

Detecção de Bordas

Prof. Aurélio Hoppe

aureliof@furb.br

<http://www.inf.furb.br/~aurelio/>

Grupo de Processamento de Imagens,
Análise de dados, Robótica e
Simulação computacional

Bibliografia



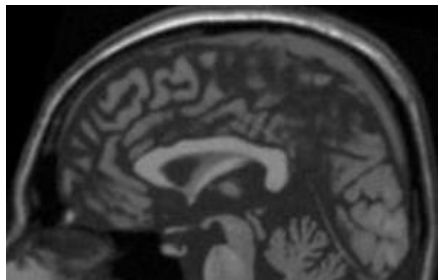
Processamento digital de imagens, 3ª ed.

Rafael C. Gonzalez e Richard E. Woods

Porque contornos são importantes?



Porque contornos são importantes?



Detecção de bordas

- Busca identificar descontinuidades repentinas na imagem
Edges
- Para humanos, as bordas (e formas) possuem maioria da informação semântica presente numa imagem
- Representação mais compacta do que pixels

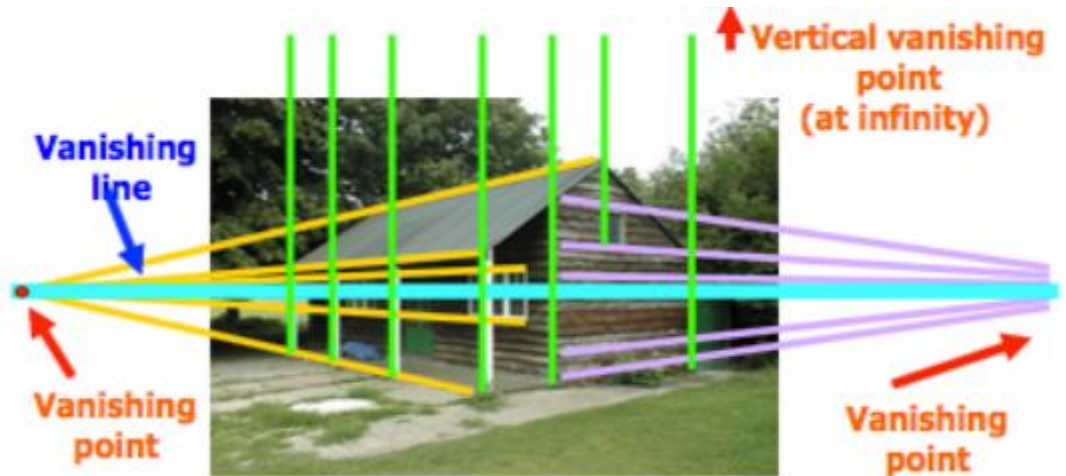
Objetivo máximo

- Detectar bordas com a máxima precisão



Em PDI ou VC, qual é o seu papel?

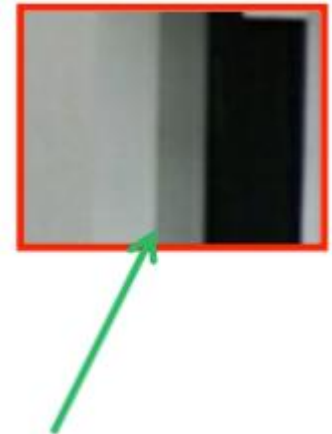
- Extrair informação
- Reconhecimento de objetos
- Recuperar geometria



Origens da detecção de bordas

- Descontinuidade de superfície
- Descontinuidade de profundidade
- Descontinuidade de cor de superfície
- Descontinuidade de iluminação

Descontinuidade de superfície



Descontinuidade de profundidade

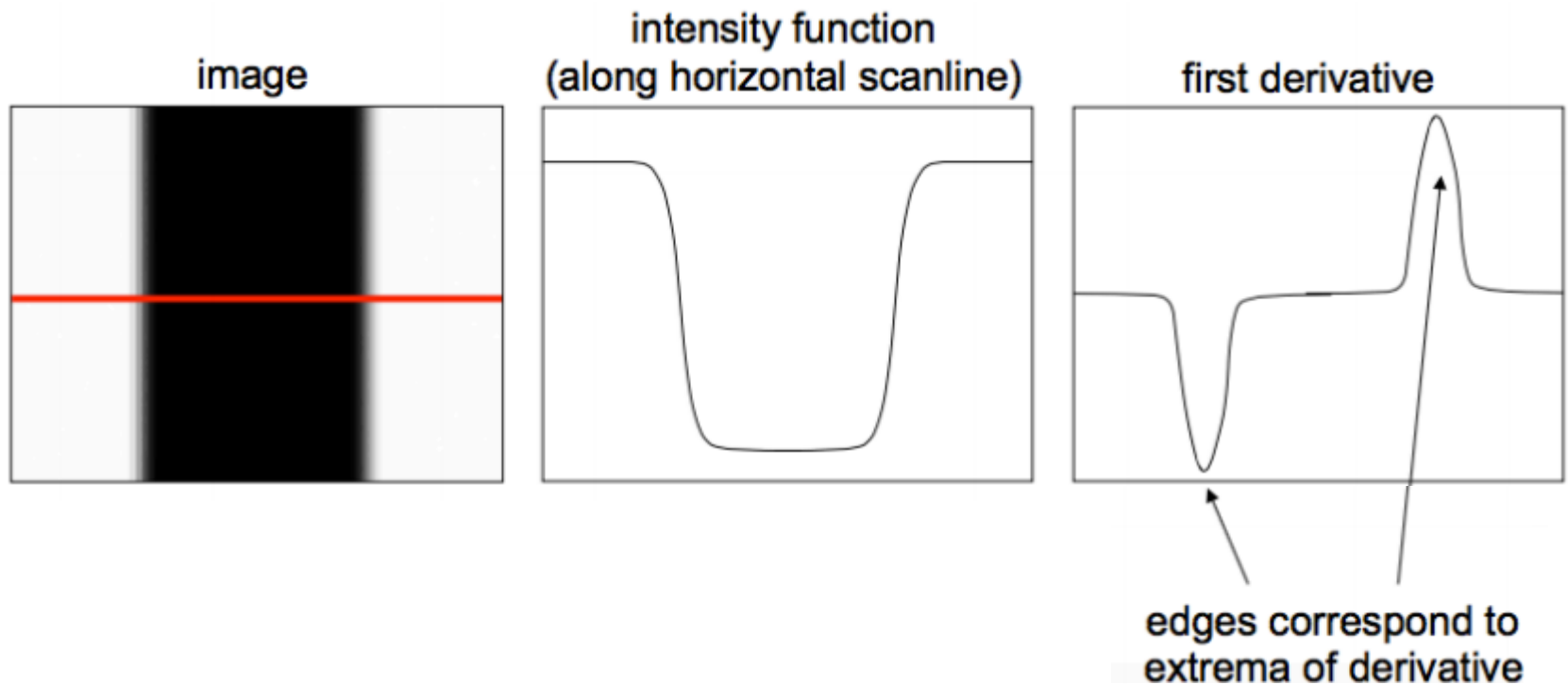


Descontinuidade de cor de superfície



O que são bordas

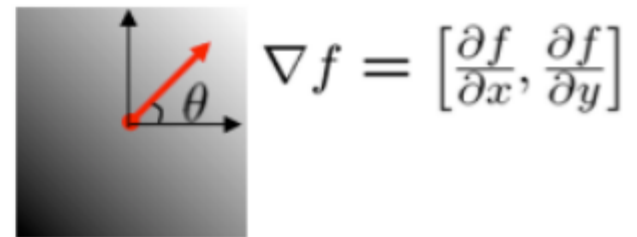
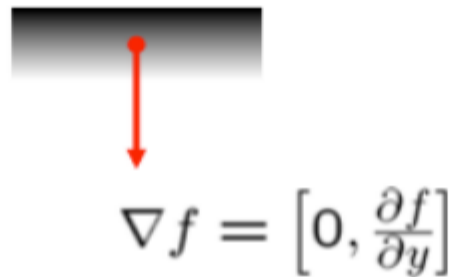
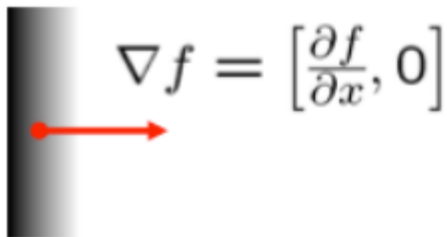
- Local na imagem onde acontece rápida mudança de tonalidades



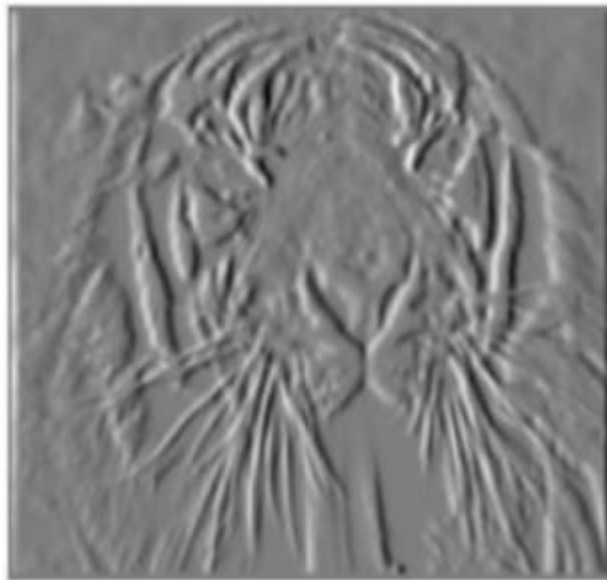
Gradiente de uma imagem

- O gradiente de um imagem é a derivada no ponto
- Representa a força direcional num ponto (x,y)

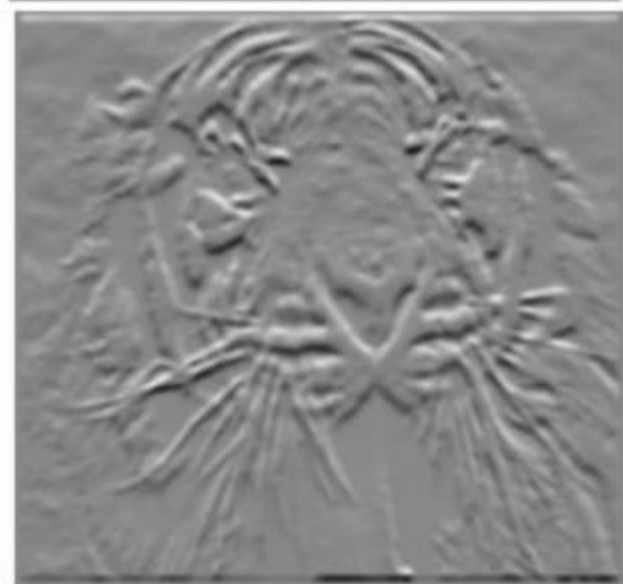
$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$



Gradiente de uma imagem



X



Y

Magnitude do Gradiente

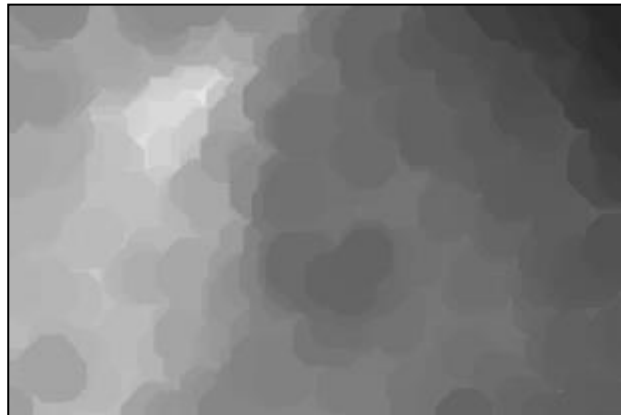


Remover sombreamento

$$R(x, y) = I(x, y) / M(x, y)$$



Imagem original



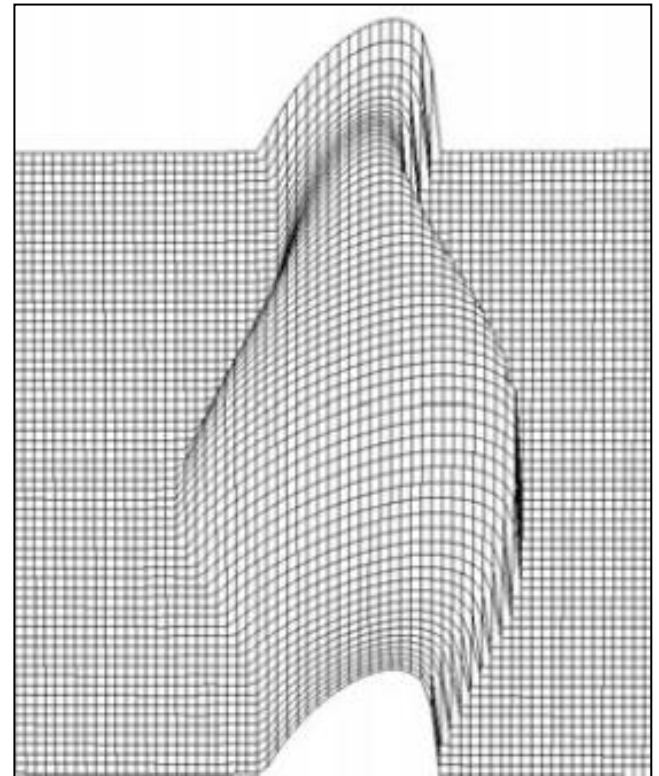
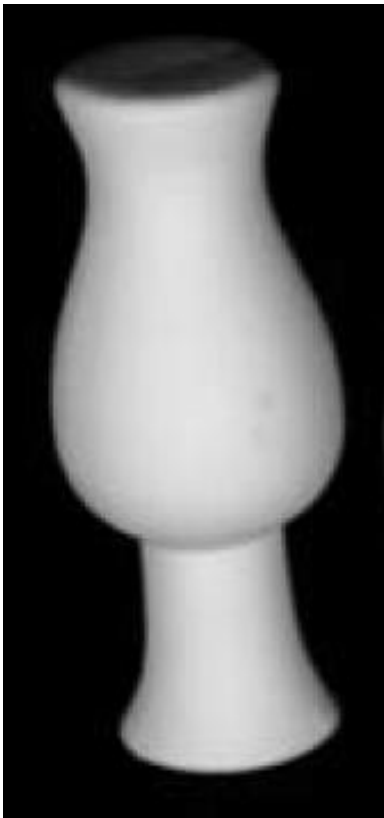
Filtro morfológico



Imagem corrigida

Shape from Shading

- Estimando o forma/sombreamento a partir do formato do objeto



Curvatura estimada

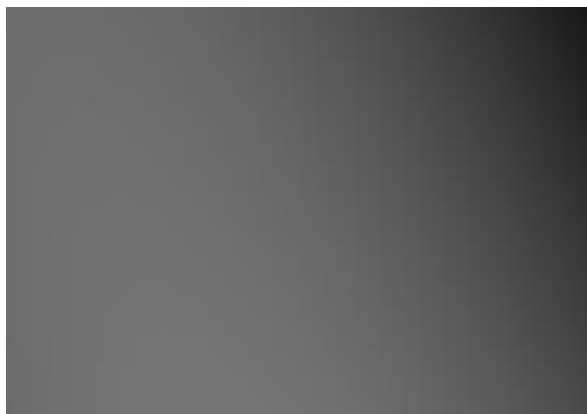
Remover sombreamento

$$z(x, y) = P_1x^2 + P_2y^2 + P_3xy + P_4x + P_5y + P_6$$

Método de Gauss-Newton para balancear os coeficientes



Obtenção da amostra



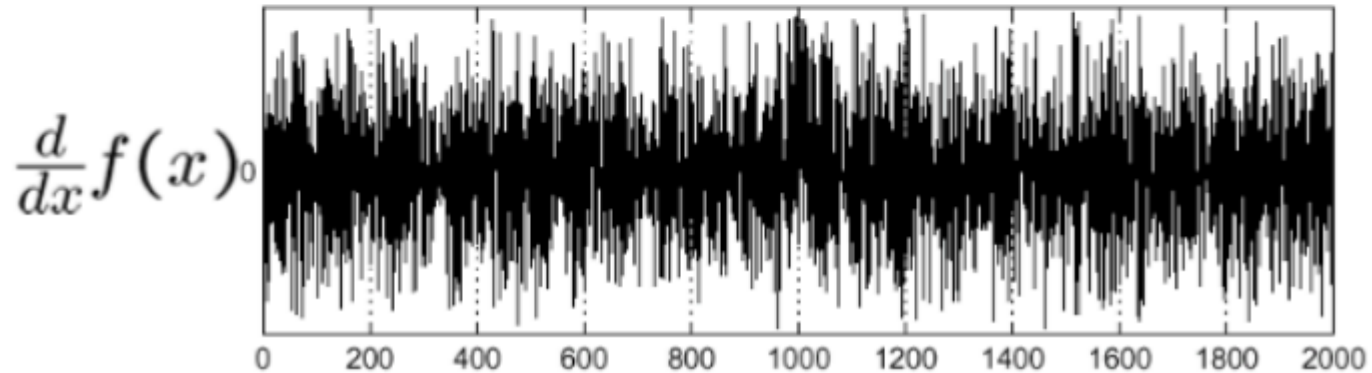
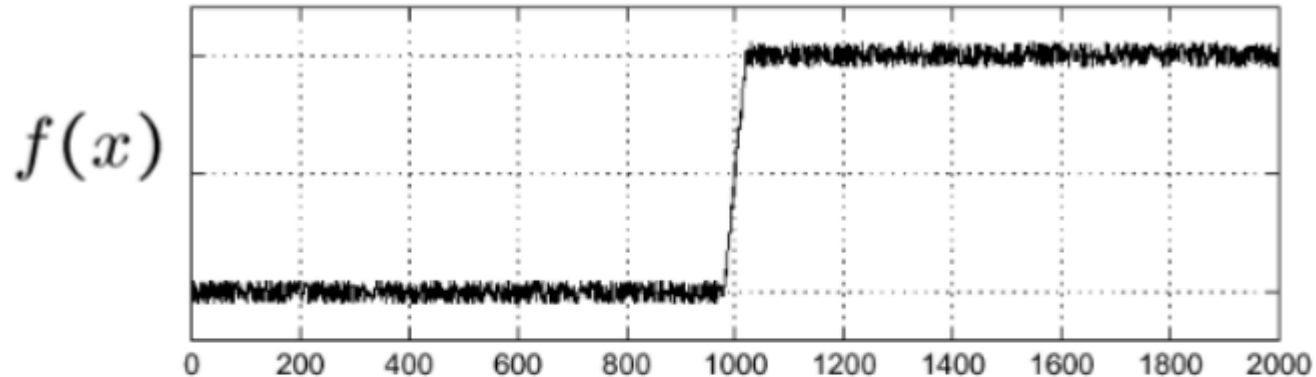
Modelo da intensidade da iluminação



Redução do sombreamento

Efeitos causados por ruídos

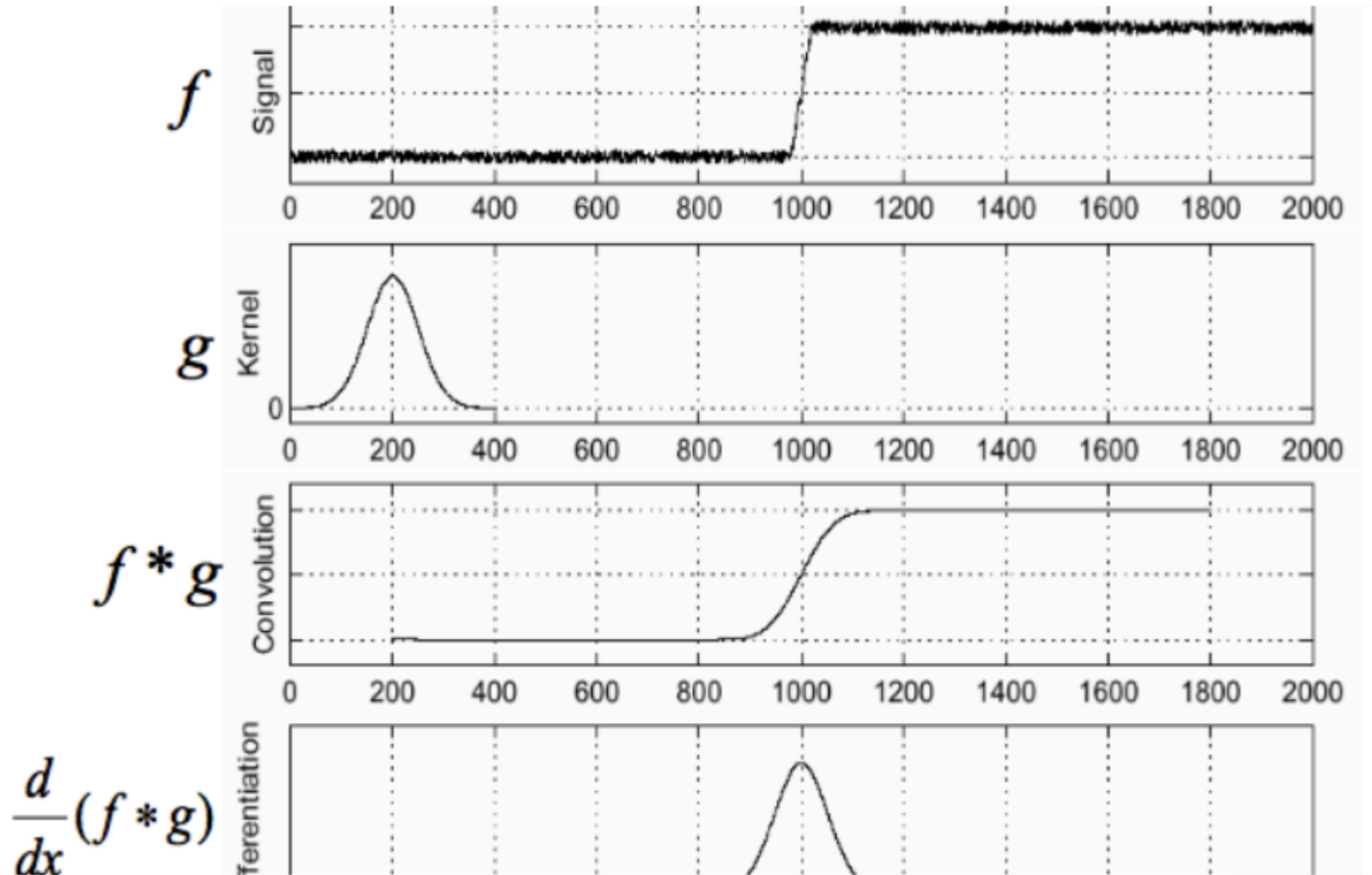
- Onde está o contorno?



Efeito dos ruídos: o que fazer?

- O ruído faz com que bordas não sejam corretamente obtidas:
 - Pixels muito próximos possuem comportamentos aleatório
 - Mudanças súbitas de cor
- O que pode ser feito?
 - Remover ruídos com filtros passa baixa

Filtro primeiro: Gaussiano

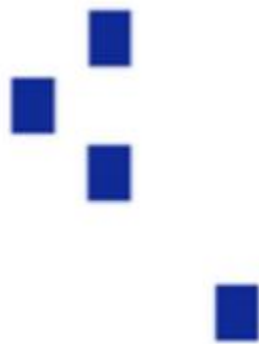


O que seria um bom detector?

- Precisa satisfazer 3 propriedades:
 - Detecção: minimizar falso positivos
 - Localização: devem estar ou ser a própria borda
 - Resposta atômica: o mínimo possível de contornos



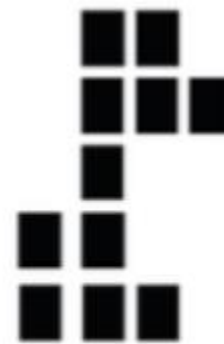
True
edge



Poor robustness
to noise



Poor
localization



Too many
responses

Quais são as opções?

- a. Roberts
- b. Prewitt
- c. Sobel
- d. Canny

Convolução

13	3	1
9	11	14
5	16	9

 $*$

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

 $=$

0	-3	0
-9	44	-14
0	-16	0

Σ

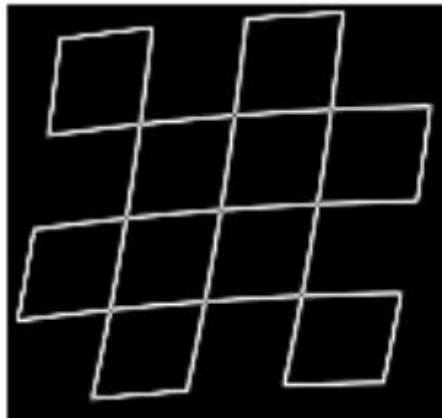
	2	

Roberts: primeira derivada

- Método simples
 - Sensível a ruído
 - Melhor aplicado em imagens binárias
- Máscaras

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

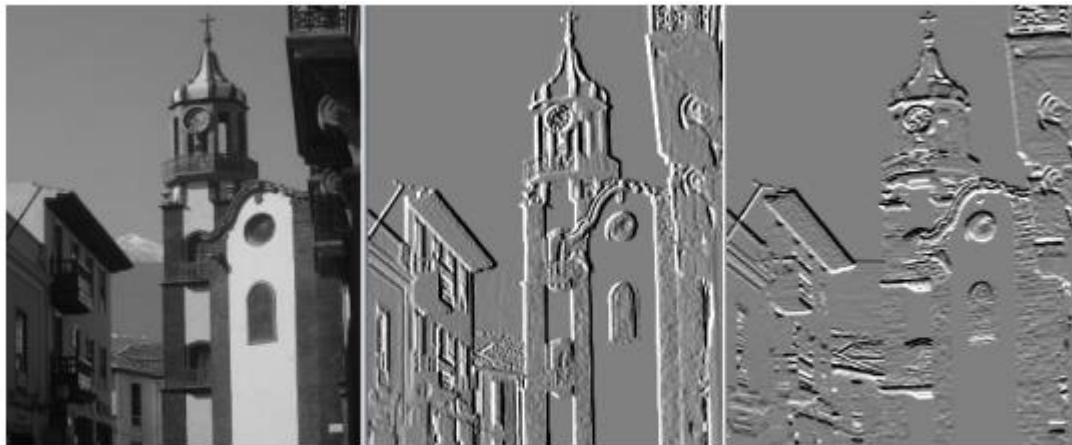
$$G_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$



Prewitt: primeira derivada compass

- Derivadas parciais realizadas nas 8 direções básicas

$$\begin{aligned} h_1(i,j) &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} & h_2(i,j) &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} & h_3(i,j) &= \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} & h_4(i,j) &= \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ h_5(i,j) &= \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & h_6(i,j) &= \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} & h_7(i,j) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} & h_8(i,j) &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$



H3

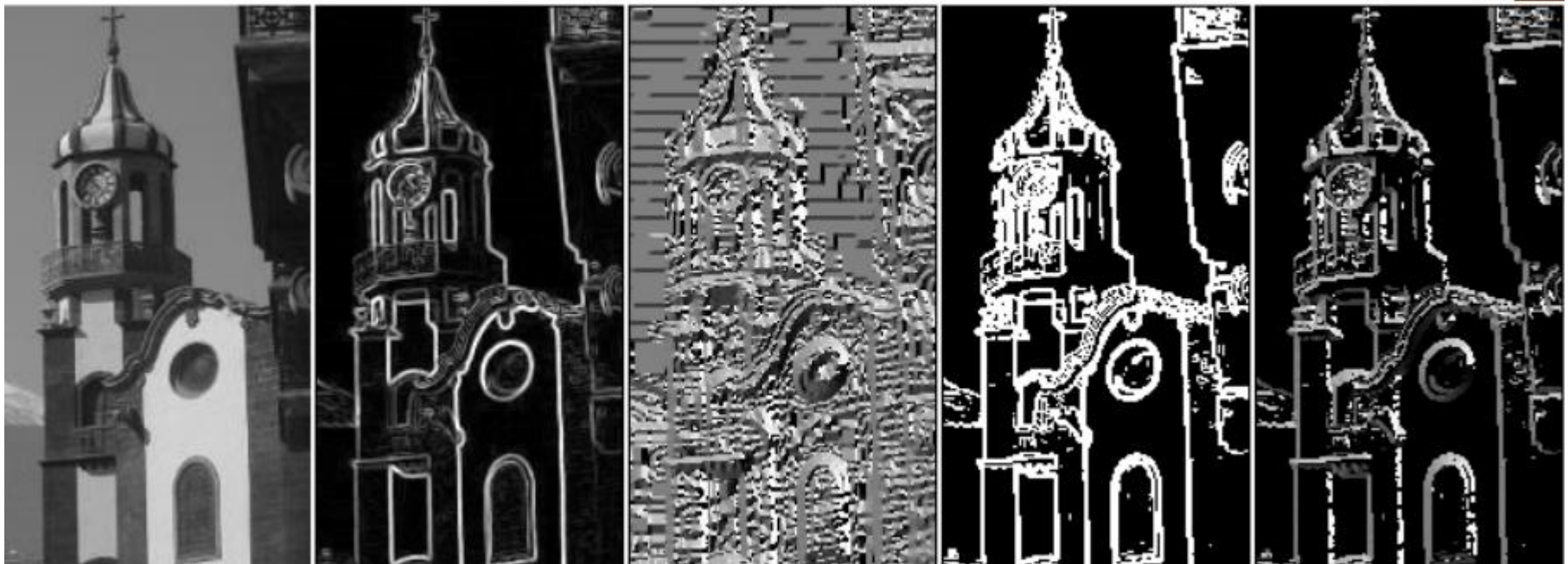
H1

Sobel: primeira derivada compass

$$Z_h = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad Z_v = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G_x = (Z_7 + 2Z_8 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_2 + Z_3)$$

$$G_y = (Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 + Z_7)$$



Comparando os diversos Filtros

Operador	Vertical	Horizontal
Roberts	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Sobel	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$
Prewit	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

Canny

- Baseado em sucessivas Gaussianas (ou usando gaussianas como complementar)
- Canny demonstra que a primeira derivada da gaussiana aproxima com alta precisão a detecção de bordas, com as propriedades de localização e atomicidade

$$G'(x) = \frac{-x}{\sqrt{2\pi}\sigma^3} e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}}$$

Borda



Uniformização de Gauss



Primeira Derivada

