



Morfologia em Processamento de imagem

V Vasconcelos

Processamento de Imagem Médica

1



Introdução

Morfologia lida com a forma e estrutura de animais e plantas.

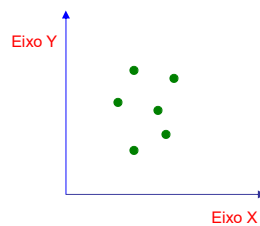
Morfologia Matemática lida com a teoria dos conjuntos (*set theory*).

Conjuntos em **Morfologia Matemática** representam objectos numa imagem.



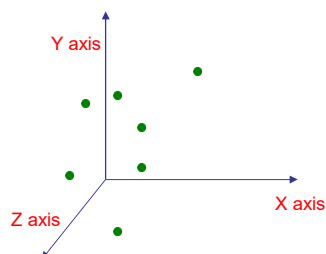
Como representar imagens como conjuntos ?

Para imagens binárias é um espaço 2-D onde conjuntos representam pixels pretos (pixels brancos).



Como representar imagens como conjuntos ?

Imagens de Níveis de Cinzento são representadas como um espaço 3-D onde o eixo Z representa o valor do nível de cinzento.





Operadores Básicos de Conjuntos

Operadores de Conjuntos	Notação
A sub-conjunto de B	$A \subseteq B$
União de A e B	$C = A \cup B$
Intersecção de A e B	$C = A \cap B$
Complemento de A	$A^c = \{w \mid w \notin A\}$
Diferença de A e B	$A - B = \{w \mid w \in A, w \notin B\}$
Reflexão de A	$\hat{A} = \{w \mid w = -a \text{ for } a \in A\}$
Translação do conjunto A por $z(z_1, z_2)$	$(A)_z = \{c \mid c = a + z, \text{ for } a \in A\}$

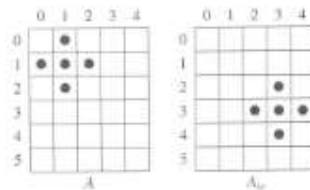


Translação

A é um conjunto de pixels numa imagem binária e $w=(x,y)$ são as coordenadas de um ponto. **A_w** é o conjunto de pontos translacionados na direção (x,y) .

$$A_w = \{(a,b) + (x,y) : (a,b) \in A\}$$

$w=(2,2)$

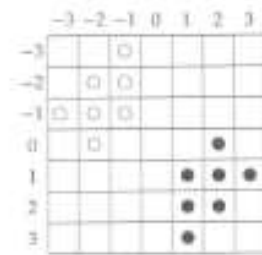




Reflexão

Se um conjunto de pixels A é reflectido então

$$\hat{A} = \{(-x, -y) : (x, y) \in A\}$$



7



Operadores Básicos de Morfologia

- Dilatação
- Erosão
- Abertura (*Opening*)
- Fecho (*Closing*)



Componentes Básicas em Morfologia

Cada operação tem dois elementos :

- 1) Imagem de Entrada
- 2) Elemento Estruturante

Os resultados das operações dependem do elemento estruturante que foi escolhido.



Exemplos de Elementos Estruturantes

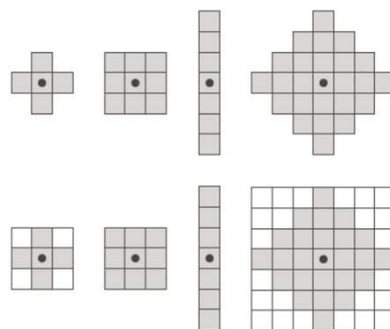


FIGURE 9.2 First row: Examples of structuring elements. Second row: Structuring elements converted to rectangular arrays. The dots denote the centers of the SEs.

Função em Matlab ->strel



Dilatação

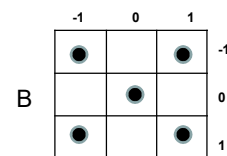
Dilatação de A por B

$$A \oplus B = \{(x, y) + (u, v) : (x, y) \in A, (u, v) \in B\}$$

$$A \oplus B = B \oplus A$$

Consideremos o elemento estruturante

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



11



Dilatação

$A \oplus B$ pode ser obtida substituindo cada ponto (x, y) de A com uma cópia de B, colocando o ponto $(0, 0)$ de B em (x, y) .

De modo equivalente, podemos substituir cada ponto (u, v) de B por uma cópia de A.

Dilatação tem o efeito de **aumentar** o tamanho do objecto. No entanto, não é necessariamente verdade que o objecto original A se encontre dentro da área correspondente à sua dilatação.

12



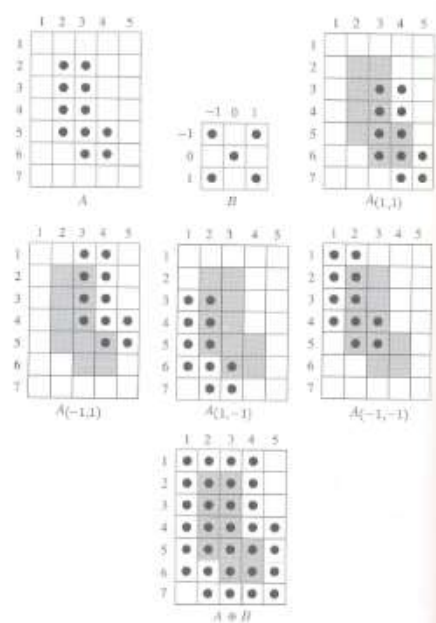
Dilatação

$A(1,1)$ corresponde a deslocar a imagem **A**, uma posição para a direita e uma posição para baixo.

$A(1,-1)$ corresponde a deslocar a imagem **A**, uma posição para baixo e uma posição para a esquerda.

...

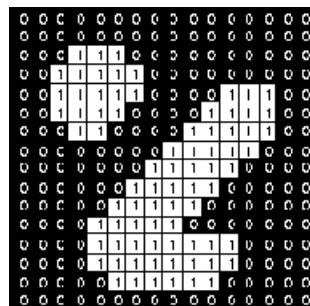
Nota: A imagem original está a sombreado.



Dilatação Exemplo

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Elemento Estruturante



Original

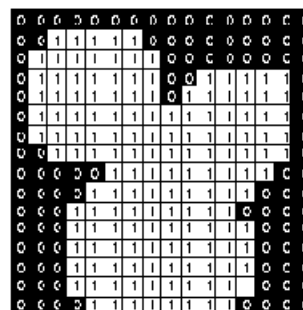



Imagem Resultante

 **Dilatação Exemplo**

Processamento de Imagem Médica

Engenharia Biomédica

Processamento de Imagem Médica

Engenharia Biomédica

← **Original**

← **Dilatação**

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Elemento Estruturante


`se=strel('square',3)`

Funções Matlab:

**** imdilate**

**** strel**


15

 **Dilatação**

E se o elemento estruturante for uma matriz unitária 5x5

Processamento de Imagem Médica

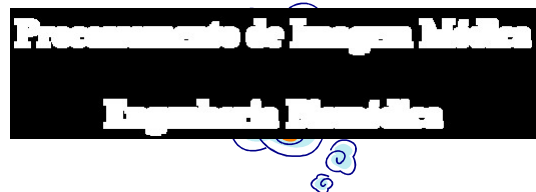
Engenharia Biomédica





Dilatação

E se o elemento estruturante for uma matriz unitária 7x7



Dilatação Exemplo (preenchendo buracos)

1 - Leia a imagem 'textGaps.tif'

```
im=imread('textGaps.tif');figure (1),  
imshow(im), title('Original');
```

2 – Crie o elemento estruturante (EE)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

```
ee = strel('diamond',1);
```

3 – Proceda à dilatação

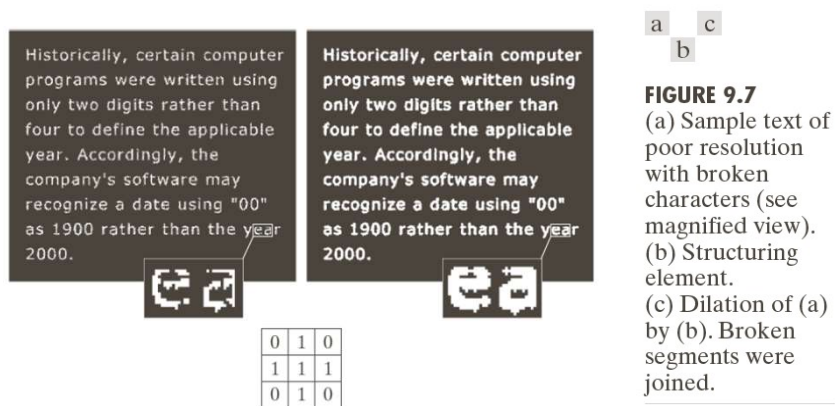
```
dil=imdilate(im,ee); imshow(im), title('Original');
```

4 – Analise o resultado

5 – E se aumentar a dimensão do EE?



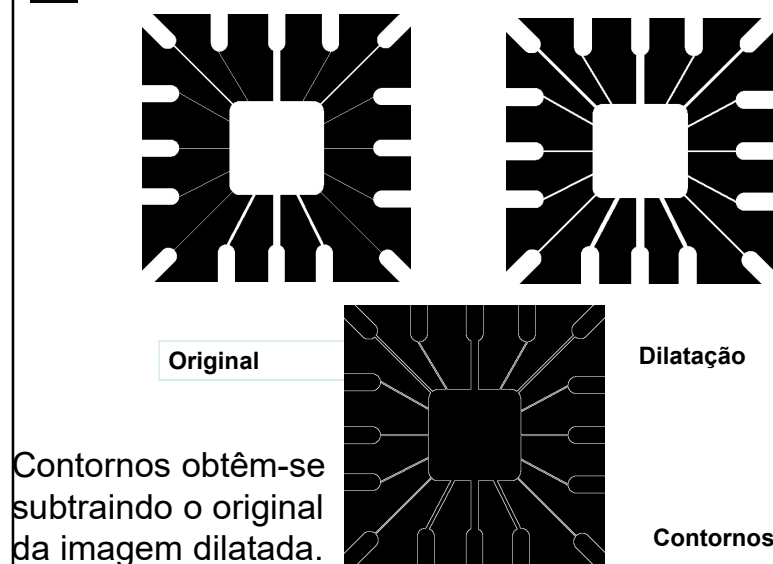
Dilatação Exemplo (preenchendo buracos)



19



Deteção de Contornos



20



Erosão

Erosão de A por B

$$A \ominus B = \{w : B_w \subseteq A\}$$

Consiste em todos os pontos $w = (x,y)$ para os quais B_w se encontra em A .

Movemos B sobre A para procurar todos os pontos onde B se encontra completamente incluído em A .

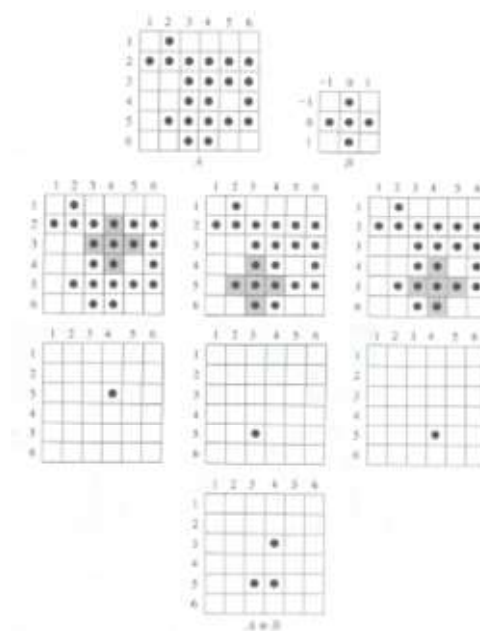
O conjunto de todos esses pontos constitui o resultado da erosão.

Processamento de Imagem Médica

21



Erosão



Processamento de Imagem Médica

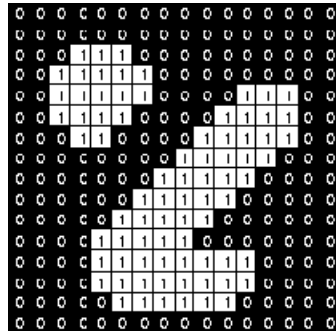
22



Erosão Exemplo

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Elemento Estruturante



Original

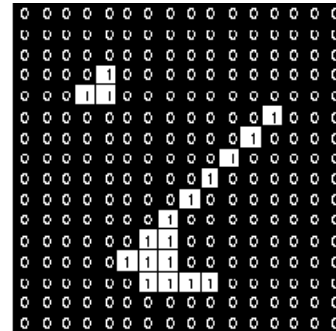


Imagem Resultante

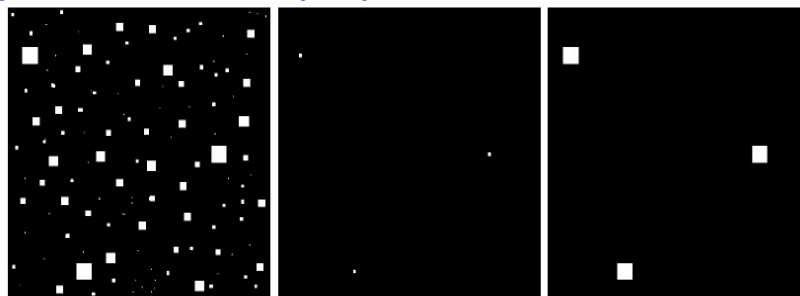
Processamento de Imagem Médica

23



Erosão Exemplo

Eliminar detalhes irrelevantes, como os quadrados mais pequenos.




a b c

FIGURE 9.7 (a) Image of squares of size 1, 3, 5, 7, 9, and 15 pixels on the side. (b) Erosion of (a) with a square structuring element of 1's, 13 pixels on the side. (c) Dilation of (b) with the same structuring element.


Processamento de Imagem Médica

24

 **Erosão Exemplo**

Processamento de Imagem Médica


Engenharia Biomédica



Original

Processamento de Imagem Médica

Engenharia Biomédica



Erosão

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Elemento Estruturante


Funções Matlab:

**** strel**

**** imerode**

Processamento de Imagem Médica

25

 **Erosão Exemplo (remover componentes na imagem)**

```

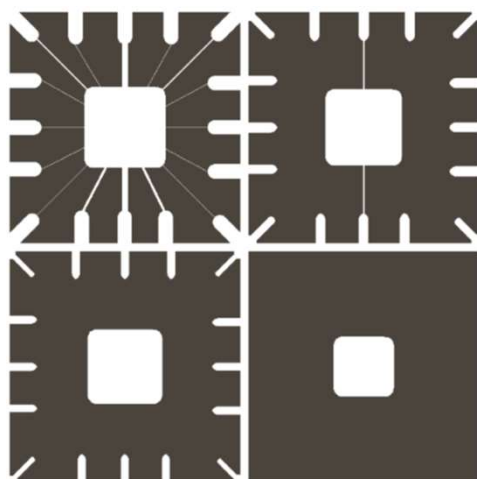
name='wirebond.tif';
image=imread(name);
figure(1), imshow(image), title ('Original')
image=im2bw(image);
se=strel('square',11)
imgEroded = imerode(image,se);
figure(2), imshow(imgEroded ,[ ]);
  
```

Processamento de Imagem Médica

26



Erosão Exemplo (remover componentes na imagem)



a b
c d

FIGURE 9.5 Using erosion to remove image components. (a) A 486×486 binary image of a wire-bond mask. (b)–(d) Image eroded using square structuring elements of sizes 11×11 , 15×15 , and 45×45 , respectively. The elements of the SEs were all 1s.

Processamento de Imagem Médica

27



Aplicações – A importância da escolha da OM e EE

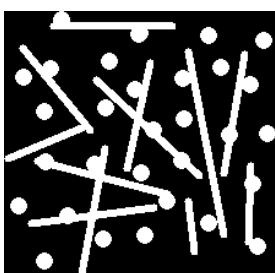


Imagem Original

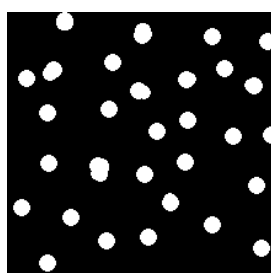


Imagem Resultante

EE: círculo de 11pixel



Aplicações – A importância da escolha da OM e EE

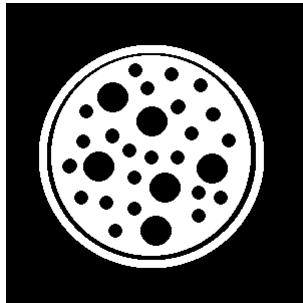


Imagem Original

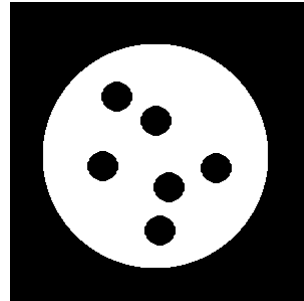


Imagem Resultante

EE: círculo com tamanho entre o círculo menor e o maior



Abertura

O que acontece quando se efectua uma erosão seguida de dilatação?



Abertura

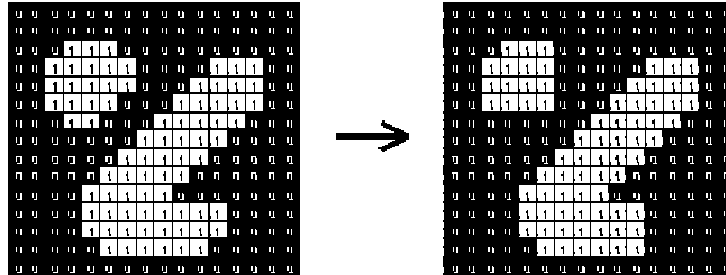
Suaviza contornos de um objecto;
Quebra istmos de pequena largura;
Elimina protuberâncias.



Abertura

Abertura de A por B é representada por

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



Processamento de Imagem Médica



Fecho

O que acontece quando se efectua uma dilatação seguida de erosão?



Fecho

- Suaviza contornos de um objecto;
- Funde quebras;
- Elimina pequenos buracos;
- Preenche buracos no contorno.

Processamento de Imagem Médica

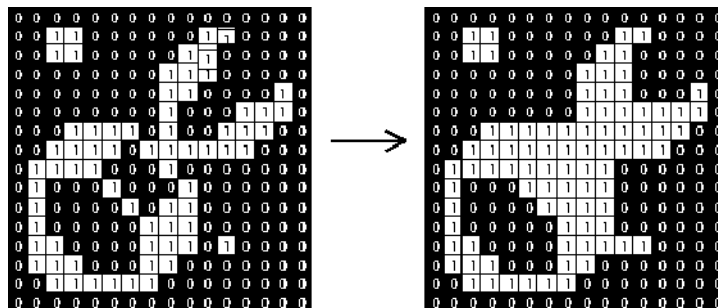


Fecho

O fecho de A por B é representado por

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

É menos destrutivo da forma do contorno original que a dilatação.



Processamento de Imagem Médica



Abertura e Fecho

Erosão

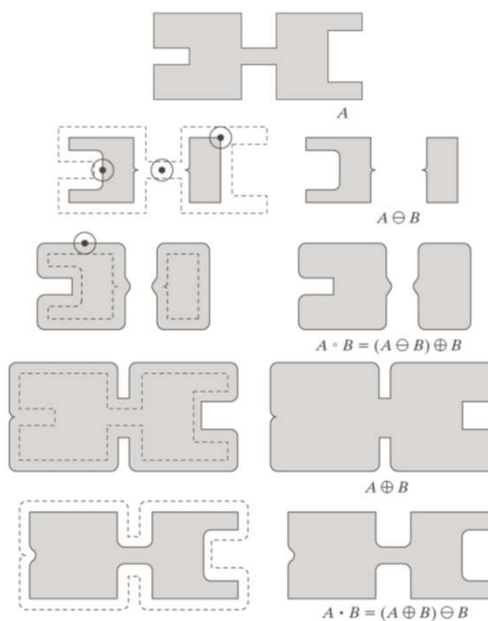
Seguida de

Dilatação

Dilatação

Seguida de

Erosão



a
b c
d e
f g
h i

FIGURE 9.10
Morphological opening and closing. The structuring element is the small circle shown in various positions in (b). The SE was not shaded here for clarity. The dark dot is the center of the structuring element.



Detecção de Contornos, Atenuação de Ruído




FIGURE 9.11
 (a) Noisy image.
 (b) Structuring element.
 (c) Eroded image.
 (d) Opening of A .
 (e) Dilation of the opening.
 (f) Closing of the opening.
 (Original image courtesy of the National Institute of Standards and Technology.)

Filtro Morfológico para atenuação de ruído.

Consiste na abertura seguida de fecho.

35



Extração da Fronteira Através de Morfologia

A fronteira do conjunto A designada por $\beta(A)$ é definida como

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

Sendo B o elemento estruturante apropriado.

$\beta(A)$ obtém-se:

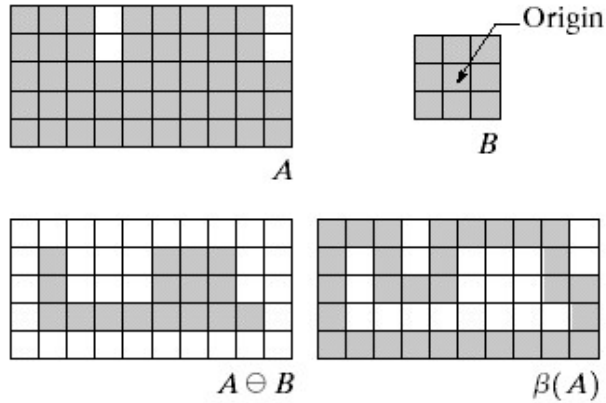
1. Fazendo a erosão de A por B e
2. Efetuando a diferença de conjuntos entre A e a sua erosão.



Extração da Fronteira Através de Morfologia

a b
c d

FIGURE 9.13 (a) Set A . (b) Structuring element B . (c) A eroded by B . (d) Boundary, given by the set difference between A and its erosion.



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



Exemplo de Extração da Fronteira



a b

FIGURE 9.14 (a) A simple binary image, with 1's represented in white. (b) Result of using Eq. (9.5-1) with the structuring element in Fig. 9.13(b).

O element estruturante usado foi um quadrado de 3X3.



Transformação Hit-or-Miss para Detecção da Forma

A transformada morfológica *hit-or-miss* é uma ferramenta básica para a detecção de **formas** em uma imagem.

Essa transformada combina erosão e dilatação para produzir um operador capaz de indicar a posição de um determinado padrão:

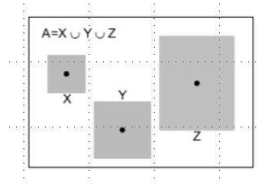
1. O padrão procurado é o elemento estruturante **B**;
2. A transformada somente é capaz de encontrar elementos sem ruídos.



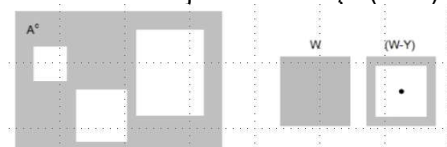
Transformação Hit-or-Miss para Detecção da Forma

Objetivo: localizar o padrão **Y**.

- Seja **A** uma imagem que consiste em três padrões **X**, **Y**, **Z**.
- A origem de cada forma corresponde ao seu centro de massa.



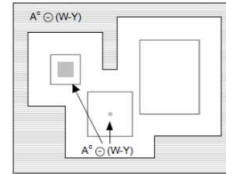
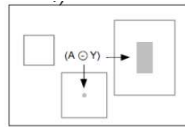
- Calcular o complemento de A: A^c
- Se envolvermos Y com uma janela W, o “fundo local” de Y relativamente a W será o conjunto diferença $(W-Y)$.





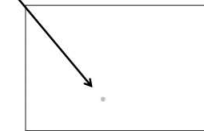
Transformação Hit-or-Miss para Detecção da Forma

1. Proceder à erosão de A por Y.
2. Aplicar a erosão de A^c pelo conjunto “fundo local” $(W-Y)$.



3. A intersecção da erosão de A por Y com a erosão de A^c por $(W-Y)$ permite obter a posição do padrão Y.

$$A \otimes Y = (A \ominus Y) \cap [A^c \ominus (W - Y)]$$



Referências Bibliográficas

1. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital image processing, Pearson/Prentice Hall, Third Edition, 2008.
2. G. Dougherty, Digital Image Processing for Medical Applications, Cambridge University Press, 2009.
3. L. G. Shapiro, G. C. Stockman, Computer Vision, Prentice Hall, 2001.
4. K. Najarian, R. Splinter, Biomedical Signal and Image Processing, CRC Press, 2005.

Nota: As imagens que constam dos diapositivos são retiradas das referências bibliográficas.