

## Filtragem Digital

- **Consiste na aplicação de técnicas de transformação (operadores – máscaras) com o objetivo de corrigir, suavizar ou realçar determinadas características de uma imagem dentro de uma aplicação específica.**
  - ✓ correção - é a remoção de características indesejáveis, e
  - ✓ melhoria/realce - é a acentuação de características.
- **A filtragem é realizada pixel a pixel, onde o novo nível de cinza de um ponto P qualquer depende do seu nível de cinza original e do de outros pontos considerados como vizinhança de P.**
  - ✓ Em geral, os pontos mais próximos de P contribuem mais para o novo valor do nível de cinza do que os pontos mais afastados

## **Domínio da Filtragem**

- **Domínio Espacial**

São procedimentos que operam diretamente sobre os pixels da imagem na sua forma original.

- **Domínio da Frequência**

São procedimentos que operam sobre a Transformada de Fourier da imagem original.

# Tipos de Filtros

- **Filtros lineares**

- Suavizam, realçam detalhes da imagem e minimizam efeitos de ruído, sem alterar o nível médio de cinza da imagem.

- **Filtros não-lineares**

- Aplicam transformações sem o compromisso de manterem o nível médio de cinza da imagem original.

# Filtros Lineares

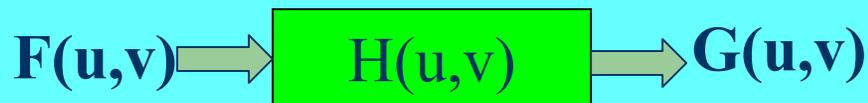
- no domínio do espaço:



**convolução**

$$g(x,y) = h(x,y) * f(x,y)$$

- no domínio da frequência:



**produto**

$$G(u,v) = H(u,v) \cdot F(u,v)$$

*(\*)  $h(x,y)$  ou  $H(u,v)$  são os operadores ou máscaras*

# Filtragem Linear no Domínio do Espaço

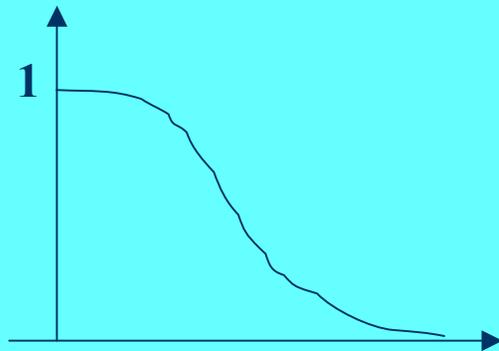
- Os métodos de filtragem espacial operam diretamente sobre a matriz de pixels (imagem digitalizada);
  - normalmente utilizam operações de convolução entre a imagem original e uma máscara especialmente construída;
  - As máscaras são chamadas de filtros espaciais.
- 

*Como no domínio da frequência as máscaras podem implementar filtros:*

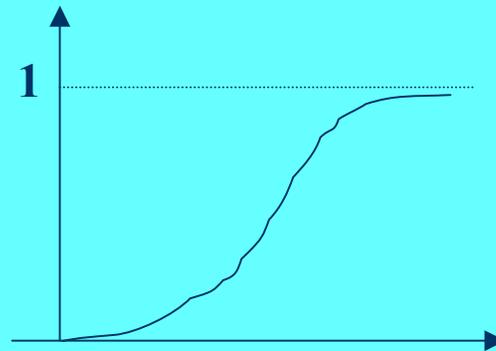
- *Passa-Baixas – para suavizar a imagem;*
- *Passa-Altas – para realçar bordas;*
- *Passa-Banda – para remover frequências baixas e altas.*

# Filtragem Linear no Domínio do Espaço

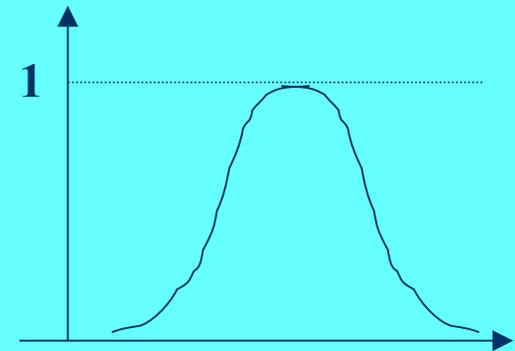
## *Filtros no Domínio da Freqüência*



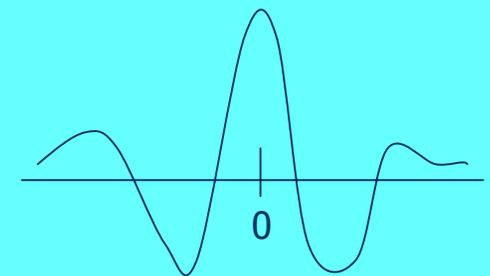
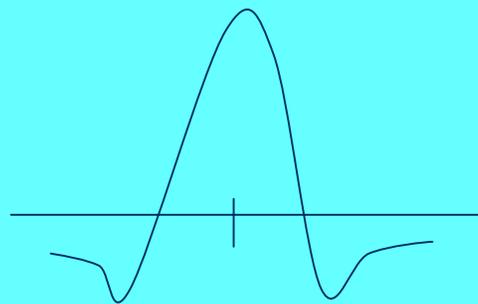
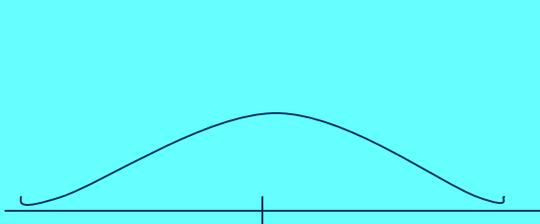
*Passa-Baixas*



*Passa-Altas*



*Passa-Banda*

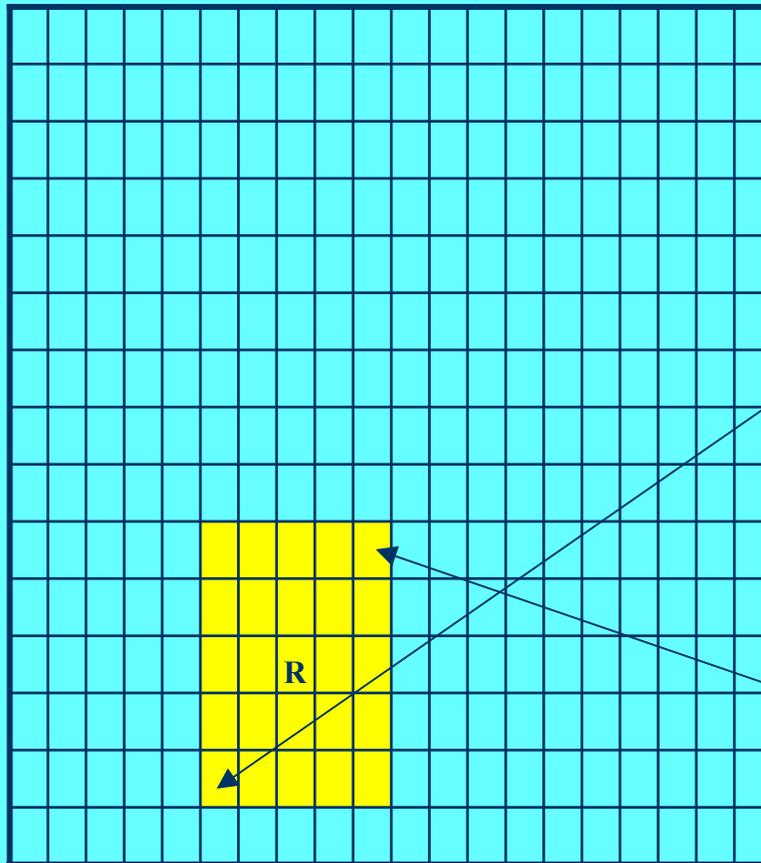


## *Filtros no Domínio Espacial*

# O Processo de Filtragem Espacial

- Consiste na aplicação sucessiva de máscara que desliza sobre toda a imagem original;
- Ao ser aplicada com centro numa posição  $(i,j)$ , sendo  $i$  o número de uma dada linha e  $j$  o número de uma dada coluna da imagem, consiste na substituição do valor do pixel na posição  $(i,j)$  por um novo valor o qual depende dos valores dos pixels vizinhos e dos pesos da máscara.
- À cada posição da máscara está associado um valor numérico, chamado de peso ou coeficiente.
- Em cada posição  $(i,j)$ , os pesos do filtro são multiplicados pelos NCs dos pixels correspondentes e somados, resultando em um novo valor de NC, que substitui o antigo NC do pixel central.

# O Processo de Filtragem Espacial



$$R = \sum_{i=1}^n z_i w_{n-i+1}$$

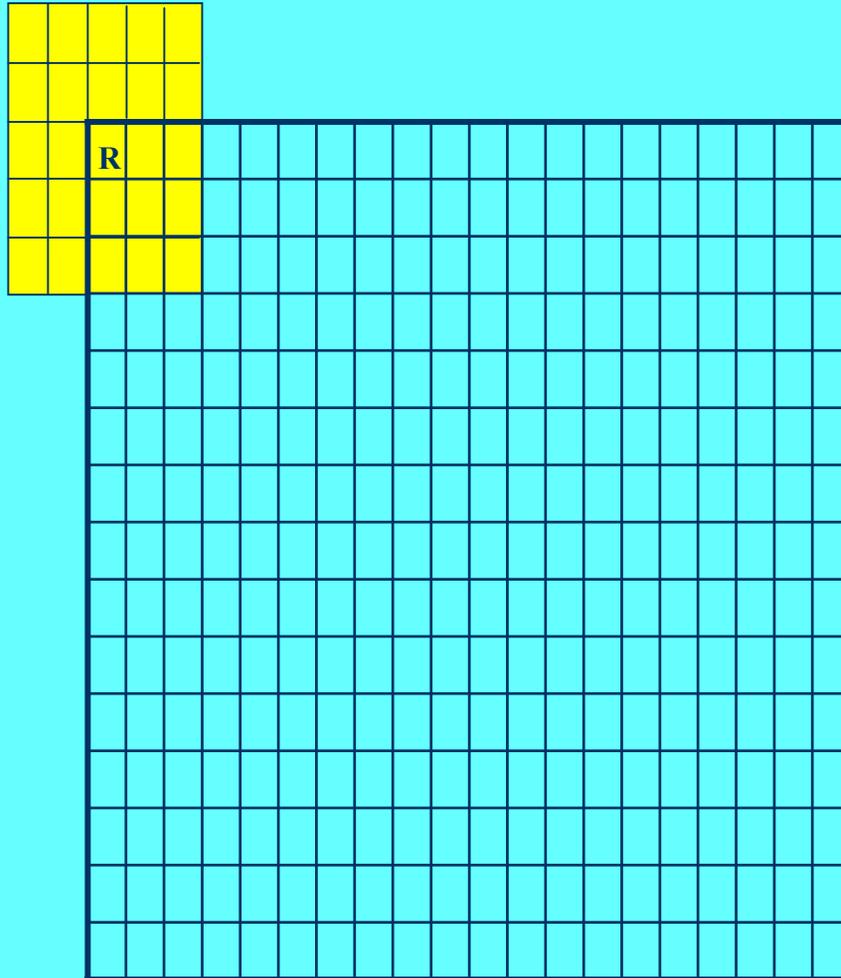
$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$
$w_6$	$w_7$	$w_8$	$w_9$	$w_{10}$
$w_{11}$	$w_{12}$	$w_{13}$	$w_{14}$	$w_{15}$
$w_{16}$	$w_{17}$	$w_{18}$	$w_{19}$	$w_{20}$
$w_{21}$	$w_{22}$	$w_{23}$	$w_{24}$	$w_{25}$

Máscara 5x5

# O Processo de Filtragem Espacial

- Na operação de filtragem deve-se calcular os pontos pertencentes à borda da imagem de modo diferente dos demais, já que estes não dispõem de todos os vizinhos.
- Por questões de simetria usam-se, na definição das máscaras dos filtros, janelas  $N \times N$ , onde  $N$  é um número ímpar.
- Por questões de eficiência computacional, preferem-se valores pequenos para  $N$  (no máximo 7).

# O Processo de Filtragem Espacial



$$R = \sum_{i=1}^n z_i w_{n-i+1}$$

$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$
$w_6$	$w_7$	$w_8$	$w_9$	$w_{10}$
$w_{11}$	$w_{12}$	$w_{13}$	$w_{14}$	$w_{15}$
$w_{16}$	$w_{17}$	$w_{18}$	$w_{19}$	$w_{20}$
$w_{21}$	$w_{22}$	$w_{23}$	$w_{24}$	$w_{25}$

Máscara 5x5

## Filtro Passa-baixas

- Atenua (ou elimina) as altas frequências que estão relacionadas com a informação de detalhes da imagem.
- O efeito visual de um filtro passa-baixas é o de suavização (smoothing) da imagem uma vez que as altas frequências, que correspondem às transições abruptas, são atenuadas.
- A suavização tende também, pelas mesmas razões, a minimizar o efeito do ruído em imagens.
- A filtragem passa-baixas tem, por outro lado, o efeito indesejado de diminuir a resolução da imagem, provocando assim, um leve borramento. Ou seja, diminui a nitidez e a definição da imagem.

## Exemplo Filtro Passa-baixa – Filtro de Média

- Filtros de média 3x3, 5x5 e 7x7

$1/9 *$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$1/25 *$

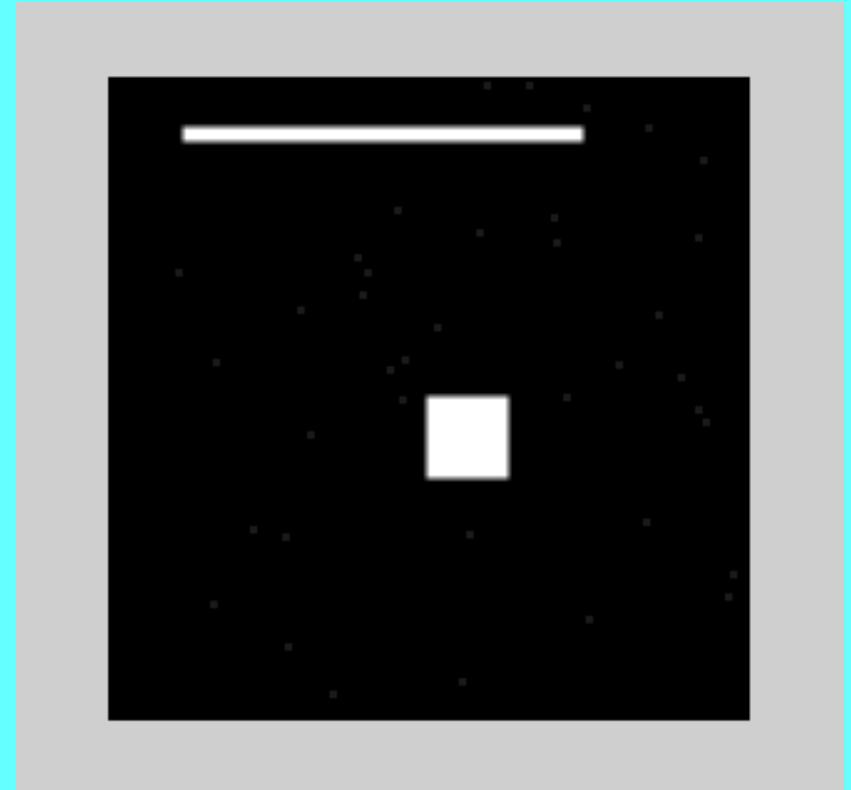
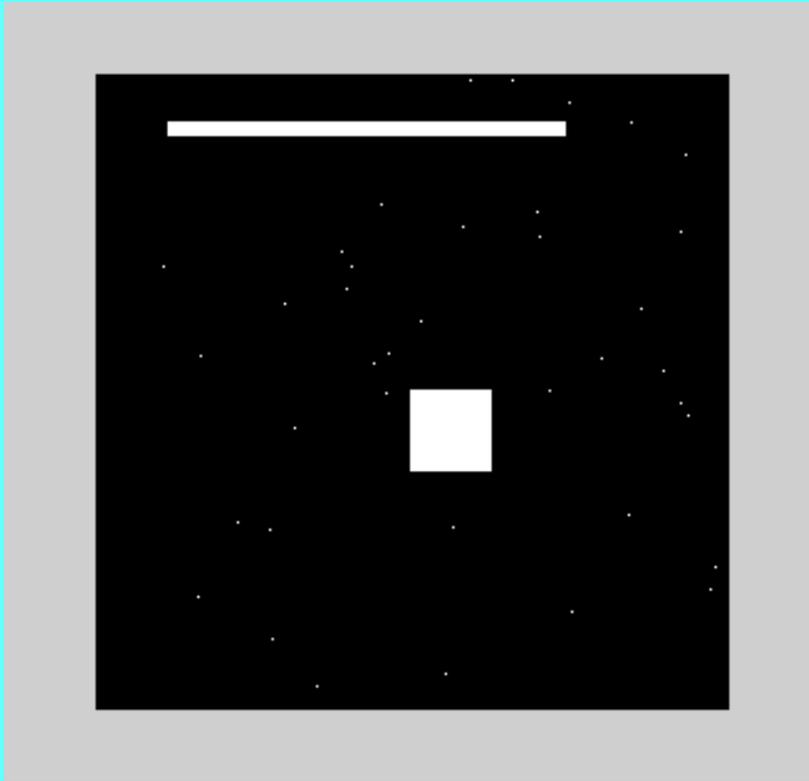
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

$1/49 *$

1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1

- Substitui o valor do pixel original pela média aritmética do pixel dos seus vizinhos;
- Quanto maior a máscara, maior o efeito de borramento.
- Pesos positivos
- Soma dos pesos igual a 1 – não altera a média

## Resultado da Aplicação do Filtro de Média 3x3



- Os ruídos foram reduzidos, porém a imagem filtrada apresenta-se borrada

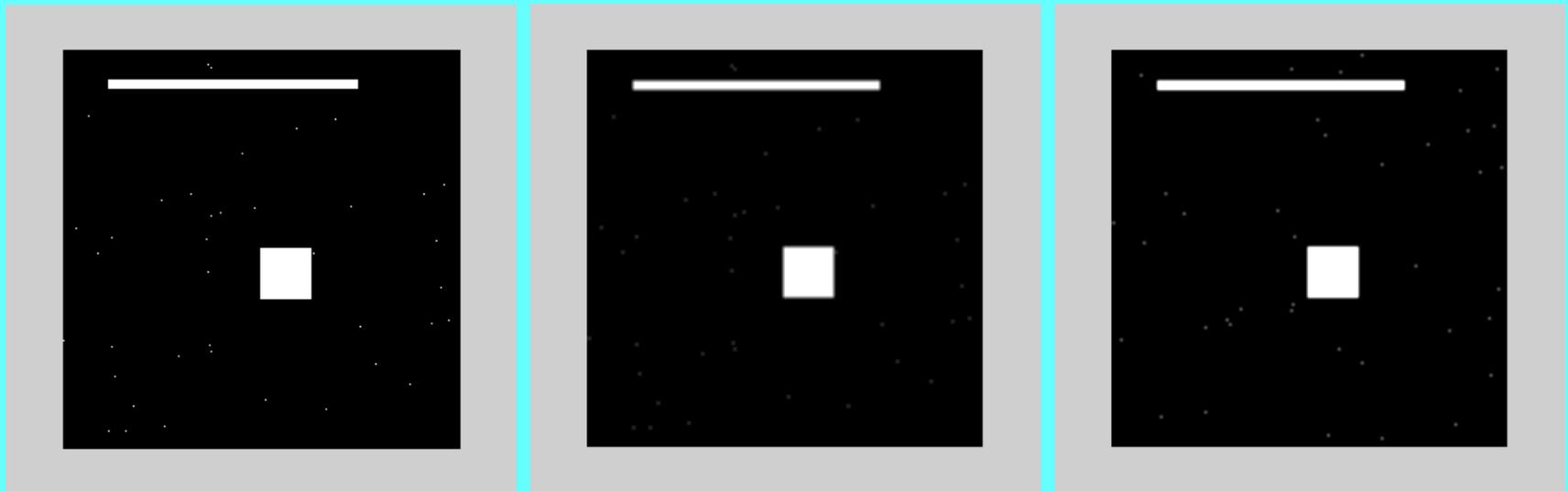
## Exemplo Filtro Passa-baixas – Filtro de Média Ponderada

- São usados quando os pesos são definidos em função de sua distância do peso central.
- Filtros de Média Ponderada de dimensão 3x3 são:

$$1/10 * \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$1/16 * \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

## Resultado da Aplicação do Filtro de Média Ponderada 3x3



Original

1	1	1
1	2	1
1	1	1

1	2	1
2	4	2
1	2	1

## Filtro Passa-altas

- Atenuam ou eliminam as baixas frequências, realçando as altas frequências e são normalmente usados para realçar os detalhes na imagem (agudização – sharpening).
- Para filtros passa-altas, o efeito obtido é, em geral, o de tornar mais nítidas as transições entre regiões diferentes, conhecidas como bordas, realçando o contraste.
- O efeito indesejado destes filtros é o de enfatizar o ruído presente na imagem.

## Filtro Passa-altas Básico

- O formato da resposta de um filtro passa-altas deve ser tal que a máscara correspondente apresente coeficientes positivos nas proximidades de seu centro e negativos longe deles.
  - ✓ Exemplo - máscara 5x5, reforça o contraste que porventura exista entre os pixels centrais e os da periferia.

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

$$R = \sum_{i=1}^n |z_i w_{n-i+1}|$$

- *se homogênea tende a zero*

## Exemplos de Filtros Passa-altas

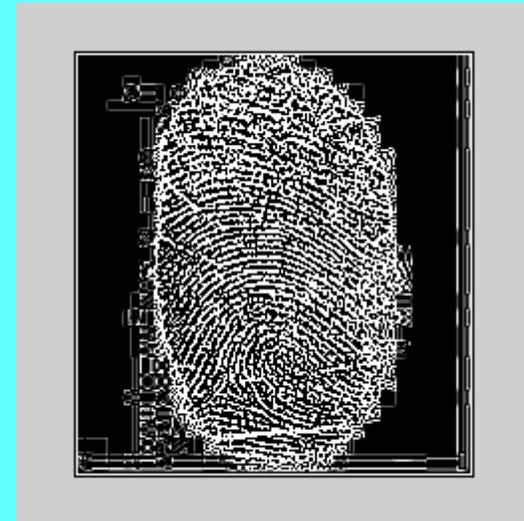
0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

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

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

- Pesos positivos, negativos e nulos
- Observe que a soma algébrica da máscara é zero, o que significa que quando aplicada a regiões homogêneas de uma imagem, o resultado será zero ou um valor muito baixo.

## Resultado da Aplicação do Filtro Passa-altas 3x3



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

- A máscara foi aplicada a imagem original (esquerda) resultando a imagem da direita

## Filtros Passa-altas Direcionais

- Os filtros passa-alta direcionais (realce de bordas) realçam a cena, segundo direções preferenciais de interesse, definidas pelas máscaras.
- A seguir estão algumas máscaras utilizadas para realçar bordas em vários sentidos.
- O nome dado às máscaras indica a direção ortogonal preferencial em que será realçado o limite de borda. Assim, a máscara norte realça limites horizontais

## Exemplos de Filtros Passa-altas Direcionais

1	1	1
1	-1	1
-1	-1	-1

Norte

-1	1	1
-1	-1	1
-1	1	1

Leste

-1	-1	-1
1	-1	1
1	1	1

Sul

1	1	-1
1	-1	-1
1	1	-1

Oeste

1	1	1
-1	-1	1
-1	-1	1

Nordeste

-1	-1	1
-1	-1	1
1	1	1

Sudeste

1	-1	-1
1	-1	-1
1	1	1

Sudoeste

1	1	1
1	-1	-1
1	-1	-1

Noroeste

## Exemplos de Filtros Passa-altas

- Linhas, em imagens, podem ser detectadas através das máscaras:

-0.5	-0.5	-0.5
1	1	1
-0.5	-0.5	-0.5

Horizontais

-0.5	1	-0.5
-0.5	1	-0.5
-0.5	1	-0.5

Verticais

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

+45°

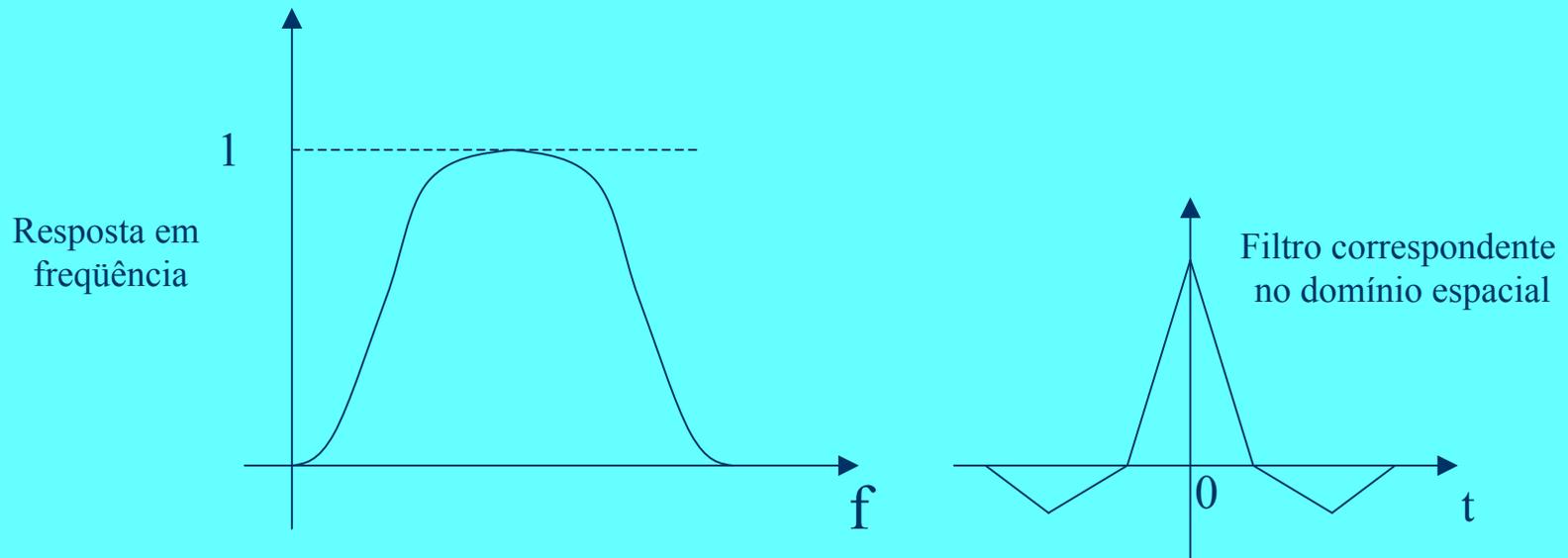
2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

-45°

Diagonal

## Filtro Passa-banda (ou Passa-faixa)

- Seleciona um intervalo de frequências do sinal (banda de frequência) para ser realçado, removendo, ou atenuando componentes fora da faixa selecionada
- São de pouca utilidade prática, a menos de algumas tarefas específicas em restauração de imagens



## Filtragem Não-Linear no Domínio Espacial

- Um exemplo típico de filtro passa-baixas não-linear é o filtro da mediana, que suaviza a imagem sem contudo diminuir sua resolução.
- No filtro da mediana, os pontos da vizinhança de  $(x,y)$ , dentro de uma janela na imagem, são ordenados e tomado como novo valor para  $(x,y)$  o valor mediano desta ordenação.
- É possível, também, em vez de tomar a mediana da vizinhança, escolher o valor máximo ou o valor de ordem qualquer.
  - Esta categoria de filtros é conhecida por filtros de ordem.
- Uma alternativa que produz resultados interessantes é tomar o valor mais freqüente de uma vizinhança - a "moda", que elimina ruídos pontuais sem alterar muito as informações da imagem.

## Exemplos de Filtro Não-Linear (Passa-baixas)

- Filtro de Mediana
  - ✓ Suaviza a imagem sem diminuir sua resolução (borrar);
  - ✓ Os pontos da vizinhança de  $(x,y)$ , dentro de uma janela da imagem, são ordenados e tomado como novo valor para  $(x,y)$  o valor mediano desta ordenação.
- Filtro de Ordem
  - ✓ Os pontos da vizinhança de  $(x,y)$ , dentro de uma janela da imagem, são ordenados e tomado como novo valor para  $(x,y)$  o valor máximo ou o valor de uma ordem qualquer desta ordenação.
- Filtro de Moda
  - ✓ Os pontos da vizinhança de  $(x,y)$ , dentro de uma janela da imagem, são ordenados e tomado como novo valor para  $(x,y)$  o valor mais freqüente da vizinhança
  - ✓ Elimina ruídos pontuais, sem alterar muito as informações da imagem.

## Exemplos de Filtros Não-Lineares

- Imagem original



- Imagem com ruído aditivo



- Filtro de média



- Filtro de mediana

