

PMR2560 – Visão Computacional

Imagens binárias

Prof. Eduardo L. L. Cabral



Objetivos

- Processamento de imagens binárias:
 - Operadores binários;
 - Propriedades geométricas;
 - Múltiplos objetos;
 - Segmentação da imagem.

Imagens binárias

- Imagem composta por fundo (pixels com valor 0) e objetos (pixels com valor 1).
- Vantagens:
 - Ocupa pouca memória para armazenamento;
 - Processamento mais fácil.
- Desvantagens:
 - Contêm apenas informação da silhueta dos objetos;
 - Uso restrito \Rightarrow tem alguns poucos usos.
- Componentes da imagem podem ser encarados como conjuntos \Rightarrow pode-se definir operações como:
 - Intersecções, uniões;
 - Operações booleanas.

Operadores binários

- Propriedades geométricas:
 - Dimensão \Rightarrow área;
 - Posição dos objetos \Rightarrow centro de massa;
 - Orientação dos objetos \Rightarrow momentos inércia (manipulação).
- Identificação de múltiplos objetos:
 - Fornecer uma identificação para cada região conectada na imagem binária;
 - Formas de conectividade.
- Processamento morfológico:
 - Dilatação, erosão;
 - Esqueletização;
 - Expansão, redução.

Propriedades geométricas

- Dimensão \Rightarrow área;
- Posição de objetos \Rightarrow centro de massa;
- Orientação de objetos \Rightarrow momentos inércia (manipulação).

Propriedades geométricas

➤ Imagem contínua:

- Hipóteses:

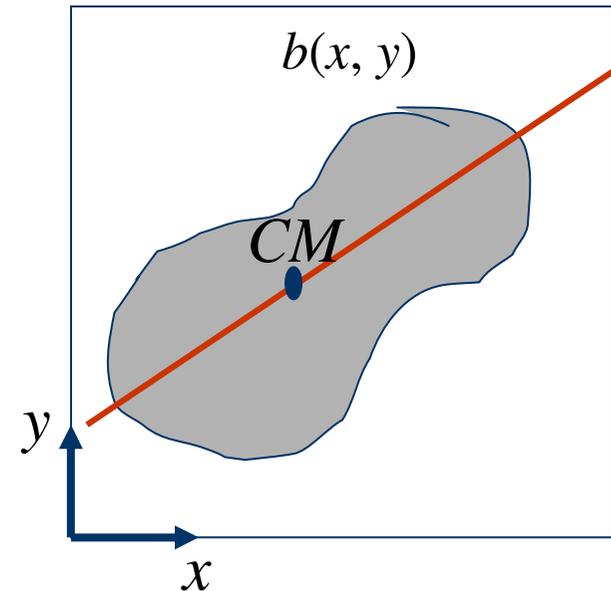
- Corpo do objeto, $b(x, y)$, é contínuo;
- Somente um objeto na imagem.

- Área - Momento de ordem zero:

$$A = \iint b(x, y) dx dy$$

- Posição – Centro de Massa (momento de 1ª ordem):

$$x_{CM} = \frac{1}{A} \iint x b(x, y) dx dy \quad y_{CM} = \frac{1}{A} \iint y b(x, y) dx dy$$



Propriedades geométricas

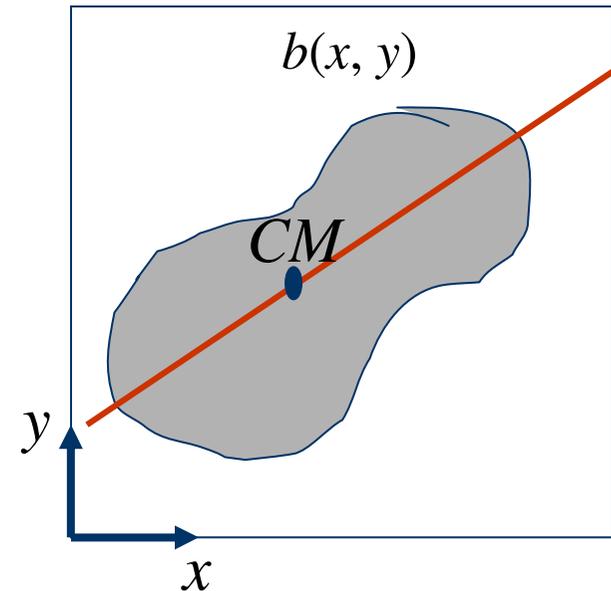
➤ Imagem contínua:

- Momentos de 2ª ordem em relação ao sistema xy trasladado para o CM do objeto:

$$I_{xx} = \iint (x - x_{CM})^2 b(x, y) dx dy$$

$$I_{yy} = \iint (y - y_{CM})^2 b(x, y) dx dy$$

$$I_{xy} = \iint (x - x_{CM})(y - y_{CM}) b(x, y) dx dy$$



Propriedades geométricas

➤ Imagem digital:

- Hipóteses:

- Pixels do objeto, $b(x, y)$, formam um corpo contínuo;
- Somente um objeto na imagem.

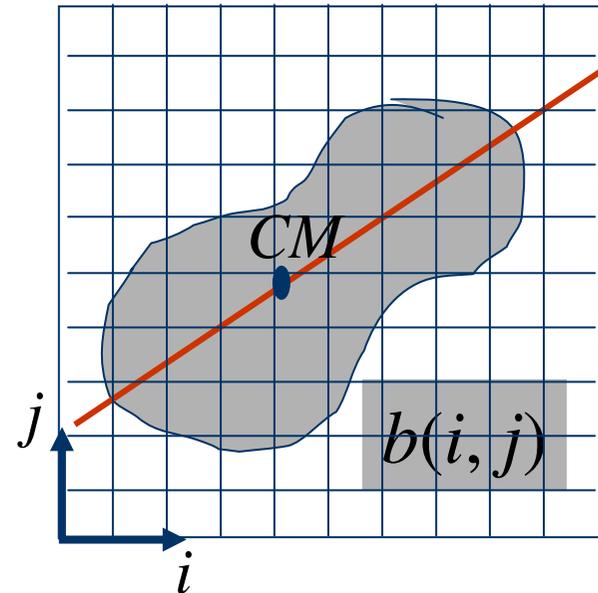
- Área - Momento de ordem zero:

$$A = \sum_i \sum_j b(i, j)$$

- Posição – Centro de Massa (momento de 1ª ordem):

$$x_{CM} = \frac{1}{A} \sum_i \sum_j ib(i, j)$$

$$y_{CM} = \frac{1}{A} \sum_i \sum_j jb(i, j)$$



Propriedades geométricas

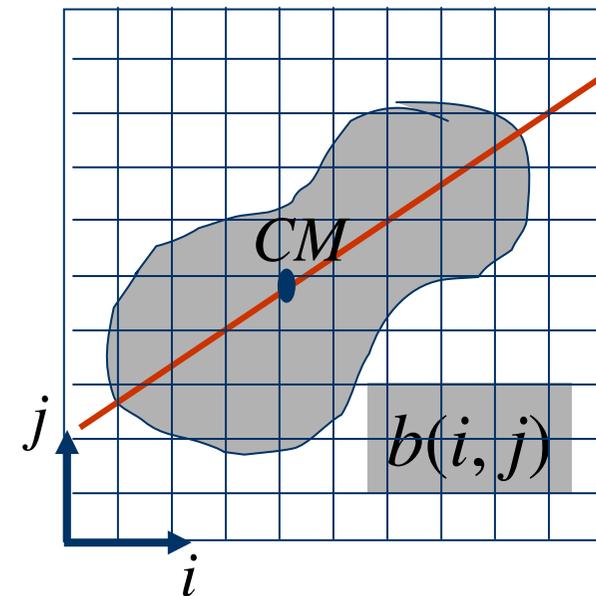
➤ Imagem digital:

- Momentos de 2ª ordem em relação ao sistema fixo na origem da imagem:

$$I_{ii} = \sum_i \sum_j i^2 b(i, j)$$

$$I_{jj} = \sum_i \sum_j j^2 b(i, j)$$

$$I_{ij} = 2 \sum_i \sum_j ij b(i, j)$$



Propriedades geométricas

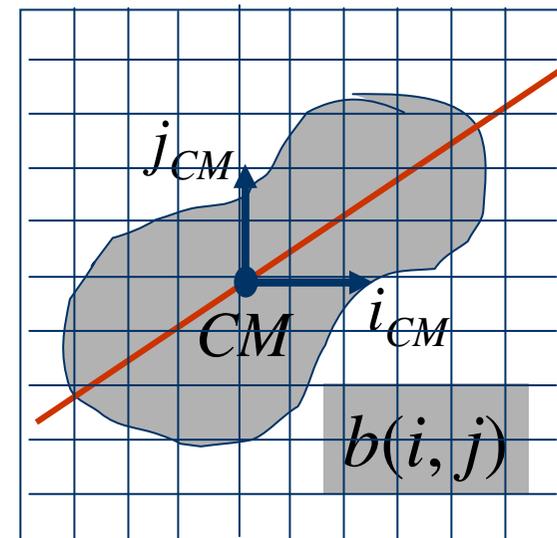
➤ Imagem digital:

- Momentos de 2ª ordem em relação ao sistema fixo transladado para o CM do objeto:

$$I_{ii,CM} = \sum_i \sum_j (i - i_{CM})^2 b(i, j)$$

$$I_{jj,CM} = \sum_i \sum_j (j - j_{CM})^2 b(i, j)$$

$$I_{ij,CM} = 2 \sum_i \sum_j (i - i_{CM})(j - j_{CM}) b(i, j)$$



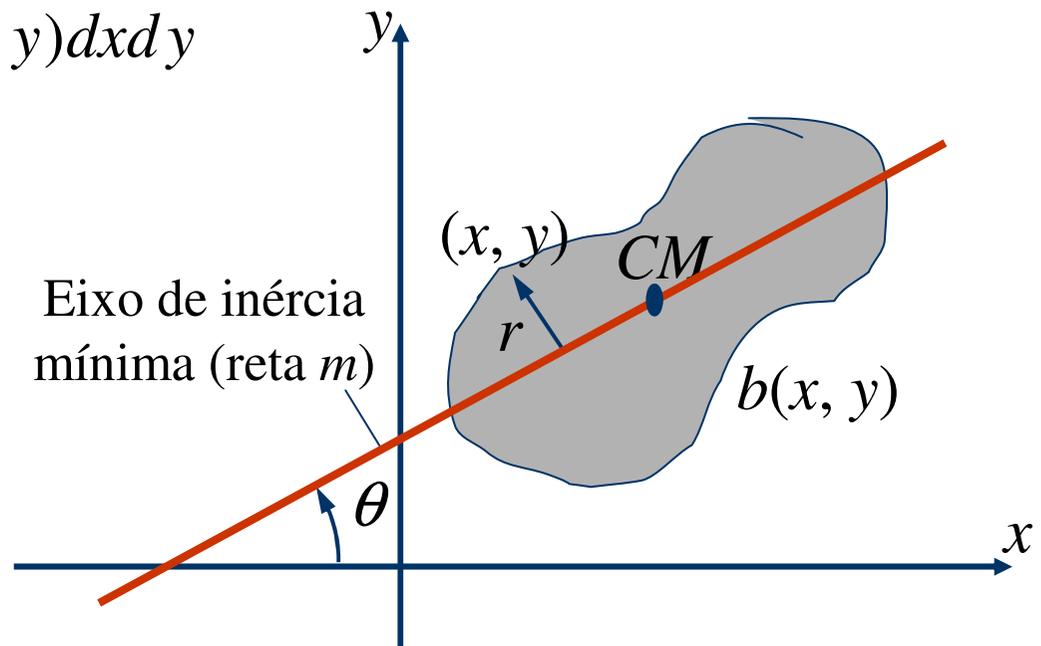
Propriedades geométricas

➤ Orientação de objetos:

- Inclinação do objeto na imagem (orientação) é obtida achando-se o eixo onde a inércia do objeto é mínima, ou seja, deve-se minimizar:

$$I = \iint (r - r_{CM})^2 b(x, y) dx dy$$

onde I é a inércia do objeto em torno de um eixo que passa pelo seu centro de massa.



Propriedades geométricas

- Equação da reta m (eixo de inércia mínima):

$$y = x \tan \theta + c_1 \Rightarrow x \sin \theta - y \cos \theta + \alpha = 0$$

- Distância de um ponto (x_0, y_0) à uma reta:

- Equação geral de uma reta no plano: $ax + by + c = 0$

- Distância de um ponto à reta: $r = \frac{|x_0 a + b y_0 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

- Para a reta m e um ponto genérico (x, y) :

$$r = x \sin \theta - y \cos \theta + \alpha$$

Propriedades geométricas

- Portanto,

$$I = \iint (x \cos \theta - y \sin \theta + \alpha)^2 b(x, y) dx dy$$

- Fazendo $\frac{\partial I}{\partial \alpha} = 0$ obtém-se:

$$A(x_{CM} \sin \theta - y_{CM} \cos \theta + \alpha) = 0$$

Substituindo $x_{CM} = x - x'$ e $y_{CM} = y - y'$ acima:

$$I = I_{xx} \sin^2 \theta - I_{xy} \sin \theta \cos \theta + I_{yy} \cos^2 \theta$$

Propriedades geométricas

- Fazendo $\frac{\partial I}{\partial \theta} = 0$ obtém-se $\Rightarrow \tan 2\theta = \frac{I_{xy}}{I_{xx} - I_{yy}}$

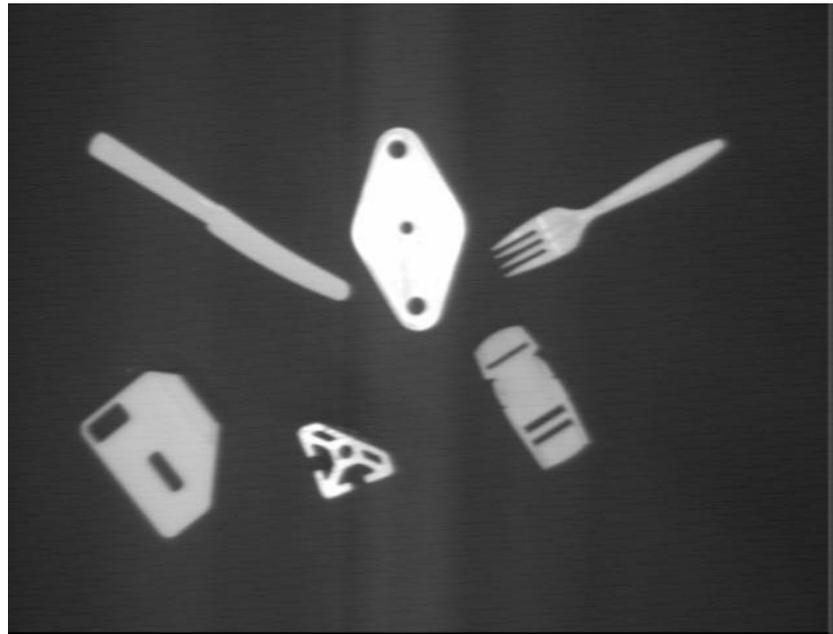
ou,

$$\cos \theta = \pm \frac{I_{xx} - I_{yy}}{\sqrt{I_{xy}^2 - (I_{xx} - I_{yy})^2}};$$

- Solução com sinal “+” deve ser a escolhida para minimizar I .
- O ângulo θ fornece a orientação eixo de menor inércia, que é também a inclinação ou orientação do objeto no plano da imagem.
- Deve-se usar $I_{ii,CM}$, $I_{jj,CM}$ e $I_{ij,CM}$ e não I_{xx} , I_{yy} e I_{xy} .

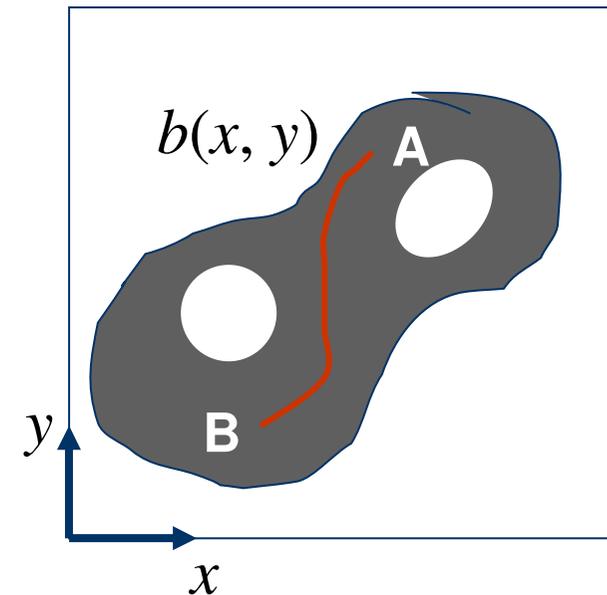
Múltiplos objetos

- Necessário identificar objetos.
- Precisa **segmentar** imagem para identificar componentes (objetos ou regiões) separados.
- Operação não trivial



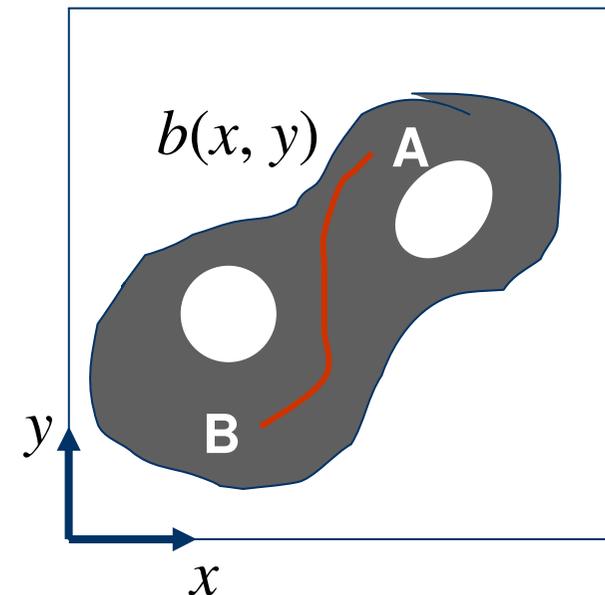
Múltiplos objetos

- Identificação de objetos \Rightarrow conjunto máximo de pontos conectados com propriedades definidas (tamanho, formato, cor etc) .
- Pontos A & B são conectados \Rightarrow se existe um caminho entre A & B ao longo do qual $b(x, y)$ é constante e igual a $b(x, y)$ de A & B.



Segmentação da imagem

- Dividir imagem em regiões onde todos os pixels de cada região estão todos conectados entre si.
- Pontos A & B são conectados \Rightarrow se existe um caminho entre A & B ao longo do qual $b(x, y)$ é constante e igual a $b(x, y)$ de A & B.
- Segmentação permite identificar objetos presentes na imagem \Rightarrow conjunto de pontos conectados.



Segmentação da imagem

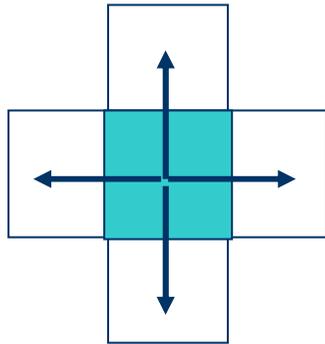
- Algoritmos de segmentação de imagens:
 - Algoritmo de crescimento de região;
 - Algoritmo de identificação sequencial.
- Após segmentação da imagem é possível detectar objetos presentes na imagem por meio das suas propriedades (área, formato, cor etc).
- Identificação de objetos não consiste somente em segmentar a imagem.

Segmentação da imagem

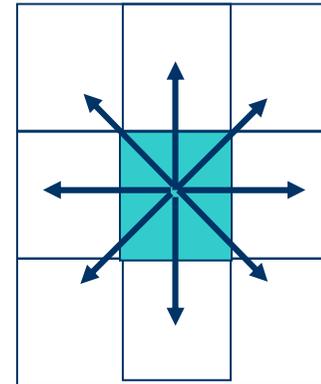
- **Algoritmo de crescimento de região:**
 - Começar com um ponto “semente” onde $b(x, y) = 1$.
 - Definir um nome para o ponto “semente”.
 - Dar o mesmo nome para os vizinhos com $b(x, y) = 1$.
 - Dar o mesmo nome para os vizinhos dos vizinhos com $b(x, y) = 1$.
 - Terminar quando um componente estiver com todos os seus pontos nomeados.
 - Então, reiniciar o processo com outro ponto semente ainda não nomeado.

Segmentação da imagem

- O que se entende por vizinhos?



Conectividade 4



Conectividade 8

- Nenhuma forma é perfeita.

Segmentação da imagem

- Exemplo:

0	1	0
1	0	1
0	1	0



(C-4)

B1	O1	B1
O2	B2	O3
B1	O4	B1

Buraco sem
curva fechada

(C-8)

B	O	B
O	B	O
B	O	B

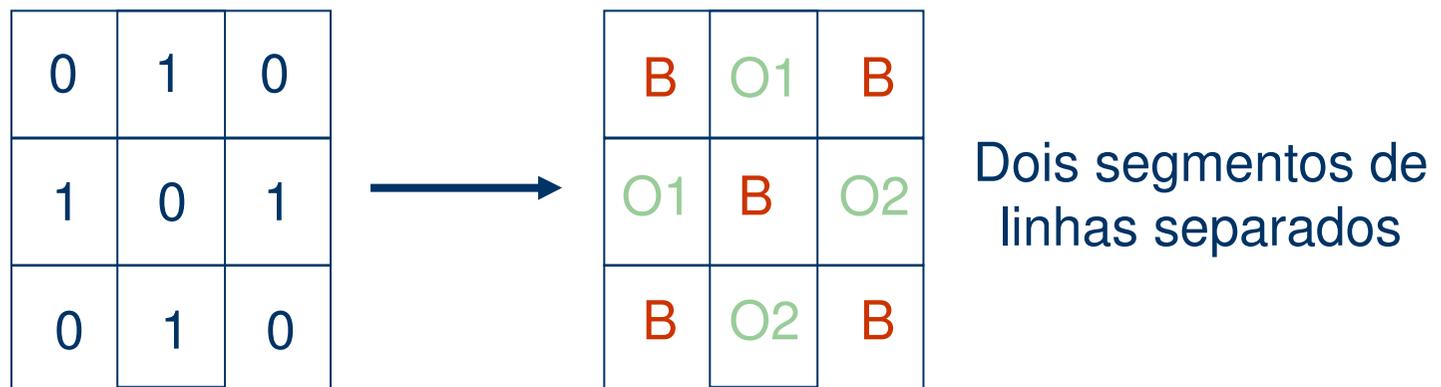
Fundo conectado
com anel fechado

Segmentação da imagem

- Solução \Rightarrow introduzir assimetria:

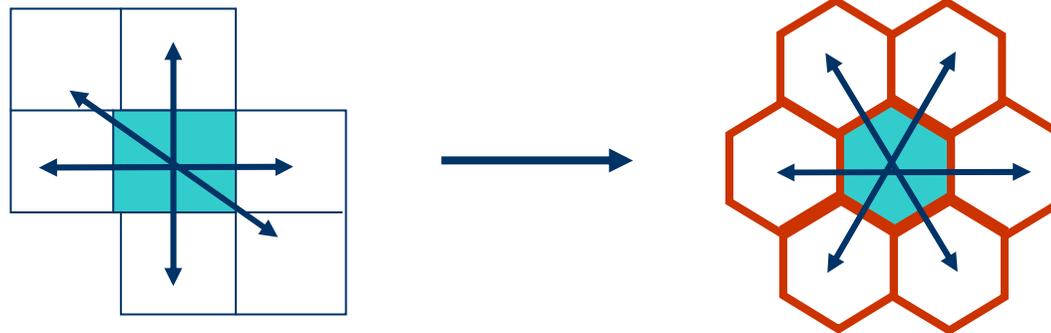


- Exemplo: usando conectividade tipo (b):



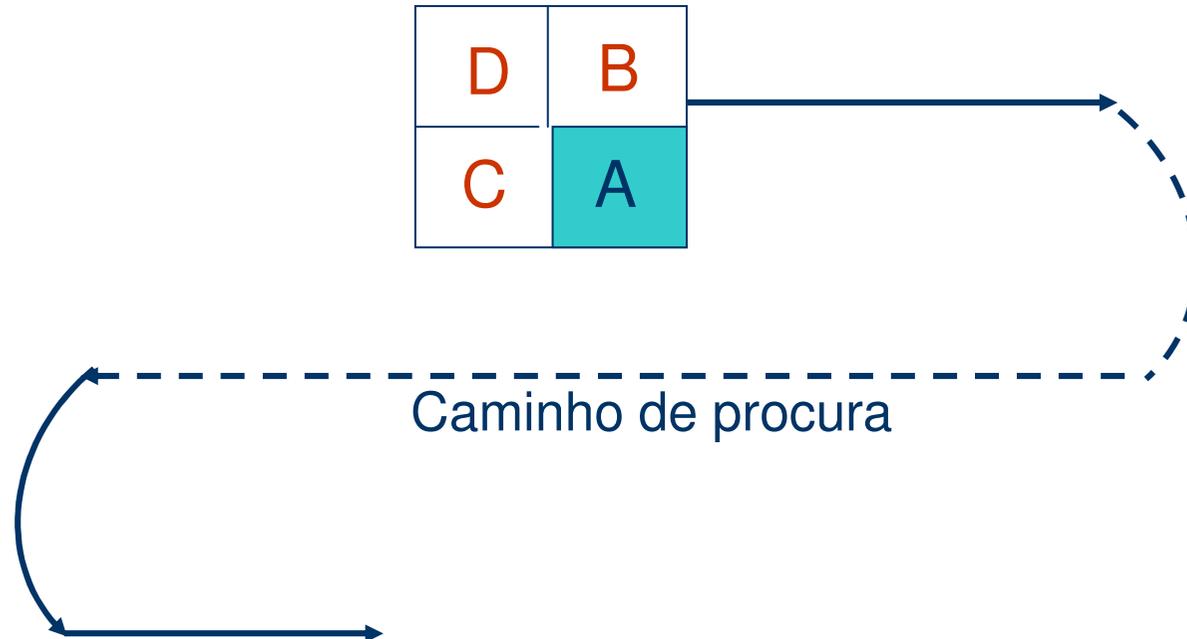
Segmentação da imagem

- Tecido Hexagonal \Rightarrow o uso da conectividade assimétrica transforma uma **grade quadrada** em uma **grade hexagonal**.



Segmentação da imagem

- **Algoritmo de identificação sequencial:**
 - Deseja-se nomear o pixel A.
 - Pixels B, C, D já estão nomeados.



Segmentação da imagem

0	0
0	1

→ nome(A) = novo nome

X	X
X	0

→ nome(A) = “fundo”

D	X
X	1

→ nome(A) = nome(D)

0	0
C	1

→ nome(A) = nome(C)

0	B
0	1

→ nome(A) = nome(B)

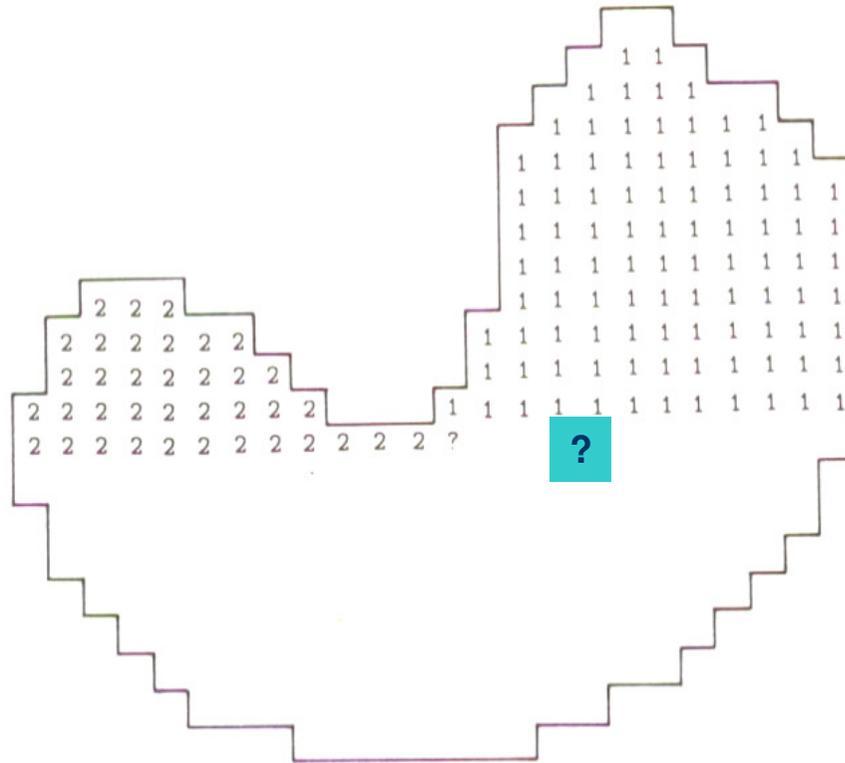
0	B
C	1

→ Se nome(B) = nome(C)
então,
nome(A) = nome(B)

Segmentação da imagem

0	B
C	1

→ Como fazer se nome(B) não for igual ao nome(C)?



Segmentação da imagem

0	B
C	1

→ Como fazer se nome(B) não for igual ao nome(C)?

- Solução:
 - Seja $\text{nome}(A) = \text{nome}(B) = 1$;
 - Criar uma **TABELA DE EQUIVALÊNCIA**;
 - Resolver equivalência em uma segunda passagem.

$2 \equiv 1$
$7 \equiv 3,6,4$
\vdots

Sumário

- Operadores binários:
 - Parâmetros geométricos:
 - Área de objetos;
 - Centro de massa de objetos;
 - Orientação de objetos.
 - Segmentação de imagens:
 - Imagens com vários objetos;
 - Como identificar regiões na imagem:
 - Algoritmo de crescimento de região;
 - Algoritmo de identificação seqüencial.
 - Identificação de objetos \Rightarrow vai um pouco além.

Exercícios

1. Usando o algoritmo de identificação seqüencial de objetos, segmente a imagem e identifique as regiões/objetos presentes na imagem.
2. Calcule a área de cada região/objeto identificada na figura.
3. Calcule o centro de massa das regiões/objetos 1 e 2 da figura.
4. Calcule o ângulo de orientação da região/objeto 2 da figura.

