



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
PPGER – PPGCC

Aula 3: Técnicas Básicas de PDI

Visão Computacional

Prof. Dr. Pedro Pedrosa

pedrosarf@ifce.edu.br

professorpedrosoa.com

Tipos de operações

- Pixel-a-pixel
 - A matriz resultante, Z, é obtida calculando X operação Y = Z, onde X e Y podem ser imagens (matrizes) ou escalares, Z é necessariamente uma matriz. operação é uma operação de matemática binária (+, -, x, /) ou lógica (AND, OR, XOR).
- De vizinhança
 - O pixel resultante na coordenada (x,y) depende do seu valor original e do valor dos pixels seus vizinhos (Exemplo: convolução).
- Linear
 - $H(af + bg) = aH(f) + bH(g)$
- Não linear
 - As restantes operações.



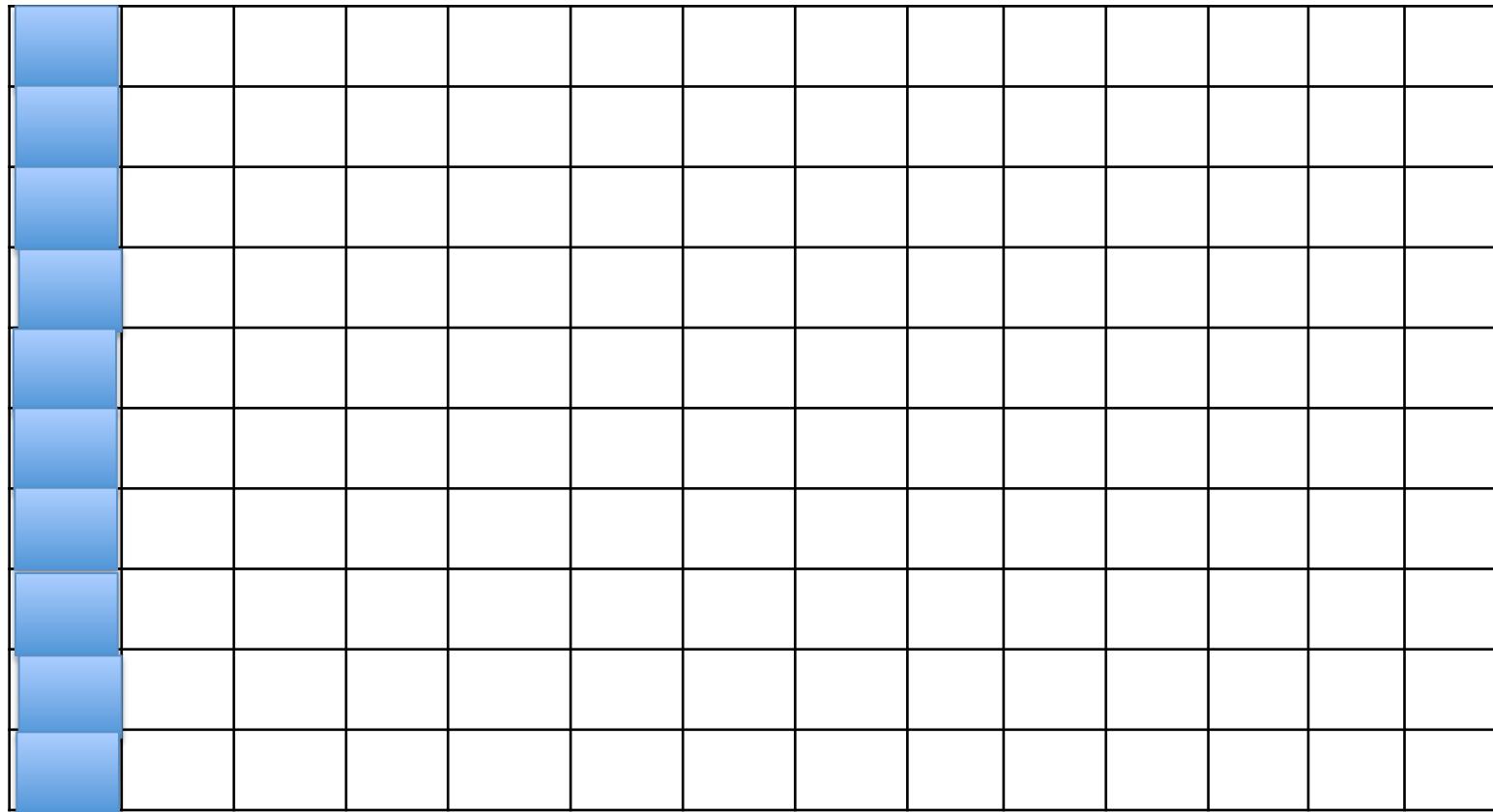
Operações

Pixel a Pixel

Operações Pixel a Pixel

Varredura na imagem

Jargão que significa percorrer a imagem toda...



Operações com matrizes/imagens

Soma de matrizes

1	1	1	1	

2	2	2	2	

3	3	3	3	

$f(x,y)$

+

$g(x,y)$

=

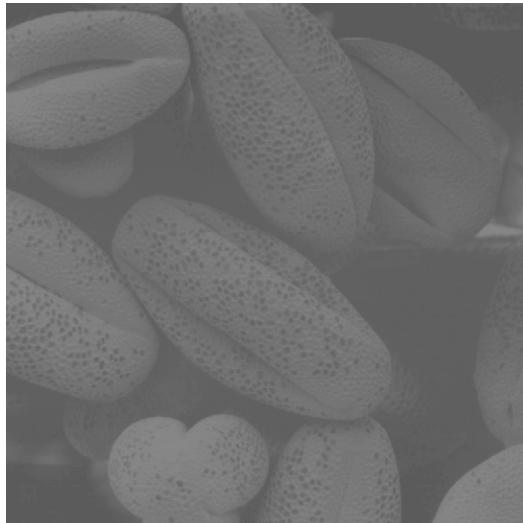
$s(x,y)$

O mesmo é válido para subtração, multiplicação e divisão.

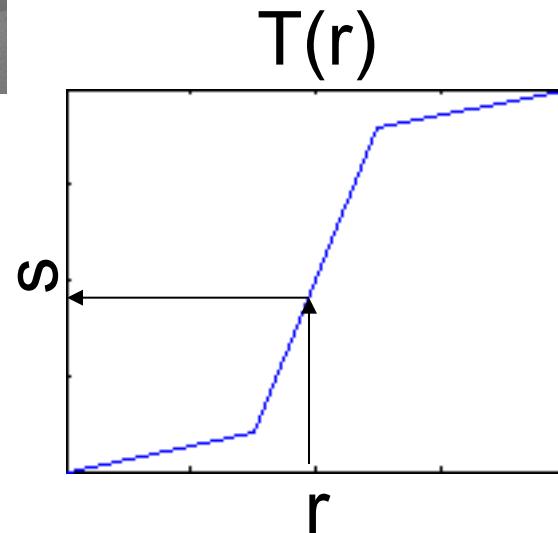
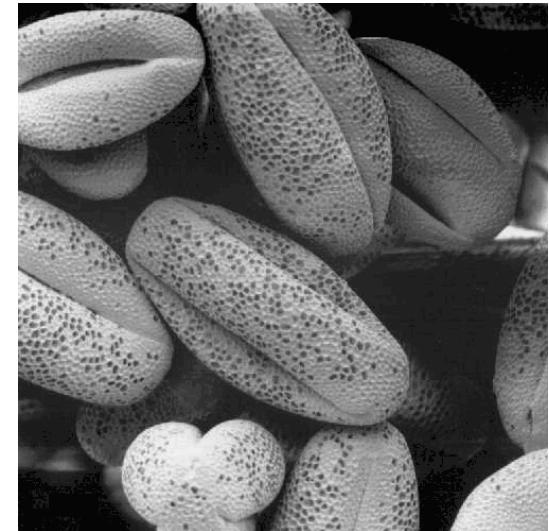


Operações Pixel a Pixel

Limiarização



$$s = T(r)$$



Operações Pixel a Pixel

Exemplo:

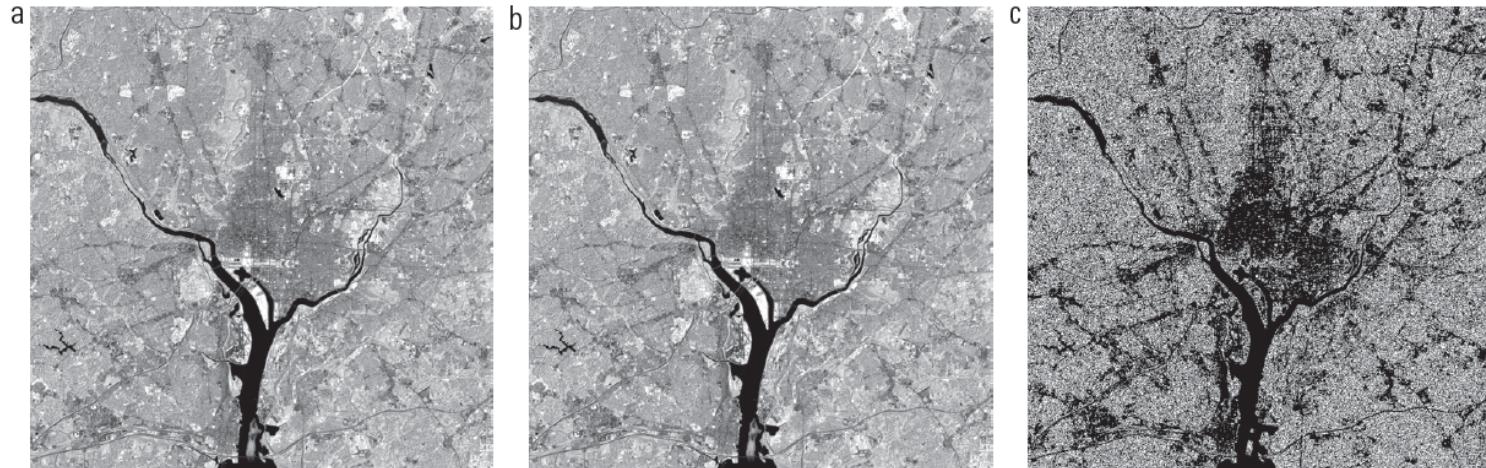


Figura 2.27 (a) Imagem em infravermelho da área de Washington, D.C. (b) Imagem obtida zerando o bit menos significativo de todos os pixels de (a). (c) Diferença entre as duas imagens ajustada para a faixa $[0, 255]$ para melhor visualização.

Operações Pixel a Pixel

Exemplo:

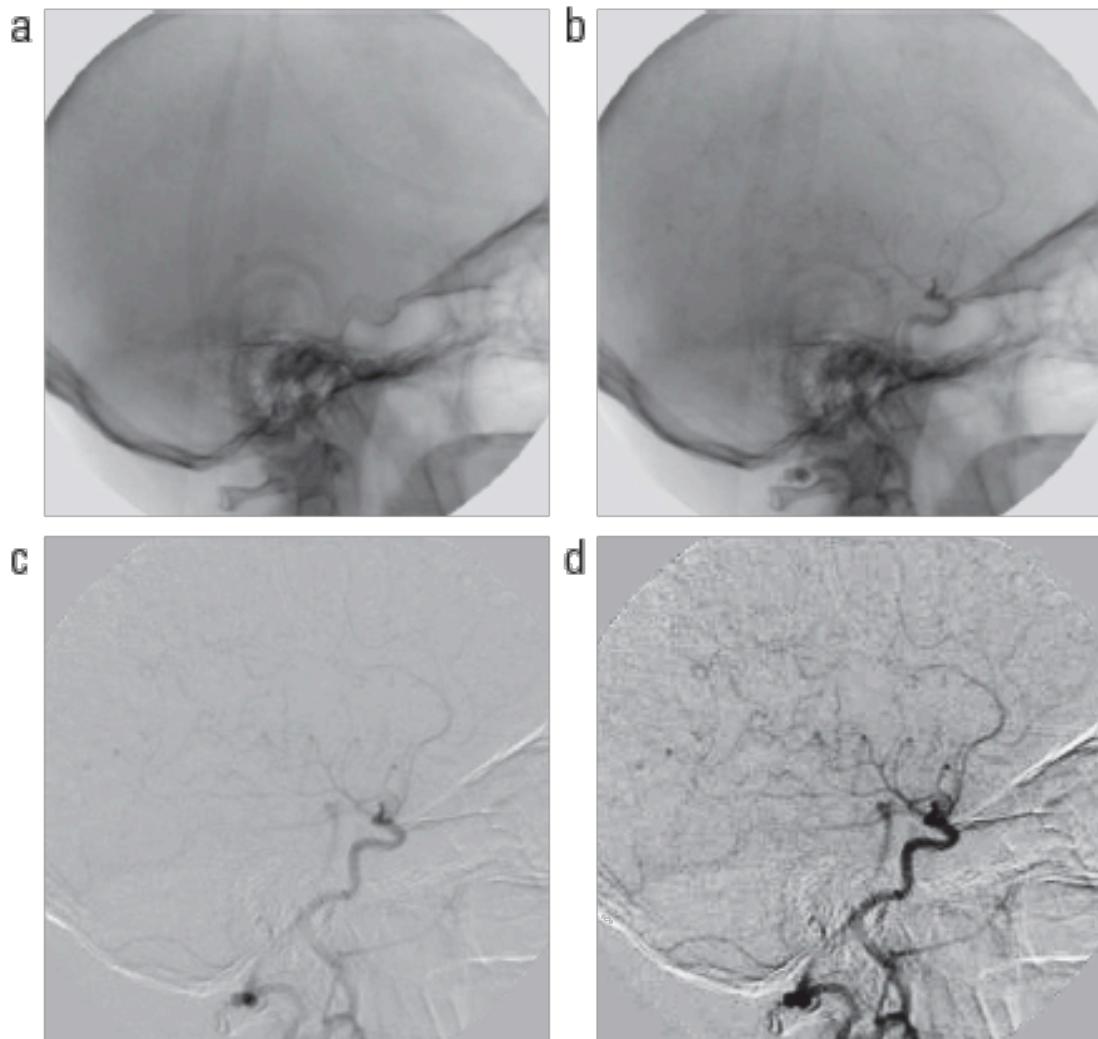


Figura 2.28 Angiografia por subtração digital. (a) Imagem máscara. (b) Uma imagem ativa. (c) Diferença entre (a) e (b). (d) Imagem da diferença realçada. (Figuras (a) e (b): cortesia do Instituto de Ciência de Imagem, Centro Médico da Universidade de Utrecht, Holanda.)

Operações Pixel a Pixel

Realce:

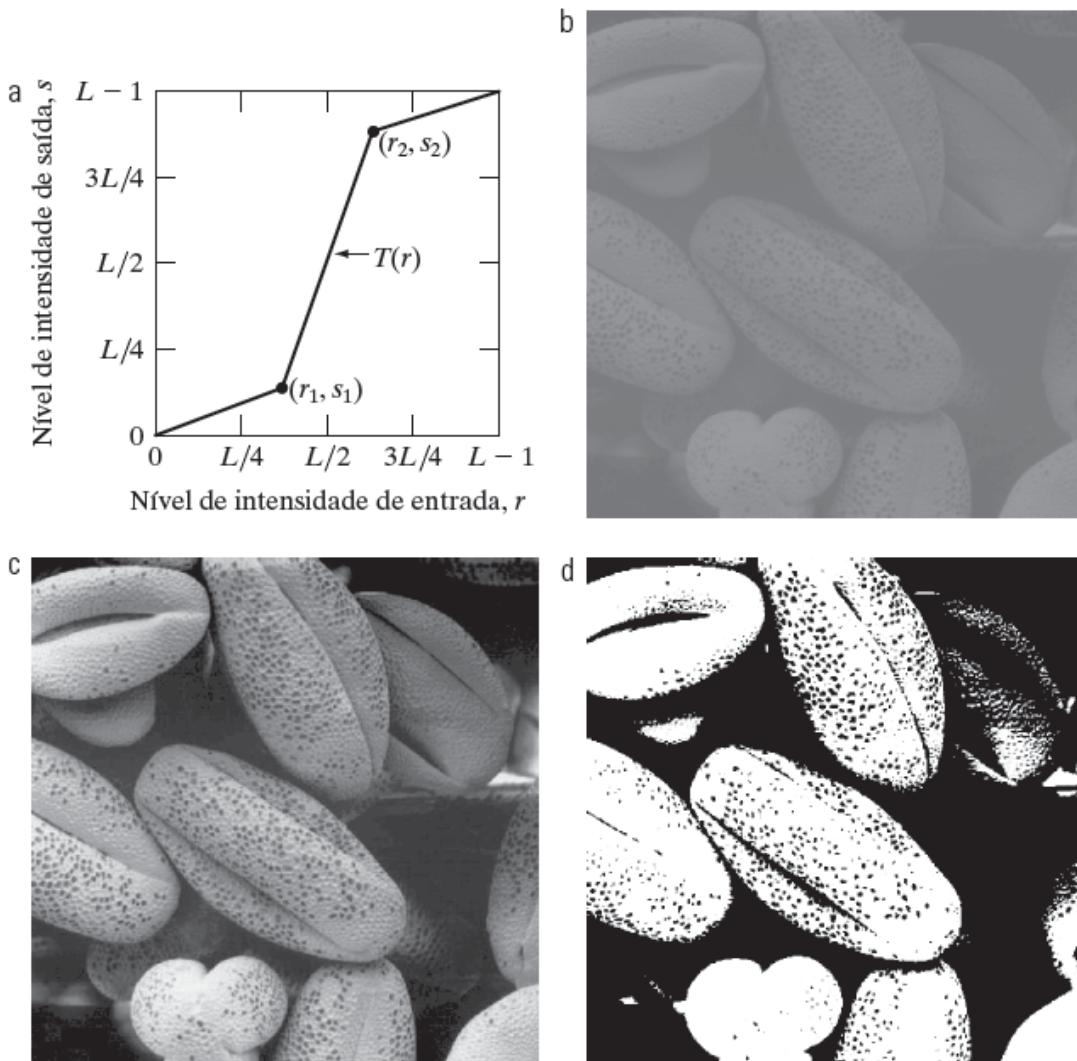


Figura 3.10 Alargamento de contraste. (a) Forma da função de transformação. (b) Uma imagem de baixo contraste. (c) Resultado do alargamento de contraste. (d) Resultado da limiarização. (Imagen original: cortesia do Dr. Roger Heady, Faculdade de Pesquisas em Ciências Biológicas, Universidade Nacional Australiana, Camberra, Austrália.)



Operações Pixel a Pixel

Contraste:

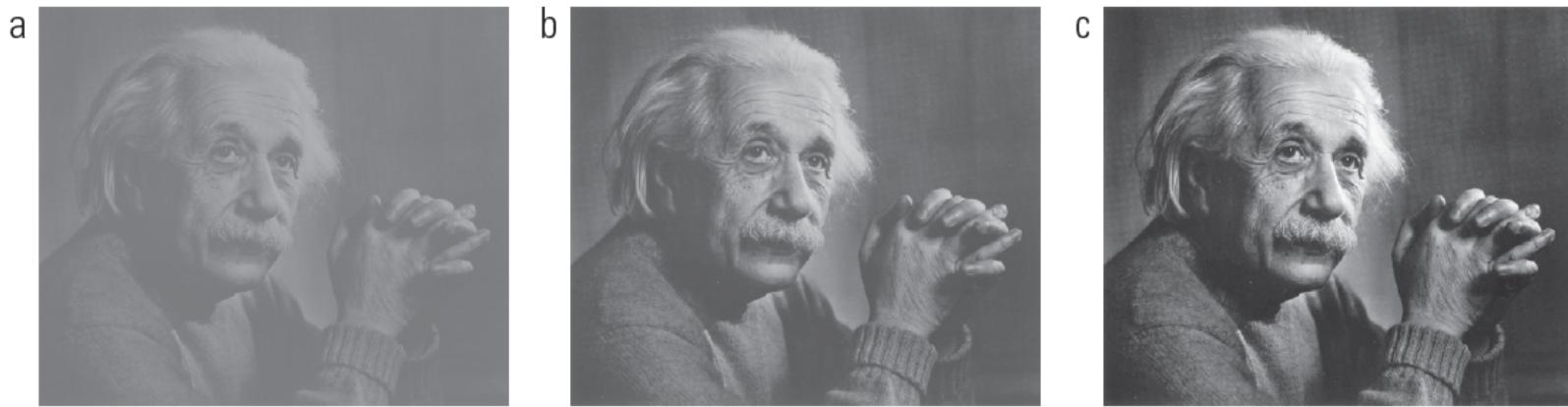


Figura 2.41 Imagens mostrando (a) baixo contraste, (b) médio contraste e (c) alto contraste.

Operações

Vizinhança

Operações de vizinhança

- Convolução de duas funções contínuas:

$$f(x) * h(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha)h(x - \alpha)d\alpha$$

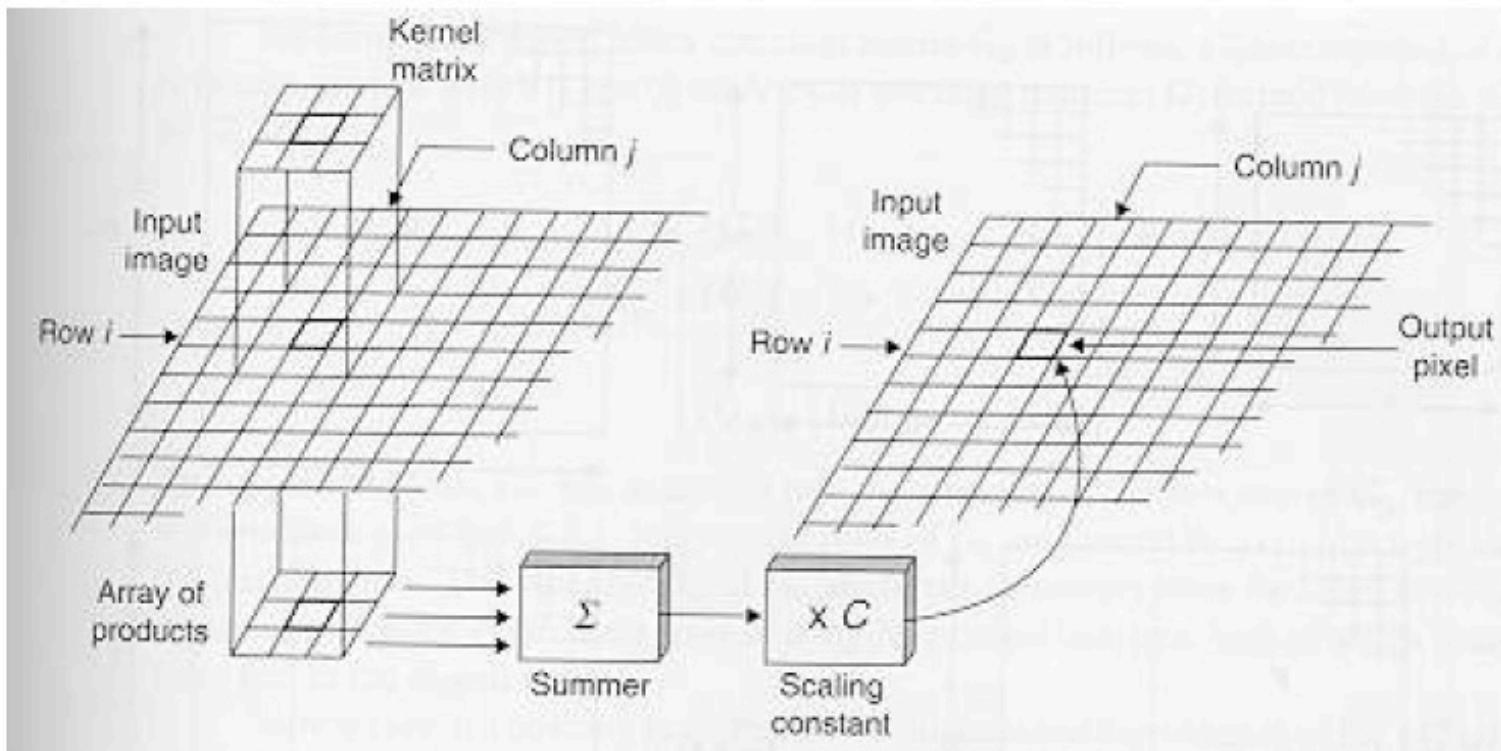
- Convolução discreta

$$f[n] * h[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]h[n - m]$$

Operações de Vizinhança

- Caso Discreto 2D

$$f[n_1, n_2] * h[n_1, n_2] = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} f[m_1, m_2] h[n_1 - m_1, n_2 - m_2]$$



Operações de vizinhança

Convolução 2D

Forma de implementação...



Exemplo

h

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

f

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

$$f[n] * h[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]h[n-m]$$

Exemplo

Passo 1

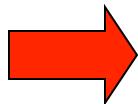
1	1	1
-1	2	1
-1	-1	1

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

h

1	1	1		
-1	4	2	2	3
-1	-2	1	3	3
2	2	1	2	
1	3	2	2	

f



5			

f^*h



Exemplo

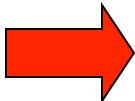
h

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

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

1	1	1	
-2	4	2	3
-2	-1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

f



5	4		

f^*h



Exemplo

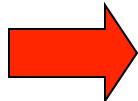
h

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

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

	1	1	1
2	-2	4	3
2	-1	-3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

f



5	4	4	

f^*h



Exemplo

h

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

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

		1	1	1
2	2	-2	6	1
2	1	-3	-3	1
2	2	1	2	
1	3	2	2	

f

5	4	4	-2

f^*h



Exemplo

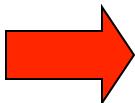
h

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

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

1	2	2	2	3
-1	4	1	3	3
-1	-2	2	1	2
1	3	2	2	

f



5	4	4	-2
9			

f^*h



Exemplo

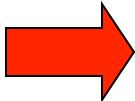
h

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

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

2	2	2	3
-2	2	3	3
-2	-2	1	2
1	3	2	2

f



5	4	4	-2
9	6		

f^*h



Exemplo



Filtro da média

$$\ast \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} =$$



Filtro laplaciando

$$\ast \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} =$$



Filtro da média

Exemplo de convolução 2D

Exemplo

Passo 1

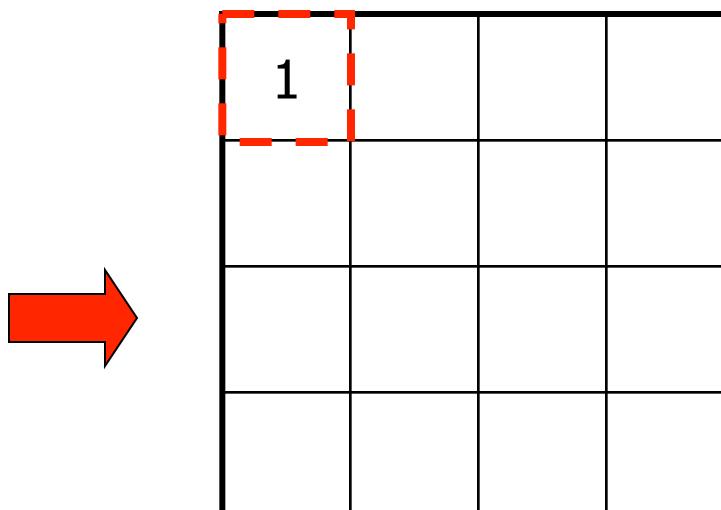
h

1	1	1		
1	2	2	2	3
1	2	1	3	3
2	2	1	2	
1	3	2	2	

f

1	1	1
1	1	1
1	1	1

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2



f^*h



Exemplo

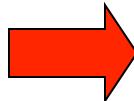
h

1	1	1
1	1	1
1	1	1

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

1	1	1	
2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

f



1	2		

f^*h



Exemplo

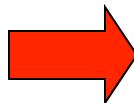
h

1	1	1
1	1	1
1	1	1

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

	1	1	1
2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

f



1	2	2	

f^*h



Exemplo

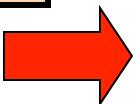
h

1	1	1
1	1	1
1	1	1

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

		1	1	1
2	2	2	3	1
2	1	3	3	1
2	2	1	2	

f



1	2	2	2

f^*h



Exemplo

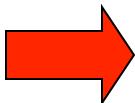
h

1	1	1
1	1	1
1	1	1

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

1	2	2	2	3
1	2	1	3	3
1	2	2	1	2
1	3	2	2	

f



1	2	2	2
1			

f^*h



Exemplo

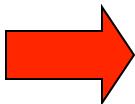
h

1	1	1
1	1	1
1	1	1

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

2	2	2	3
2	1	3	3
2	2	1	2
1	3	2	2

f



1	2	2	2
1	1		

f^*h



Operações de Vizinhança

Filtro da Média

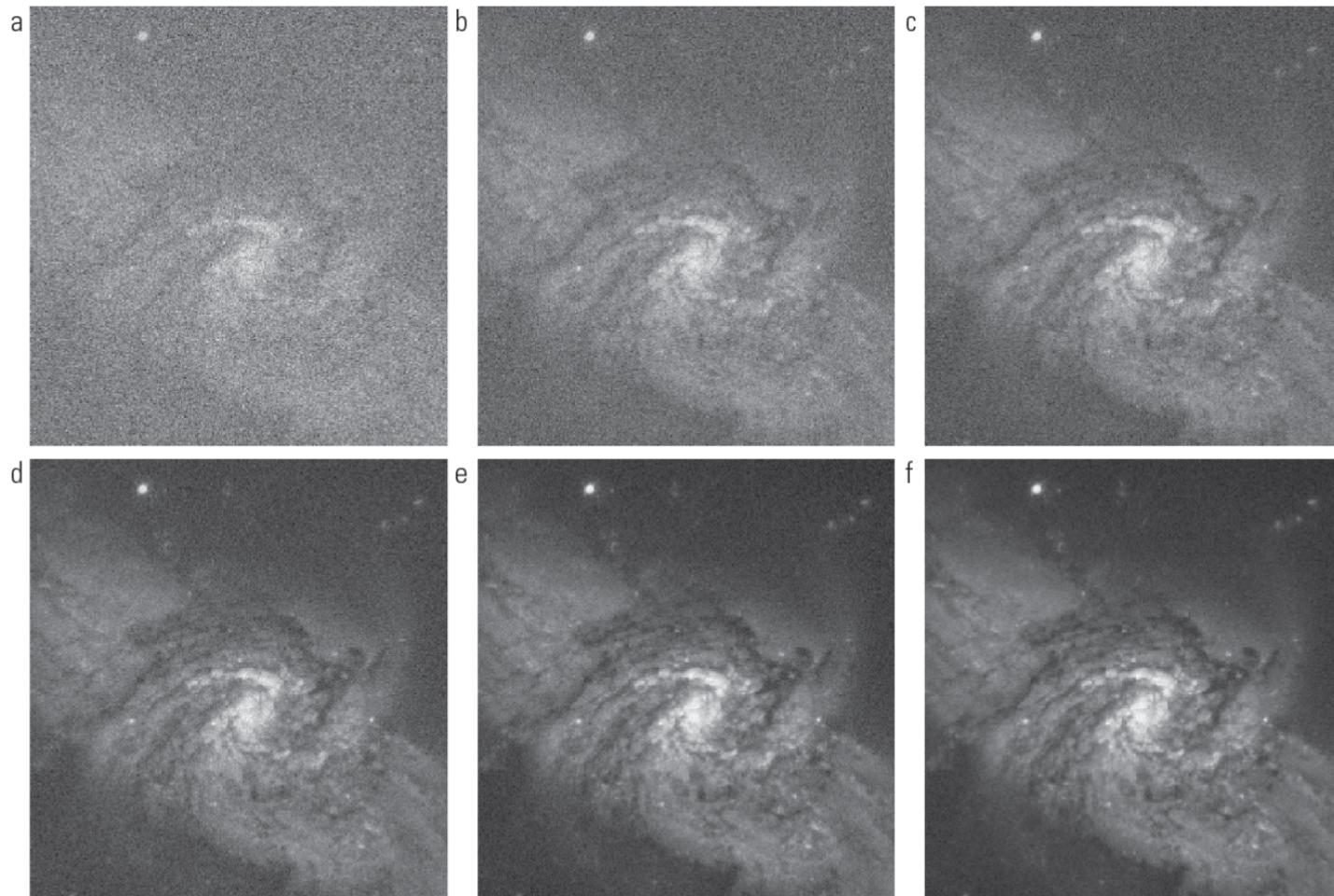


Figura 2.26 (a) Imagem do par de galáxias NGC 3314 corrompida pelo ruído gaussiano aditivo. (b) a (f) Resultados do cálculo da média de 5, 10, 20, 50 e 100 imagens ruidosas, respectivamente. (Imagen original: cortesia da Nasa.)



Operações de Vizinhança

Média local

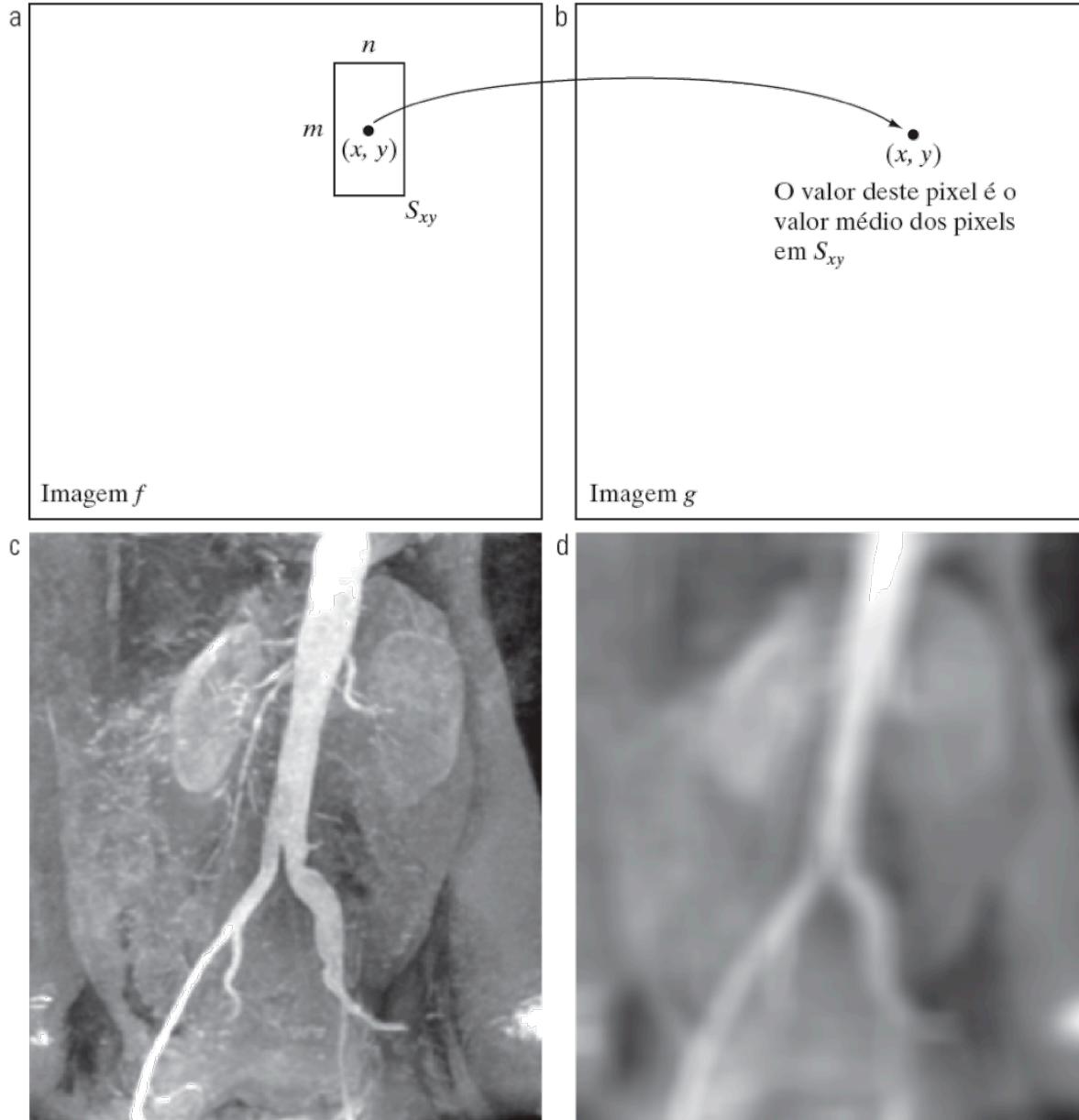


Figura 2.35 Cálculo da média local utilizando processamento por vizinhança. O procedimento é ilustrado em (a) e (b) para uma vizinhança rectangular. (c) O angiograma da aorta discutido na Seção 1.3.2. (d) O resultado da utilização da Equação 2.6-21 com $m = n = 41$. As imagens estão no tamanho 790×686 pixels.

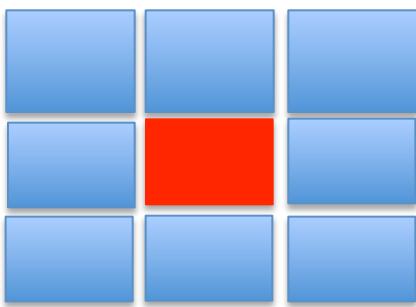


Operações

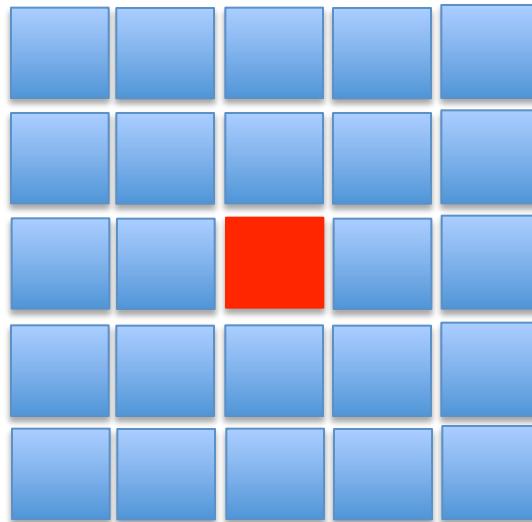
Vizinhança

Operações de vizinhança

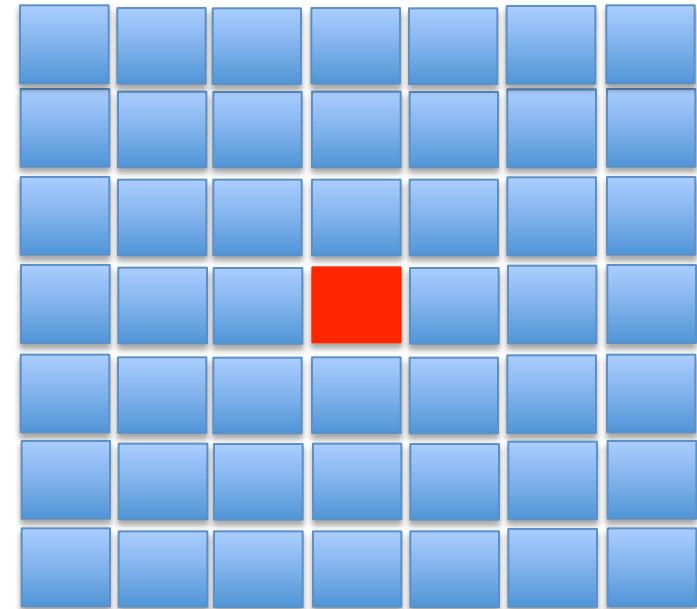
- Vizinhança 3x3:



- Vizinhança 5x5:

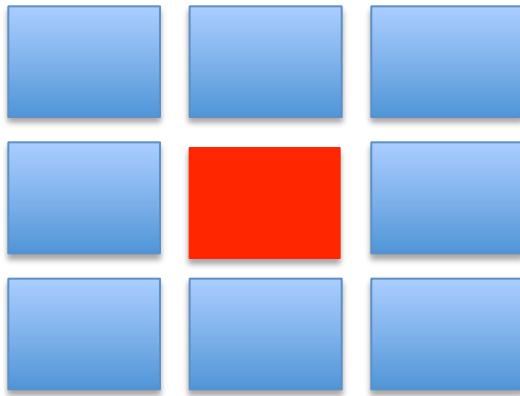


- Vizinhança 7x7:

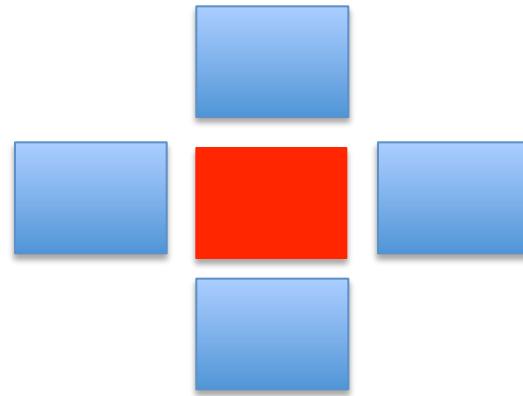


Operações de vizinhança

- 8 - Conectado:



- 4 - Conectado:



Operações de vizinhança

Convolução 2D

Forma de implementação...



Operações de vizinhança

- Filtro mediana:

1. Ler todos os pixels da vizinhança
2. Ordenar os pixels em ordem crescente
3. O resultado será o pixel com valor médio
 - Máscara 3x3 = 9 pixels, então pegar o valor que estiver na posição 5

1. Ler pixels da vizinhança

45	10	05
250	40	50
43	45	38

4. Colocar o resultado de 3 na imagem resultante na mesma posição

3. Determinar a posição 5

2. Ordenar os pixels

05	10	38	40	43	45	45	50	250
----	----	----	----	----	----	----	----	-----



Operações de vizinhança

- Filtro Prewit:

1. Varrer a imagem
2. Calcular P_h e P_v para cada ponto da imagem
3. Calcular o resultado **res** para cada ponto e gerar uma nova imagem
 - O resultado será as bordas dos objetos presentes na imagem

Máscara Horizontal (P_h)

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

Máscara vertical (P_v)

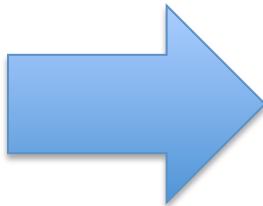
-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

$$res = \sqrt{{P_h}^2 + {P_v}^2}$$

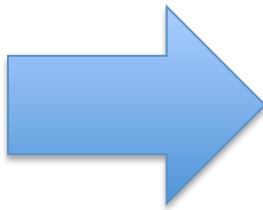


Pixel de análise da vizinhança

Exemplo do Operador Prewit



Exemplo do Operador Prewit



Operações de vizinhança

- Filtro Sobel:

1. Varrer a imagem
2. Calcular S_h e S_v para cada ponto da imagem
3. Calcular o resultado **res** para cada ponto e gerar uma nova imagem
 - O resultado será as bordas dos objetos presentes na imagem
 - Resultado semelhante ao Prewit, mas realça mais alguns detalhes

Máscara Horizontal (S_h)

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

Máscara vertical (S_v)

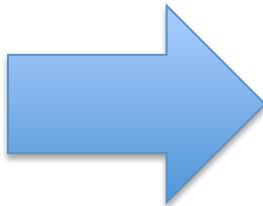
-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

$$res = \sqrt{{S_h}^2 + {S_v}^2}$$

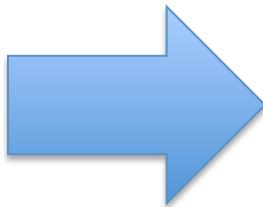


Pixel de análise da vizinhança

Exemplo do Operador Sobel



Exemplo do Operador Sobel



Diferença

Prewit



Sobel



Diferença

Prewit



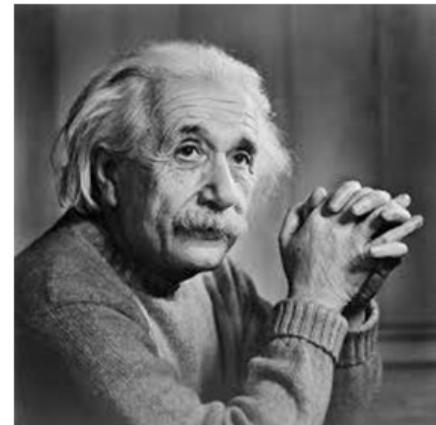
Sobel



Curiosidade

Máscara horizontal (S_h)

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



Máscara vertical(S_v)

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



Limiarização

Local e Global

Limiarização

- Matematicamente, a limiarização pode ser definida como:

$$g(x, y) = \begin{cases} \text{objeto se } f(x, y) > T \\ \text{fundo se } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

- Onde $f(x, y)$ é a imagem de entrada, T é o valor do limiar e $g(x, y)$ é a imagem de saída (limiarizada).

Limiarização

- A escolha do limiar influí na qualidade da limiarização.
- Em geral, um bom limiar pode ser selecionado se os picos do histograma são altos, estreitos, simétricos e separados por vales profundos



T=37



T=128



T=190

Limiarização

- Os métodos de limiarização têm duas abordagens distintas, uma global e outra local.
 - Os métodos de limiarização globais utilizam um único limiar T para toda imagem.
 - Os métodos de limiarização local têm como princípio dividir a imagem em sub-regiões, onde cada sub-região tem seu limiar específico.
- Em função das características da imagem, podem ser necessários diferentes valores de limiar para cada região.
- Há desvantagens para a seleção do limiar global pela dificuldade de se encontrar um vale entre dois picos.
- As imagens nem sempre contém intensidades bem diferenciadas entre fundo e objeto em função de falta de contraste e/ou ruído.



Limiarização

- **Binarização**

- Limiar comum, só que a imagem final g só possui 1 bit para cada pixel de coordenadas (x,y), então cada pixel assume apenas o valor 0 ou o valor 1, por isso o termo binário.

$$g(x, y) = \begin{cases} \text{objeto se } f(x, y) > T \\ \text{fundo se } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

- A imagem gerada ocupa menos espaço em seu armazenamento.



Limiarização

- Multilimiarização

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{se } f(x, y) < T1 \\ 128 & \text{se } T1 \leq f(x, y) < T2 \\ 0 & \text{se } f(x, y) \geq T2 \end{cases}$$

Onde **f(x,y)** é a imagem de entrada, T1 e T2 são os valores dos limiares e g(x,y) é a imagem de saída (limiarizada).

Limiarização

- Limiares automáticos
 - Otsu
 - Média local/Global
 - Média máximo/minimo
 - Johansen
 - Adaptativo
 - Niblack



Como processar uma imagem?

Onde processar uma imagem?

Como Processar uma Imagem

- O Toolbox de Processamento de Imagens do **MATLAB** possui um grande conjunto de operações de processamento de imagens;
- A biblioteca **OpenCv** pode ser utilizada em C, C++, Java, Python;
- Operações:
 - Operações Geométricas
 - Operações Pontuais e em Bloco
 - Filtragem Linear
 - Transformadas
 - Análise de Imagem e Realce
 - Operações Binárias
 - Operações em Regiões de Interesse



Operações Básicas

- Filtros passa-baixa:
 - Média **Trabalho 1**
 - Mediana **Trabalho 2**
 - Gaussiano **Trabalho 3**
- Filtros passa-alta:
 - Laplaciano **Trabalho 4**
 - Prewit **Trabalho 5**
 - Sobel **Trabalho 6**
- Outras operações
 - Cálculo e apresentação do histograma **Trabalho 7**
 - Equalização do histograma **Trabalho 8**
 - Limiarização **Trabalho 9**
 - Multilimiarização **Trabalho 10**

Entrega: ...

O que entregar?

1. Implementação
2. Breve relatório descritivo da técnica e dos resultados obtidos.



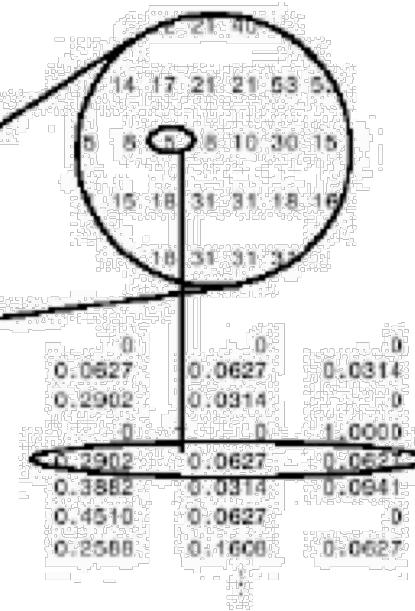
Matlab

Exemplo do Matlab

```
» [x,map] = imread('trees.tif');  
» imshow(x,map);
```



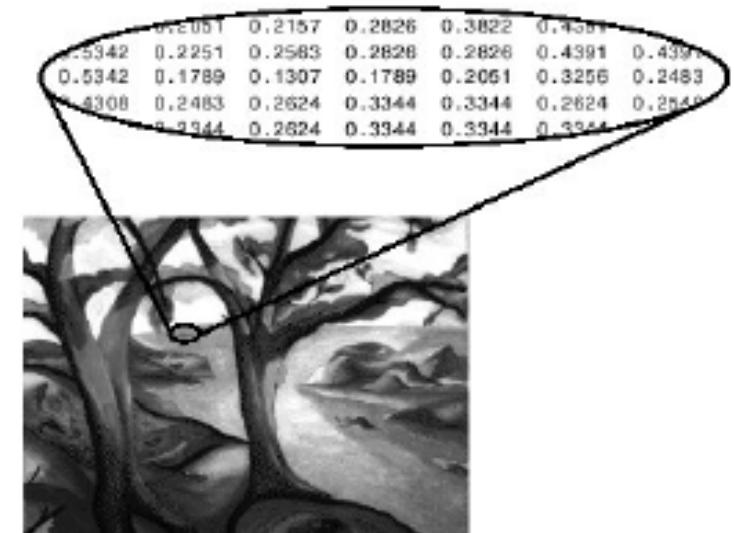
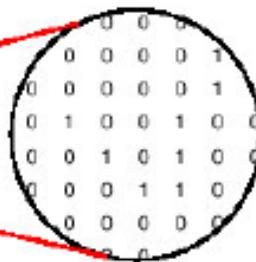
Indexada



Exemplo do Matlab

```
» image = ind2gray(x,map);  
» imshow(image);
```

```
» imshow(edge(image));
```



Níveis de Intensidade

Binária



Exemplo do Matlab

Operações Básicas

- Entrada/Saída
 - imread: abre uma imagem
 - imwrite: grava uma imagem
- Exibição
 - Imshow – exibe uma imagem
 - imagesc – re-escala e exibe
 - colorbar – coloca um eixo de cores
 - Getimage – pega a imagem do eixo
 - Truesize – mostra em tamanho real
- Ajuda
 - help, lookfor, helpwin, helpdesk, demos.
- Conversão
 - gray2ind
 - Im2bw
 - im2double
 - im2uint8
 - im2uint16
 - ind2gray
 - mat2gray
 - rgb2gray
 - rgb2ind
- Ferramenta Interessante
 - imtool
 - conv2

Link com exemplos básicos

<https://www.dropbox.com/sh/hrsc5ebzqetdvvv/AADk5hjsanHFEowE-WAhSVYqa?dl=0>

OPENCV

C

C++

Java

Python

OPENC + Linguagem C

- Link para tutorial de instalação

<http://professorpedrosa.com/livros/introducao-ao-processamento-digital-de-imagens-utilizando-opencv-na-linguagem-c/treinamento-pdi-com-opencv-em-c/>

- Link para listas de aprendizagem

<http://professorpedrosa.com/livros/introducao-ao-processamento-digital-de-imagens-utilizando-opencv-na-linguagem-c/treinamento-pdi-com-opencv-em-c/>

- Link para solução das listas

- <http://professorpedrosa.com/livros/introducao-ao-processamento-digital-de-imagens-utilizando-opencv-na-linguagem-c/treinamento-pdi-com-opencv-em-c/>



OPENC + Linguagem C

- Dúvidas, vocês devem falar com
 - Diego Moreira (diegumorera@gmail.com)
 - Samuel Luz (samuelluz.g@gmail.com)



Encaminhamentos

- Dúvidas?
- Próximo assunto
 - Técnicas Básicas de PDI – Parte 2

