

Filtragem

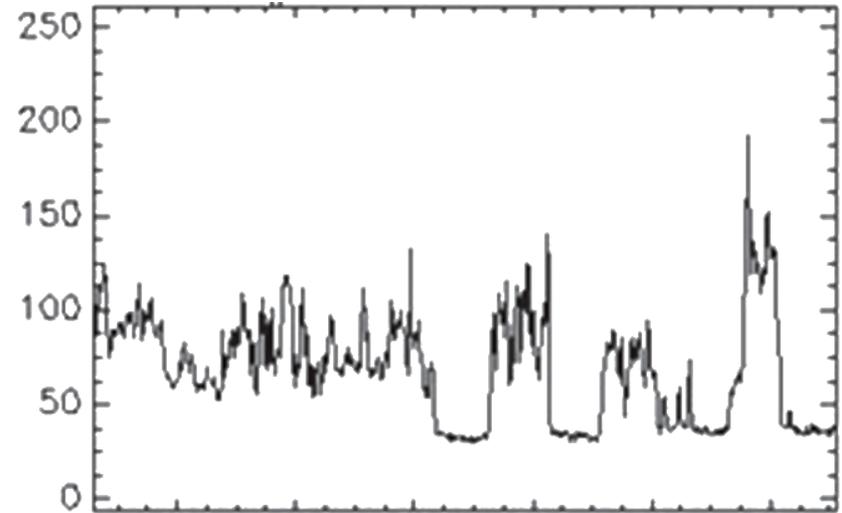
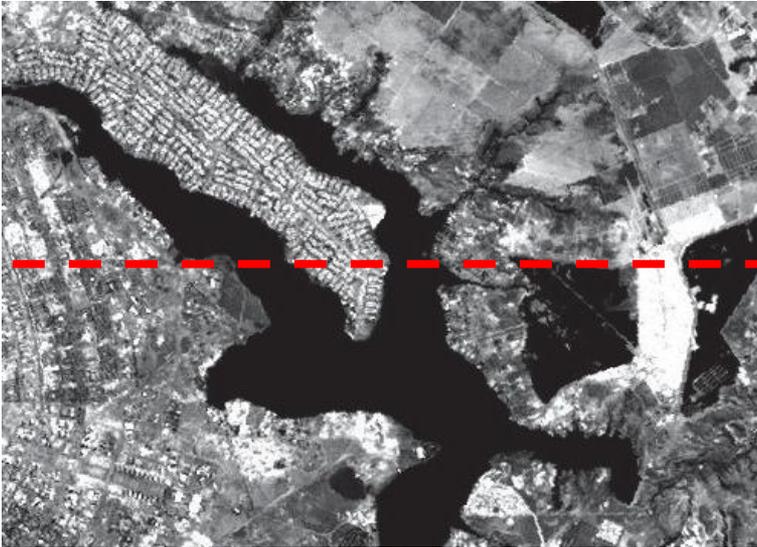
Prof. Dr. Rogério Galante Negri

Realces

- Vimos técnicas de realce no domínio espectral da imagem
 - Outra forma de realce acontece no domínio espacial
 - A vizinhança dos pixels é considerada
 - Os pixels tendem a ser semelhantes aos seus vizinhos
 - Permite realçar formas geométricas
 - Técnicas com essa abordagem são denominados por Filtros
 - Filtragem → reduzir ruídos → feito “pixel-a-pixel”
 - Tipos:
 - Passa-baixa – realça estruturas grandes
 - Passa-alta – realça detalhes
 - Banda-passante – realça parte das menores/maiores estruturas
-

Alvos

- Os alvos englobam muitos pixels semelhantes
- Os valores dos pixels alteram quando os alvos alteram



Varição espectral em função do espaço

- Repetição dos valores no domínio espacial
 - Rugosidade dos alvos
 - Moda
 - Taxa de variação \equiv Frequência

Realçar/Suavizar
as repetições locais

Soma de frequências

- Imagem é composta por regiões de baixas e altas frequências
 - *PB* – Passa-baixa – realça estruturas grandes
 - *PA* – Passa-alta – realça detalhes

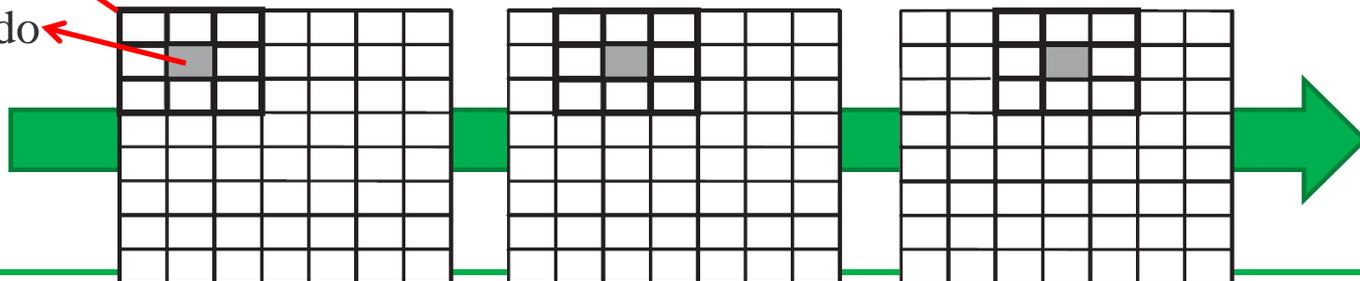
$$f(x, y) = PB(x, y) + PA(x, y)$$

- A maioria dos filtros usam Operador de Convolução Discreta
 - Máscara móvel \rightarrow matriz W de dimensão $N_x \times N_y$
 - Usualmente, N_x, N_y ímpares para manter simetria no pixel central (operando)
 - Geralmente a máscara é chamada de “kernel”
 - Pesos fixos que definem a máscara

Vizinhança \rightarrow

$$g(x, y) = \sum_{i=-N_x/2}^{N_x/2} \sum_{j=-N_y/2}^{N_y/2} f(x + i, y + j) W_{\left(i + \frac{N_x}{2}\right)\left(j + \frac{N_y}{2}\right)}$$

Pixel filtrado \rightarrow



Classes de filtragem

- Filtragem (formas usuais):
 - Soma de pesos
 - Estatística
 - Derivada
 - Outros...

Classes	Tipo	Aplicação
Domínio espacial Op. Convolutivo	Passa-alta	Realce de imagem
	Passa-baixa (média/mediana)	Suavização de ruído
	Direcional	Realce de bordas (Hor.Vert. Diag.)
	Derivada (Roberts, Sobel)	Realce de bordas não linear
	Laplaciano	Realce de bordas genérico
Domínio espacial Op. Não-convolutivo	Morfológico	Dilatação ou erosão
	Texturais	Realce nas variação espaciais
	Adaptativos	Supre ruído e mantém detalhes
Domínio da frequência	Fourier	Realça baseado nas frequências

Passa-Alta

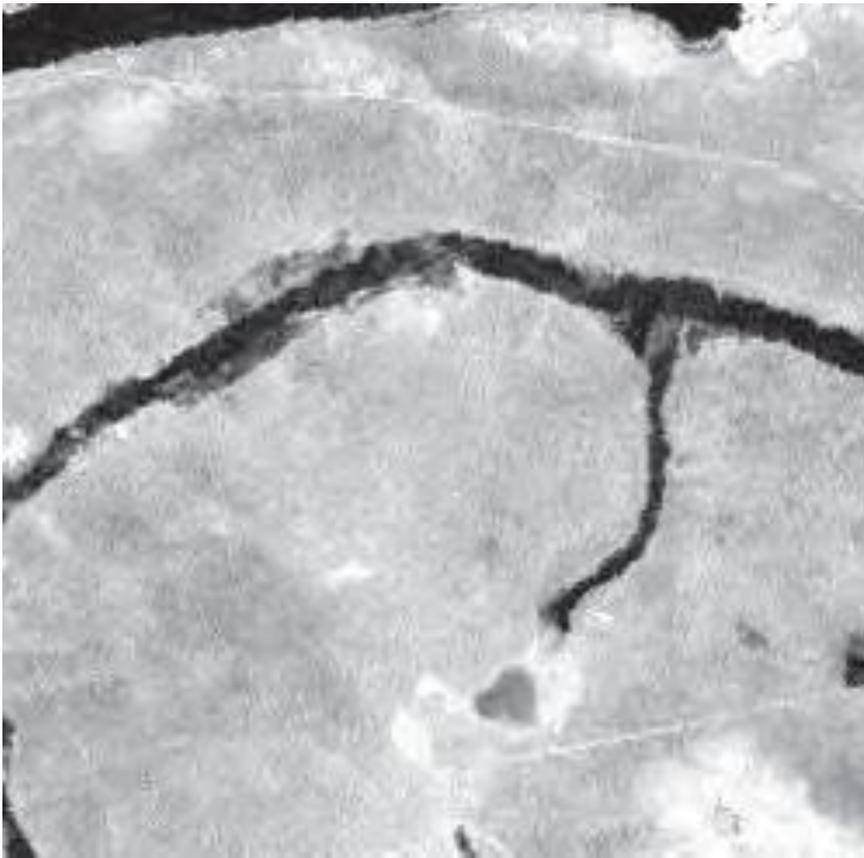
- Remove componentes de baixa frequência
- Mantém os de alta frequência
- Máscara com alto valor central cercado por valores negativos
- Quanto maior a mascara, mais enfatizado são os detalhes geométricos

$$\frac{1}{9} \cdot \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad \frac{1}{25} \cdot \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 25 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

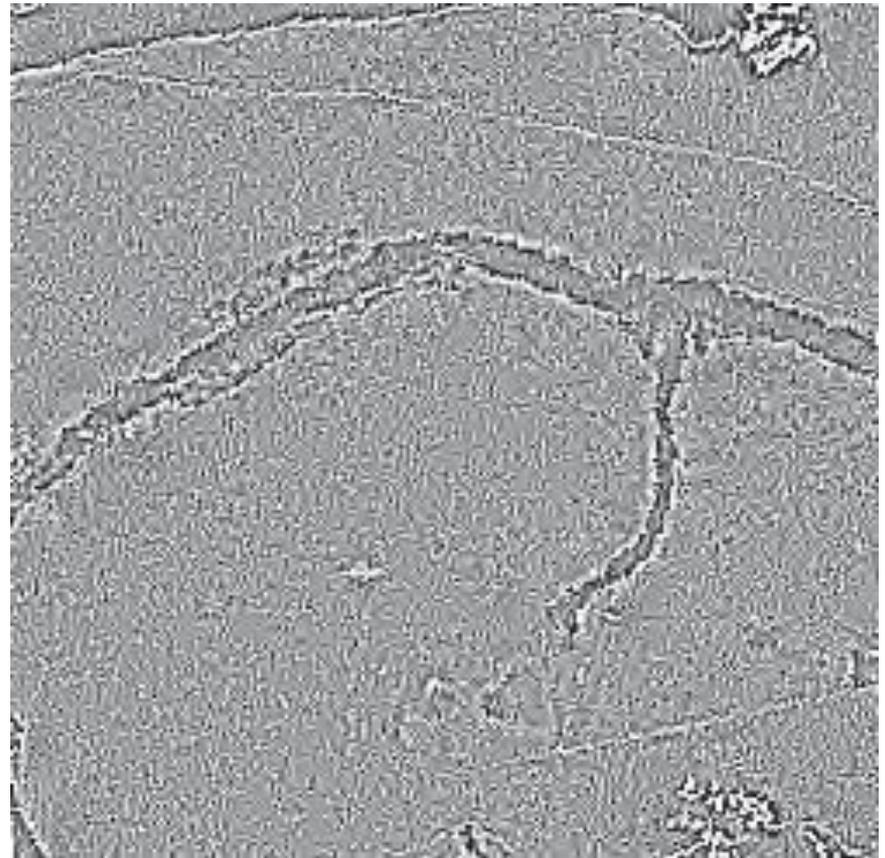
- Caso sejam gerados valores negativos, é comum normalizar/ajustar os dados para o intervalo original

Exemplo – Passa-Alta

Original



Passa-alta: dimensão 3×3



Passa-Baixa (média/mediana)

- Suavização de bordas e detalhes finos
- Elimina ruído e homogeneiza a imagem

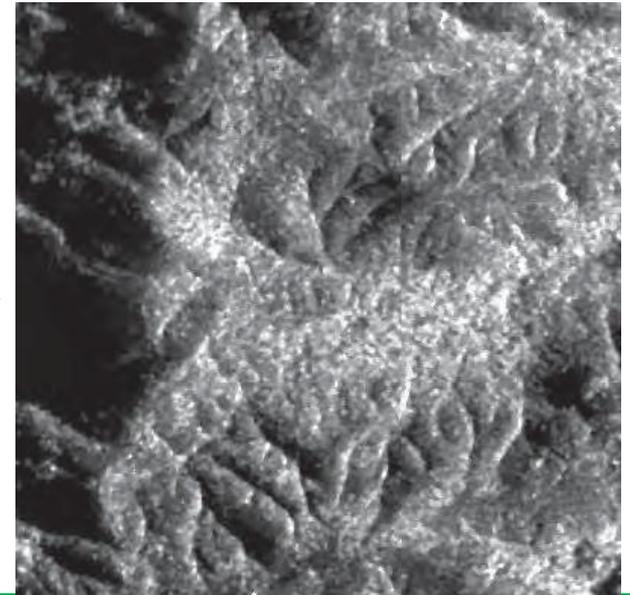
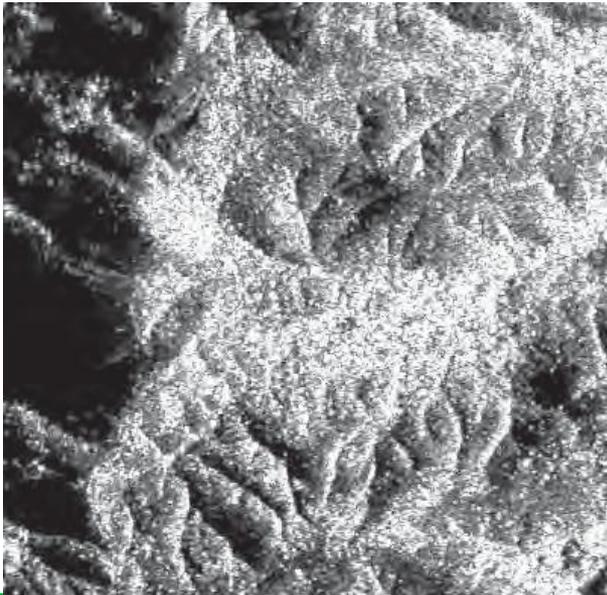
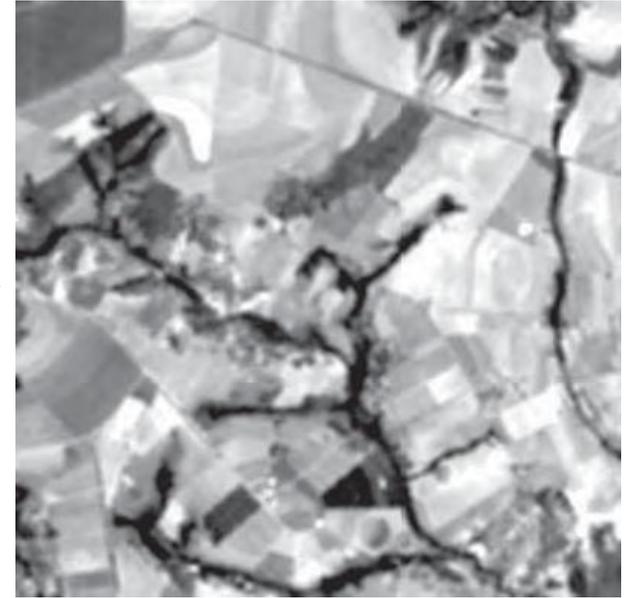
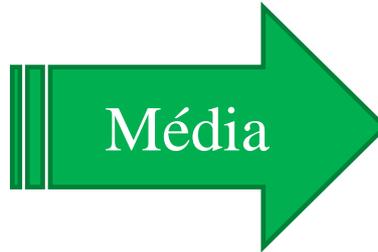
$$\frac{1}{9} \cdot \left\{ \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} \right\}$$

- Passa-baixa de Média:

$$g(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{i=-M/2}^{M/2} \sum_{j=-N/2}^{N/2} f(x - i, y - j)$$

- Pesos iguais
 - Valor da op. convolutiva dividido por #elementos da máscara
-
- Passa-baixa de Mediana:
 - Sem pesos
 - Observa-se os valores na máscara (vizinhança)
 - Valor da op. convolutiva é a mediana na vizinhança
-

Passa-Baixa



Filtros direcionais

- Detectar mudança de valor no brilho sem que seja ruído
 - Tal mudança é uma “borda” (fronteira entre regiões)
 - As bordas podem estar em diferentes direções
 - Configurações de filtros permitem detectar bordas nas direções horizontal, vertical, diagonal ou isotrópica
 - O resultado é uma imagem com valor dos pixels proporcional as diferenças entre os vizinhos, em uma dada direção
 - As bordas podem ser detectadas e adicionadas (via aritmética entre bandas) novamente a imagem original!
 - Tipos básicos:
 - Filtros lineares
 - Filtros de 1ª derivada espacial
-

Filtro direcional - Linear

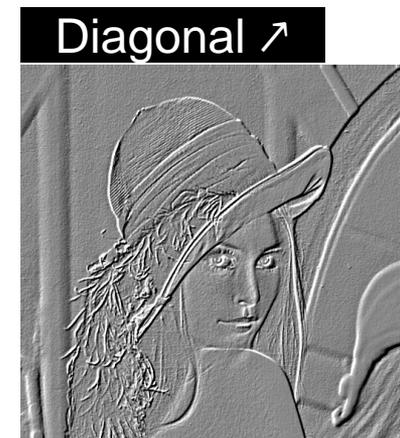
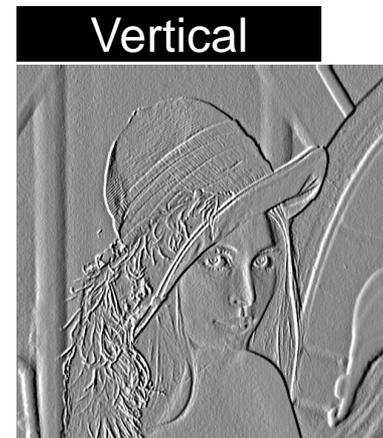
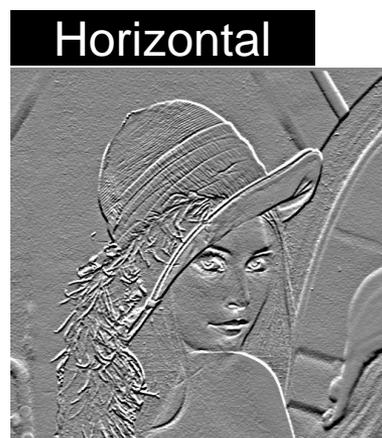
- A soma dos elementos da máscara é zero
- Áreas homogêneas são anuladas
- Valores variados são identificados como bordas brilhantes

Vertical		
-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

Horizontal		
-1	-1	-1
0	0	0
+1	+1	+1

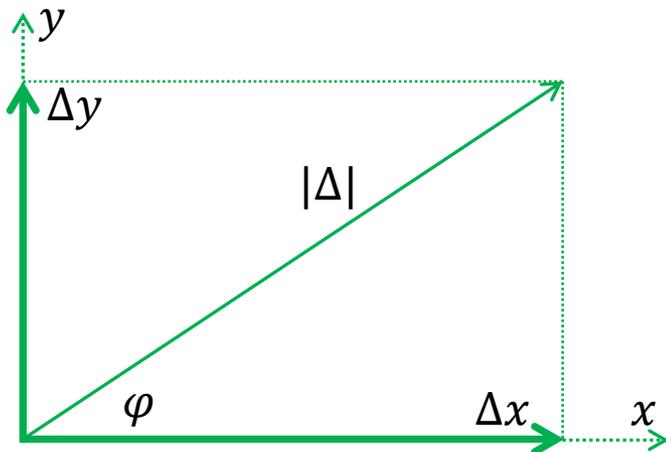
Diagonal ↘		
0	+1	+1
-1	0	+1
-1	-1	0

Diagonal ↗		
+1	+1	0
+1	0	-1
0	-1	-1



Filtro direcional – 1ª derivada

- Derivada \equiv Taxa de variação de uma função
- Imagem é uma função do nível de brilho dos pixels
- Seja um pixel de coord. (x, y) , a derivada direcional neste ponto é quanto o brilho muda em uma dada direção \vec{u} (ou pelo ângulo φ)
- A imagem filtrada pode ser dada por:
 - Amplitude do gradiente, por $|\Delta|$
 - Direção do gradiente, por φ
- Famosos: Roberts, Sobel e Prewitt



$$\Delta_x = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \quad \Delta_y = \frac{\partial f(x, y)}{\partial y}$$

$$|\Delta| = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\Delta_y}{\Delta_x}\right)$$

Roberto e sua turma

Roberts

Horizontal		
-1	0	0
0	+1	0
0	0	0

Vertical		
0	0	-1
0	1	0
0	0	0

Sobel

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

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

Prewitt

-1	-1	-1
0	0	0
+1	+1	+1

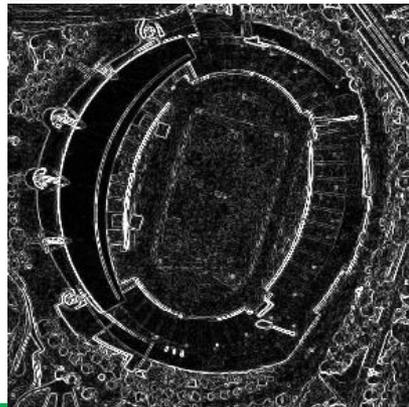
-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

- A aplicação de cada máscara, nas componentes horizontal e vertical geram dois valores, Δ_x e Δ_y
- Tais valores permitem o cálculo de $|\Delta|$ e φ

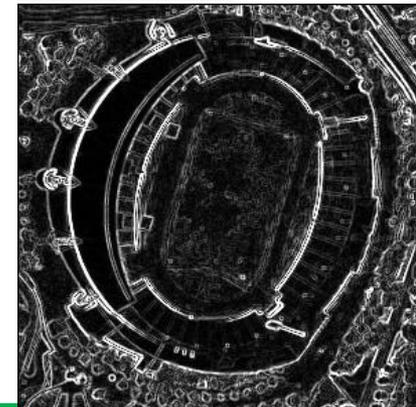
Original



Roberts



Sobel



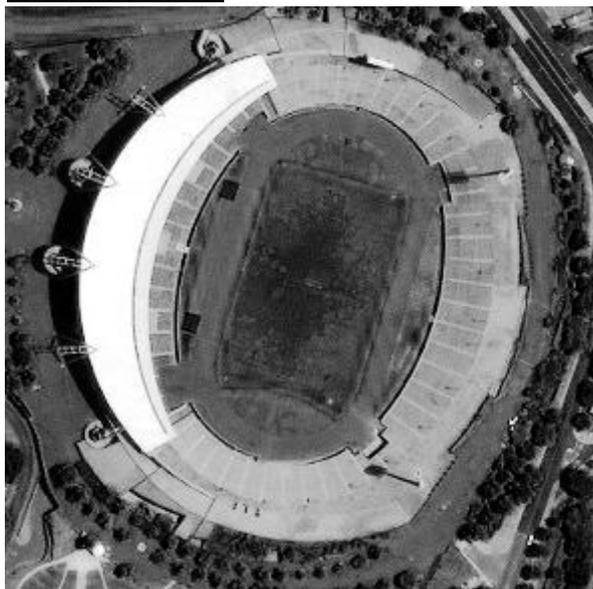
Laplaciano

- $\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$
- Utiliza 2ª derivada para realçar bordas
- Não considera direção
- Nulo onde a 1ª derivada é constante
- Valores positivos/negativos em pontos de inflexão

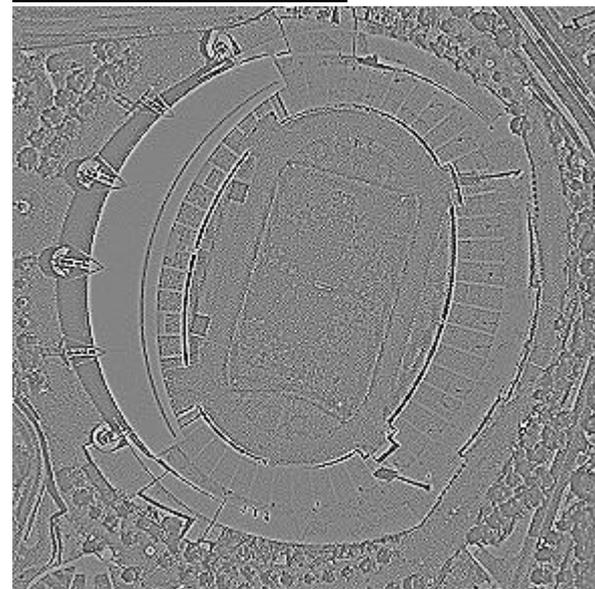
Laplaciano

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

Original



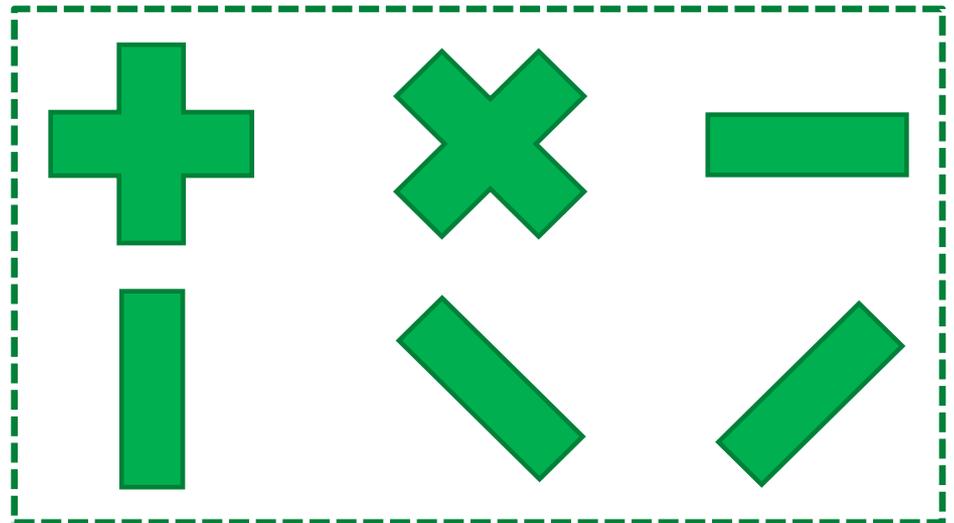
Laplaciano



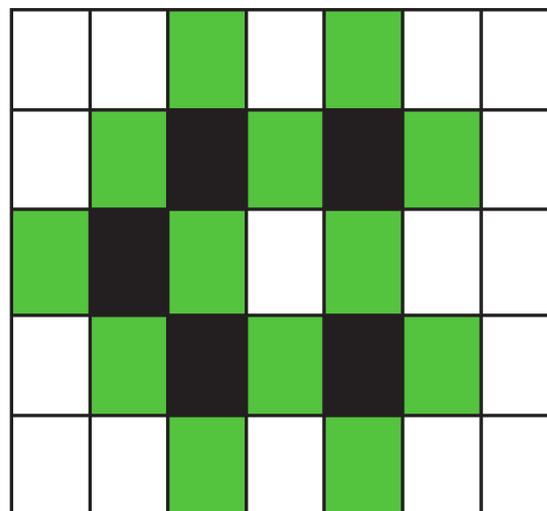
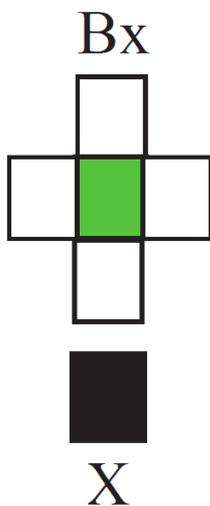
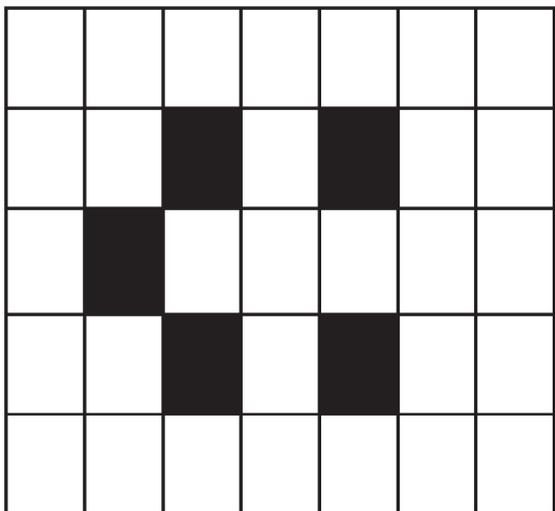
Filtros morfológicos

- Atuam em propriedades geométricas
 - Dilatação → fecham
 - Erosão → abrem
- A forma da máscara é chamada “elemento estruturante”
- Diferentes formas possíveis: quadrado, retangular, losango
- Os elementos da máscara são 0 ou 1
- A operação sobre a imagem é diferente da convolução

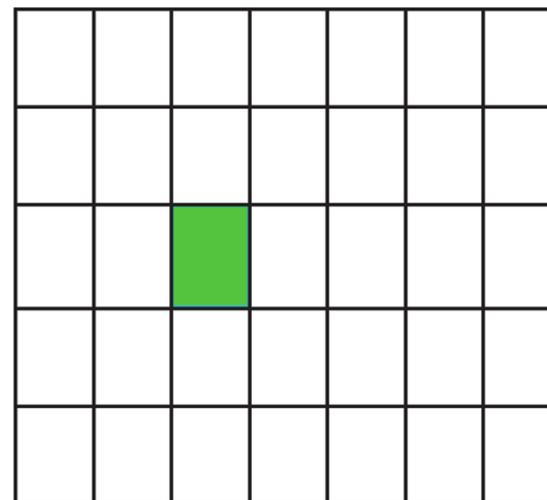
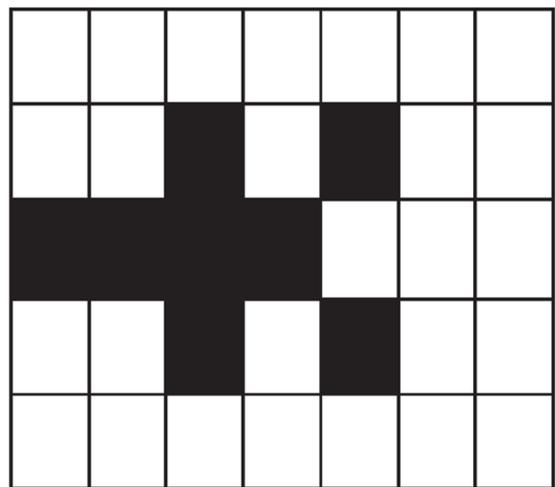
0	1	0	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	1	0	1	1	1
0	1	0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0	0



Dilatação e Erosão



Dilatação



Erosão

Filtro de textura

- Textura permite perceber regiões/superfícies na imagem
 - Distribuição espacial das variações de tonalidade
 - Textura \equiv Variação periódica dos valores

 - A partir das matriz de co-ocorrência de níveis de cinza, as “Medidas de Haralick” fornecem textura a partir da uniformidade, densidade, rugosidade, regularidade, etc.

 - MCNC é uma f.d.p. conjunta de pares de valores separados por uma dada distância e direção
 - Contém muita informação a respeito da variação local dos pixels
 - Não busca pela geração de imagens realçadas para visualização!
 - Gera informações adicionais sobre a textura dos objetos!
-

Calculo da MCNC

- A MCNC contém a tabulação da frequência relativa $f(i, j, h, \theta)$
 - Sendo i e j dois pixels vizinhos (i referência – j vizinho)
 - i e j são separados por uma distância h uma dada direção θ
 - Notemos que h define o tamanho da janela
- Exemplos: $h = 1$ e $\theta = 0^\circ$ (horizontal)

4	3	5
3	5	6
6	4	3

Janela de referência
($i = 5$)

3	5	6
5	6	3
4	3	6

Janela deslocada
($j = 6$)

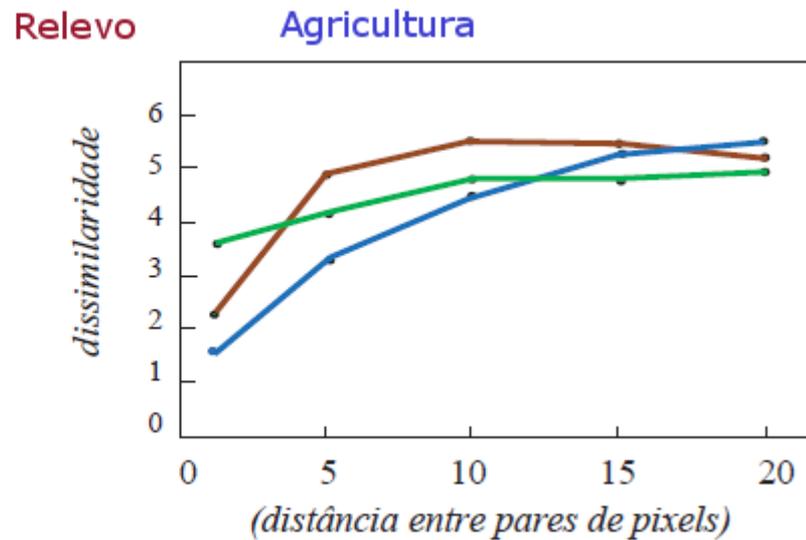
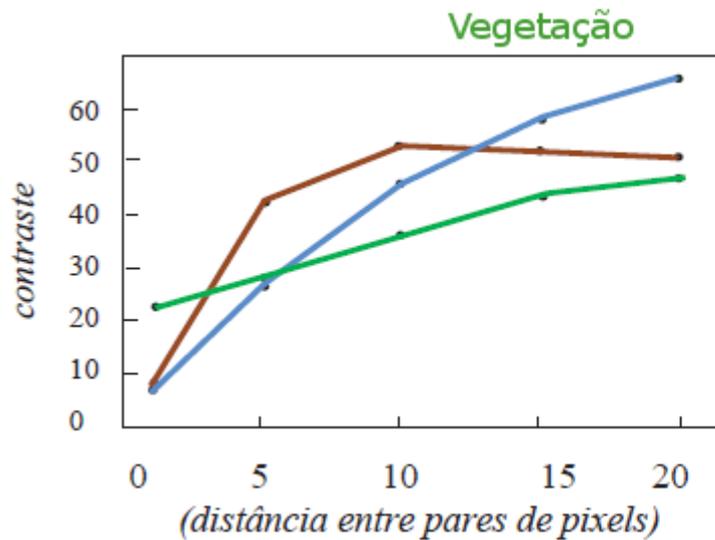
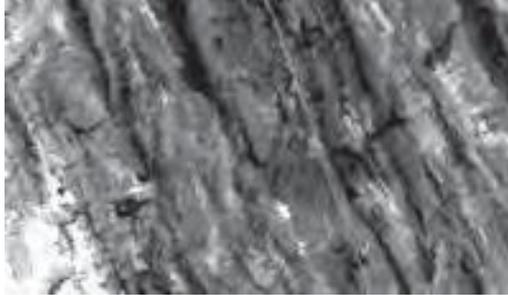
	3	4	5	6
3	0	0	2	1
4	2	0	0	0
5	0	0	0	2
6	1	1	0	0

MCNC

Diversas medidas são calculadas sobre a MCNC, como:

- Entropia
- Contraste
- Homogeneidade
- Média
- Variância
- Contraste
- Dissimilaridade
- etc...

Exemplo – uso da MCNC



- Medidas de contraste e dissimilaridade são usadas para mostrar como, em função de h , os diferentes alvos são diferenciados

Bibliografia da aula

- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Orgs.) **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**, UNB/CNPq, Brasília, 2012.

