
Capítulo III – Processamento de Imagem

Proc. Sinal e Imagem
Mestrado em Informática Médica

Miguel Tavares Coimbra

Resumo

1. Manipulação ponto a ponto
2. Filtros espaciais
3. Extração de estruturas geométricas
4. Introdução à segmentação

1. Manipulação ponto a ponto

1. Manipulação ponto a ponto

- a. Negativo de uma imagem
- b. Manipulação da gama dinâmica
- c. Equalização de histograma

2. Filtros espaciais

3. Extração de estruturas geométricas

4. Introdução à segmentação

Definições

- **Domínio espacial**
 - Refere-se à representação matricial da imagem em que cada pixel representa um ponto visual desta.
 - Por oposição: **Domínio das frequências.**
- **Operações neste domínio**
 - Podem ser expressas por:

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

Manipulação ponto a ponto

- A transformação T opera numa janela:
 - Imagem completa
 - Região
 - Ponto
- Se a janela se reduzir a um ponto temos:
 - Valor transformado é independente do valor dos vizinhos – **Manipulação ponto a ponto.**

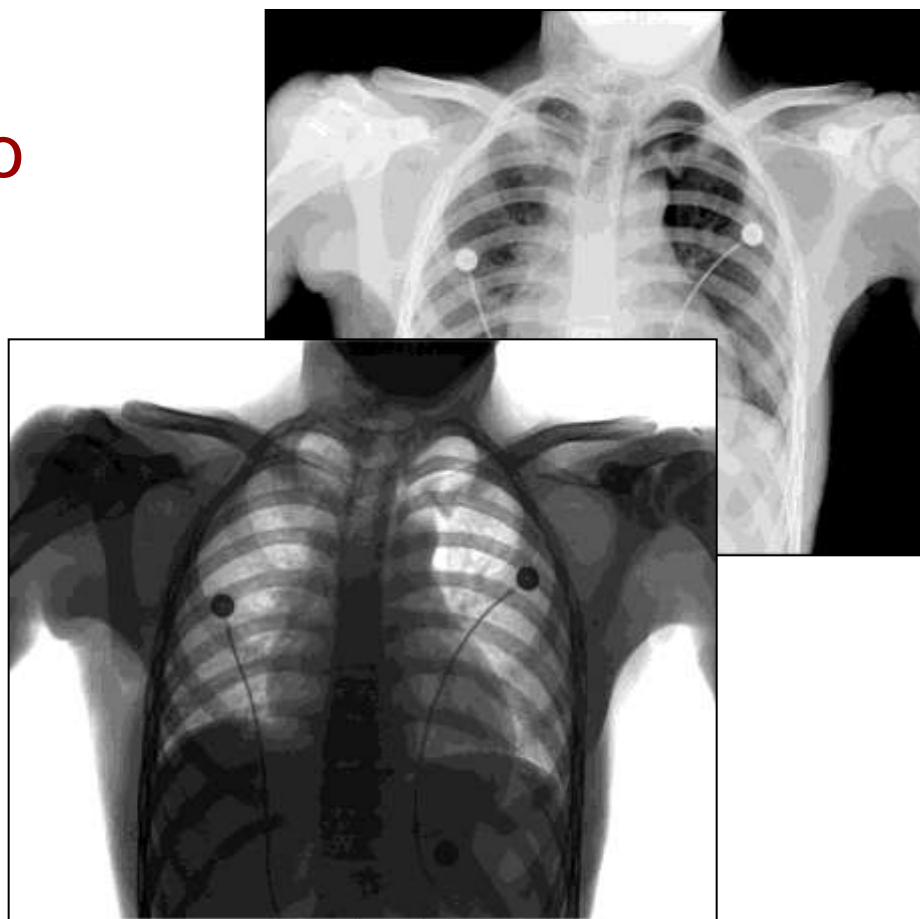
$$s = T(r)$$

Negativo de uma imagem

- Corrige certos métodos de aquisição de imagem.
- Melhora a clareza psicovisual.

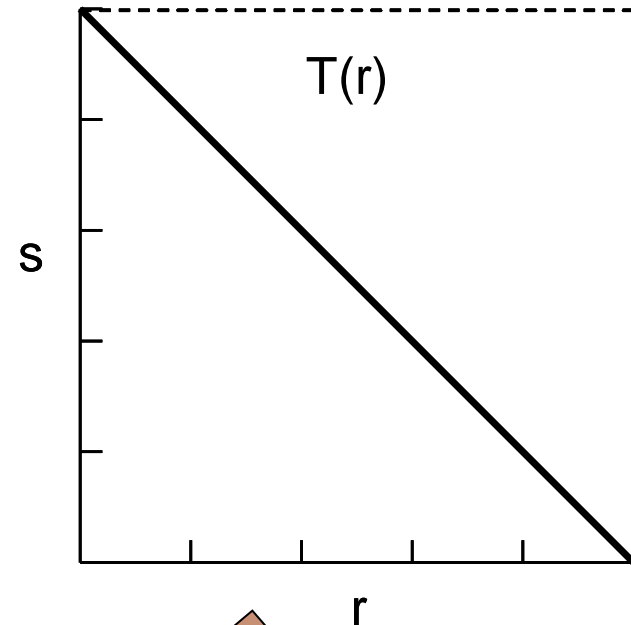
$$s = (MAX - r)$$

$$s = (255 - r)$$



Manipulação da gama dinâmica

- **Gama dinâmica**
 - Variações de luz suportadas pela imagem.
 - Grande influência na percepção humana.
 - Manipulação usando uma *função de transformação*.

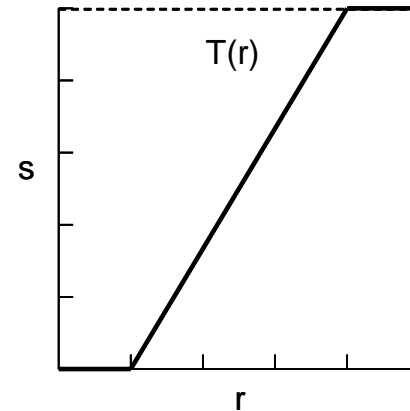


Função de transformação:
Negativo de uma imagem

Contrast Stretching

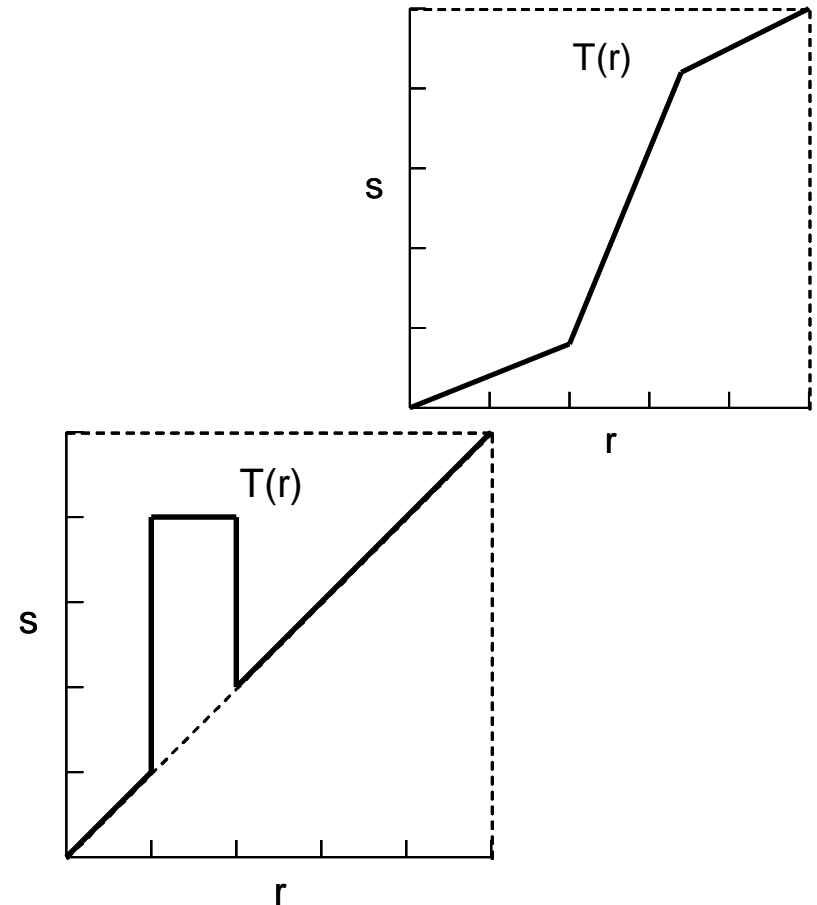
- ‘Estica’ a gama dinâmica de uma imagem.
- Melhora a utilização da gama dinâmica digital.
- Corrige problemas de captura óptica:
 - Má iluminação, abertura óptica, baixa eficácia dos sensores, etc.

$$s = \max \frac{r - \min}{\max - \min}$$



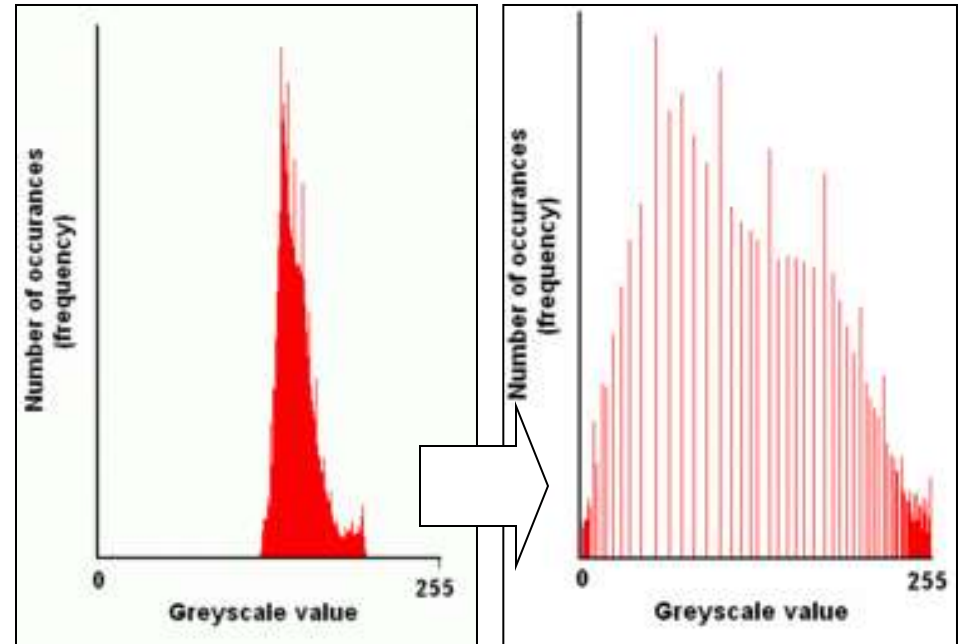
Manipulação específica

- Adaptável às necessidades do problema.
- Adaptável ao sistema de aquisição.
- Flexibilidade:
 - Transformação linear.
 - Transformação não linear.
 - Definida pela *função de transformação*.



Equalização de histograma

- Tenta melhorar a eficiência de utilização do espaço de amplitudes.
 - Histograma plano
- Sinal digital:
 - Histograma 'quase' plano
- Melhora contraste.
- Pode criar cores irrealistas!



$$f(a) = 255.P(a)$$

Equalização de histograma - Exemplo



2. Filtros espaciais

1. Manipulação ponto a ponto
- 2. Filtros espaciais**
 - a. Máscaras espaciais
 - b. Tipos de filtros
3. Extracção de estruturas geométricas
4. Introdução à segmentação

Definições

- **Filtros espaciais**

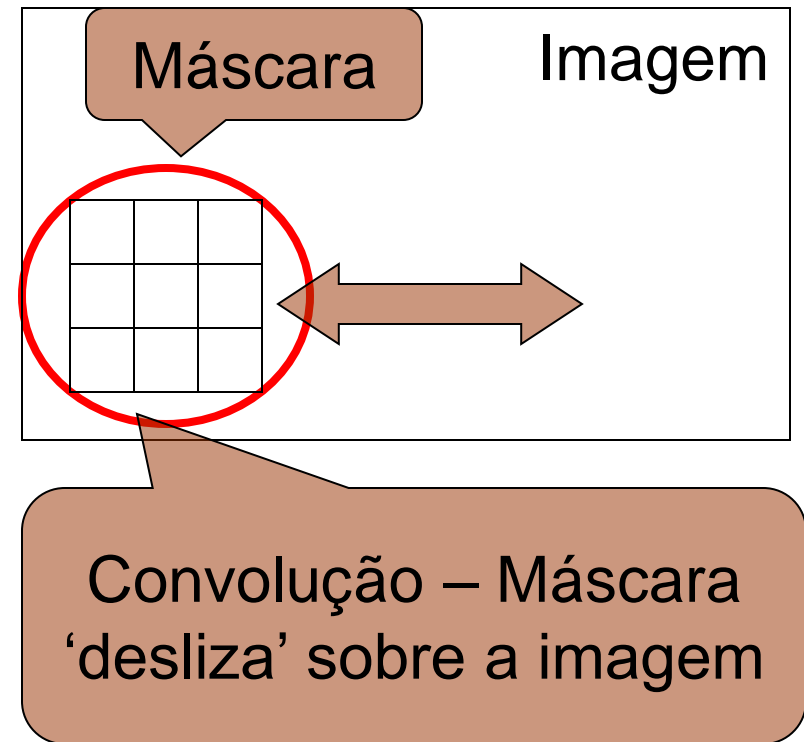
- Utilizam uma **máscara** para actuar sobre uma região da imagem.
- Trabalham directamente com os pontos da imagem.
- Por oposição: **Filtros de frequência.**

- **Vantagens**

- Implementação simples: **convolução** com uma máscara.
- Máscaras diferentes permitem uma **grande variedade de funcionalidades.**

Máscara espacial

- Forma simples de processar uma imagem.
- Máscara define a função aplicada.
- Corresponde a uma multiplicação no espaço de frequências.



Máscara espacial - Exemplo

- Cada posição da máscara possui um peso p .
- O resultado da operação num ponto é igual a:

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

Máscara

2	2	2
4	4	4
4	5	6

Imagem

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b p(s, t) \cdot f(x + s, y + t)$$

$$\begin{aligned} &= 1 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 1 \cdot 2 + \dots \\ &= 8 + 0 - 20 \\ &= -12 \end{aligned}$$

Smoothing – Média

- Consiste em **atenuar** as frequências espaciais elevadas da imagem (filtro passa-baixo).
 - Torna a imagem mais 'suave'.
 - Usado na remoção de ruído.
- Pode ser implementado com máscaras ou no espaço de frequências.

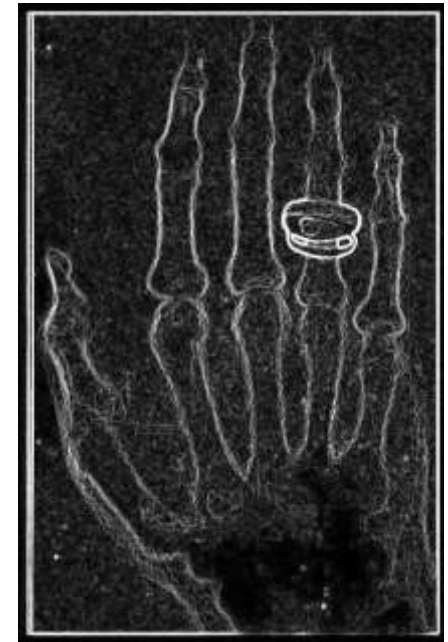


1	1	1
1	1	1
1	1	1

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

Sharpen - Laplaciano

- Operação inversa: **Acentua** as frequências espaciais elevadas da imagem.
 - Acentua as fronteiras da imagem.
 - Parece tornar a imagem mais 'nítida'.
- Implementação:
 - Filtro passa-alto (Laplaciano).
 - Resultado somado à imagem original.



0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

Outros filtros espaciais

- **Passa-baixo**

- Mediana
- Gaussiano

A máscara utilizada não necessita de ser 3x3!

- **Passa-alto**

- Detectores de fronteiras.

- **Outros**

- Podemos configurar um filtro espacial, dado um determinado filtro de frequência.

Tipos de resultados

- **Imagem**

- A matriz representa uma ‘imagem fotográfica’.
 - Espaço de cores original.
 - Novo espaço de cores.
- Objectivos:
 - Remover ruído.
 - Melhorar visibilidade.
 - Artístico.

- **Característica**

- O resultado não é uma ‘imagem’ (sentido restrito).
- Mede uma característica da imagem.
- Objectivos:
 - Detecção.
 - Extracção de características.

3. Extr. estruturas geométricas

1. Manipulação ponto a ponto
2. Filtros espaciais
- 3. Extração de estruturas geométricas**
 - a. Pontos, linhas e fronteiras
 - b. Operadores populares
 - c. Outras formas
4. Introdução à segmentação

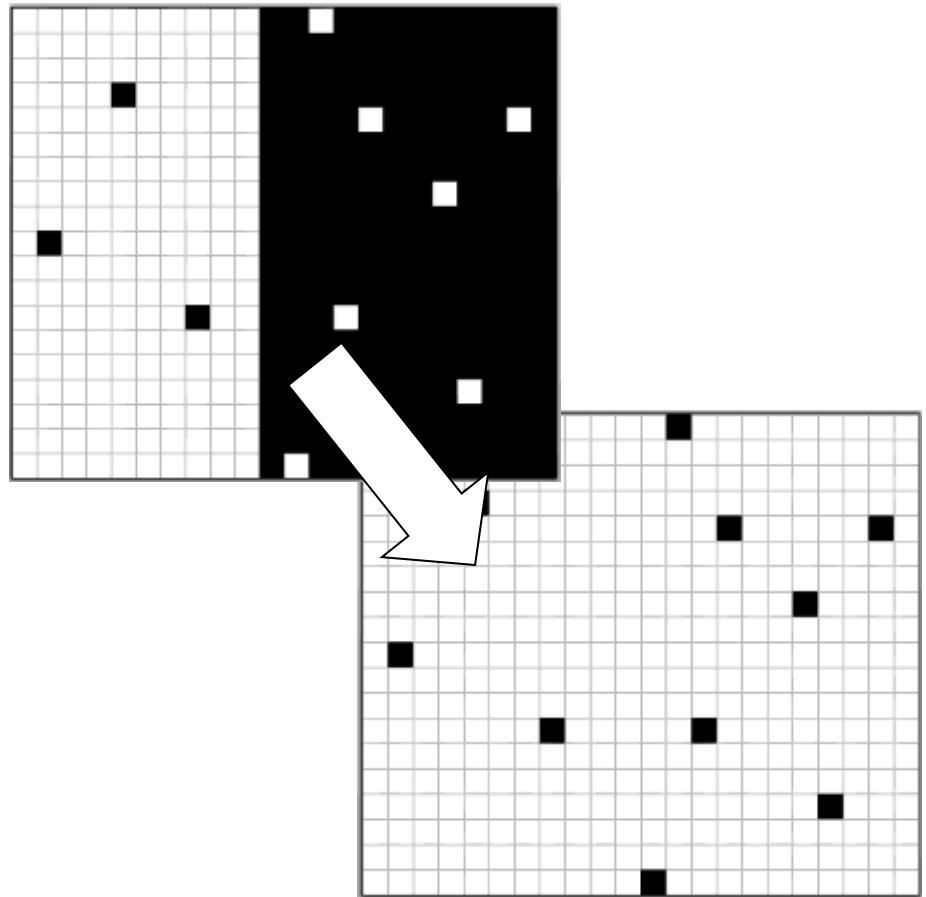
Definições

- As estruturas geométricas são **descontinuidades** na matriz da imagem.
- O **gradiente** espacial ajuda-nos a medir o grau de **variação espacial** da imagem.
- Zonas de elevado gradiente denotam descontinuidades.
- Posso usar **máscaras espaciais** para medir o gradiente.

Pontos

- Um ponto isolado deve ter elevado gradiente:
 - Horizontal
 - Vertical
- Máscara simples.

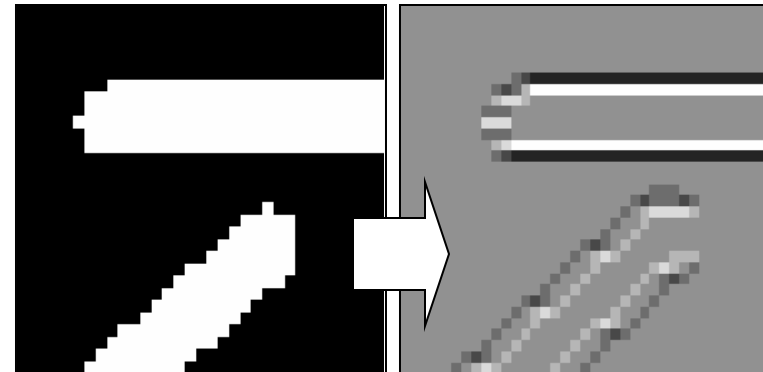
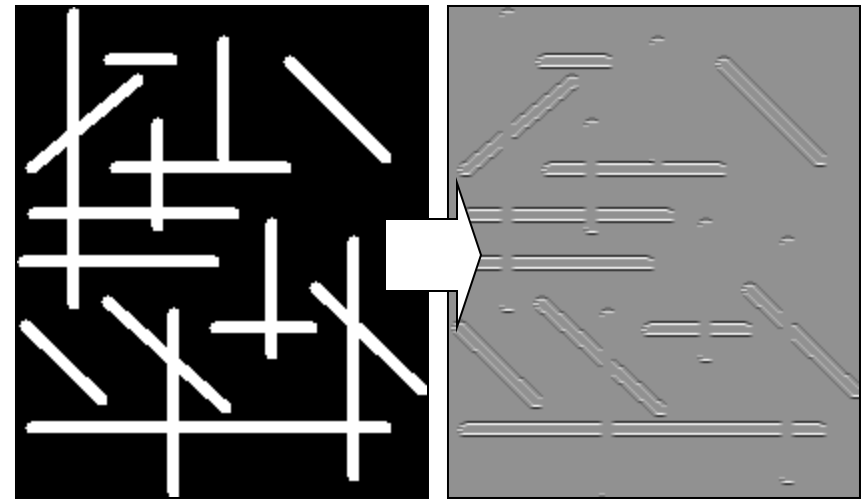
-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1



Linhas

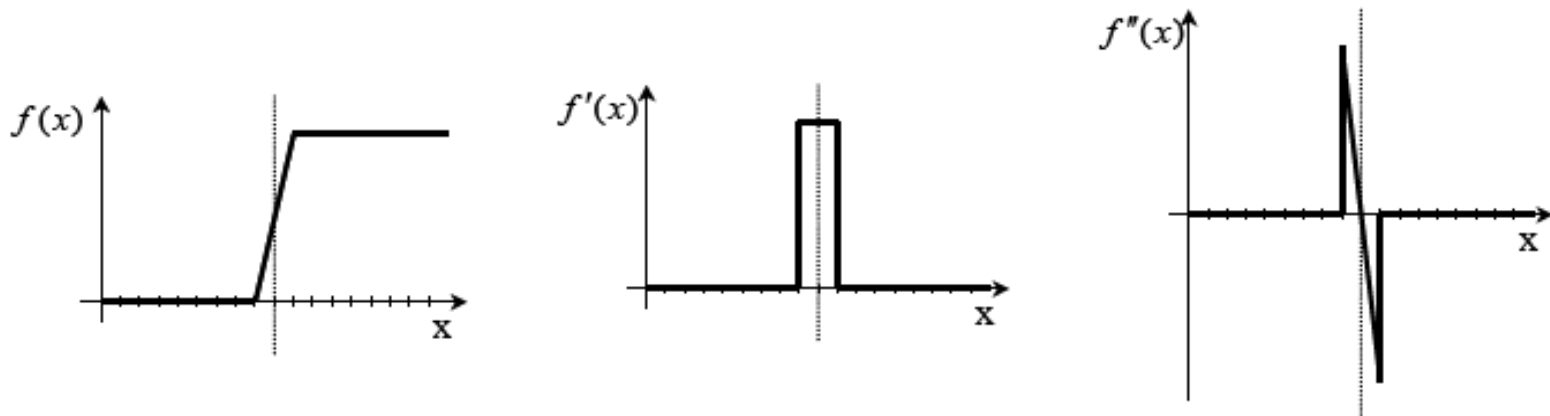
- Uma linha reflecte um gradiente forte numa só direcção.
- Duas máscaras:
 - Horizontal
 - Vertical
- E para mais direcções?
 - Mais máscaras!

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



Fronteiras

- **Fronteira:**
 - Descontinuidade espacial da amplitude dos pixels.
 - Magnitude elevada do gradiente espacial.
 - Primeira derivada (pico)
 - Segunda derivada (*zero crossing*)



Operadores populares

- **Detecção de fronteiras**

- Grande utilidade para vários problemas.
- Problema bem estudado.

$$G_x \rightarrow \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G_y \rightarrow \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

a) Sobel edge detector

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

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

b) Prewitt edge detector

- **Soluções variadas**

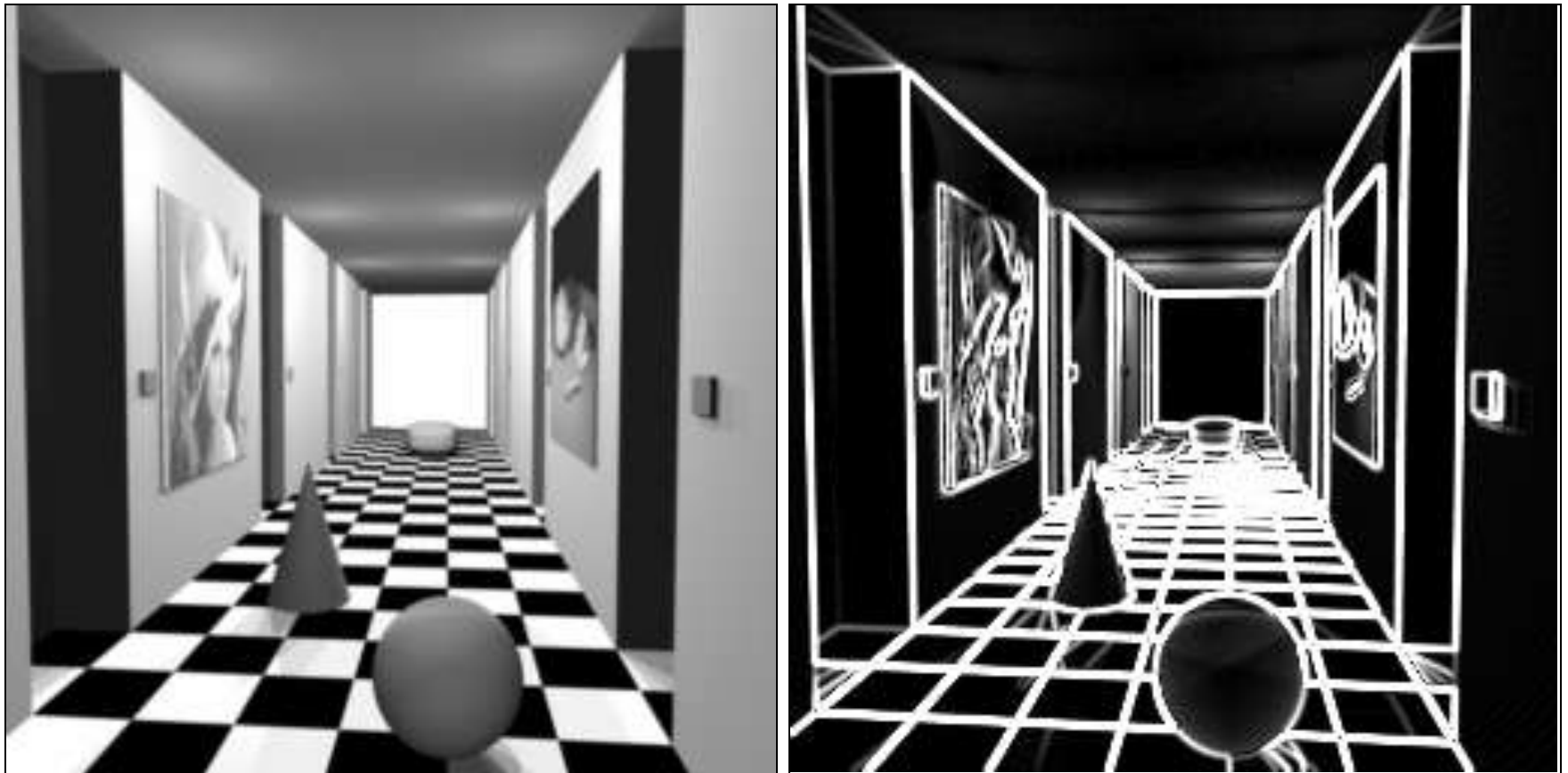
- Sobel, Prewitt, Roberts,...

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

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

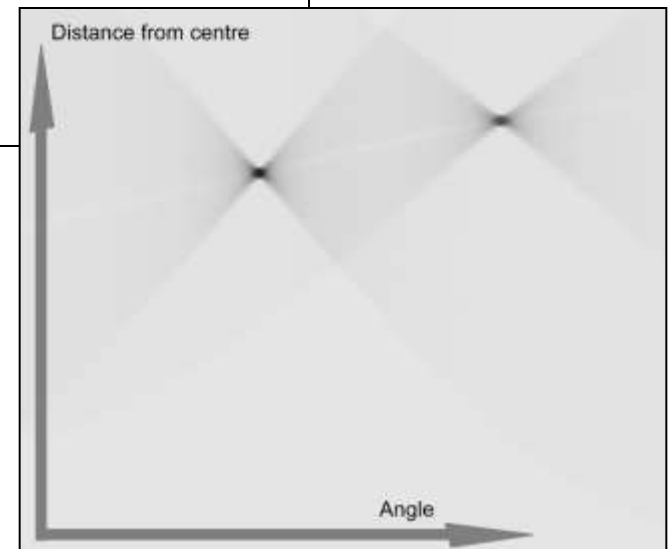
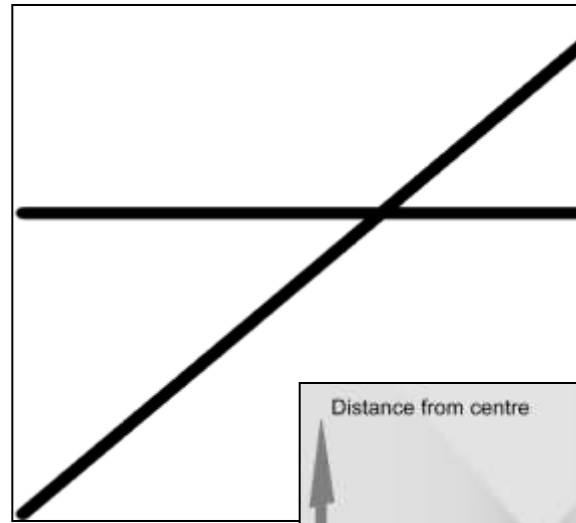
c) Roberts edge detector

Exemplo



Transformada de Hough

- Equação de uma linha:
 - Parâmetros: x, y
 $y_i = ax_i + b$
 - Parâmetros: a, b
 $b = -x_i a + y_i$
- Linha que passam por um ponto:
 - x, y – infinitas
 - a, b – uma!



Outras formas

- Codifico na máscara a forma a detectar.
- Rigidez da detecção:
 - Dimensão.
 - Orientação.
- Variabilidade na detecção:
 - Preciso de muitas máscaras!

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Util para formas muito específicas

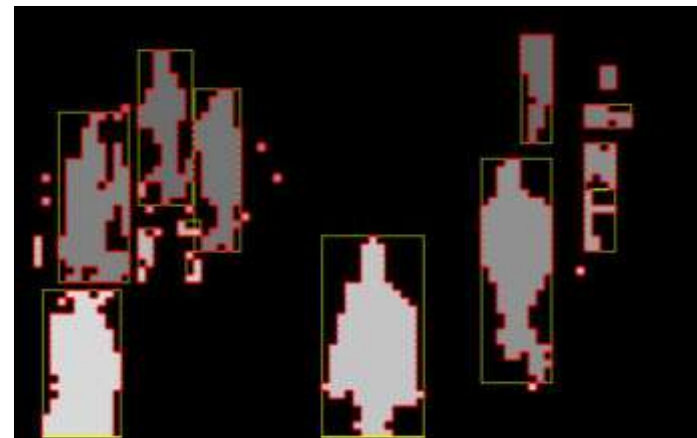
4. Introdução à segmentação

1. Manipulação ponto a ponto
2. Filtros espaciais
3. Extração de estruturas geométricas
- 4. Introdução à segmentação**
 - a. Subjectividade do resultado
 - b. Thresholding*
 - c. Pré e Pós-processamento

Definição

- Consiste na separação da imagem em áreas diferentes.
 - Extracção de objectos.
 - Extracção de áreas com características próprias.

Nada trivial! É o '*santo graal*' de uma imensidão de problemas!



A subjectividade da segmentação

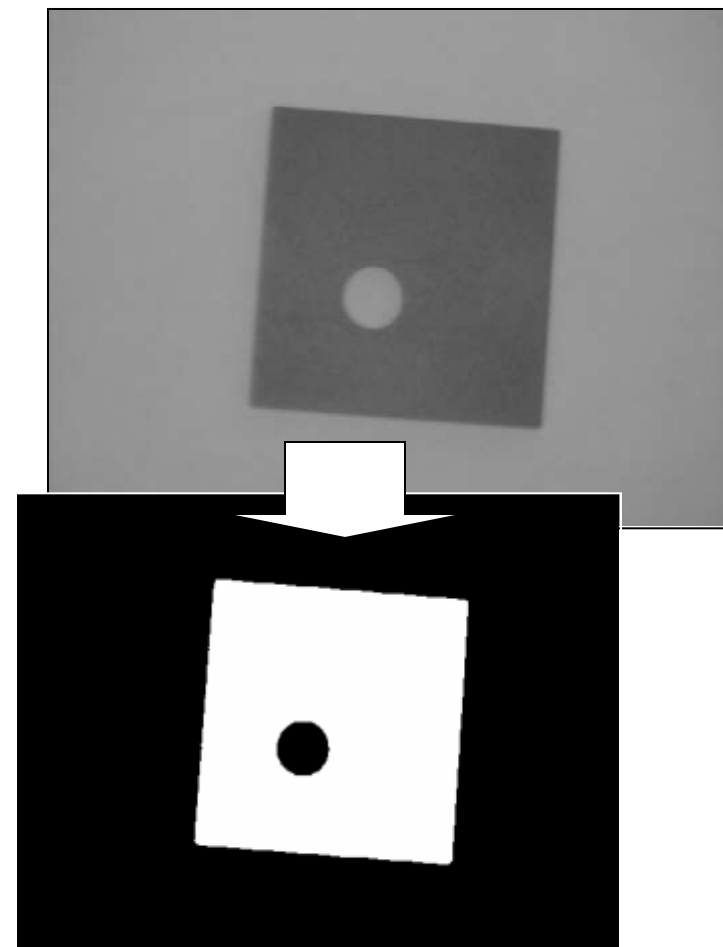
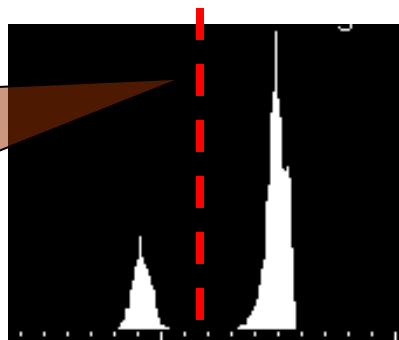
- O resultado de uma segmentação apenas é 'correcto' dado um determinado contexto.
 - Subjectividade!
 - Difícil implementação computacional.
 - Dificuldades na avaliação do desempenho.



Thresholding

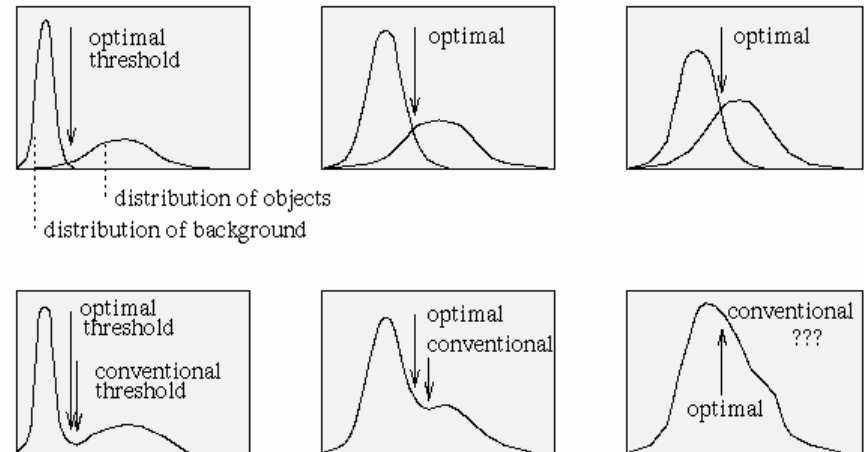
- Consiste em dividir uma imagem em duas zonas:
 - 1, se $f(x,y) > K$
 - 0, se $f(x,y) \leq K$
- Não é fácil de achar um *numero mágico k* ideal!
- Provavelmente a técnica mais popular de segmentação
 - Simples
 - Razoavelmente eficaz

Threshold adequado!



Números mágicos

- O resultado é muito sensível às variações de k .
- *Número mágico*.
 - Bom para uma situação.
 - Mau para todas as outras.
- Sistema tem que ser robusto!
- Como escolher k ?
 - Histogramas.
 - Outras técnicas.



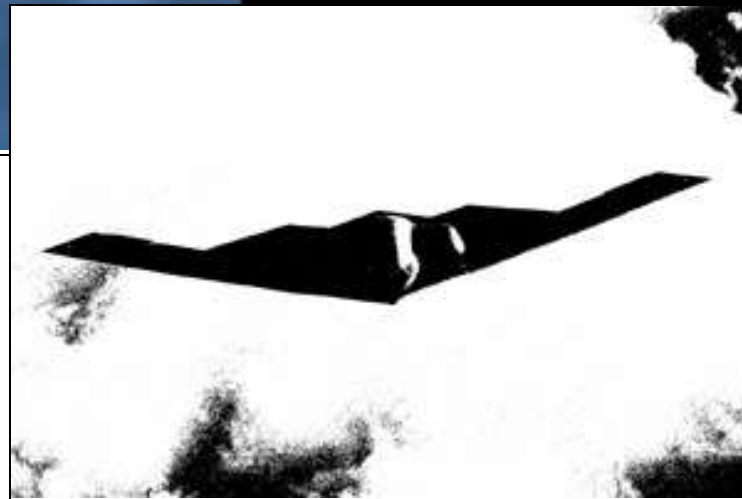
A combinação das distribuições de duas regiões pode tornar a segmentação simples (esquerda) ou muito difícil (direita).

Adaptado de [1]

Exemplo



Correcta
($k = 74$)



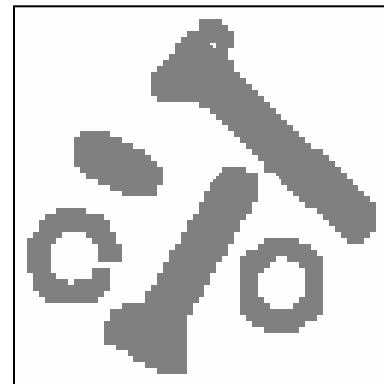
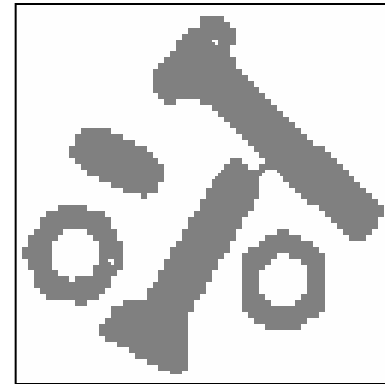
Errada!
($k = 128$)

Pré-processamento

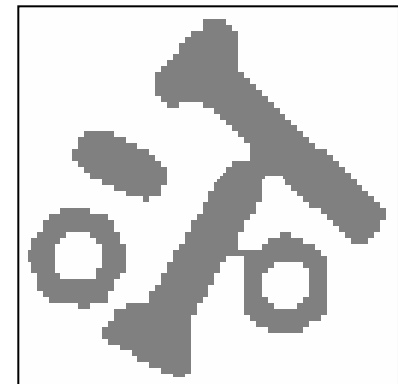
- Manipulação da imagem antes da aplicação do *thresholding*.
- Permite criar uma melhor separação das zonas no histograma.
- Mais comum: Filtragem de ruído.
 - Filtro passa-baixo.
 - Filtro de mediana.

Pós-Processamento

- Tenta corrigir os erros de segmentação.
- Conhecimento *a-priori* acerca do resultado esperado.
- Filtros morfológicos.
 - Muito populares para pós-processamento.
 - Abertura.
 - Fecho.



Abertura



Fecho

Resumo

- Operações ponto a ponto.
- Máscaras e filtros espaciais.
- Extração de formas geométricas simples.
- *Thresholding* e os números mágicos.
- Vantagens do Pré e Pós-Processamento.

Referências

1. M. Sonka et al., “Image Processing, Analysis and Machine Vision”, 2nd Edition, International Thomson Publishing, 1999.
2. Gonzalez and Woods, “Digital Image Processing – 3rd Edition”, Prentice Hall, 2008.