

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

PDI – Aula 6

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias
Escola Agrícola de Jundiaí
Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Profa. Alessandra Mendes

Processamento morfológico de imagens

Morfologia matemática

- ▶ A Morfologia Matemática surgiu em 1964 a partir das pesquisas conjuntas dos pesquisadores Franceses Georges Matheron e Jean Serra. Entre 1964 e 1968 foram estabelecidas as primeiras noções teóricas.
- ▶ A palavra morfologia denota um ramo da biologia que lida com a **forma** e a **estrutura** de animais e plantas.
- ▶ A morfologia matemática serve como ferramenta para **extrair componentes da imagem** (forma e estrutura) que são úteis para a **descrição e representação**.

Elemento Estruturante

- ▶ O princípio básico da morfologia matemática consiste em **extrair informações relativas à geometria e à topologia de conjuntos desconhecidos de uma imagem a partir do Elemento Estruturante (EE)**.
- ▶ O EE consiste em um conjunto definido e conhecido pelo computador em forma e tamanho, que é comparado, a partir de uma transformação, aos conjuntos desconhecidos da imagem.
- ▶ O formato e o tamanho do EE possibilitam testar e quantificar de que maneira ele “está ou não está contido” na imagem.

Elemento Estruturante (EE)

- ▶ Em outras palavras, uma operação morfológica binária é determinada a partir da vizinhança examinada ao redor do ponto central.
- ▶ Essa vizinhança consiste em um conjunto bem definido B , chamado de EE. Um EE é definido pelos pixels que o formam e que são representados por “.” e “●”
 - ▶ O pixel “.” simplesmente aparecerá em B para visualizar seu aspecto geométrico, sendo um pixel do fundo, inativo ou neutro, que não interagirá com a imagem f .
 - ▶ Já o pixel marcado com “●” significará um pixel ativo que tem um papel a desenvolver na interação com a imagem f sendo processada.

Elemento Estruturante (EE)

- ▶ Exemplo de EE:

$$B = \left\{ \begin{array}{c} \cdot \bullet \cdot \\ \bullet \bullet \bullet \\ \cdot \bullet \cdot \end{array} \right\}$$

- ▶ O resultado dessa interação será colocado numa posição específica, a do ponto central (PC) do elemento estruturante, na imagem no momento da ação.
- ▶ O símbolo “()” representa este PC no EE.
- ▶ Quanto o PC não é indicado, ele corresponde ao centro de massa de B .

$$B = \left\{ \begin{array}{c} \cdot \bullet \cdot \\ \bullet \bullet \bullet \\ \cdot \bullet \cdot \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} \cdot \bullet \cdot \\ \bullet (\bullet) \bullet \\ \cdot \bullet \cdot \end{array} \right\}$$

Elemento Estruturante (EE)

- ▶ O EE transposto é denotado por \tilde{B}

$$B = \begin{Bmatrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ \cdot & \cdot & \bullet \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{Bmatrix}, \text{ então } \tilde{B} = \begin{Bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \bullet & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{Bmatrix}$$

- ▶ Os EE's mais utilizados na morfologia matemática são o quadrado (B_Q), o vertical (B_V), o horizontal (B_H), o cruz (B_C) e o *Rhombus* (B_R).

$$\begin{array}{lll}
 B_Q = \begin{Bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{Bmatrix} & \begin{array}{ccc} \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \end{array} & B_V = \begin{Bmatrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{Bmatrix} \quad \begin{array}{c} \blacksquare \\ \blacksquare \\ \blacksquare \end{array} \\
 B_C = \begin{Bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{Bmatrix} \quad \begin{array}{ccc} & \blacksquare & \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ & \blacksquare & \end{array} & B_H = \begin{Bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{Bmatrix} \quad \begin{array}{ccc} \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ & & \\ & & \end{array} \\
 B_R = \begin{Bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{Bmatrix} & \begin{array}{ccccc} & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \end{array}
 \end{array}$$

Imagem

- ▶ Da mesma maneira, no caso de imagens binárias, a imagem digital f contém dois tipos de informação, o fundo (representado por “.”) e os pixels relevantes (representados por “●”).
- ▶ Na forma digital, a imagem f é representada entre “[]” da seguinte maneira:

$$f = \begin{bmatrix} . & . & . & . & . \\ . & \bullet & \bullet & . & . \\ . & \bullet & \bullet & \bullet & . \\ . & . & \bullet & \bullet & . \\ . & . & . & . & . \end{bmatrix}$$

Operadores Elementares – Erosão

- ▶ Uma imagem A erodida pelo elemento estruturante B é definida por:

$$A \ominus B = \{x | B_x \subseteq A\}$$

- ▶ ou seja, B_x quando posicionado e centrado no pixel x de A deve estar totalmente contido em A . Nesse caso, dizemos que o pixel é relevante.

- ▶ Exemplo:

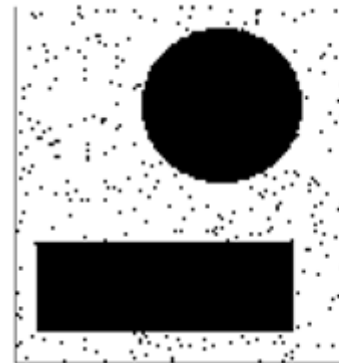
a) EE

b) imagem ruidosa

c) imagem erodida

$$B_Q = \left\{ \begin{array}{ccc} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{array} \right\}$$

a)



b)



c)

Operadores Elementares – Erosão

► Operação

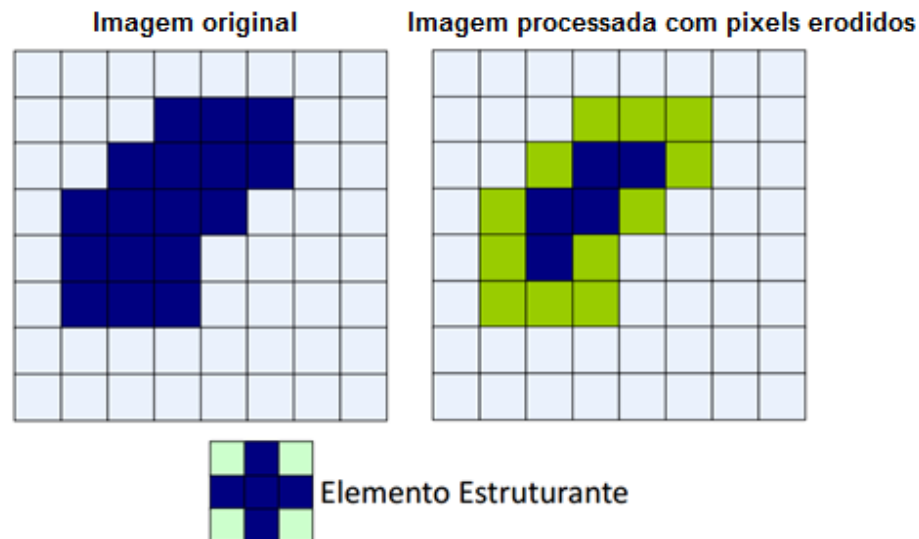
- Deve-se deslizar o EE sobre a imagem A e para cada pixel x deve-se verificar a configuração de sua vizinhança em relação aos pixels ativos do EE.
- Verifica-se então se os pixels ativos do EE, posicionado e centrado no pixel x de A , estão contido na vizinhança de x .
- Caso estejam, o pixel x da imagem A será considerado um pixel relevante e será preservado. Caso contrário, ele será considerado como irrelevante e será apagado.
- Em outras palavras, se todos os pontos de frente da imagem coincidirem com os pontos ativos do EE, o PC será mantido, senão será apagado.

Operadores Elementares – Erosão

► Exemplos:

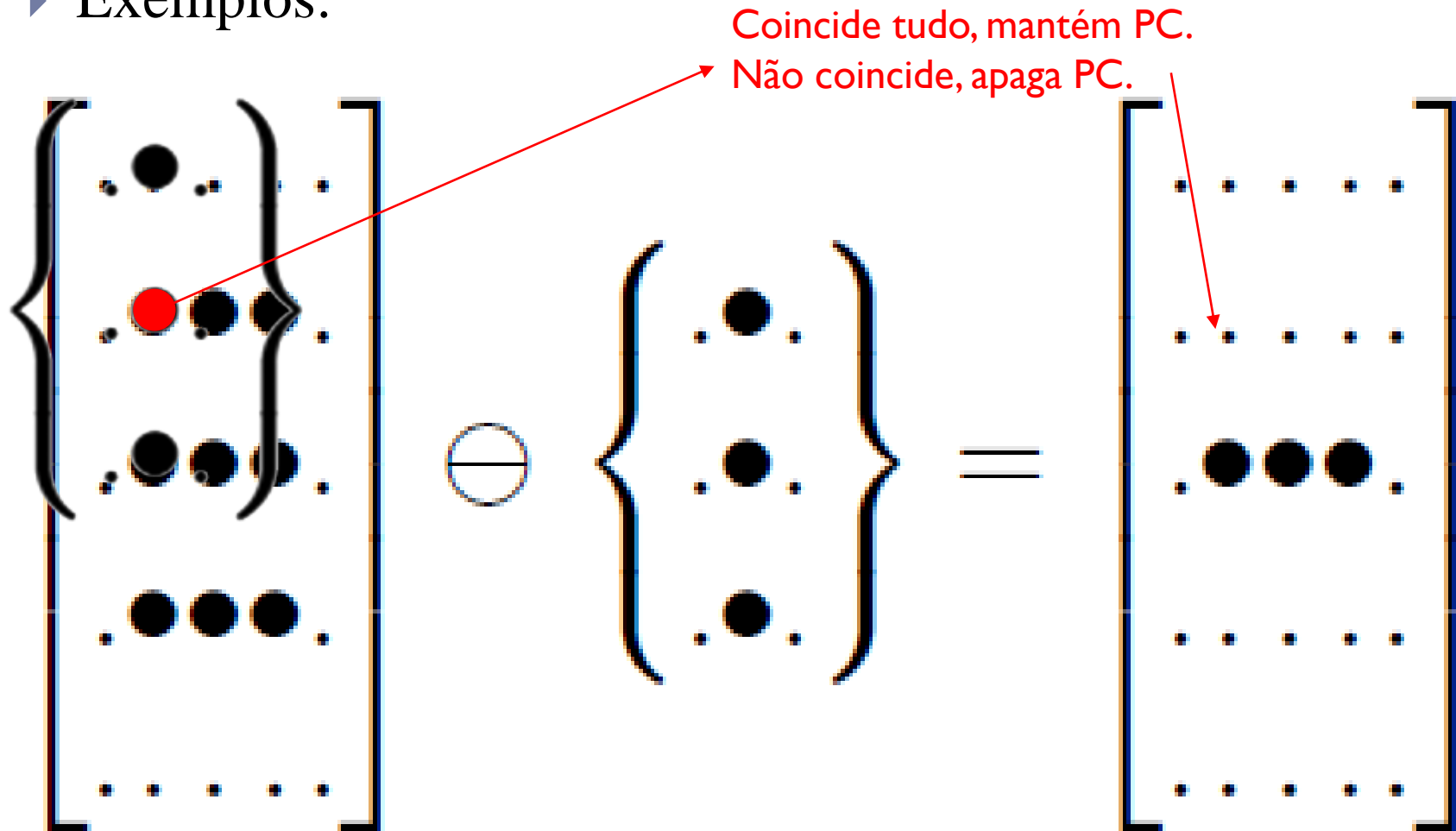
$$\begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \ominus \left\{ \begin{matrix} \cdot & \bullet \\ \cdot & \bullet \\ \cdot & \bullet \end{matrix} \right\} = \begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \ominus \left\{ \begin{matrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ (\cdot) & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{matrix} \right\} = \begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$



Operadores Elementares – Erosão

► Exemplos:



Operadores Elementares – Erosão

▶ Efeitos:

- ▶ Diminuir partículas
- ▶ Eliminar componentes menores que o elemento estruturante
- ▶ Aumentar buracos
- ▶ Permitir a separação de componentes conectados



Imagem original



Imagem erodida

Operadores Elementares – Dilatação

- ▶ Uma imagem A dilatada pelo elemento estruturante B é definida por:

$$A \oplus B = \{x | B_x \cap A \neq \emptyset\}$$

- ▶ ou seja, B_x quando posicionado e centrado no pixel x de A deve ter interseção com A . Nesse caso, dizemos que o pixel é relevante.

- ▶ Exemplo:

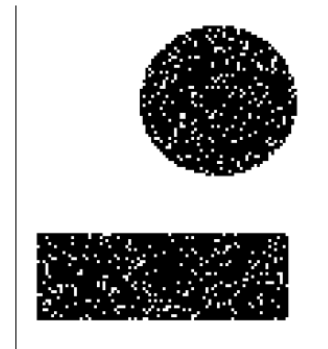
a) EE

b) imagem ruidosa

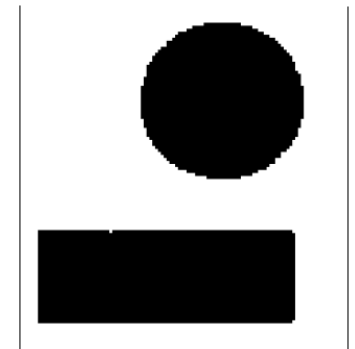
c) imagem erodida

$$B_Q = \left\{ \begin{array}{ccc} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{array} \right\}$$

a)



b)



c)

Operadores Elementares – Dilatação

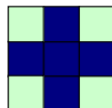
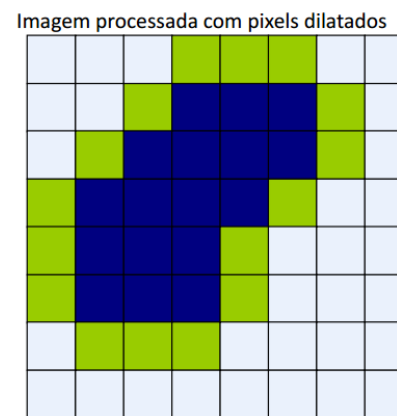
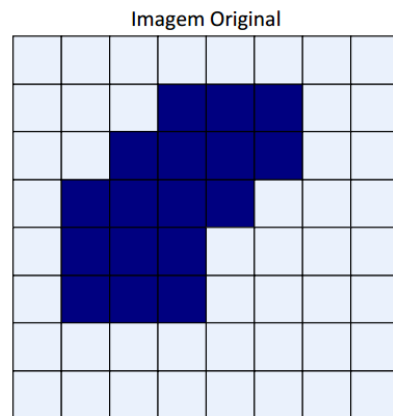
► Operação

- Deve-se deslizar o EE sobre a imagem A e para cada pixel x deve-se verificar a configuração de sua vizinhança em relação aos pixels ativos do EE.
- Verifica-se então se os pixels ativos do EE, posicionado e centrado no pixel x de A , estão contido na vizinhança de x .
- Caso não estejam, os pixels de fundo da vizinhança de x que coincidirem com os pixels ativos o EE serão ativados.
- Em outras palavras, se o PC do EE coincidir com um pixel de frente da imagem, os pixels de fundo da imagem que coincidirem com o EE serão ativados (considerados de frente).

Operadores Elementares – Dilatação

► Exemplos:

$$\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \oplus \left\{ \begin{matrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{matrix} \right\} = \begin{bmatrix} \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \end{bmatrix}$$

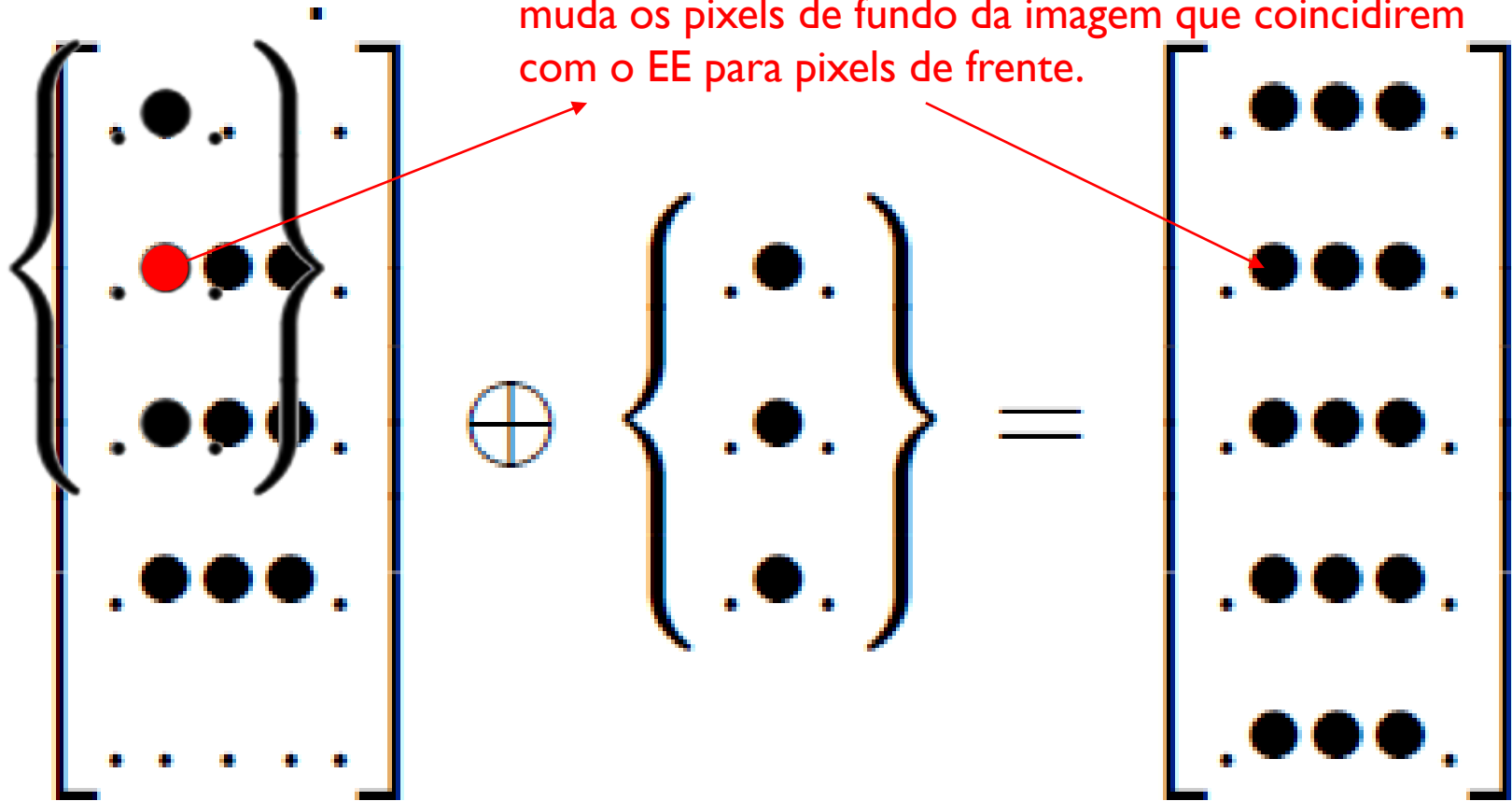


Elemento Estruturante

Operadores Elementares – Dilatação

► Exemplos:

Se o PC do EE coincidir com um pixel de frente da imagem, muda os pixels de fundo da imagem que coincidirem com o EE para pixels de frente.



Operadores Elementares – Dilatação

- ▶ Efeitos:
 - ▶ Aumentar partículas
 - ▶ Preencher buracos
 - ▶ Conectar componentes próximos



Imagem original



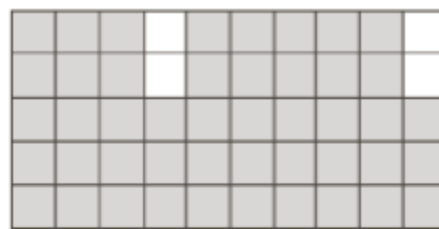
Imagem dilatada

Detecção de contornos

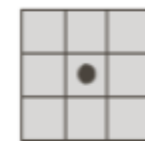
- ▶ O contorno de uma imagem A , representado por $\beta(A)$, pode ser obtido através da morfologia matemática da seguinte forma:

$$\beta(A) = A - (A \ominus B)$$

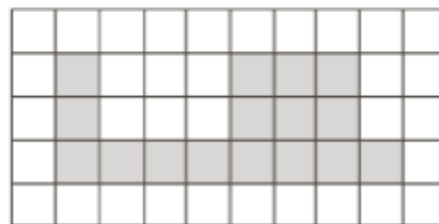
- ▶ em que o B é o elemento estruturante (em geral, um quadrado ou cruz 3x3).



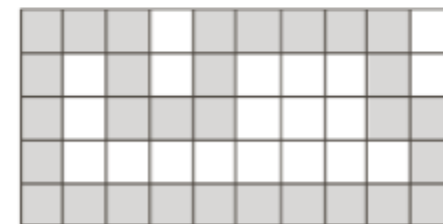
A



B



$A \ominus B$



$\beta(A)$

Detecção de contornos

► Exemplo:



Abertura e Fechamento

- ▶ Vimos que a erosão e a dilatação podem corrigir defeitos em uma imagem, como fechamento de buracos, desconectar componentes, etc...
- ▶ Entretanto, nenhuma imagem corrigida mantém o mesmo tamanho.
- ▶ Porém, é possível filtrar sem modificar as características de forma e tamanho da imagem.
 - ▶ Abertura
 - ▶ Fechamento

Abertura

- ▶ A abertura elimina pequenos componentes e suaviza o contorno.
- ▶ A abertura de uma imagem A pelo elemento estruturante B , representada por $A \circ B$ é definida como:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

- ▶ Deste modo, a abertura de A por B consiste na erosão de A por B seguida da dilatação do resultado por B .



Abertura

▶ Efeitos:

- ▶ Não devolve, de forma geral, o conjunto inicial.
- ▶ Separa componentes.
- ▶ Elimina pequenos componentes.
- ▶ O conjunto aberto é mais regular que o conjunto inicial.
- ▶ O conjunto aberto é menos rico em detalhes que o conjunto inicial.

Fechamento

- ▶ O fechamento fecha pequenos buracos e conecta componentes.
- ▶ O fechamento de uma imagem A pelo elemento estruturante B , representado por $A \bullet B$ é definido como
$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$
- ▶ Deste modo, o fechamento de A por B consiste na dilatação de A por B seguida da erosão do resultado por B .



Fechamento

▶ Efeitos:

- ▶ Preenche buracos no interior dos componentes, inferior em tamanho em relação ao elemento estruturante.
- ▶ Conecta componentes próximos.
- ▶ O conjunto fechado é mais regular que o conjunto inicial.
- ▶ O conjunto fechado é menos rico em detalhes que o conjunto inicial.

Exemplo

- ▶ Nesse caso, temos uma imagem corrompida por ruído
- ▶ Aplicando uma erosão, o ruído é eliminado mas os traços da digital são afinados.
- ▶ Com a abertura, reconstruímos grande parte dos traços. Entretanto, alguns traços foram desconectados.



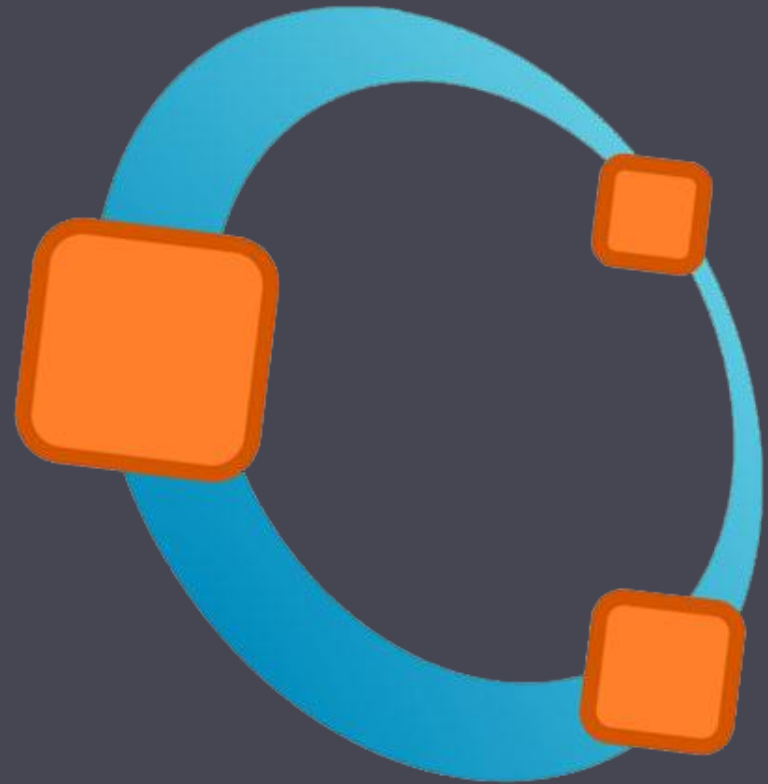
Exemplo

- ▶ Para mitigar esse problema, podemos:
 - ▶ Dilatar a imagem para reconectar os traços
 - ▶ Ou realizar um fechamento, o que reconecta grande parte dos traços sem modificar a estrutura dos mesmos.



PRÁTICA 6

Reprodução dos slides 9 e 20, em código, no Octave.



Disponível no SIGAA