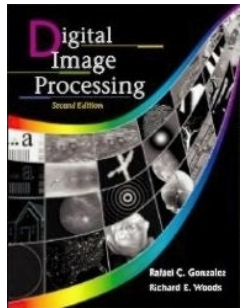




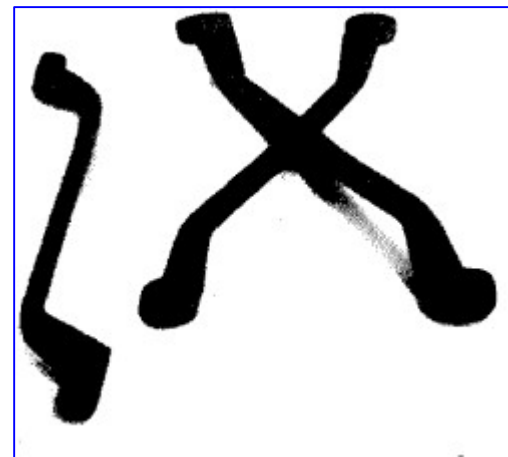
Aula 10.1

Segmentação de Imagens

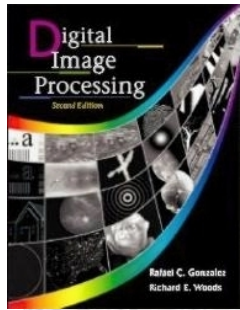


Segmentação de Imagens

**A segmentação de uma imagem
consiste na separação de suas partes**



Por exemplo: Segmentar o objeto do fundo

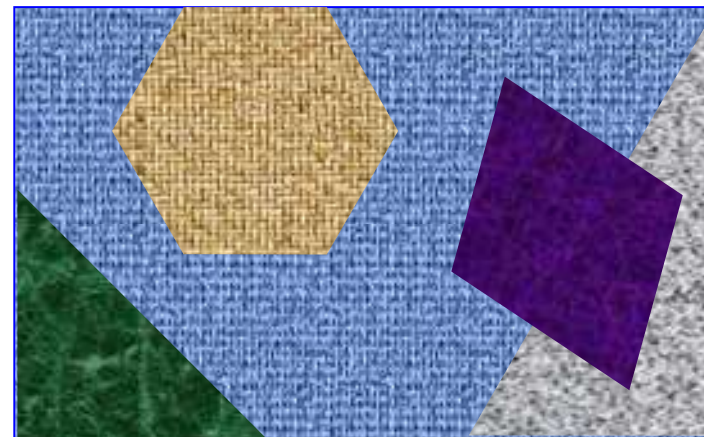
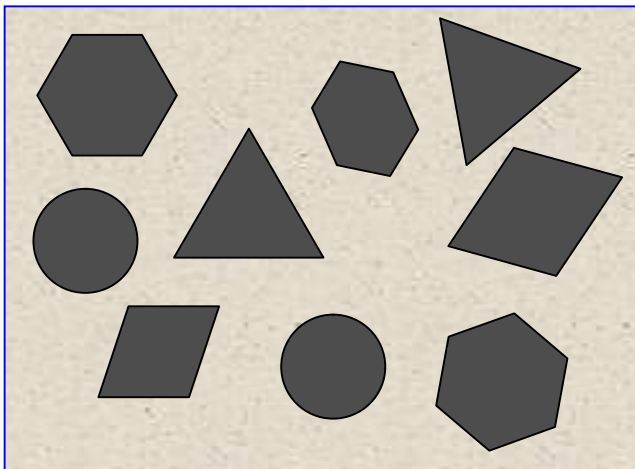


Segmentação de Imagens



**Segmentar diferentes objetos
entre si e do fundo usando**

- cores
- formas
- texturas



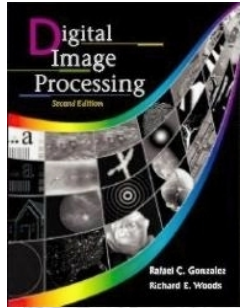


Segmentação de Imagens

Supondo que R representa toda a região espacial ocupada por uma imagem, então, a segmentação da imagem é um processo que particiona R em n -subregiões R_1, R_2, \dots, R_n , de tal modo que:

$$a) \bigcup_{i=1}^n R_i = R$$

A segmentação deve ser completa, ou seja, cada pixel deve estar em uma região

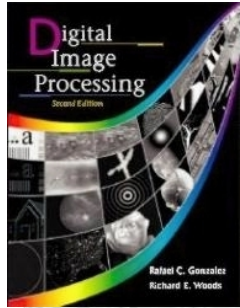


Segmentação de Imagens

Supondo que R representa toda a região espacial ocupada por uma imagem, então, a segmentação da imagem é um processo que particiona R em n -subregiões R_1, R_2, \dots, R_n , de tal modo que:

b) R_i é um conjunto conectado, $i = 1, 2, \dots, n$

Requer que os pixels em uma região estejam conectados de algum modo, por exemplo, 4-conectados

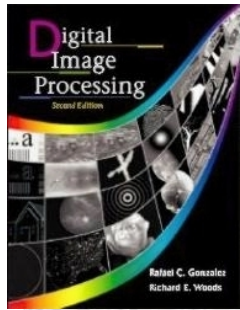


Segmentação de Imagens

Supondo que R representa toda a região espacial ocupada por uma imagem, então, a segmentação da imagem é um processo que particiona R em n -subregiões R_1, R_2, \dots, R_n , de tal modo que:

$$c) R_i \cap R_j = \emptyset, \forall i \text{ e } j, i \neq j$$

Indica que as regiões devem estar separadas entre si



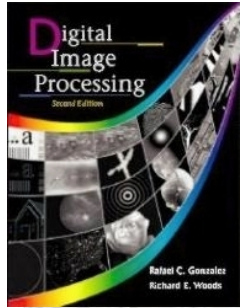
Segmentação de Imagens

Supondo que R representa toda a região espacial ocupada por uma imagem, então, a segmentação da imagem é um processo que particiona R em n -subregiões R_1, R_2, \dots, R_n , de tal modo que:

d) $Q(R_i) = \text{Verdadeira}$, para $i=1, 2, \dots, n$

sendo $Q(R_i)$ uma propriedade lógica que deve ser verdadeira para indicar que todos os pixels em R_i possuem o mesmo nível de intensidade

Em geral, Q é uma propriedade composta, como por exemplo: $Q(R_i) = \text{verdadeira}$ se a intensidade média dos pixels em R_i for menor que m_i E (AND) se o desvio padrão das intensidades for maior que σ_i



Segmentação de Imagens

Supondo que R representa toda a região espacial ocupada por uma imagem, então, a segmentação da imagem é um processo que particiona R em n -subregiões R_1, R_2, \dots, R_n , de tal modo que:

e) $Q(R_i \cup R_j) = \text{Falsa}$ para quaisquer regiões adjacentes R_i e R_j

Indica que duas regiões adjacentes devem ter níveis de intensidade diferentes, ou seja, serem diferentes em relação à propriedade Q



Segmentação de Imagens

O problema fundamental da segmentação é a divisão de uma imagem em regiões que satisfaçam estas cinco propriedades

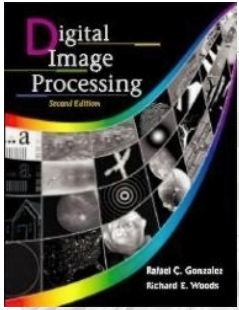


Segmentação de Imagens

A etapa de segmentação é responsável por separar os objetos existentes na imagem

A segmentação autônoma é uma das tarefas mais difíceis do processamento de imagens

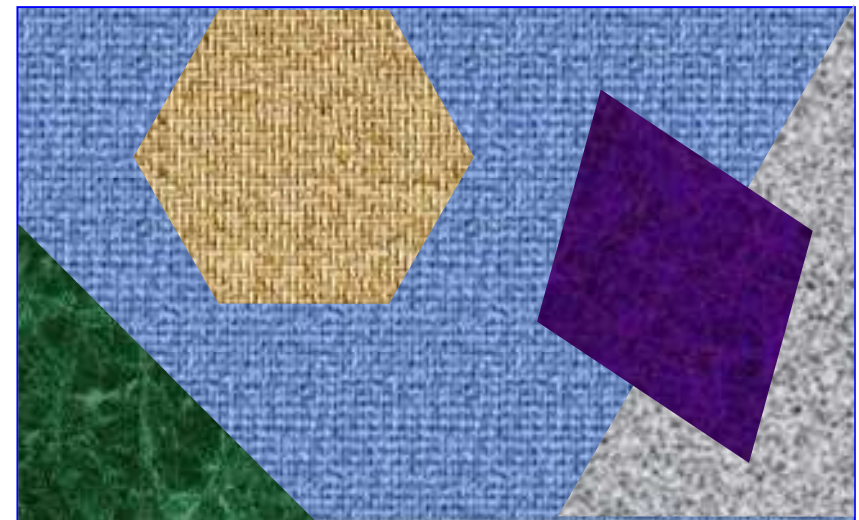


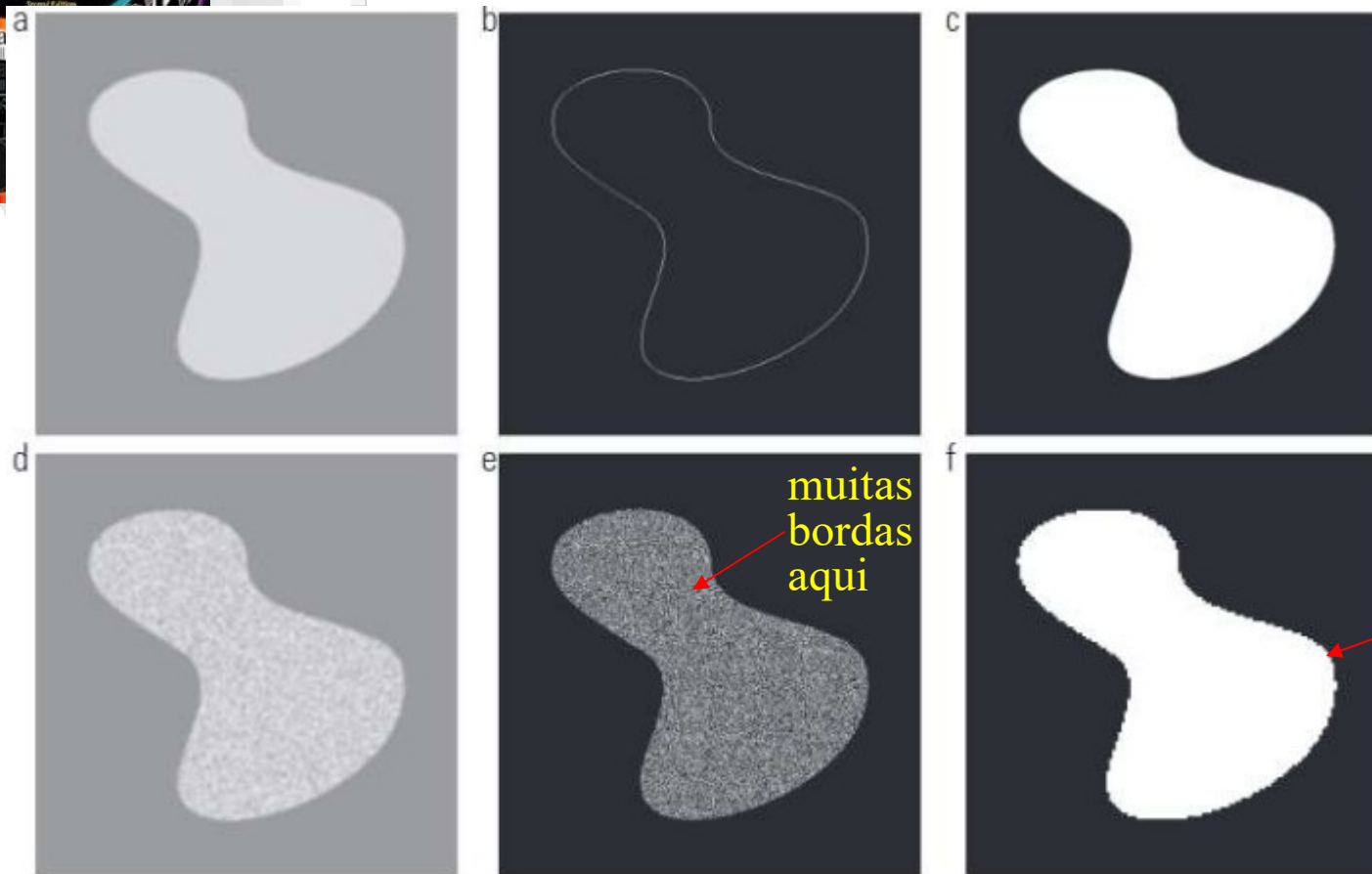


Segmentação de Imagens

Os algoritmos de segmentação são geralmente baseados em uma das duas propriedades básicas dos valores de níveis de cinza:

- **similaridade**
- **descontinuidade**

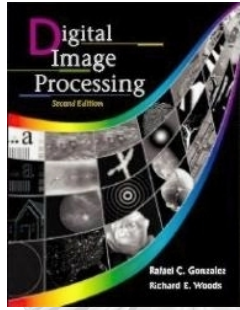




Mais difícil encontrar esta borda externa

a) Imagem com uma região de intensidade constante; b) Imagem mostrando a fronteira entre as regiões interna e externa, obtida pelas discontinuidades de intensidade; c) Resultado da segmentação

d) Imagem com uma região com textura; e) Resultado do cálculo das bordas (muitas bordas internas neste caso); f) Resultado da segmentação



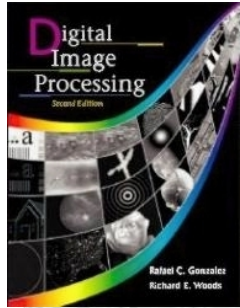
Segmentação de Imagens

Os algoritmos baseados em descontinuidade

- Particionam a imagem baseando-se nas mudanças bruscas nos níveis de cinza
 - detecção de pontos isolados
 - detecção de linhas
 - bordas

Os algoritmos baseados em similaridade

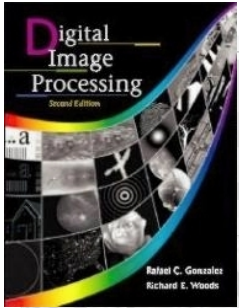
- Baseiam-se em
 - limiarização
 - crescimento de regiões
 - divisão/fusão de regiões



Detecção de descontinuidades

A maneira mais comum é utilizando uma máscara de convolução adequada à tarefa

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9



Segmentação

As descontinuidades mais importantes são obtidas com a detecção de mudanças abruptas nos tons de cinza, que podem caracterizar:

- Pontos
- Linhas
- Bordas



Detecção de Pontos Isolados

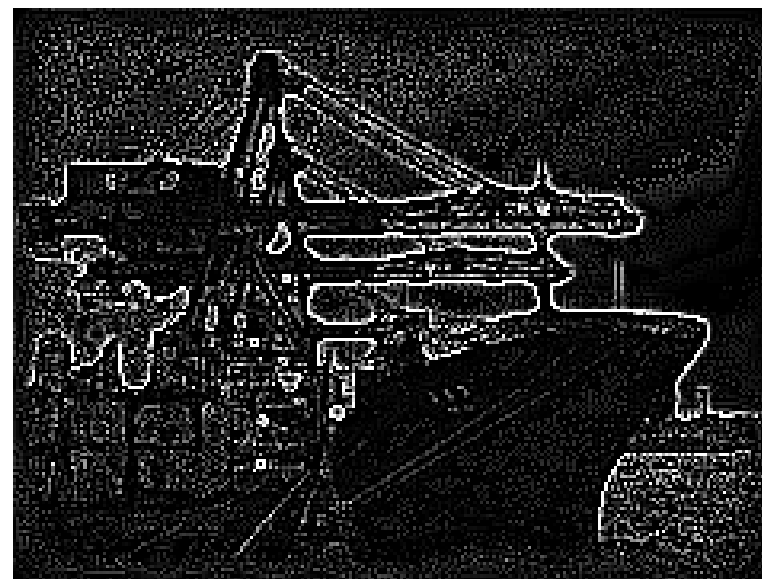
Aplica-se o **Laplaciano**, convoluindo o filtro na imagem

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

$R = \text{Imagem} *$

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Se $|R| > \text{limiar} \rightarrow \text{Ponto Detectado}$





Laplaciano - é uma derivada de segunda ordem:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

Para uma região 3x3 fica: $\nabla^2 f = 4z_5 - (z_2 + z_4 + z_6 + z_8)$

ou $\nabla^2 f = 8z_5 - (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9)$

Máscaras do
Laplaciano
vizinhança 4 e 8

É a mesma do
detector de pontos

0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

Desvantagem: não fornece a direção da borda

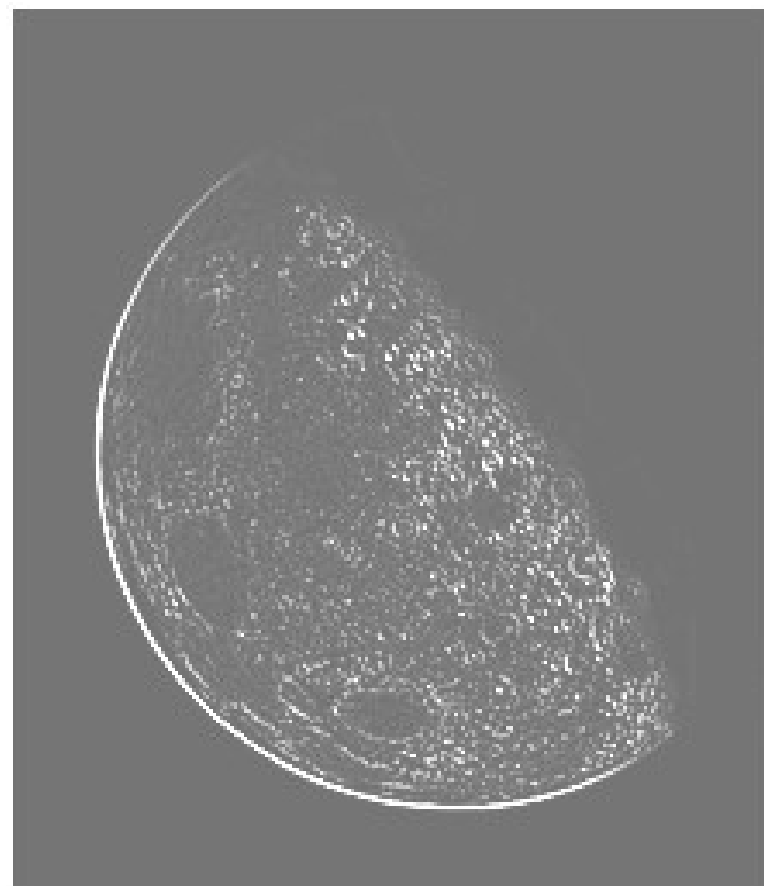


Digital Image Processing, 2nd ed.

Segmentação de Imagens

laplaciano

0	-1	0	m
-1	4	-1	
0	-1	0	





Segmentação de Imagens

Além disso: O laplaciano é muito sensível ao ruído

Solução:

Aplicar o Laplaciano após uma suavização da imagem

Esta operação é chamada **Laplaciano da Gaussiana (LoG)**

e pode ser aplicada com

uma única máscara

0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0



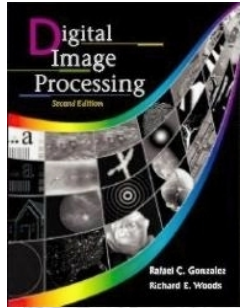
Digital Image Processing, 2nd ed.

Segmentação de Imagens

0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

**Laplaciano da
Gaussiana
(LoG)**

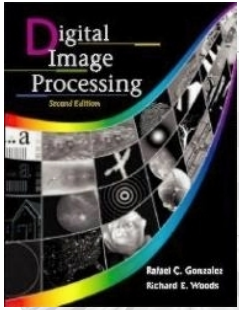




Segmentação de Imagens

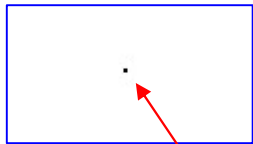
Prática:

- Implementar o Laplaciano e o Laplaciano da Gaussiana (LoG) exibindo os dois resultados lado a lado
- Normalizar ou Equalizar as imagens resultantes, para uma boa visualização



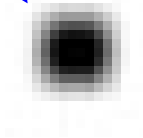
Segmentação de Imagens

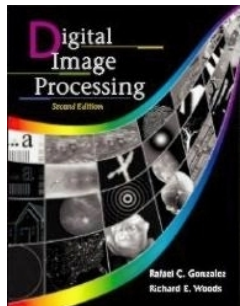
A maior dificuldade desta abordagem é que as imagens não possuem pontos isolados para serem segmentados



Tem um
ponto aqui

Quando se amplia o local, nota-se
haver mais que um único ponto

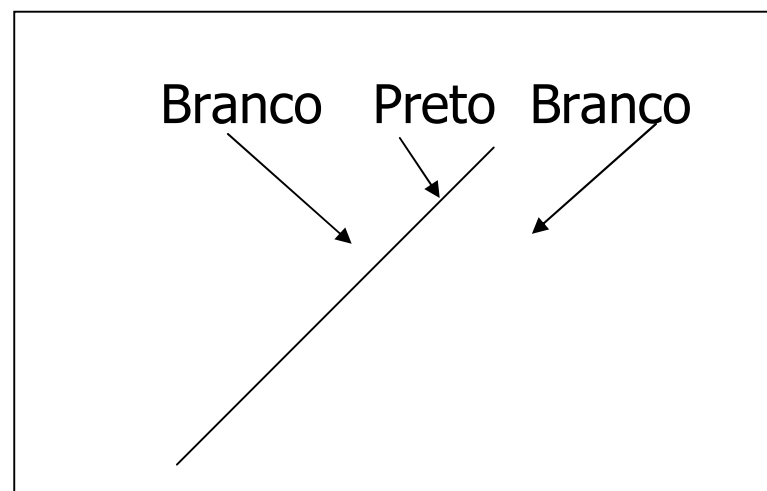


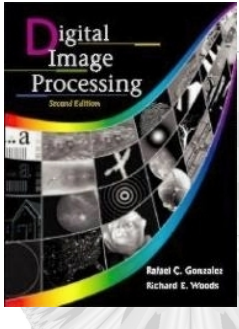


Segmentação de Imagens

Detecção de Linhas

As linhas em uma imagem também são caracterizadas por áreas com mudanças abruptas nos tons de cinza





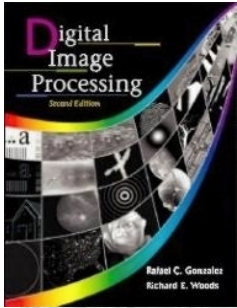
Segmentação de Imagens

Detector de linhas em quatro direções

<table><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr></table> <div>Horizontal</div>	-1	-1	-1	2	2	2	-1	-1	-1	<table><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>2</td></tr><tr><td>-1</td><td>2</td><td>-1</td></tr><tr><td>2</td><td>-1</td><td>-1</td></tr></table> <div>+45°</div>	-1	-1	2	-1	2	-1	2	-1	-1	<table><tr><td>-1</td><td>2</td><td>-1</td></tr><tr><td>-1</td><td>2</td><td>-1</td></tr><tr><td>-1</td><td>2</td><td>-1</td></tr></table> <div>Vertical</div>	-1	2	-1	-1	2	-1	-1	2	-1	<table><tr><td>2</td><td>-1</td><td>-1</td></tr><tr><td>-1</td><td>2</td><td>-1</td></tr><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>2</td></tr></table> <div>-45°</div>	2	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2
-1	-1	-1																																					
2	2	2																																					
-1	-1	-1																																					
-1	-1	2																																					
-1	2	-1																																					
2	-1	-1																																					
-1	2	-1																																					
-1	2	-1																																					
-1	2	-1																																					
2	-1	-1																																					
-1	2	-1																																					
-1	-1	2																																					

Aplica-se todas as máscaras acima e, a máscara que gerar o maior valor, vai detectar a linha e a orientação desta linha será a orientação da máscara

áreas
homogêneas
retornam zero



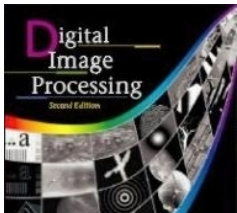
Segmentação de Imagens

Detector de linhas em quatro direções

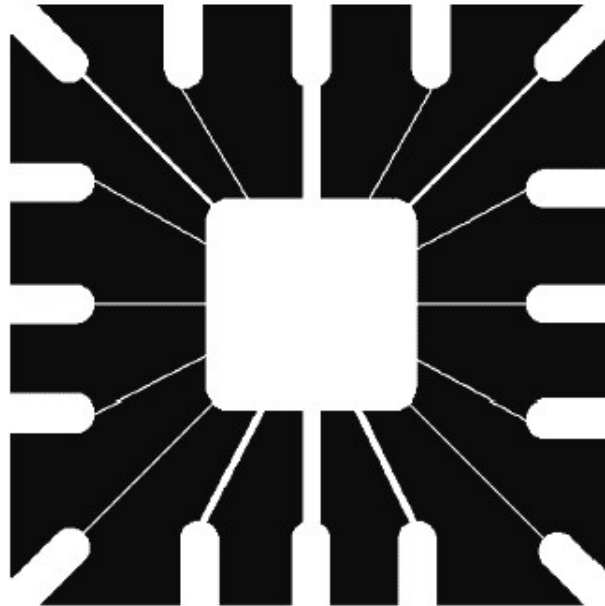
-1	-1	-1	-1	-1	2	-1	2	-1	2	-1	-1
2	2	2	-1	2	-1	-1	2	-1	-1	2	-1
-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2

Horizontal
+45°
Vertical
-45°

Uma vantagem interessante é que se a imagem possui linhas com a espessura de um ponto e com uma orientação específica, estes filtros podem ser usados para encontrar facilmente tais retas



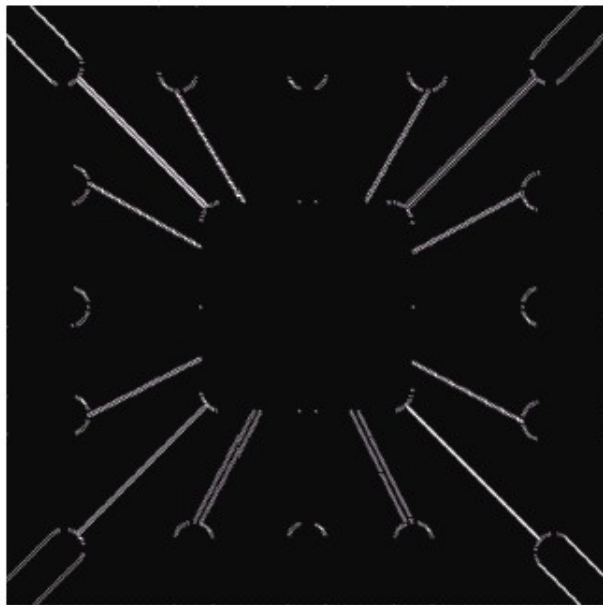
Segmentação de Imagens



a) Imagem Original

b) Resultado após aplicar a Máscara para -45°

c) Resultado após limiarização



Observa-se que uma máscara para -45° também responde para outras direções, porém, gera uma borda de menor magnitude, que não resiste à limiarização

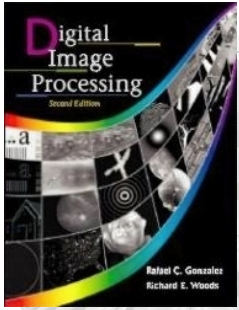


Segmentação de Imagens

A maior dificuldade aqui é que estas máscaras de convolução são construídas considerando a espessura das linhas, no caso espessura de um pixel

-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

-45°



Segmentação de Imagens

Problemas

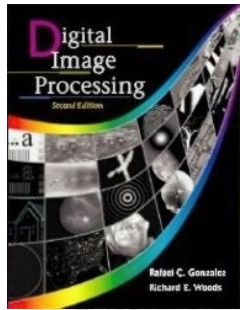
- Linhas são muito incomuns em imagens
- Depende-se da resolução da amostragem, para uma linha ter espessura de um pixel



Aqui parece
haver uma linha



Quando se
amplia a área
nota-se que não
tem a espessura
de um pixel



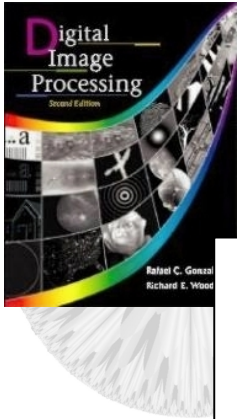
Segmentação de Imagens

Detecção de bordas

- Embora a detecção de linhas e pontos seja básica, quando se fala em segmentação, a abordagem mais comum para a detecção de descontinuidades significativas nos níveis de cinza é a detecção de bordas

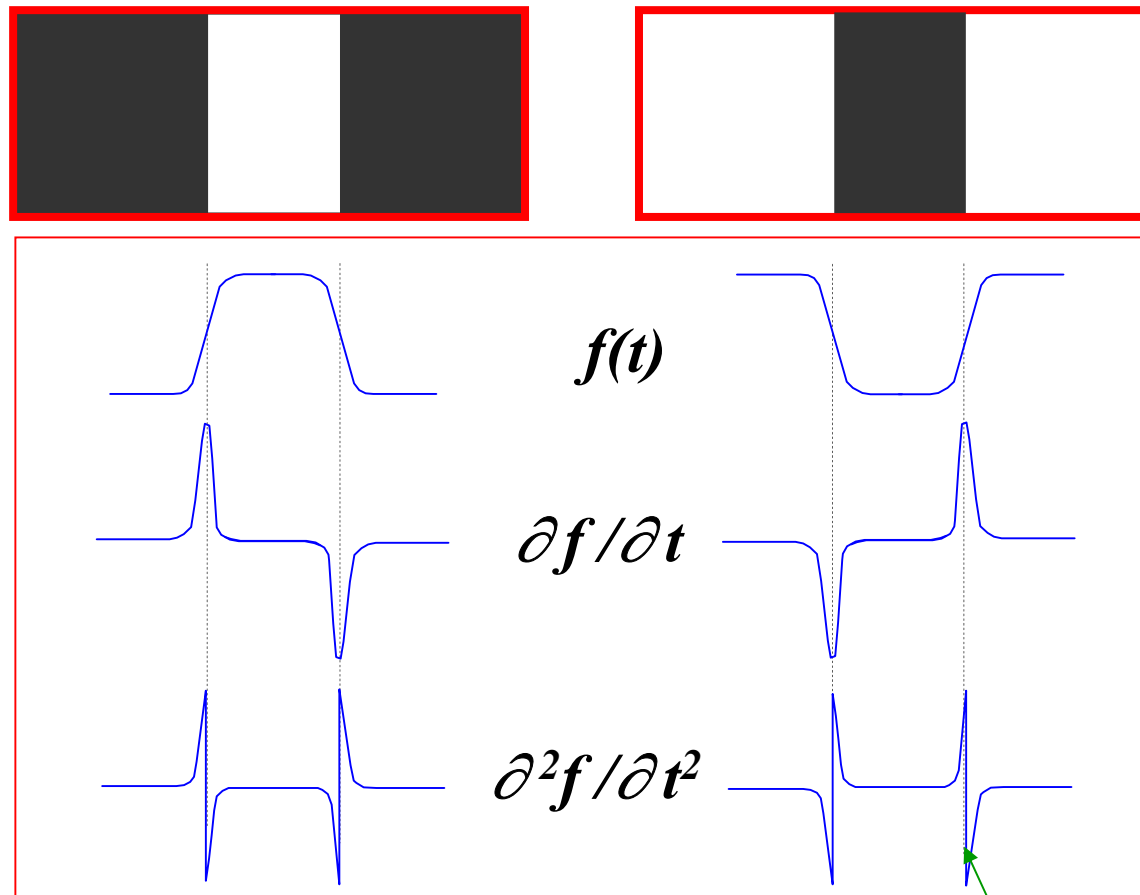
Uma borda é o limite entre duas regiões com propriedades relativamente distintas de níveis de cinzas

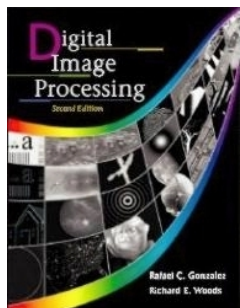
Bordas se aplicam a pontos, retas e outras formas



Segmentação de Imagens

- Variações de uma função são medidas com uma diferenciação no local.

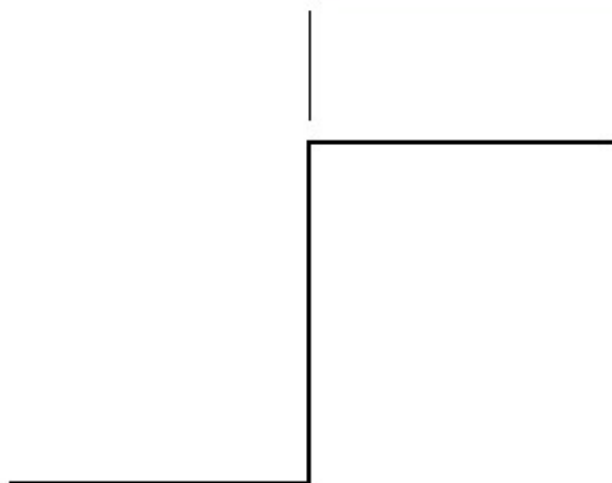




Segmentação de Imagens

Borda ideal

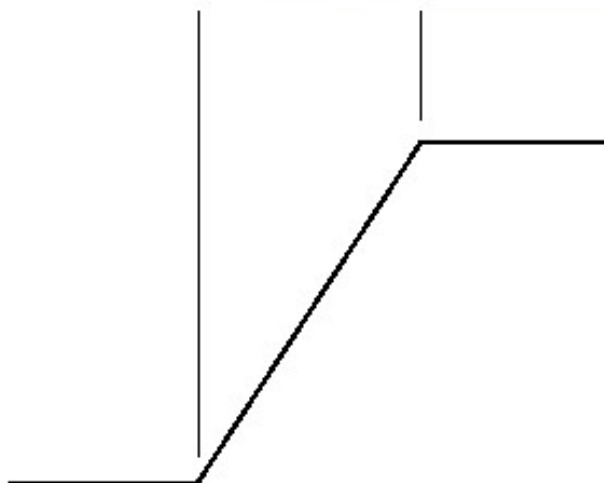
Model of an ideal digital edge



Gray-level profile
of a horizontal line
through the image

Borda mais comum

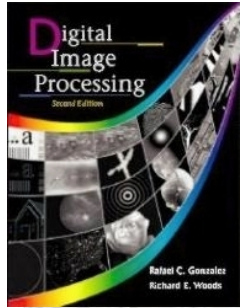
Model of a ramp digital edge



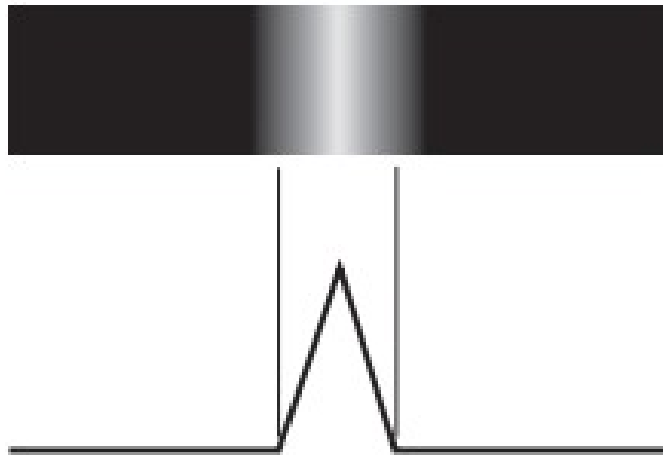
Gray-level profile
of a horizontal line
through the image

a) Imagem
com uma
borda digital
ideal

b) Imagem
com borda em
formato de
rampa



Segmentação de Imagens



c) Bordas decorrentes
da presença de uma
linha na imagem

forma de telhado

ou roof edge



Segmentação de Imagens

Filtros de detecção de bordas

Detectam detalhes finos da imagem

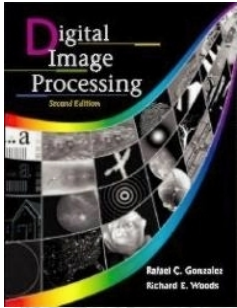
Utilizam uma operação equivalente a uma derivada

Diferenças finitas:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

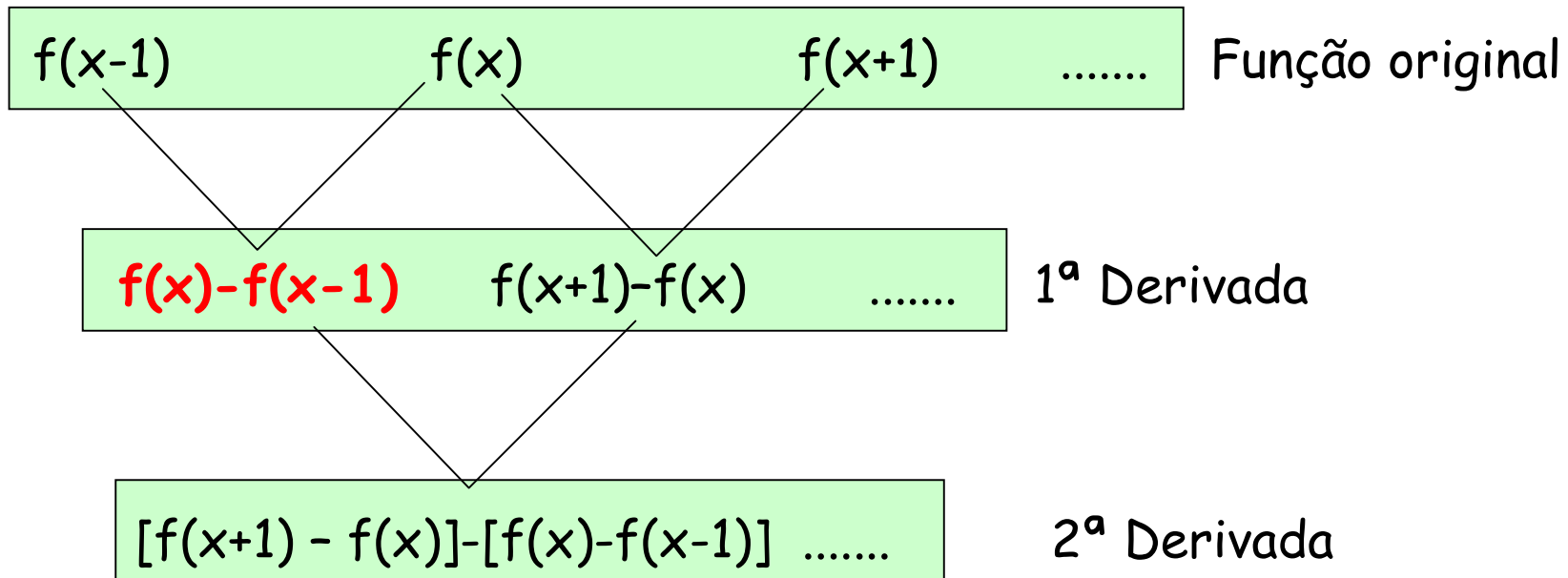
No computador faz-se $h=1$ menor tamanho possível para um pixel

$$\frac{\partial f}{\partial x}[x, y] \approx f[x+1, y] - f[x, y]$$

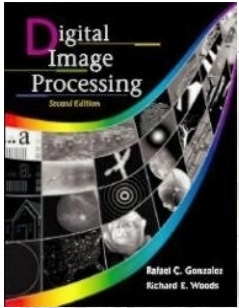


Segmentação de Imagens

Função, 1ª e 2ª Derivadas



$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$



Segmentação de Imagens

1ª Derivada

Diferentes
operadores
propostos para
detectar bordas

Roberts

-1	0	0	-1
0	1	1	0

Roberts

Prewitt

-1	-1	-1	-1	0	1
0	0	0	-1	0	1
1	1	1	-1	0	1

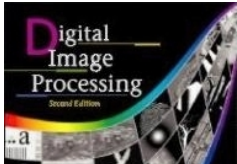
Prewitt

Sobel

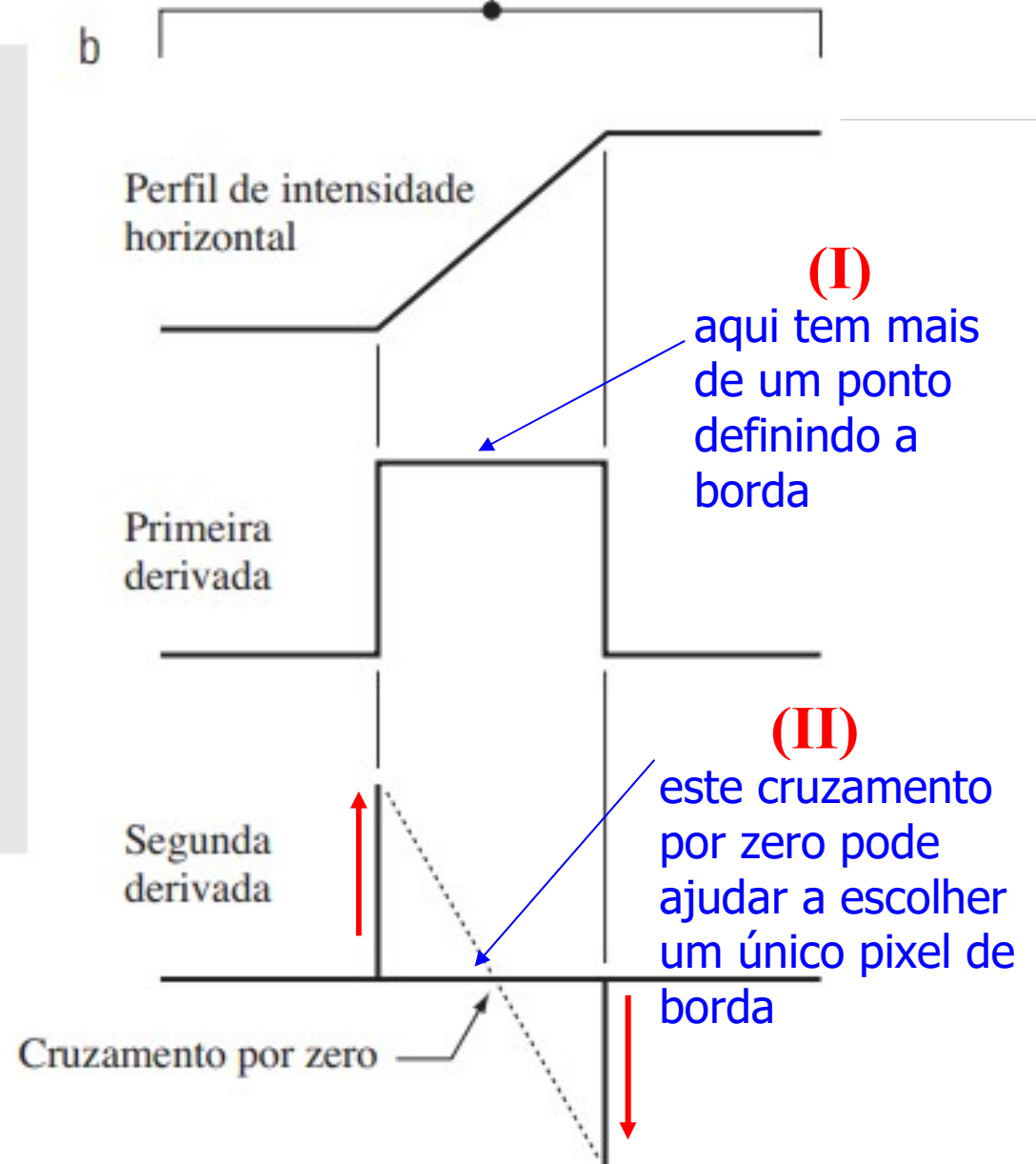
-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

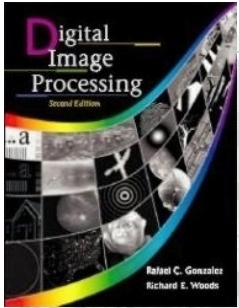
Sobel

(valores grandes positivos ou negativos indicam a borda)



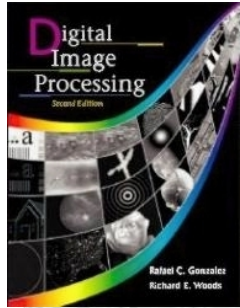
Segmentação de Imagens





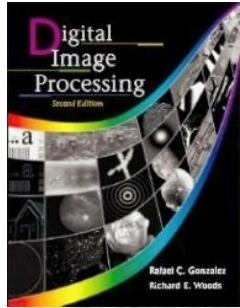
Segmentação de Imagens

- Em (I), a *magnitude* da primeira derivada pode ser usada para detectar a presença de uma borda em um ponto de uma imagem
- Em (II), o *sinal* da segunda derivada pode ser usado para determinar se um pixel da borda está do lado escuro ou do lado claro de uma borda, além disso, o *cruzamento por zero da segunda derivada* pode ser usado para localizar o centro de bordas espessas



Segmentação de Imagens

- Como as derivadas operam detectando as variações abruptas entre os tons de cinza de pixels vizinhos, estas operações acabam respondendo forte também ao **ruído**



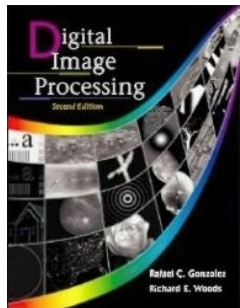
Segmentação de Imagens

Um procedimento comum na identificação de bordas consiste em:

1. Suavização da imagem - para redução do ruído

2. Detecção dos pontos de borda - É uma operação local que tira de uma imagem todos os pontos que são candidatos potenciais a se tornarem pontos de borda

3. Localização da borda - Seleciona, dentre os possíveis pontos de borda, apenas aqueles que de fato pertencem ao conjunto de pontos que formam uma borda



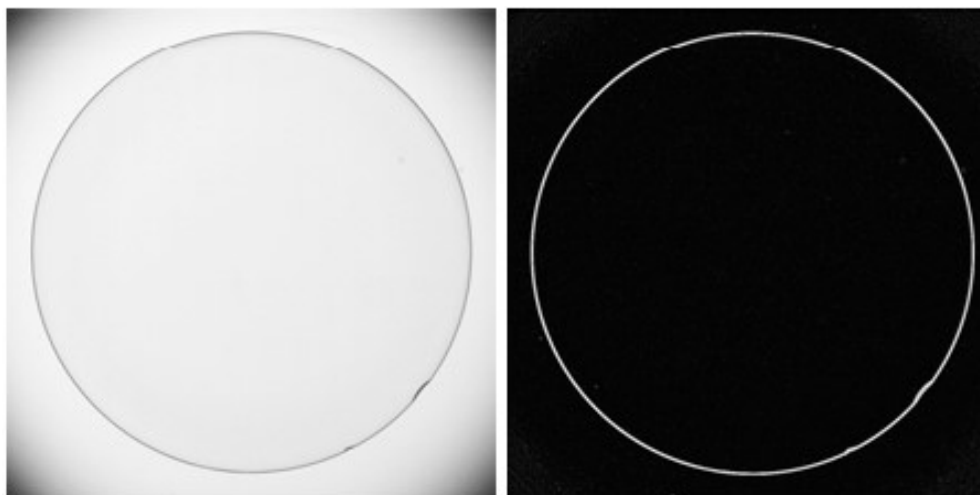
Segmentação de Imagens

Usando a primeira derivada

Aplicações

Inspeção industrial – lentes de contato

Sobel





Segmentação de Imagens

É possível
usar filtros
para obter
bordas
inclinadas

Bordas inclinadas

0	1	1	-1	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-1	-1	0	0	1	1

Prewitt

0	1	2	-2	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-2	-1	0	0	1	2

Sobel

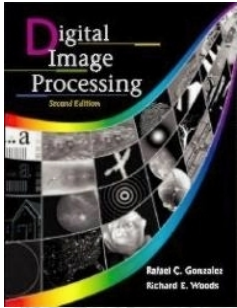
Observe a
diferença para
um detector
de linhas



2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

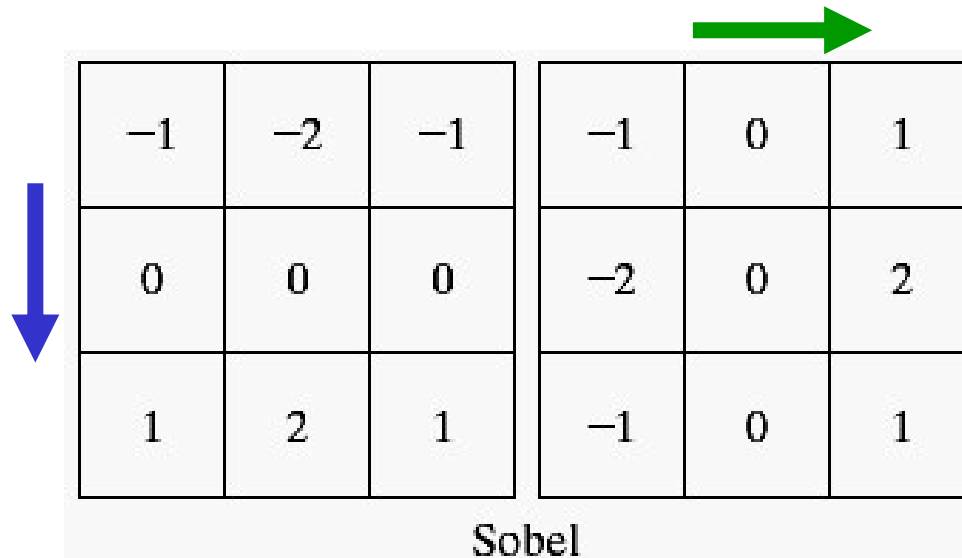
-45°

Máscaras de Prewitt e Sobel para bordas diagonais
(valores grandes positivos ou negativos indicam a borda)



Segmentação de Imagens

Entretanto, as máscaras padrão de Sobel e Prewitt podem ser usadas para detectar tais bordas inclinadas, quando se combinam as suas respostas em x e y



-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

Sobel



Digital Image Processing, 2nd ed.

Segmentação de Imagens

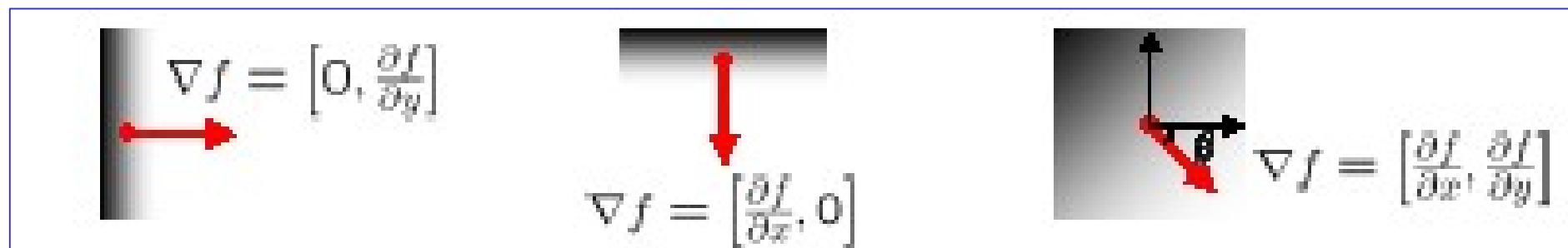
www.imageprocessingbook.com

Gradiente da imagem

$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

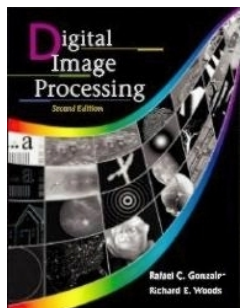
Sobel



A direção do gradiente é dada por: $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\partial f}{\partial y} / \frac{\partial f}{\partial x} \right)$

A intensidade da borda é dado pela magnitude do gradiente:

$$\|\nabla f\| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2}$$



Segmentação de Imagens

NEVATIA E BABU - sugere a aplicação de máscaras particulares, que apresentam uma maior resposta para bordas com inclinações específicas

$$\frac{1}{1000} \begin{bmatrix} 100 & 100 & 0 & -100 & -100 \\ 100 & 100 & 0 & -100 & -100 \\ 100 & 100 & 0 & -100 & -100 \\ 100 & 100 & 0 & -100 & -100 \\ 100 & 100 & 0 & -100 & -100 \end{bmatrix}$$

0 graus

$$\frac{1}{1102} \begin{bmatrix} 100 & -32 & -100 & -100 & -100 \\ 100 & 78 & -92 & -100 & -100 \\ 100 & 100 & 0 & -100 & -100 \\ 100 & 100 & 92 & -78 & -100 \\ 100 & 100 & 100 & 32 & -100 \end{bmatrix}$$

30 graus

$$\frac{1}{1102} \begin{bmatrix} -100 & -100 & -100 & -100 & -100 \\ 32 & 78 & -100 & -100 & -100 \\ 100 & 92 & 0 & -92 & -100 \\ 100 & 100 & & 78 & -32 \\ 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \end{bmatrix}$$

60 graus

$$\frac{1}{1000} \begin{bmatrix} -100 & -100 & 0 & 100 & 100 \\ -100 & -100 & 0 & 100 & 100 \\ -100 & -100 & 0 & 100 & 100 \\ -100 & -100 & 0 & 100 & 100 \\ -100 & -100 & 0 & 100 & 100 \end{bmatrix}$$

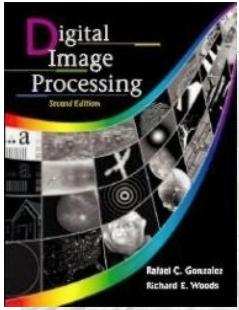
180 graus

$$\frac{1}{1102} \begin{bmatrix} -100 & 32 & 100 & 100 & 100 \\ -100 & -78 & 92 & 100 & 100 \\ -100 & -100 & 0 & 100 & 100 \\ -100 & -100 & -92 & 78 & 100 \\ -100 & -100 & -100 & -32 & 100 \end{bmatrix}$$

210 graus

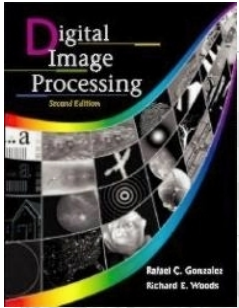
$$\frac{1}{1102} \begin{bmatrix} 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\ -32 & 78 & 100 & 100 & 100 \\ -100 & -92 & 0 & 92 & 100 \\ -100 & -100 & & -78 & 32 \\ -100 & -100 & -100 & -100 & -100 \end{bmatrix}$$

240 graus



Nevatia e Babu

É possível construir máscaras específicas para detectar bordas com direções previamente desejadas



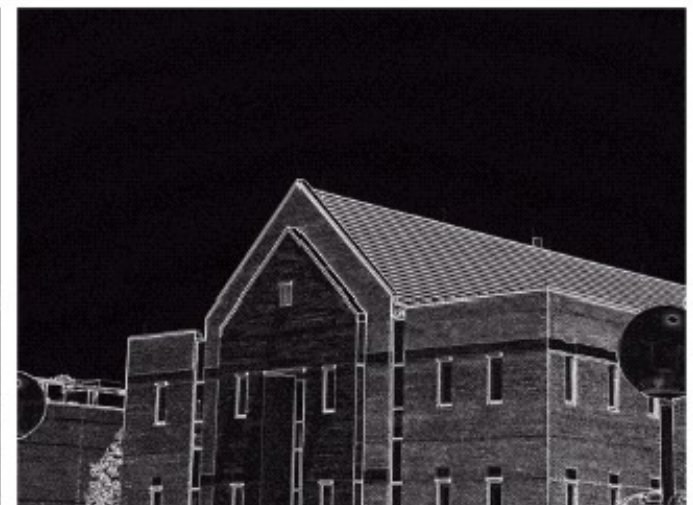
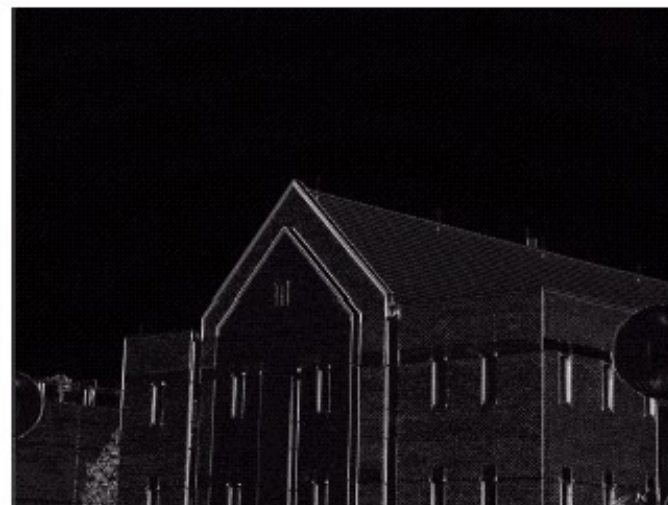
Segmentação de Imagens

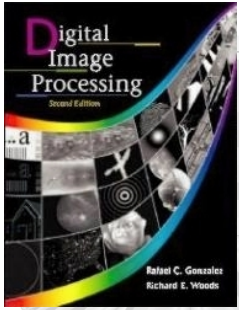
a) Imagem Original

b) $|G_x|$

c) $|G_y|$

d) $|G_x| + |G_y|$

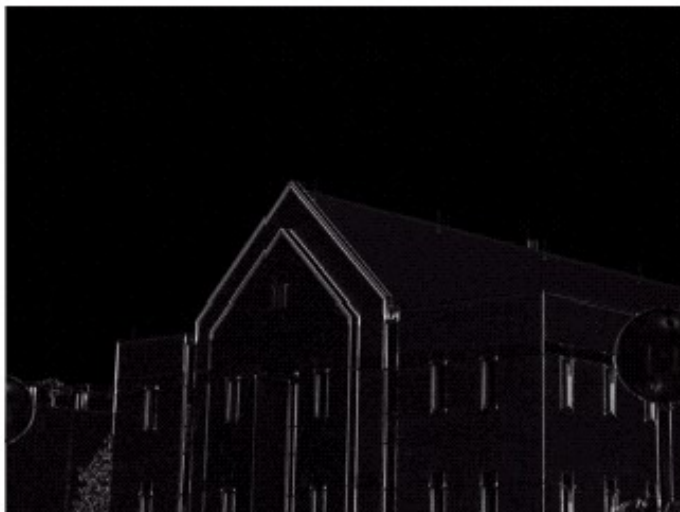




Segmentação de Imagens



a) Imagem Original seguida de suavização usando o filtro da média 5x5



b) $|G_x|$

c) $|G_y|$

d) $|G_x| + |G_y|$

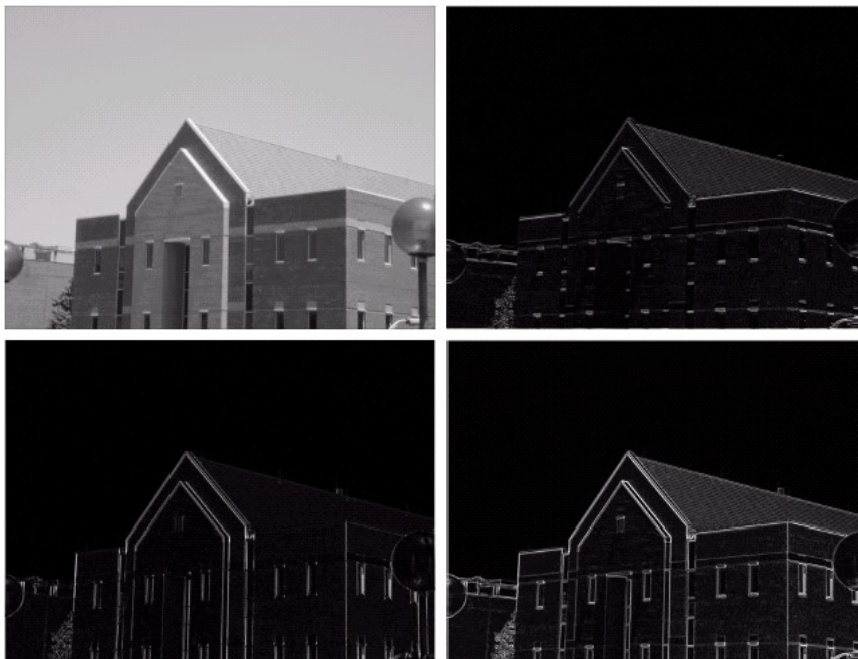
Segmentação de Imagens

a) Imagem Original

b) $|G_x|$

c) $|G_y|$

d) $|G_x| + |G_y|$



a) Imagem Original seguida de suavização usando o filtro da média 5x5

b) $|G_x|$

c) $|G_y|$

d) $|G_x| + |G_y|$



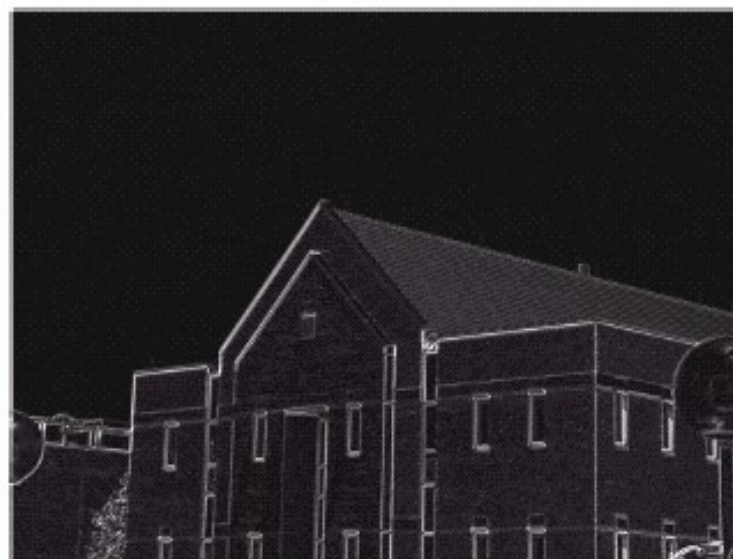
Segmentação de Imagens

Usando Filtros para
Bordas inclinadas

0	1	2
-1	0	1
-2	-1	0



-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2





Segmentação de Imagens

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

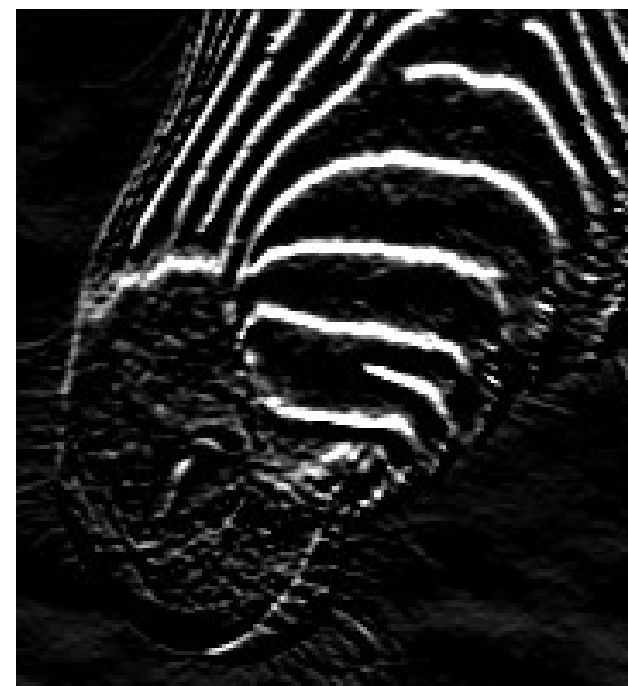
Sobel

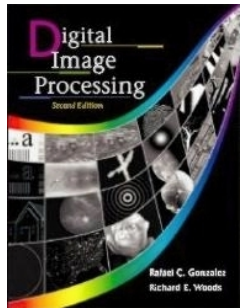
$$\frac{\partial f}{\partial y} = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial f}{\partial x}$$



$$\frac{\partial f}{\partial y}$$





Segmentação de Imagens



← **magnitude**

Sobel (vertical + horizontal)