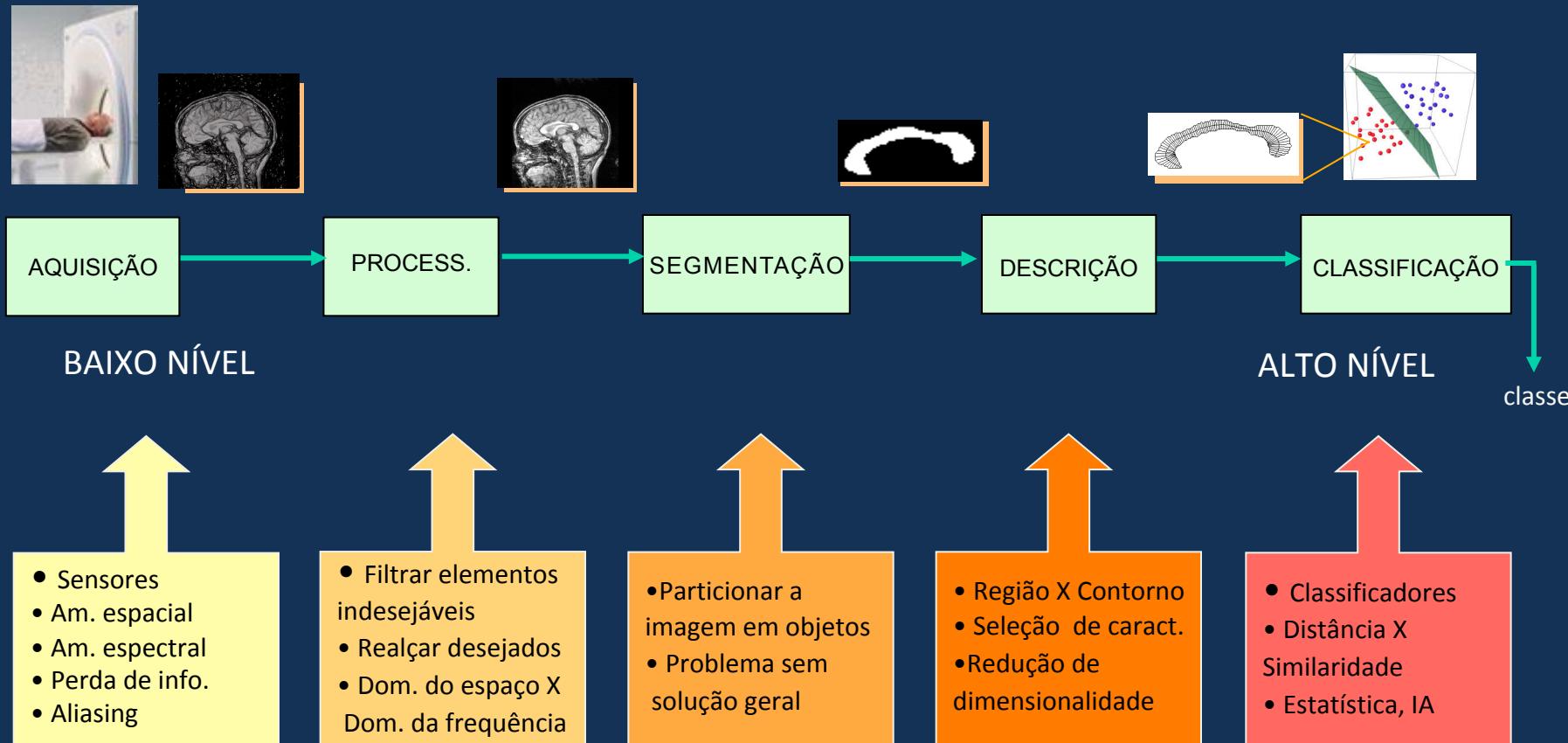


# Processamento e Análise de Imagens

## Segmentação

Prof. Alexei Machado  
PUC Minas

# O Processo de Visão Computacional Clássico



# Segmentação

- A etapa de segmentação objetiva partitionar a imagem em regiões que representem os objetos da cena ou que possuam determinadas propriedades, como textura ou cor.
- As principais abordagens são:
- Segmentação por região (ou segmentação por homogeneidade)
- Segmentação por bordas ou contornos (ou segmentação por descontinuidade)

# Conectividade

- Dois pixels pertencem a uma região conectada se existir um caminho entre eles formado por pixels vizinhos.

	N1	
N4	X	N2
	N3	

Vizinhança de 4

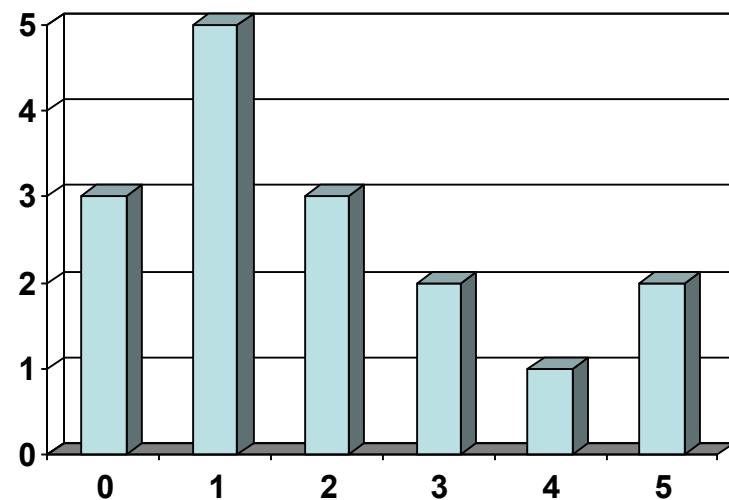
N8	N1	N2
N7	X	N3
N6	N5	N4

Vizinhança de 8

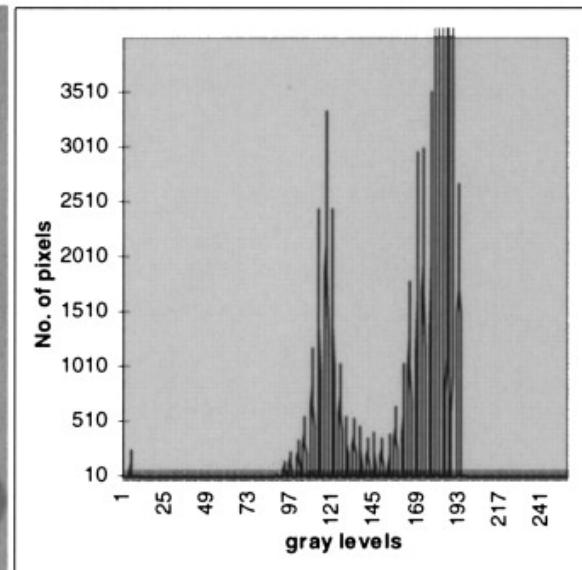
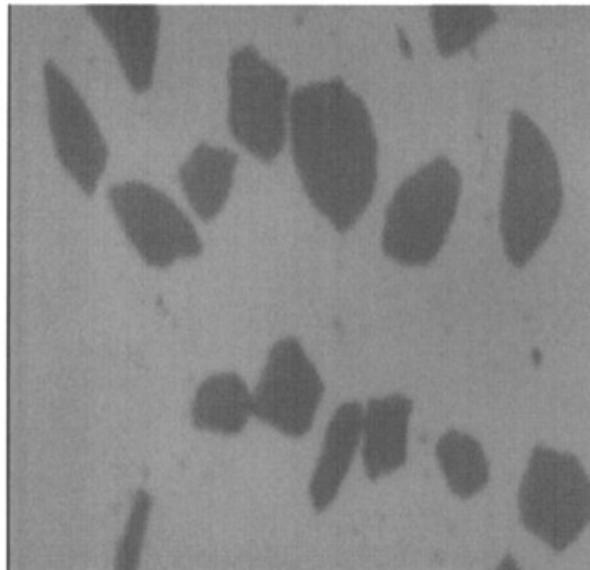
# Histogramas

- Demonstra a frequência de ocorrência dos valores de uma variável ou sua distribuição de probabilidades
- Níveis de cinza – 1 componente
- Cores – 3 componentes

0	0	1	2
5	1	2	1
3	4	3	2
5	0	1	1

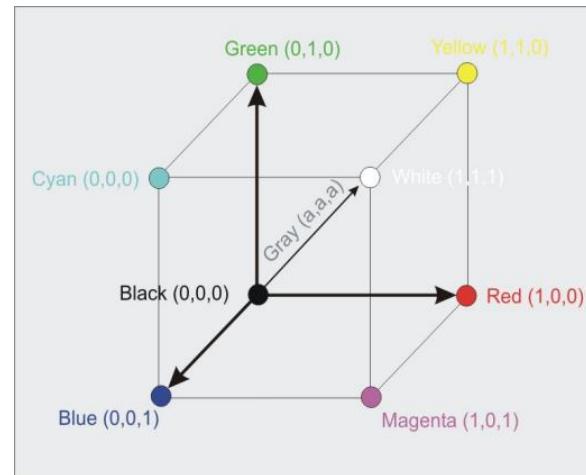
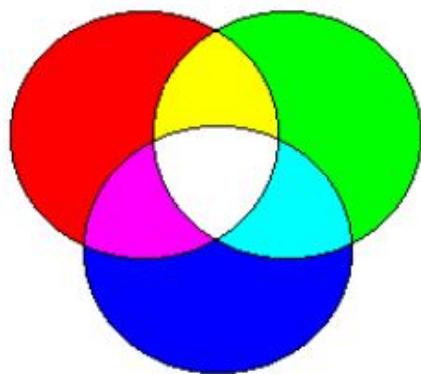


# Histogramas



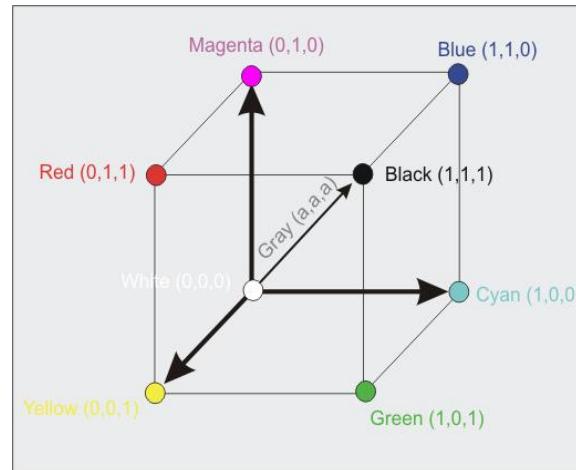
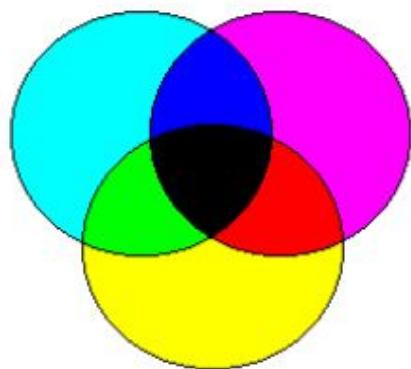
# Modelos de Cores

## ► RGB



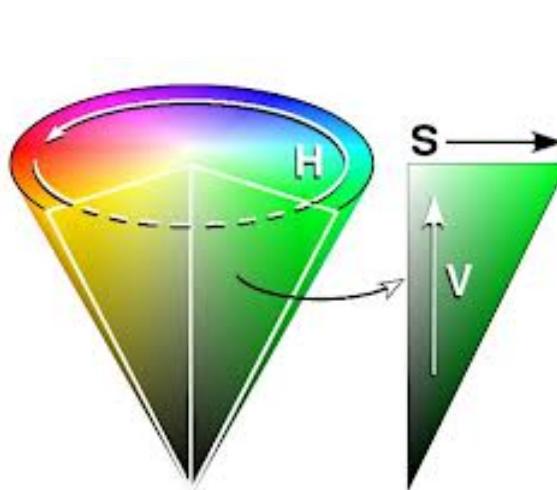
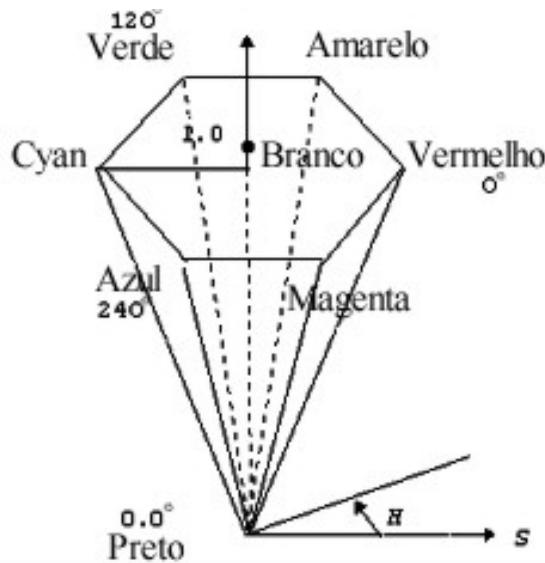
# Modelos de Cores

## ► CMY



# Modelos de Cores

## ► HSI ou HSV



H = hue (matiz):  
representa a  
componente de cor pura

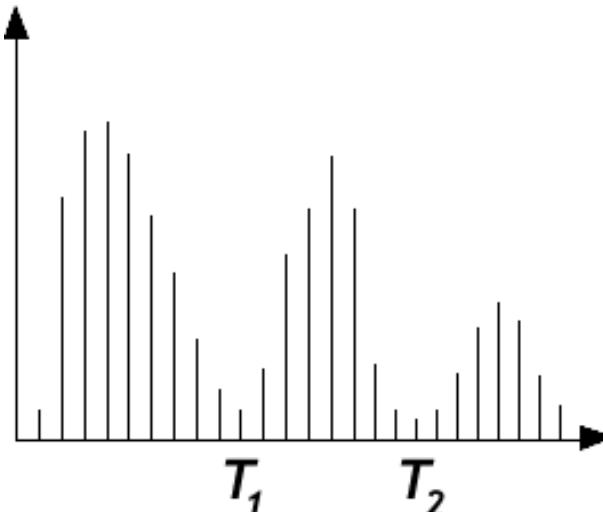
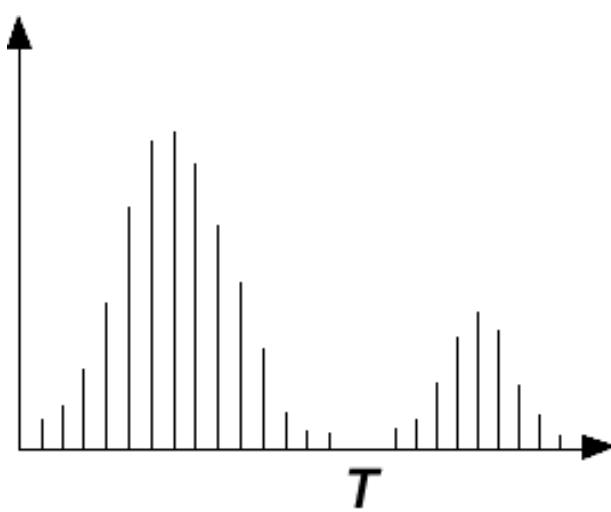
S = Saturation  
(saturação): mostra  
quanto de luz branca foi  
adicionada à cor. Maior  
saturação => menos  
branco

I ou V = intensidade:  
representa a “energia”  
da cor. Quanto maior  
mais brilho possui a cor

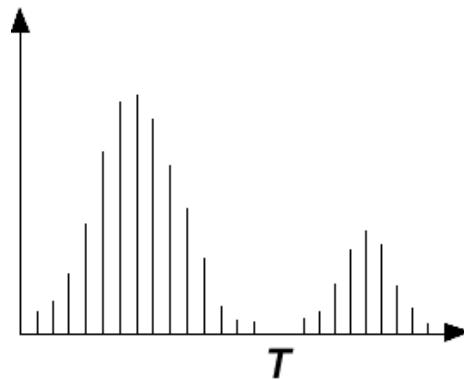
# Segmentação por Região

- Limiarização: consiste em utilizar o histograma para estabelecer valores de corte (limiar) que causam o particionamento da imagem em regiões. Quando apenas um valor de limiar for definido, teremos a binarização.
- A limiarização deve ser seguida de um processo de rotulação uma vez que pode haver mais de um elemento conexo com mesmo valor de limiar, os quais serão considerados como objetos distintos. No caso da imagem conter apenas um objeto, o resultado da limiarização já estará segmentado.

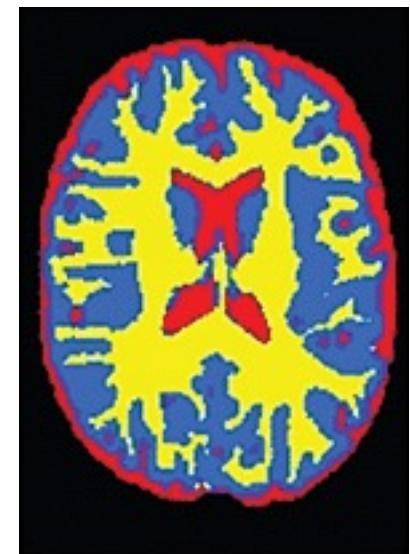
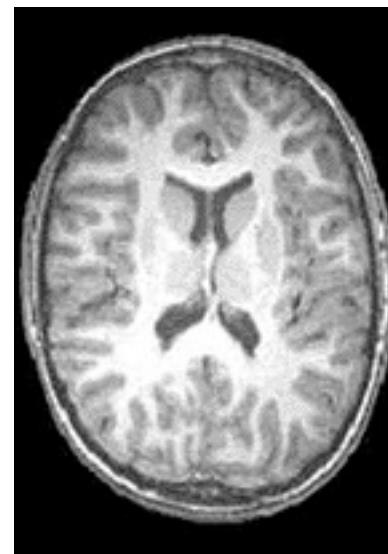
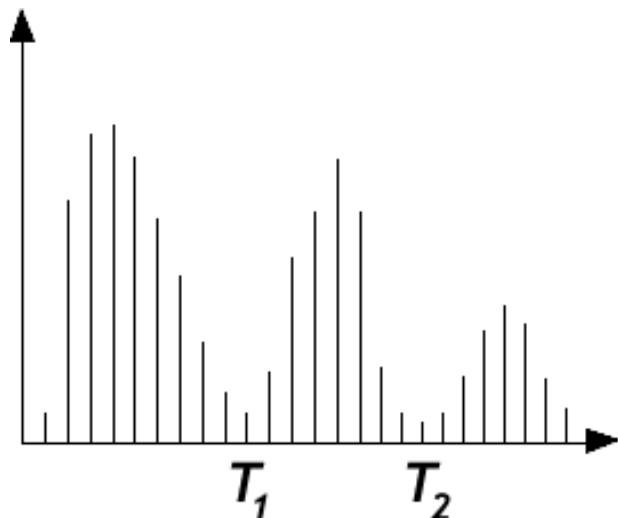
# Limiarização



# Limiarização



# Limiarização



# Limiarização

- Exemplo: Dado a imagem abaixo, aplique a limiarização considerando como objetos regiões com valor  $i \geq 3$ .

Imagen Original					
0	3	0	3	0	0
1	4	3	1	0	4
2	0	0	0	5	4
0	0	4	4	0	0

Imagen Binarizada					
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1
0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0

- Neste caso, a imagem ainda não está segmentada pois existem dois objetos desconectados com mesmo rótulo. Devemos aplicar um algoritmo de rotulação.

# Algoritmo de Rotulação

- Varrer a imagem da esquerda para direita, cima para baixo, até achar um ponto do objeto x.
- Verificar a vizinhança de x, segundo a máscara. Se nenhum dos pontos da máscara possuir rótulo, criar um novo rótulo para x. Senão, se algum dos pontos possuir rótulo, associar x ao mesmo rótulo. Se houver mais de um rótulo diferente associado aos pontos da máscara, inseri-los em uma lista de equivalência.
- Repetir a etapa anterior para os demais pontos da imagem.
- Unificar rótulos equivalentes.

B	C	D
A	x	

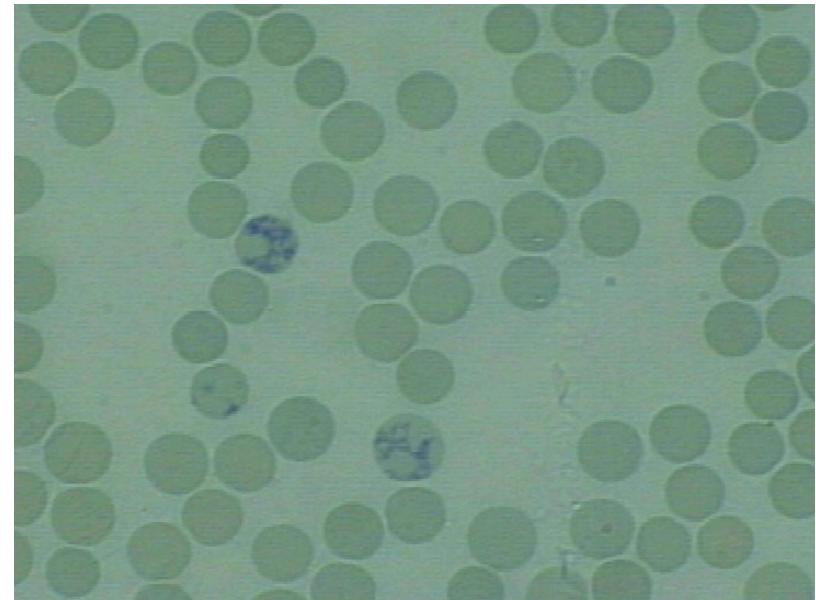
# Algoritmo de Rotulação

- Rotular a imagem:

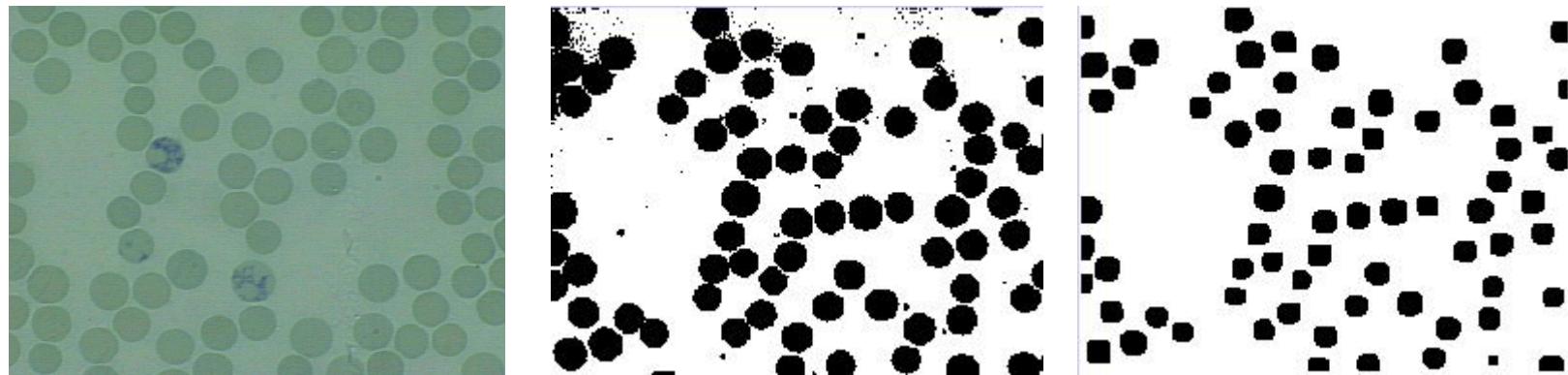
0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	1

# Limiarização

- Exemplo: contagem de células (UFRGS)
  - eritrócitos (hemáceas) e reticulócitos (hemáceas baby)



# Limiarização



# Algoritmo de Otsu

- Iterar pelos valores do limiar  $t$ , *do primeiro ao penúltimo tom de cinza*, buscando aquele que maximiza a variância entre-classes. Sendo  $p(i)$  a probabilidade de ocorrência do tom de cinza  $i$ , o valor de  $t$  pode ser calculado como o argumento que maximiza a função:

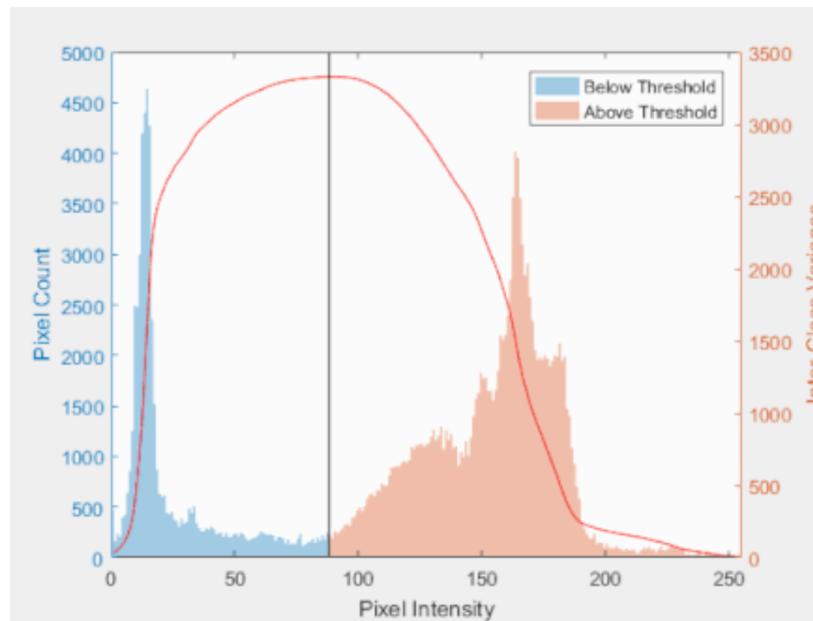
$$\sigma_b^2(t) = q_1(t)q_2(t)[m_1(t) - m_2(t)]^2$$

$$m_1(t) = \frac{1}{q_1(t)} \sum_{i=0}^t ip(i) \quad m_2(t) = \frac{1}{q_2(t)} \sum_{i=t+1}^{NC-1} ip(i)$$

$$q_1(t) = \sum_{i=0}^t p(i) \quad q_2(t) = \sum_{i=t+1}^{NC-1} p(i)$$

# Algoritmo de Otsu

- Iterar por todos os valores possíveis para o limiar  $t$ , buscando aquele que maximiza a variância entre-classes. O fundo será formado pelos tons de 0 a  $t$  e o objeto pelos tons  $t+1$  a  $N_C-1$  (inverter se necessário).



# Algoritmo de Otsu

and Ninety Six between Stockley  
of Knox And State of Tennessee  
Andrew Jackson of the County  
State Aforesaid of the Other part  
Paid Stockley Donelson for a  
of the sum of two thousand  
and paid the receipt where  
nath And by these presents  
Be alien encoff And Confer  
Jackson his heirs And a  
certain traits or parcels of La  
and acre/long thousand acre  
and land in the said state of Tennessee

Dix bet en to ley  
Knox And State of Tennessee  
Andrew Jackson of the County  
State Aforesaid of the Other part  
Paid Stockley Donelson for a  
of the sum of two thousand  
and paid the receipt where  
nath And by these presents  
Be alien encoff And Confer  
Jackson his heirs And a  
certain traits or parcels of La  
and acre/long thousand acre  
and land in the said state of Tennessee

Limiarização Global

# Algoritmo de Otsu

Ind ninety Six between Stockley  
of Knox And State of Tennessee  
Andrew Jackson off the County  
State Aforesaid of the Other part  
Paid Stockley Donelson for a  
of the sum of two thousand  
and paid the receipt where  
rath And by these presents  
Self alien encoff And confirm  
Jackson his heirs And a  
certain traits or parcels of La  
sand acres long thousand aye  
and land his... and his

Ind ninety Six between Stockley  
of Knox And State of Tennessee  
Andrew Jackson off the County  
State Aforesaid of the Other part  
Paid Stockley Donelson for a  
of the sum of two thousand  
and paid the receipt where  
rath And by these presents  
Self alien encoff And confirm  
Jackson his heirs And a  
certain traits or parcels of La  
sand acres long thousand aye  
and land his... and his

## Limiarização Local

# Crescimento de Regiões

- Escolhe-se uma semente  $\underline{x}$  e um critério de similaridade com relação à intensidade da semente.
- Visitam-se os vizinhos de  $\underline{x}$ , atribuindo a eles o mesmo rótulo de  $\underline{x}$  se a condição de similaridade for satisfeita
- O processo se repete com os vizinhos similares, sempre considerando o critério à semente, até não haver pontos a serem visitados
- Escolhe-se outra semente não rotulada e o processo se repete até toda a imagem ter sido rotulada

# Crescimento de Regiões

- escolher uma semente
- agrupar pixels vizinhos semelhantes (textura, cor, NC)

50	51	50	102
51	49	50	102
240	240	102	102
241	240	103	103

50	51	50	102
51	49	50	102
240	240	102	102
241	240	103	103

- problemas: seleção adequada da semente, critério de semelhança

# Crescimento de Regiões

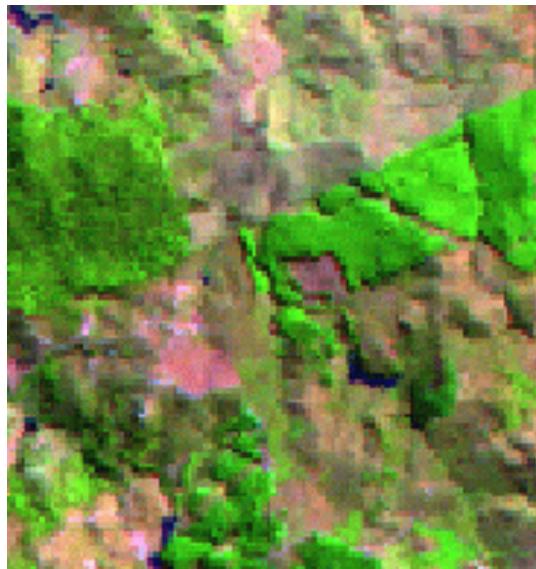
- Rotular a imagem:
- Critério:  $\underline{x}$  é similar a  $\underline{s}$  se  $|\underline{x} - \underline{s}| \leq \text{limiar}$

4	4	3	3	1
1	3	4	4	0
0	1	3	0	1
1	1	0	0	1
0	0	0	0	1

# Crescimento de Regiões

- Segmentação da Imagem do Satélite Landsat

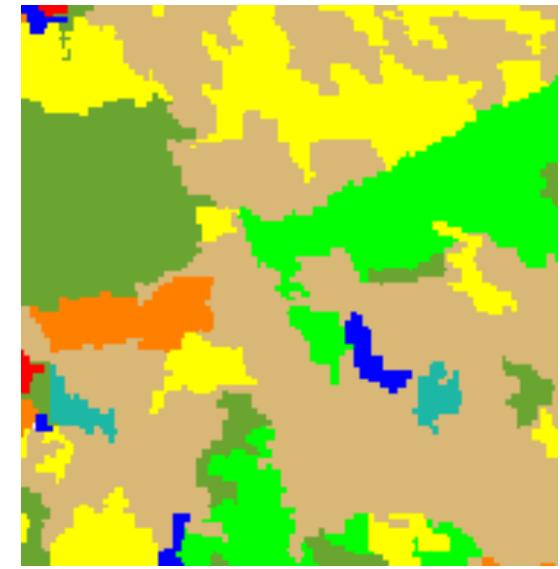
Original



Segmentada

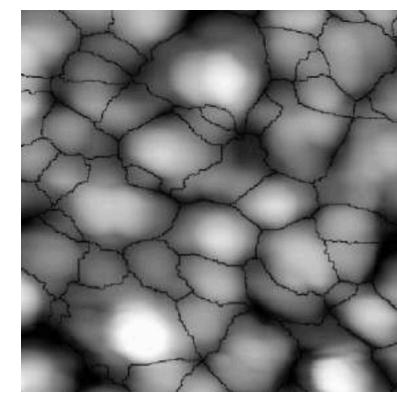
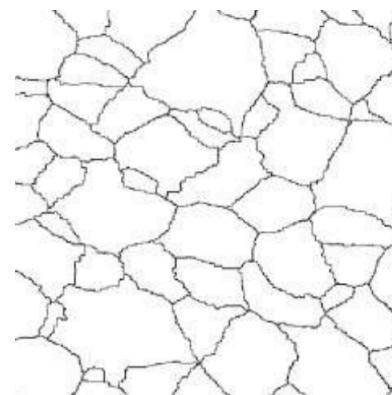
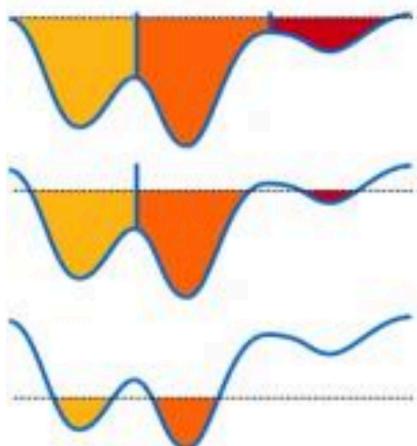


Mapa final



# Watershed

- Imagem vista como um mapa topológico a ser inundado



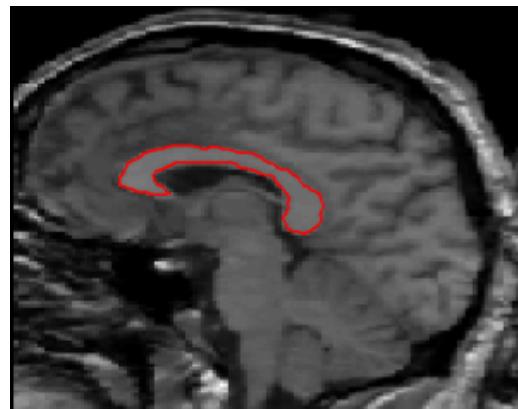
# Watershed

Exemplo de implementação (Beucher and Meyer)

1. Rotule cada mínimo com um rótulo distinto.  
Incialize um conjunto S com os nós.
2. Extraia de S um nó x de altitude mínima F, ou seja,  $F(x) = \min\{F(y) | y \in S\}$ . Atribua o rótulo de x a cada nó não rotulado y adjacente a x e insira y em S.
3. Repita o Passo 2 até que S esteja vazio.

# Segmentação por Contorno

- Consiste em determinar o subconjunto de pixels conectados que separa um objeto do resto da imagem. No caso do objeto conter furos, o contorno do furo deverá ser determinado se isto for importante para o problema.



# Segmentação por Contorno

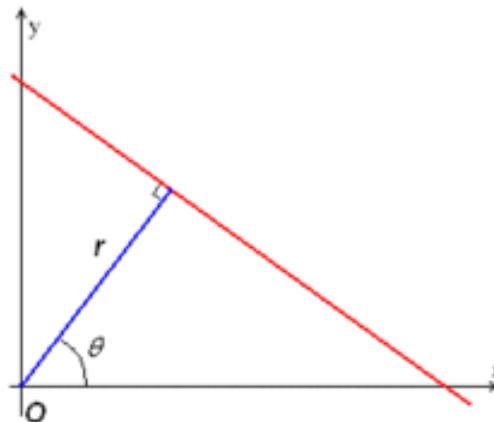
## Algoritmo de Rosenfeld

1. Percorrer a imagem até encontrar o primeiro pixel contendo rótulo de objeto
2. Atribuir o pixel a P e o pixel a esquerda a Q
3. A partir de Q, no sentido anti-horário (convenção), inspecionar o próximo vizinho ao redor de P. Se pertencer ao fundo, atribuir a Q, senão, atribuir a P e adicionar P à sequência do contorno
4. Repetir (3) até que o ponto Q retorne ao valor inicial

# Detecção de Retas

## Transformada de Hough

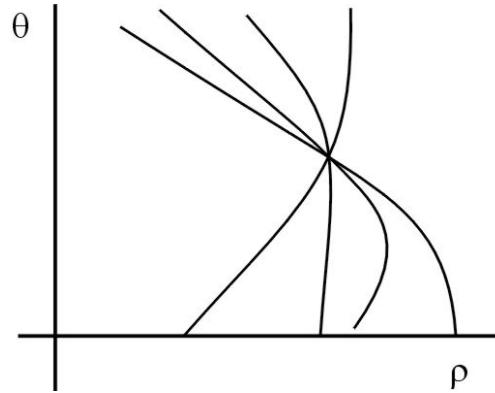
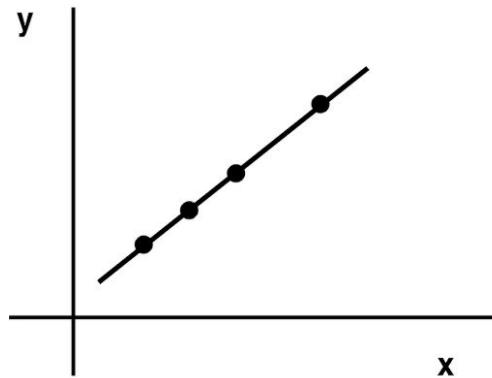
- Detecta linhas pela colinearidade de pontos
  - Cada linha é da forma  $y = ax + b$ . Crie espaço de parâmetros  $(a, b)$ . A nova equação será:  $b = -ax + y$
  - Porém, o espaço  $(a, b)$  está no intervalo  $[-\infty, \infty]$
  - Crie espaço de parâmetros  $(\rho, \theta)$ : representação polar da reta, onde  $\rho$  indica a distância entre a origem e a reta e  $\theta$  sua orientação. Eles são intervalos finitos!



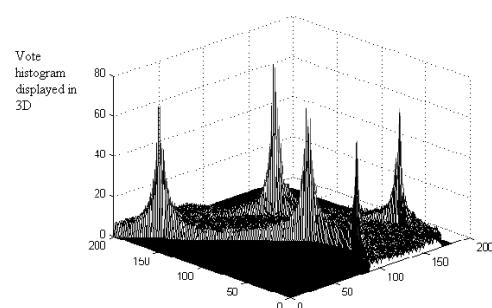
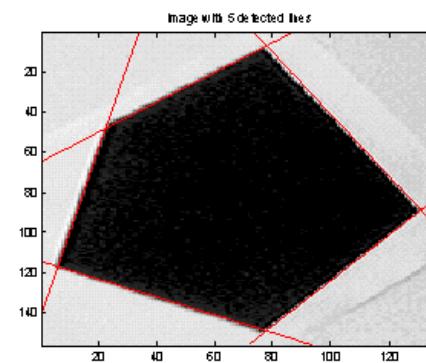
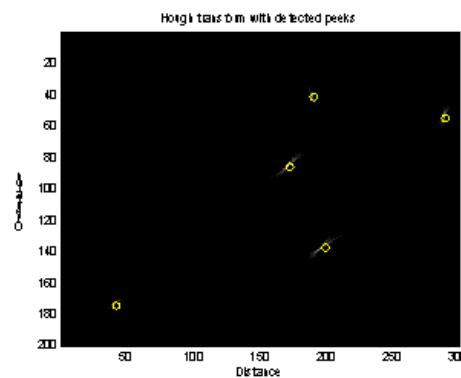
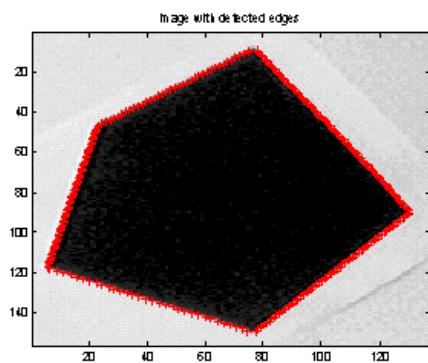
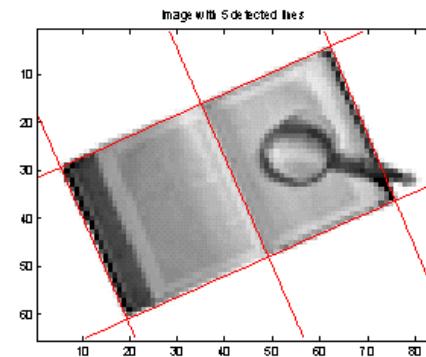
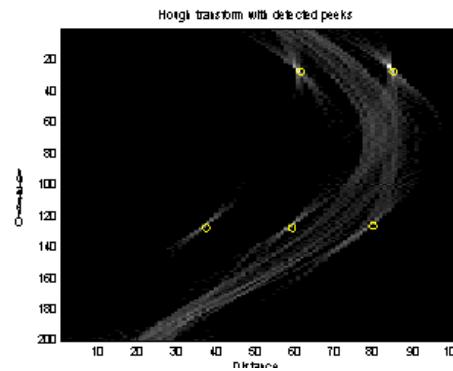
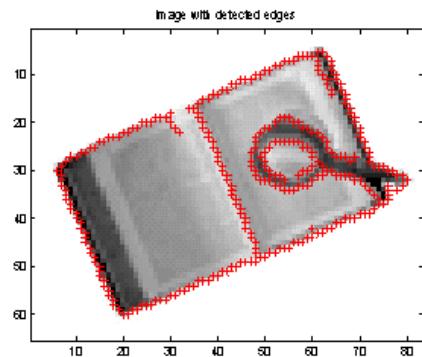
# Detecção de Retas

## Transformada de Hough

- o espaço funcionará como uma variável acumuladora; inicie-o todo com 0. Para cada ponto da imagem original, computar  $(\rho, \theta)$  para as retas que passam pelo ponto. Neste espaço, a equação é da forma:
$$\rho(\theta) = x \cdot \cos(\theta) + y \cdot \sin(\theta)$$
- Após computar as senóides para todos os pontos, detectar os contadores máximos. Estes são os  $(\rho, \theta)$  de cada reta na imagem original.

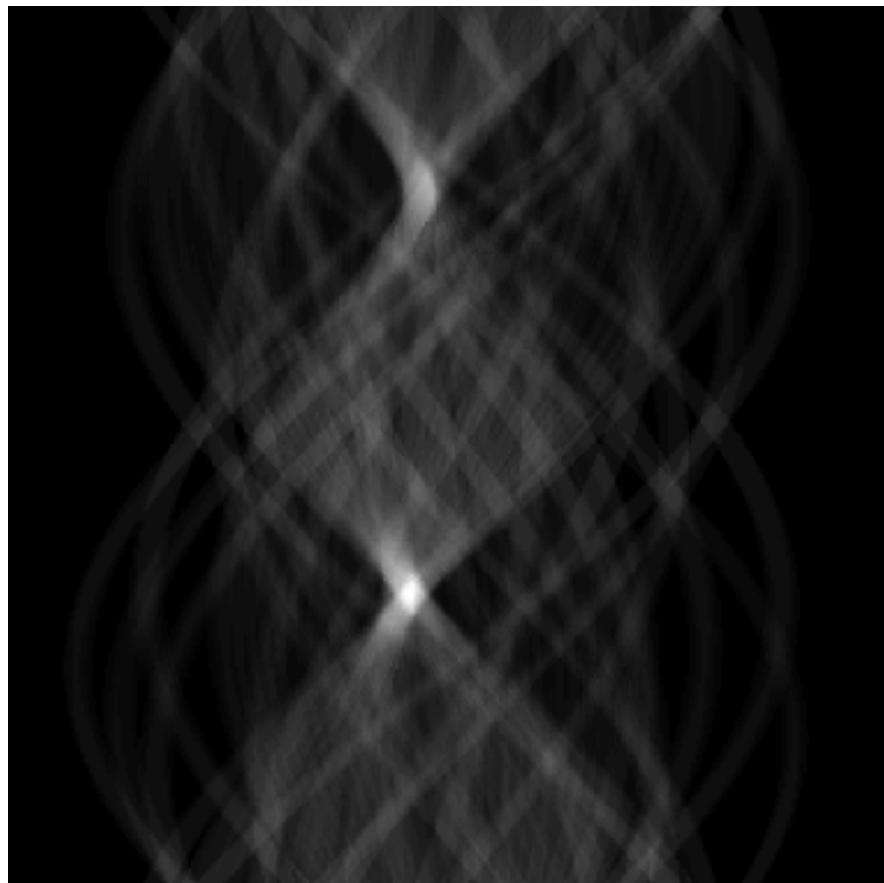


# Transformada de Hough



# Transformada de Hough

$\rho$



Quantas retas, podemos afirmar, que a imagem original possuía?

Estas retas são paralelas (abstraia pequenos erros de precisão) ou se cruzam?

$\theta$

# Contorno Ativo (Snakes)

- Uma curva é traçada dentro (ou em torno) do objeto a ser segmentado. A curva se expande (ou contrai) até encontrar a fronteira do objeto, moldando-se ao seu formato.

