

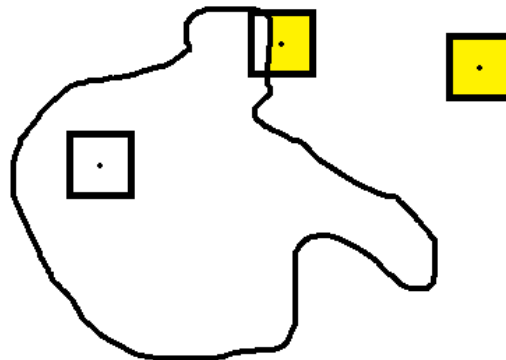
Introdução ao processamento morfológico

Processamento Morfológico

Princípio básico: examinar uma imagem usando uma espécie de sonda conhecida como elemento estruturante K.

O ajuste desse elemento sobre a imagem revela informações estruturais contidas na imagem.

A forma e tamanho de K são determinantes no processamento morfológico.



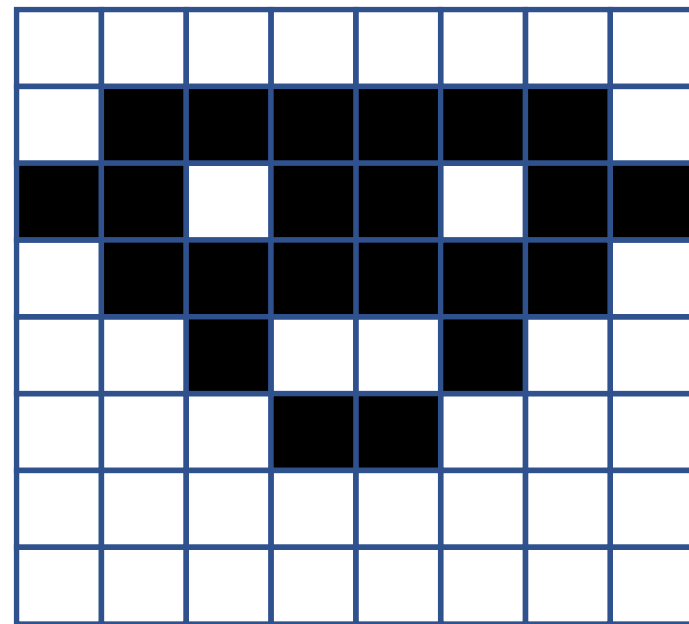
Processamento Morfológico

- A morfologia compreende métodos formalizados no contexto de teoria de conjuntos utilizando a álgebra de Minkowski;
- Usamos morfologia matemática para identificar e extrair descritores de imagens com base em propriedades de formas ou contornos na imagem.
- Importantes áreas de aplicação são segmentação, contagem e inspeção automatizadas.
- Operações morfológicas são aplicáveis a imagens de todos os tipos, porém seu uso costuma ser introduzido pelo processamento de imagens binárias;
- Os operadores morfológicos básicos são a dilatação e a erosão.

Processamento Morfológico

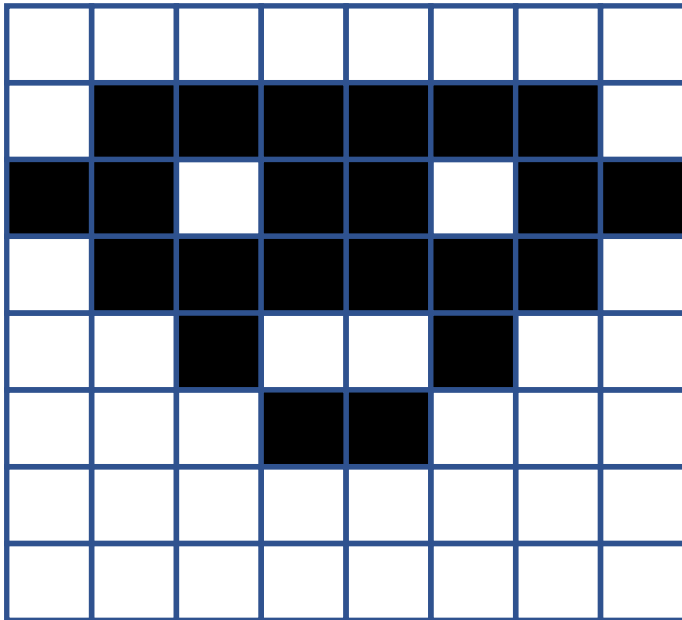
Relembrando uma imagem binária:

- Pixels com valor lógico 1: são pixels de primeiro plano (foreground) da imagem;
- Pixels que têm valor lógico 0: são pixels de segundo plano (background) da imagem.
- Um objeto/forma em uma imagem binária consiste em qualquer grupo de pixels de primeiro plano e conectados.

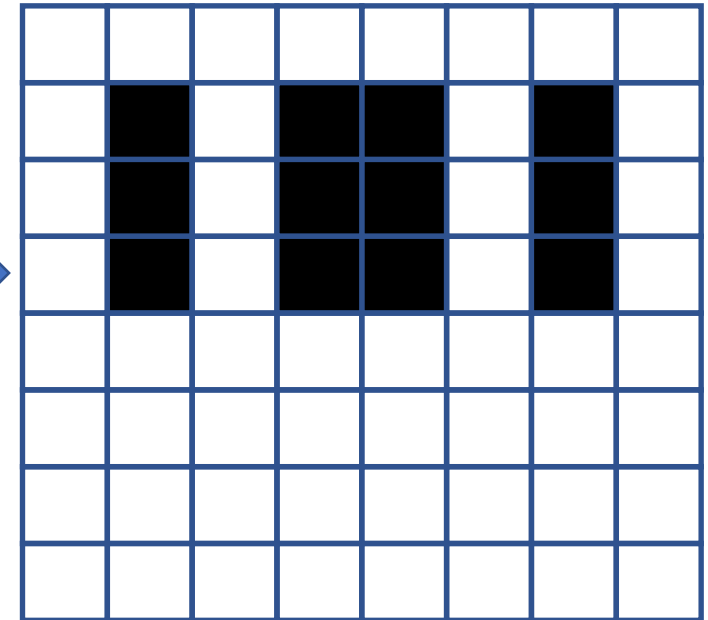


Processamento Morfológico

Entrada: binária



Saída: binária



O elemento estrutural é a entidade que determina exatamente que pixels vizinhos a um dado pixel de primeiro/segundo plano devem ser considerados na decisão de alterar ou não seu valor. A escolha particular do elemento estrutural (seu formato) está no âmago do processamento morfológico.

Processamento Morfológico

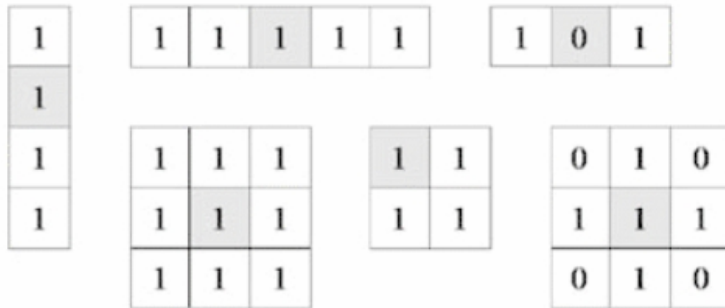
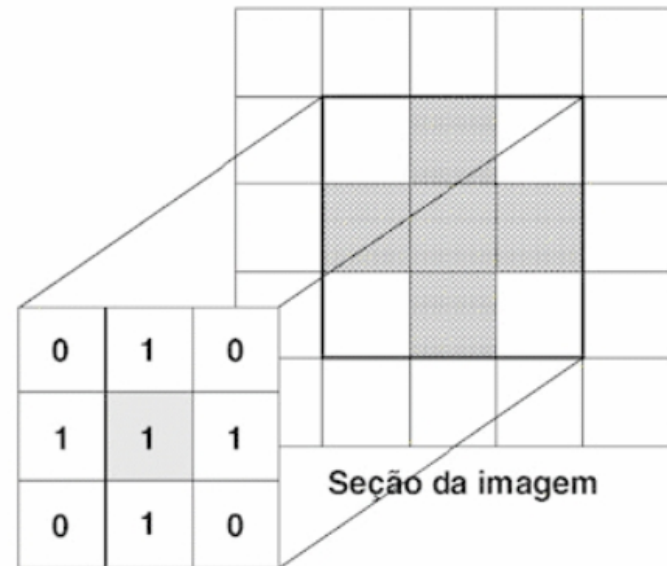


Figura 8.2 Alguns exemplos de elementos estruturais morfológicos. O pixel central de cada elemento estrutural está sombreado.



Seção da imagem

Elemento estrutural

Figura 8.3 Vizinhança local definida por um elemento estrutural. A vizinhança é dada pelos pixels sombreados na imagem e que estão sob os pixels de valor 1 no elemento estrutural.

Processamento Morfológico

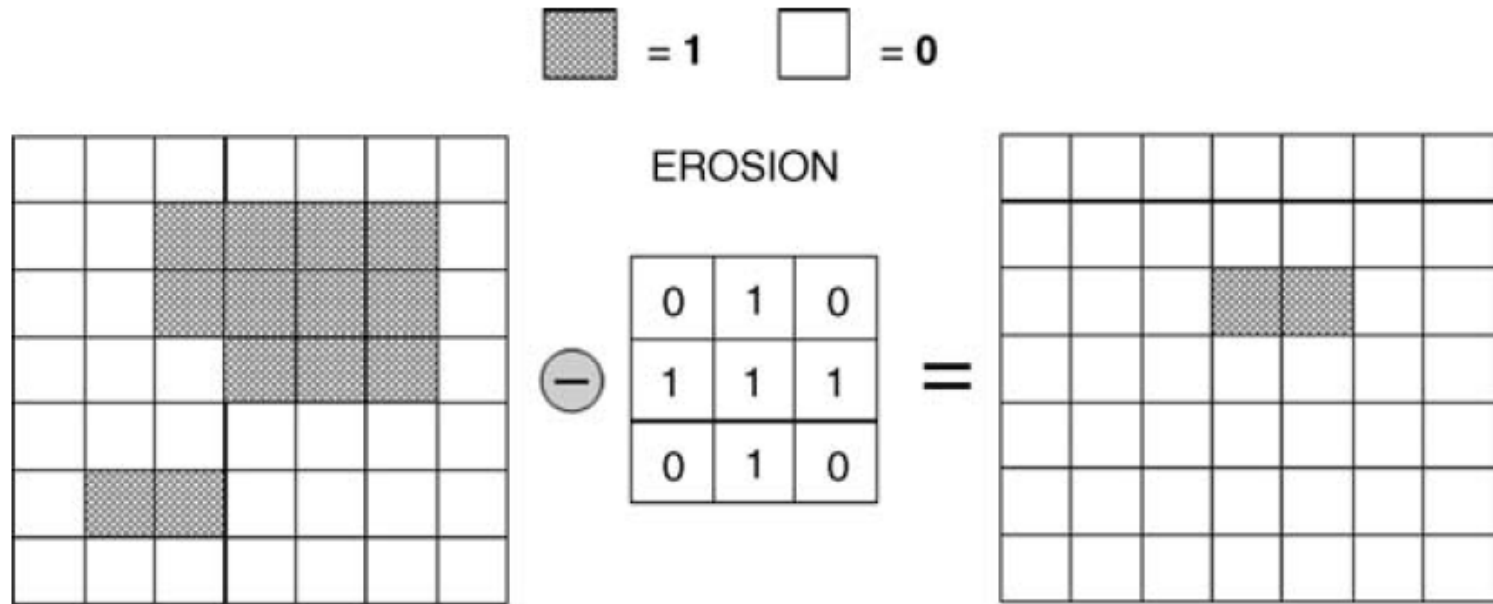


Figure 8.4 The erosion and dilation of a simple binary image. *Erosion*: a foreground pixel only remains a foreground pixel if the 1s in the structuring element (in this example, a cross) are *wholly contained* within the image foreground. If not, it becomes a background pixel.

Processamento Morfológico

■ = 1 □ = 0

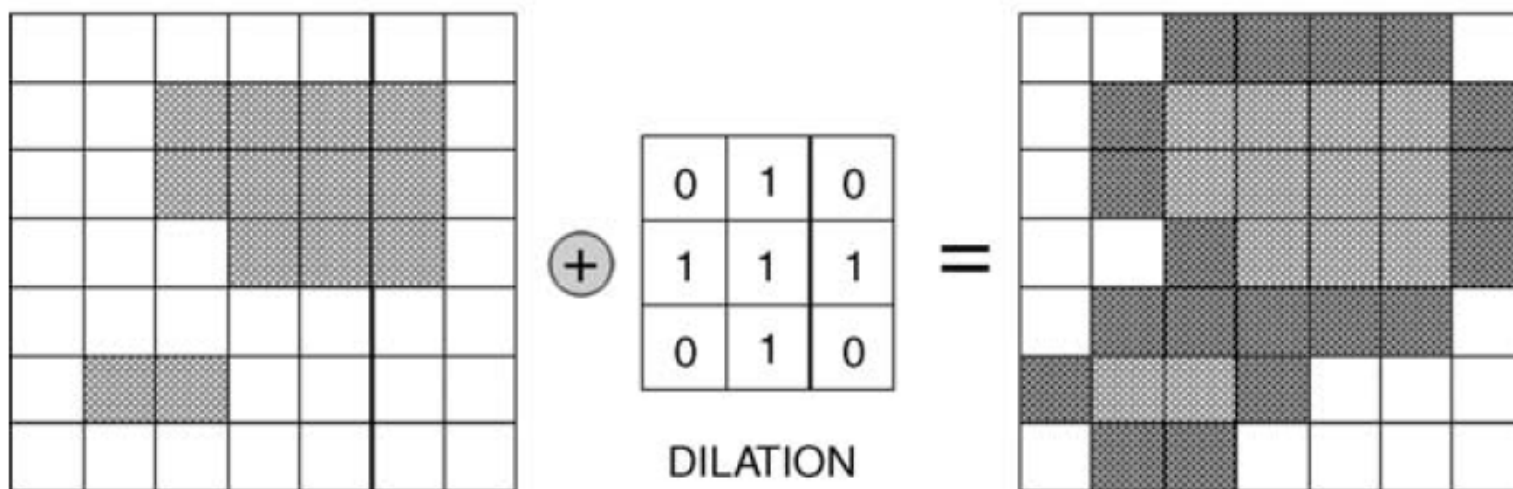


Figure 8.4

Dilation: a background

pixel only remains a background pixel if the 1s in the structuring element are wholly contained within the image background. If not, it becomes a foreground pixel. The foreground pixels are shaded and the background pixels are clear. In the diagram demonstrating dilation, the newly created foreground pixels are shaded *darker* to differentiate them from the original foreground pixels

Processamento Morfológico

Formalmente:

EROSÃO:

Reduz as dimensões da forma/objeto na imagem;

Para efetuar a erosão de uma imagem binária, posicionamos o pixel central do elemento estrutural sucessivamente em cada pixel de primeiro plano (de valor 1) da imagem. Se qualquer dos pixels vizinhos forem de segundo plano (de valor 0), o pixel de primeiro plano é transformado em pixel de segundo plano. Formalmente, a erosão da imagem A pelo elemento estrutural B é denotada por:

$$A \ominus B = \bigcap_{b \in B} (A - b) = \bigcap_{b \in \hat{B}} (A + b)$$

\hat{B} corresponde à reflexão de B .

Se o operador for simétrico, então, $\hat{B} = B$.

Processamento Morfológico

Formalmente:

EROSÃO:

Descrição mais intuitiva de uma erosão E sobre uma imagem binária A por um estruturante B:

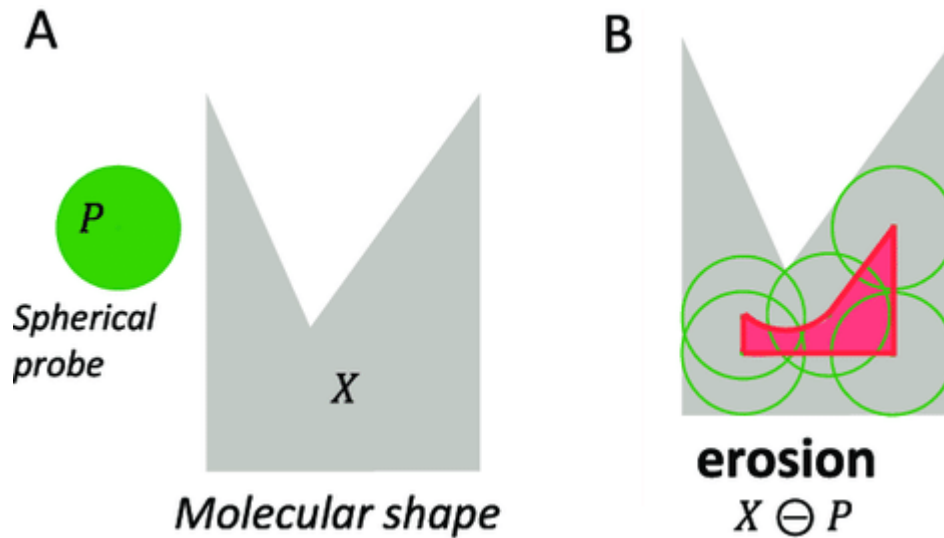
A erosão remove todas as estruturas que não possam conter totalmente o estruturante e reduz as dimensões de todas as outras formas que podem conter B:

$$\mathcal{E}(A, B) = \{ \alpha \mid B_{\alpha} \subseteq A \}$$

Se B transladado por α for totalmente inserido na forma \mathcal{A} , então as coordenadas de imagem que correspondem ao centro/origem de B foram parte da erosão da forma

Processamento Morfológico

EROSÃO:



Processamento Morfológico

Formalização:

DILATAÇÃO:

Aumenta a área da forma/objeto na imagem;

Para efetuar a dilatação de uma imagem binária, posicionamos o pixel central do elemento estrutural sucessivamente em cada pixel de segundo plano da imagem. Se qualquer dos pixels vizinhos forem de primeiro plano (de valor 1), o pixel de segundo plano é transformado em pixel de primeiro plano. Formalmente, a erosão da imagem A pelo elemento estrutural B é denotada por:

$$A \oplus B = \bigcup_{b \in B} (A + b)$$

Processamento Morfológico

Formalização:

DILATAÇÃO:

Descrição mais intuitiva para a dilatação D de uma imagem binária A por um estruturante B :

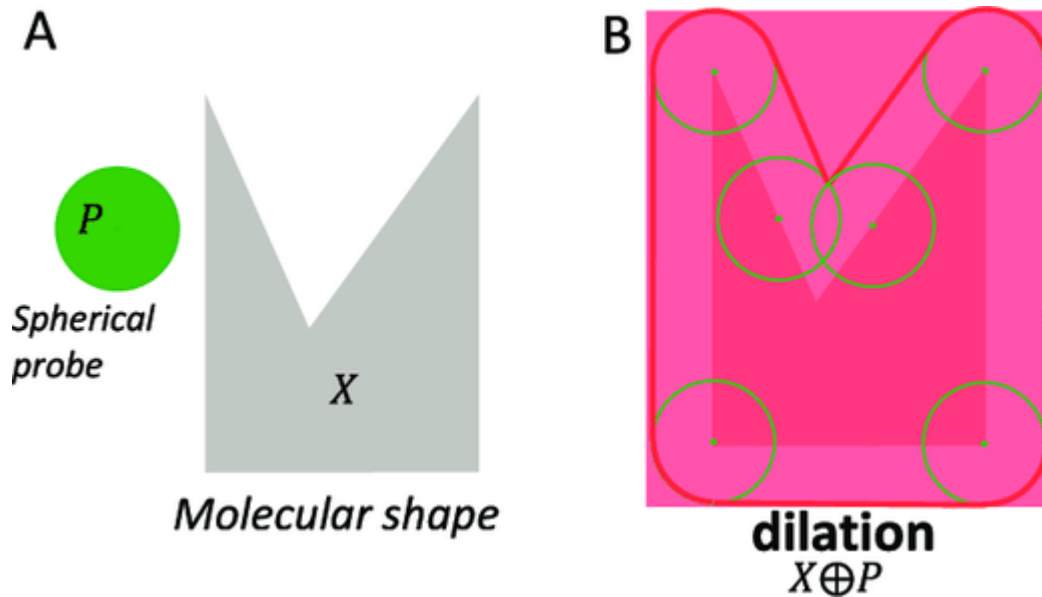
$$\mathcal{D}(A, B) = \{ \alpha \mid B_{\alpha} \cap A \neq \emptyset \} \text{ onde } B_{\alpha} = B + \alpha$$

B_{α} corresponde à translação do conjunto B pelas coordenadas de α

Se B_{α} interceptar a forma A , então as coordenadas de imagem que corresponderem ao centro/origem de B_{α} foram parte da dilatação da forma;

Processamento Morfológico

DILATAÇÃO:



Processamento Morfológico

Erosão e dilatação não são inversas uma da outra.
Na verdade a erosão é dual da dilatação e vice-versa.

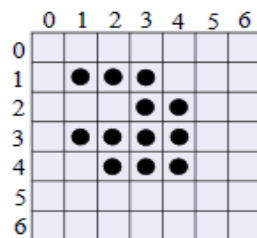
$$A \oplus B = \bigcup_{b \in B} (A + b)$$

$$A \ominus B = \bigcap_{b \in B} (A - b) = \bigcap_{b \in \hat{B}} (A + b)$$

As operações morfológicas de dilatação e erosão praticamente formam a base da morfologia matemática aplicada ao processamento e análise de imagens, conforme veremos...

Processamento Morfológico

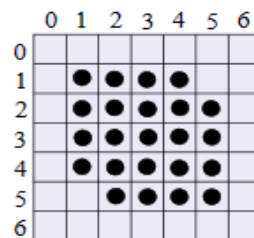
Prof. Hélio Pedrini (IC/UNICAMP)



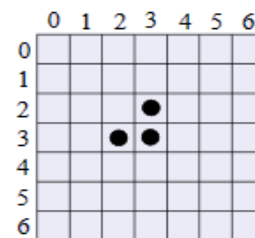
(a) A



(b) B



(c) $\mathcal{D}(A, B)$



(d) $\mathcal{E}(A, B)$

Os conjuntos A e B podem ser representados pelas coordenadas dos pixels dadas por

$$A = \{(1, 1), (1, 3), (2, 1), (2, 3), (2, 4), (3, 1), (3, 2), (3, 3), (3, 4), (4, 2), (4, 3), (4, 4)\}$$

$$B = \{(0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1)\}$$

A operação de dilatação é realizada por meio da adição de Minkowski, ou seja, a união dos elementos de A transladados pelos elementos de B . O resultado de $\mathcal{D}(A, B)$, ilustrado na figura (c), é dado por

$$\mathcal{D}(A, B) = \{(1, 1), (1, 2), (1, 3), (1, 4), (2, 1), (2, 2), (2, 3), (2, 4), (2, 5), (3, 1), (3, 2), (3, 3), (3, 4), (3, 5), (4, 1), (4, 2), (4, 3), (4, 4), (4, 5), (5, 2), (5, 3), (5, 4), (5, 5)\}$$

Uma forma mais simples de visualizar o resultado da dilatação consiste em mover a origem do elemento estruturante B sobre cada pixel dos objetos na imagem binária A e atribuir o valor 1 a cada posição da imagem que é sobreposta pelo elemento estruturante.

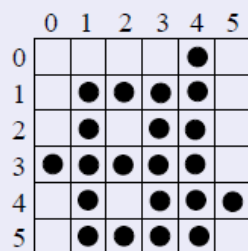
$$A \oplus B = \bigcup_{b \in B} (A + b)$$

Processamento Morfológico

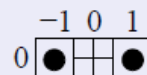
Exemplo: Erosão

Prof. Hélio Pedrini (IC/UNICAMP)

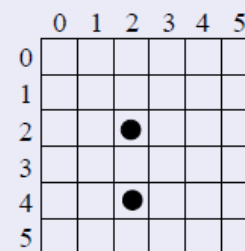
Calcular o resultado da erosão para os conjuntos A e B mostrados nas figuras (a) e (b), respectivamente, em que a origem do elemento estruturante não pertence ao conjunto B .



(a) A



(b) B



(c) $\mathcal{E}(A, B)$

Os conjuntos A e B podem ser representados como

$$A = \{(0, 3), (1, 1), (1, 2), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (2, 3), (2, 5), (3, 1), (3, 2), (3, 3), (3, 4), (3, 5), (4, 0), (4, 1), (4, 2), (4, 3), (4, 4), (4, 5), (5, 4)\}$$

$$B = \{(-1, 0), (1, 0)\}$$

Pode-se observar que o resultado da erosão, mostrado na figura (c), dado por

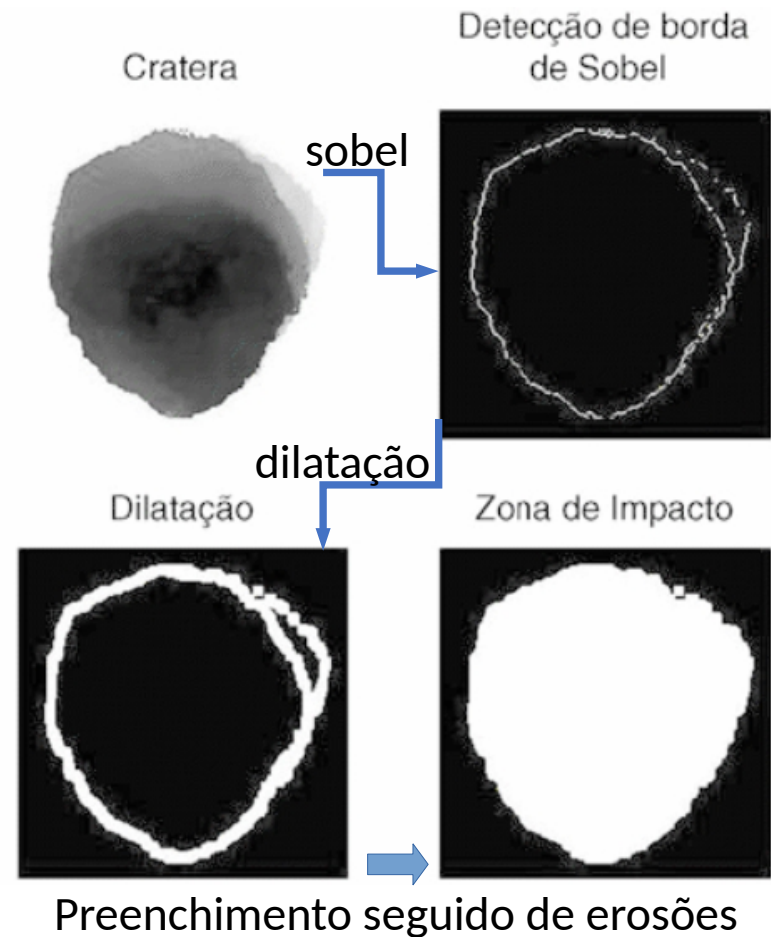
$$\mathcal{E}(A, B) = \{(2, 2), (2, 4)\} \quad A \ominus B = \bigcap_{b \in B} (A - b) = \bigcap_{b \in \hat{B}} (A + b)$$

Processamento Morfológico -

Aplicando dilatação e erosão

Determinação da região de impacto da cratera:

- 1) Dilatar o mapa de borda até que o contorno seja fechado;
- 2) Preencher os pixels de segundo plano envolvidos pelo contorno. Isso é feito com um método morfológico relacionado, denominado preenchimento de região e explicado na Seção 8.11 do Solomon;
- 3) Erodir a imagem (o mesmo número de vezes em que foi dilatada) para manter o tamanho total da região delineada.



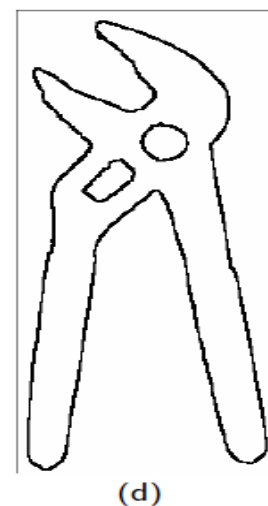
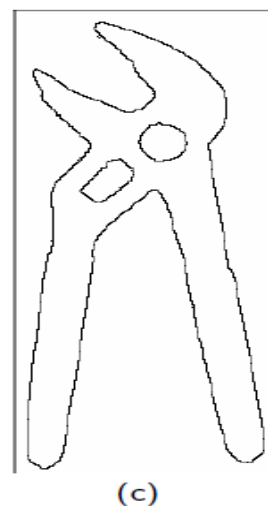
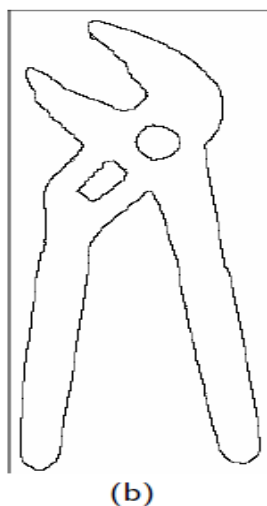
Processamento Morfológico -

Aplicando dilatação e erosão

Extração de fronteira

$$A_p = A - A \ominus B \quad (8.1)$$

- Ilustração do operador de extração de bordas em uma imagem binária com o uso de um elemento estruturante de 3×3 pixels, em que todos os valores são iguais a 1 e a origem está localizada no centro do quadrado.
- Os três tipos de gradiente, ou seja, interno, externo e morfológico, são ilustrados nas figuras (b) a (d).

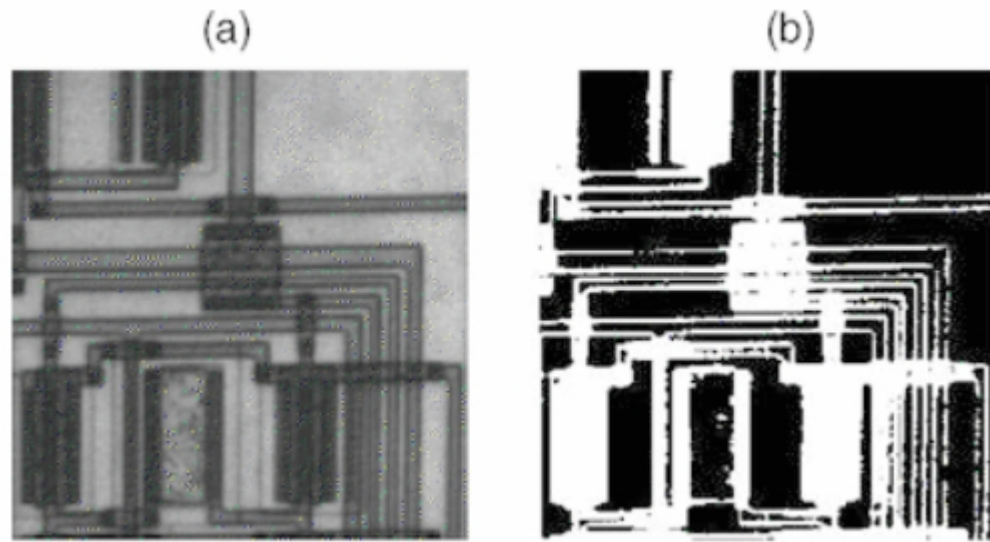


Processamento Morfológico -

Aplicando dilatação e erosão

Há três tipos de objetos: os chips retangulares e as trilhas condutoras horizontais e verticais. O objetivo é identificar (ou seja, segmentar) os chips automaticamente.).

- a) Imagem original;
- b) Os chips de microprocessadores (Cis) e as trilhas são mais escuros do que o fundo e podem ser identificados razoavelmente bem por simples aplicação de limiar (b).
- c) Ou seja, a limiarização resulta na seleção de trilhas e Cis. É preciso remover as trilhas e preservar os Cis...



Processamento Morfológico -

Aplicando dilatação e erosão

Há três tipos de objetos: os CIs retangulares e as trilhas condutoras horizontais e verticais. O objetivo é identificar/segmentar os CIs automaticamente.).

c) As finas trilhas verticais podem, primeiro, ser removidas por erosão, com uso de um adequado elemento estrutural horizontal: matriz 3×18 de 1s que tende a preservar retas horizontais e a remover retas verticais

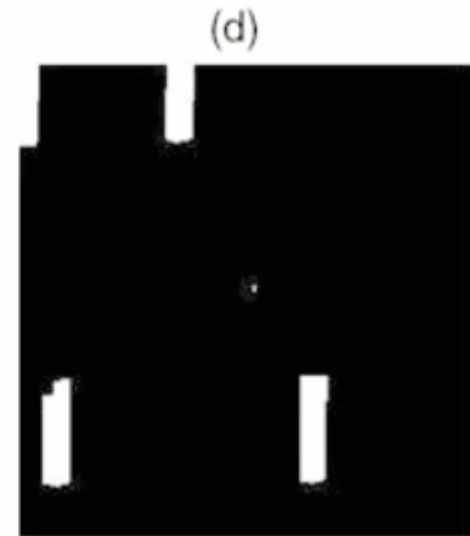


Processamento Morfológico -

Aplicando dilatação e erosão

Há três tipos de objetos: os CIs retangulares e as trilhas condutoras horizontais e verticais. O objetivo é identificar/segmentar os CIs automaticamente.).

d) De modo análogo, podemos remover retas horizontais (Figura 8.6d) usando um apropriado elemento estrutural vertical (matriz 18×3 de 1s).



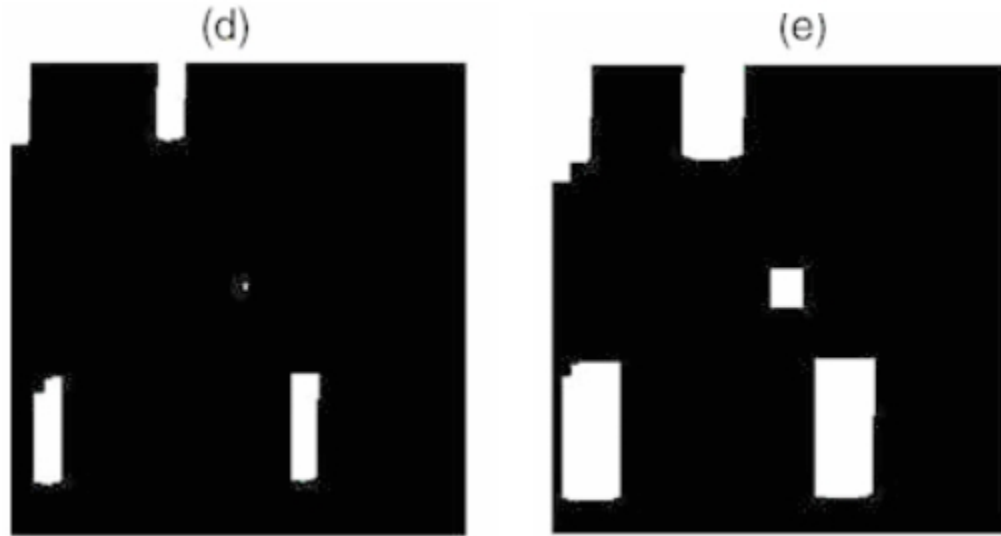
Processamento Morfológico -

Aplicando dilatação e erosão

Há três tipos de objetos: os CIs retangulares e as trilhas condutoras horizontais e verticais. O objetivo é identificar/segmentar os CIs automaticamente.).

e) Essas duas erosões tendem a remover a maioria das finas retas horizontais e verticais, e deixam os chips retangulares intactos, embora reduzam os tamanhos deles.

Podemos remediar essa redução dilatando duas vezes com os mesmos elementos estruturais.



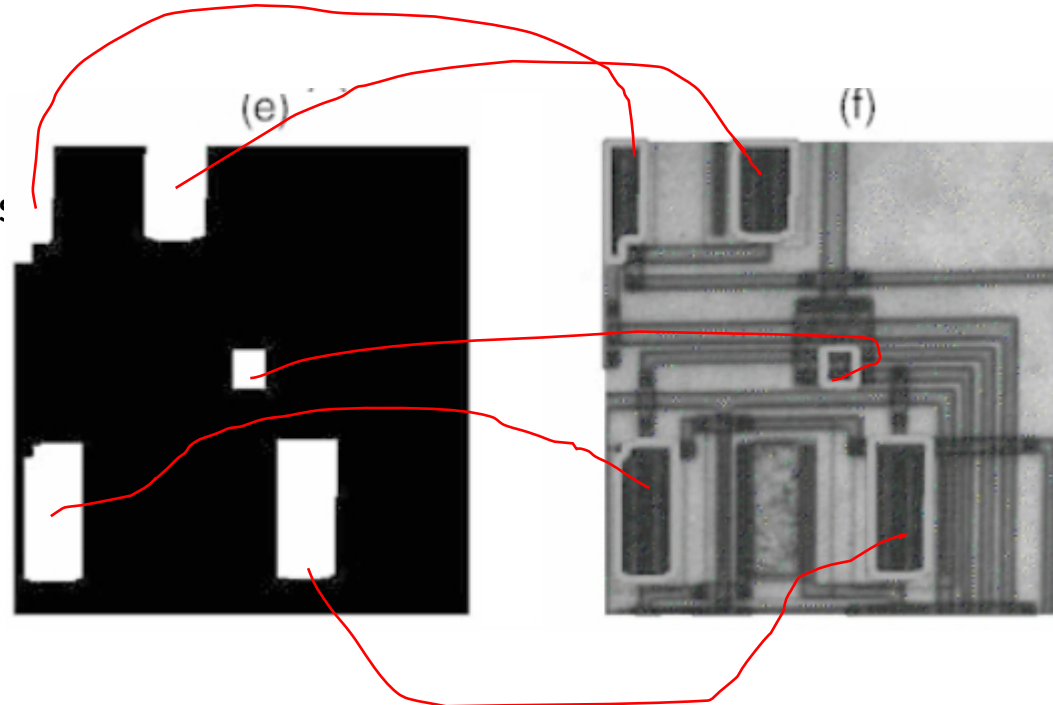
Processamento Morfológico -

Aplicando dilatação e erosão

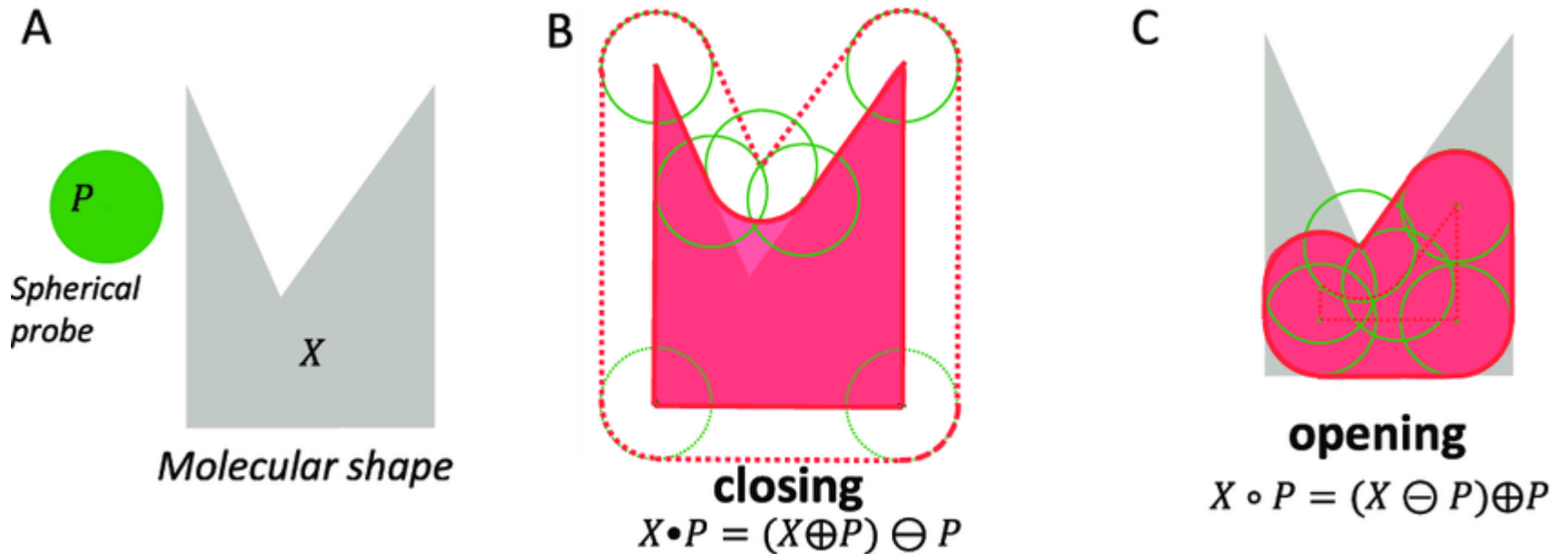
Há três tipos de objetos: os CIs retangulares e as trilhas condutoras horizontais e verticais. O objetivo é identificar/segmentar os CIs automaticamente.).

f) As fronteiras das estruturas identificadas dessa forma são sobrepostas à imagem original para comparação (f).

O resultado é bem razoável, tendo em vista a simplicidade da abordagem (notemos que o CI no centro não foi adequadamente localizado devido à pobre segmentação obtida com aplicação de limiar).



Processamento Morfológico



Abertura e fechamento

Processamento Morfológico

Aplicando dilatação e erosão: abertura morfológica

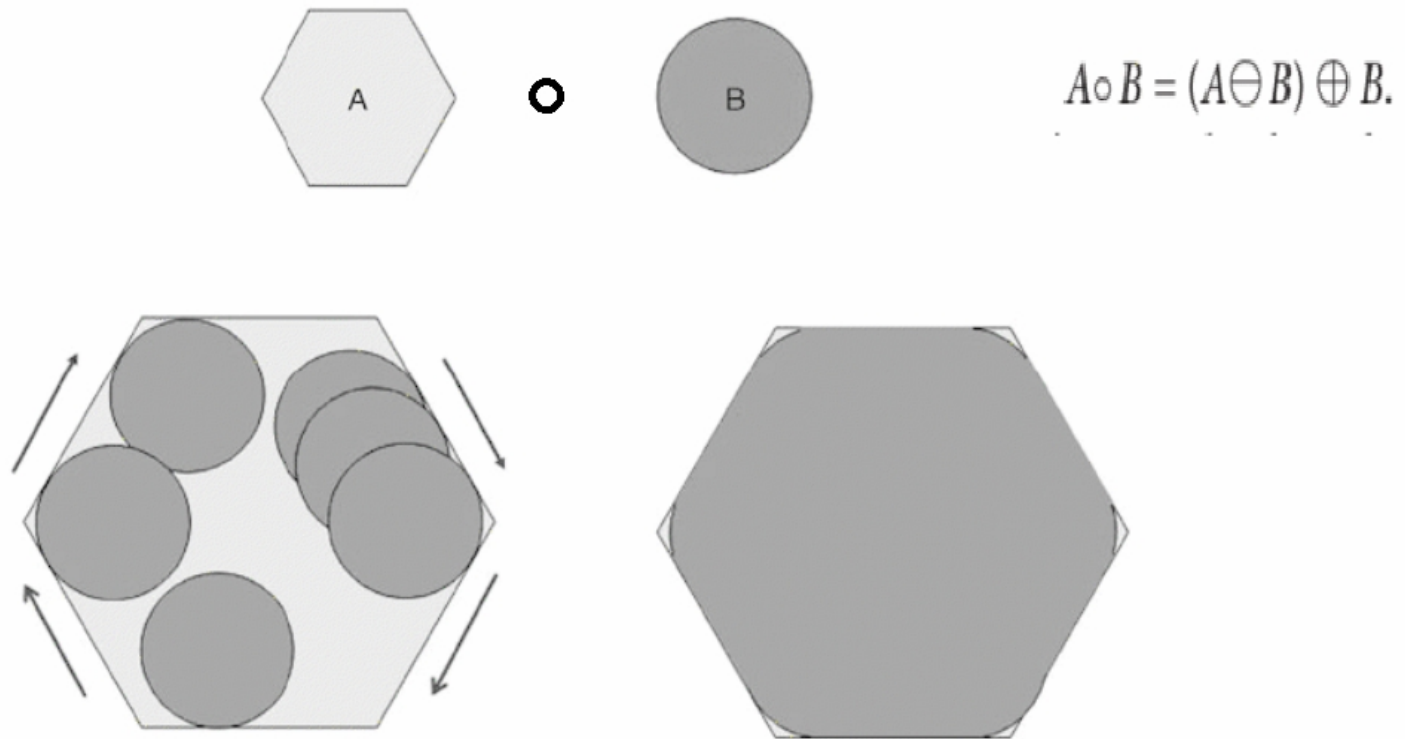


Figura 8.8 Abertura do objeto A pelo elemento estrutural B , $A \circ B$. Esta operação pode ser visualizada como todos os pontos possíveis no interior do objeto A que podem ser alcançados pela rolagem da bola no interior do objeto A sem cruzar a fronteira. Para um objeto sólido A (sem buracos), a fronteira de $A \circ B$ é simplesmente dada pela 'rolagem' de B no interior de A de modo que a bola nunca perca contato com a fronteira. Isto é o perímetro da área em cinza-escuro na figura.

Processamento Morfológico

Aplicando dilatação e erosão: fechamento

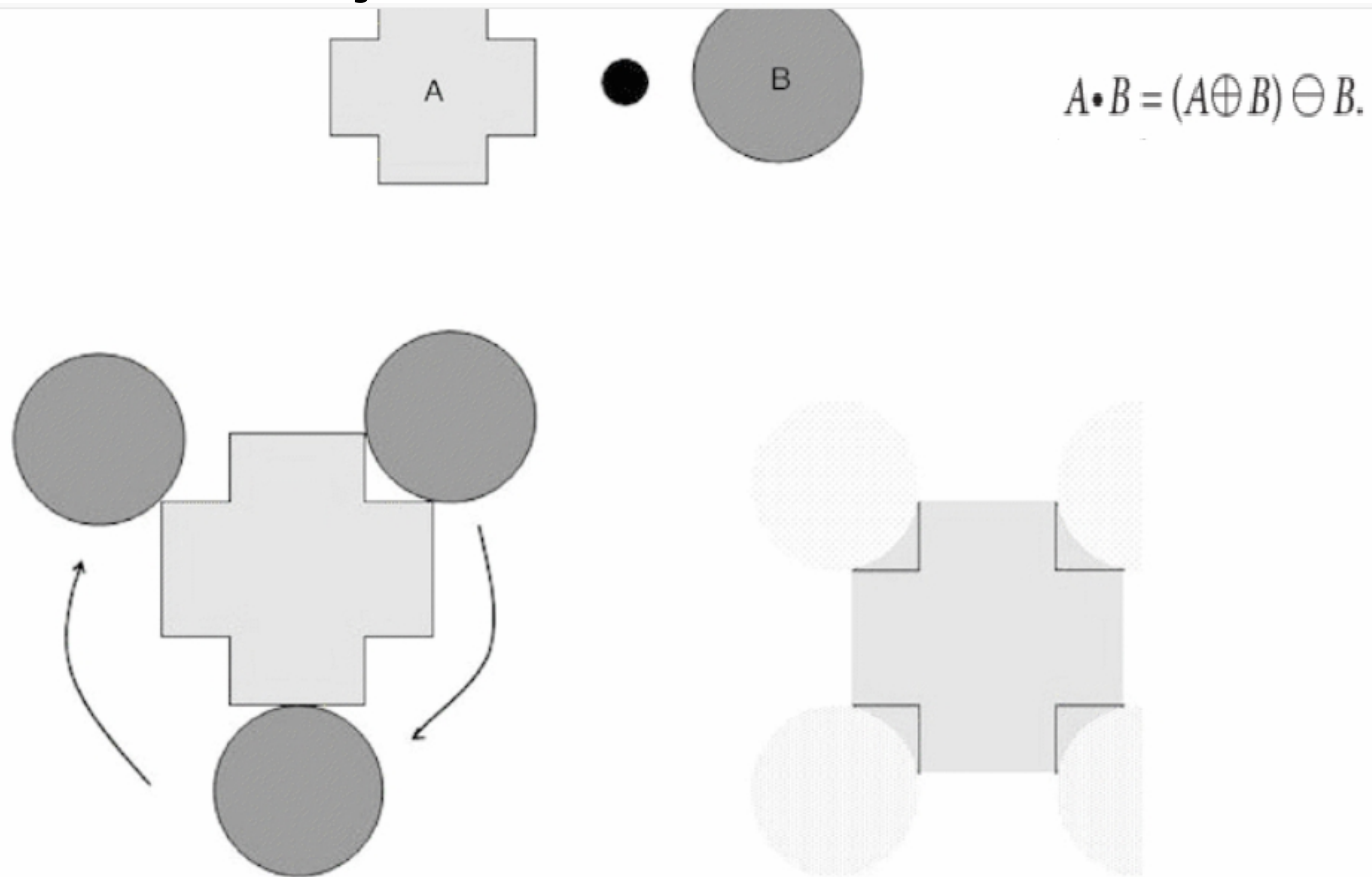
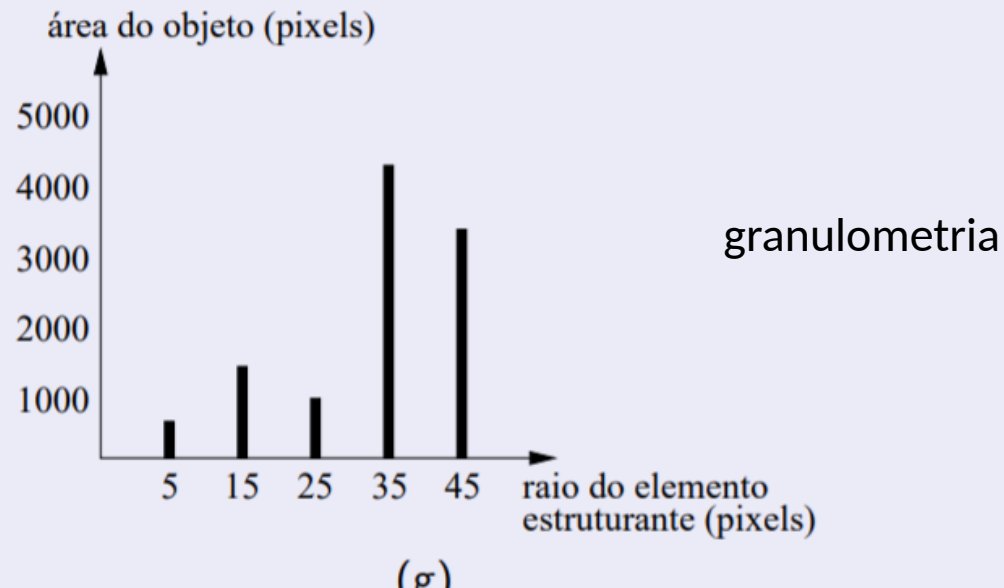
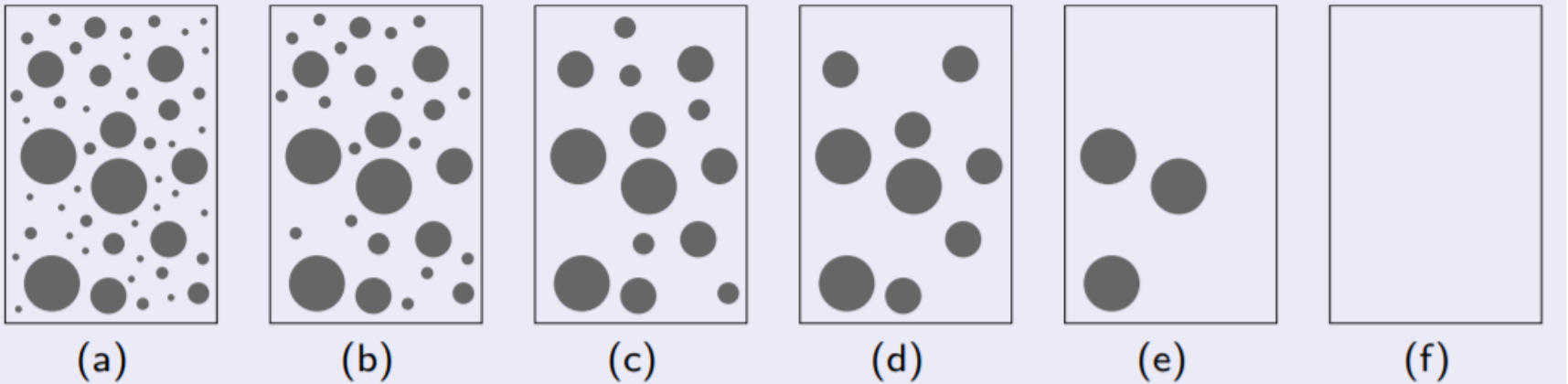


Figura 8.9 *Fechamento* do objeto A pelo elemento estrutural B , $A \bullet B$. Esta operação pode ser visualizada como todos os pontos possíveis no interior da fronteira definida pelo contorno à medida que B rola pela fronteira externa do objeto A . Estritamente, essa analogia vale somente para um objeto 'sólido' A (que não tenha buracos).

Processamento Morfológico

Aplicando dilatação e erosão



Processamento Morfológico em Tons de Cinza

Para tons de cinza:

A resposta da dilatação em uma região corresponde ao maior tom de cinza na região delimitada pelo elemento estruturante \mathcal{B} .

- A dilatação “clareia” a imagem em tons de cinza.

A resposta da erosão em uma região corresponde ao menor tom de cinza na região delimitada pelo elemento estruturante \mathcal{B} .

- A erosão “escurece” a imagem em tons de cinza.
- **Veremos essa parte no material dos livros da bibliografia: Gonzalez [1] e Hélio Pedrini [2]**

[1] Gonzalez, R.C.; Woods, R.E. Digital Image Processing, 3a edição, Ed. Pearson, 2010.

[2] Pedrini, Hélio; Schawrtz, W.R. Análise de Imagens Digitais - Princípios, Algoritmos e Aplicações. São Paulo, Thomson, 2008

[3] Chris Solomon, C.; Breckon, T. Fundamentos de Processamento Digital de Imagens - Uma Abordagem Prática com Exemplos em Matlab