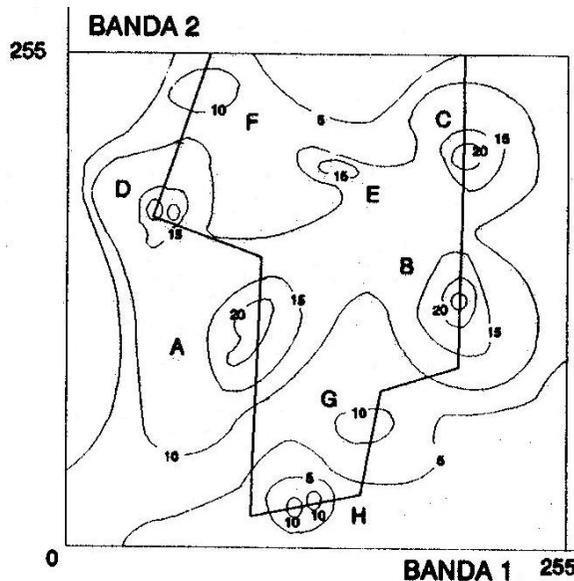


## Método da Máxima Verossimilhança (MaxVer)



## B) Classificação Não Supervisionada

- Os **pixels** são assinalados a **classes espectrais**, sem que o analista tenha um **conhecimento prévio** da existência ou nomes **dessas classes**
- Usado quando se conhece pouco sobre os dados antes da classificação
- Após a classificação: associar um significado ("rótulo") às classes **espectrais**



## C) Classificação Híbrida

- Trata-se de uma mistura dos dois métodos anteriores
- Método não-supervisionado  $\Rightarrow$  classes homogêneas
- Classes homogêneas  $\Rightarrow$  amostras de treinamento para o método supervisionado