

IF69D-S11 Proc. Digital de Imagens APNP

Aula 06

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Curitiba
Departamento Acadêmico de Eletrônica - DAELN
Curso de Engenharia Eletrônica
Prof. Gustavo B. Borba

30.mar.2021



Separabilidade dos filtros lineares

BOX FILTER ↓

$$\begin{bmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 & 1/3 & 1/3 \end{bmatrix} \overset{\text{CONV}}{\downarrow} * \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1/3 \\ 1/3 \end{bmatrix}$$

H_x H_y

Aplicar o Box Filter na imagem de entrada I

out

$$B = I * H_{xy}$$

← Para cada pixel de I
9 multiplic.

$$B = I * (H_x * H_y)$$

CONVOLUÇÃO É ASSOCIATIVA

$$B = (I * H_x) * H_y$$

3 mult. 3 mult. 6 multipl.

MULTIPLICAÇÃO (complex)

Ex: 5×5

NÃO SEPARÁVEL

SEPARÁVEL

25

10

7×7

49

14

quadrad.

linear

SEPARÁVEL
é mais eficiente
computacional.

Separabilidade dos filtros lineares

```

size(g)
% 3x3 box filter
mask = [1/9 1/9 1/9; ...
        1/9 1/9 1/9; ...
        1/9 1/9 1/9];
    
```

```

gf = zeros(nr,nc);
tic
    
```

```

for i = 2 : nr-1
    
```

```

    for j = 2 : nc-1
        
```

```

        gf(i,j) = mask(1,1)*g(i-1,j-1) + ...
    
```

```

        mask(1,2)*g(i-1,j) + ...
    
```

```

        mask(1,3)*g(i-1,j+1) + ...
    
```

```

        mask(2,1)*g(i,j-1) + ...
    
```

```

        mask(2,2)*g(i,j) + ...
    
```

```

        mask(2,3)*g(i,j+1) + ...
    
```

```

        mask(3,1)*g(i+1,j-1) + ...
    
```

```

        mask(3,2)*g(i+1,j) + ...
    
```

```

        mask(3,3)*g(i+1,j+1);
    
```

```

    endfor
endfor
t1 = toc
    
```

NAO SE PÁRA
(9 mult.)

Varre toda a
imagem
fazendo a
conv.

Não
"rebatem"
mask
em

	1	2	3	4	5	6	7
1	1,1 P ₁	1,2 P ₂	1,3 P ₃	1,4 P ₄			
2	2,1 P ₅	2,2 P ₆	2,3 P ₇	2,4 P ₈			
3	3,1 P ₉	3,2 P ₁₀	3,3 P ₁₁	3,4 P ₁₂			
4	4,1 P ₁₃	4,2 P ₁₄	4,3 P ₁₅	4,4 P ₁₆			
5							
6							
7							

	1	2	3
1	1,1 W ₁	1,2 W ₂	1,3 W ₃
2	2,1 W ₄	2,2 W ₅	2,3 W ₆
3	3,1 W ₇	3,2 W ₈	3,3 W ₉

Filtros adaptativos



IN

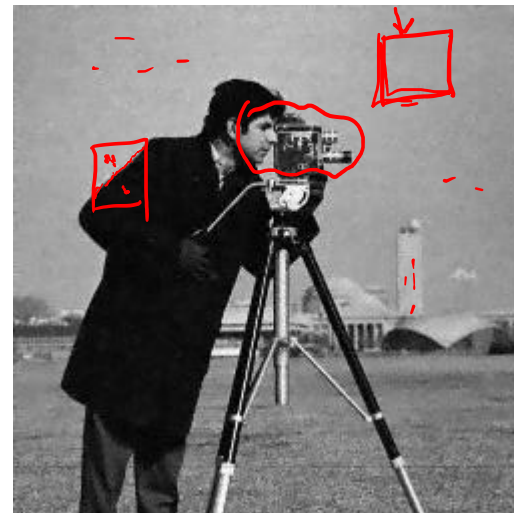


Com Ruído
Gaussiano
 $m=0$
 $\sigma=10$



BOX (FPB)
FILTER
 5×5

NÃO DISCRIMINA
REGS HOMOG
E AREAS
das
Bordas



FILTRO
ADAPTATIVO
MMSE
 5×5



NÃO É LINEAR (CONVOLUÇÃO)

Filtros adaptativos

MMSE

OPERA SOBRE UMA JANELA

Imagem de entrada P , de pixels $p(i, j)$
OUT

$$A(i, j) = \left(1 - \frac{V_R}{V_L}\right) \cdot p(i, j) + \frac{V_R}{V_L} \cdot m_L$$

V_R : Variância de Ruído (cte)
 V_L : VARIÂNCIA LOCAL (da janela)
 m_L : MÉDIA LOCAL (da janela)
 Pixel central da janela (da imagem de ent. (orig))

① $V_R \approx V_L \Rightarrow \frac{V_R}{V_L} \approx 1$

com ruído

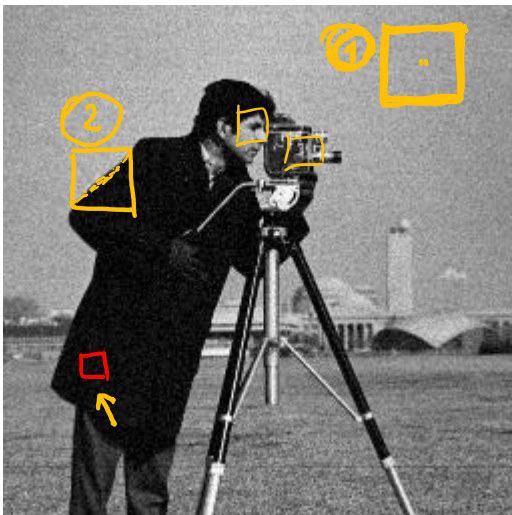
$$A(i, j) = (1 - 1) \cdot p(i, j) + 1 \cdot m_L = m_L$$

O MMSE está sobre uma reg. Homog. da imagem ele comporta-se como o filtro da média

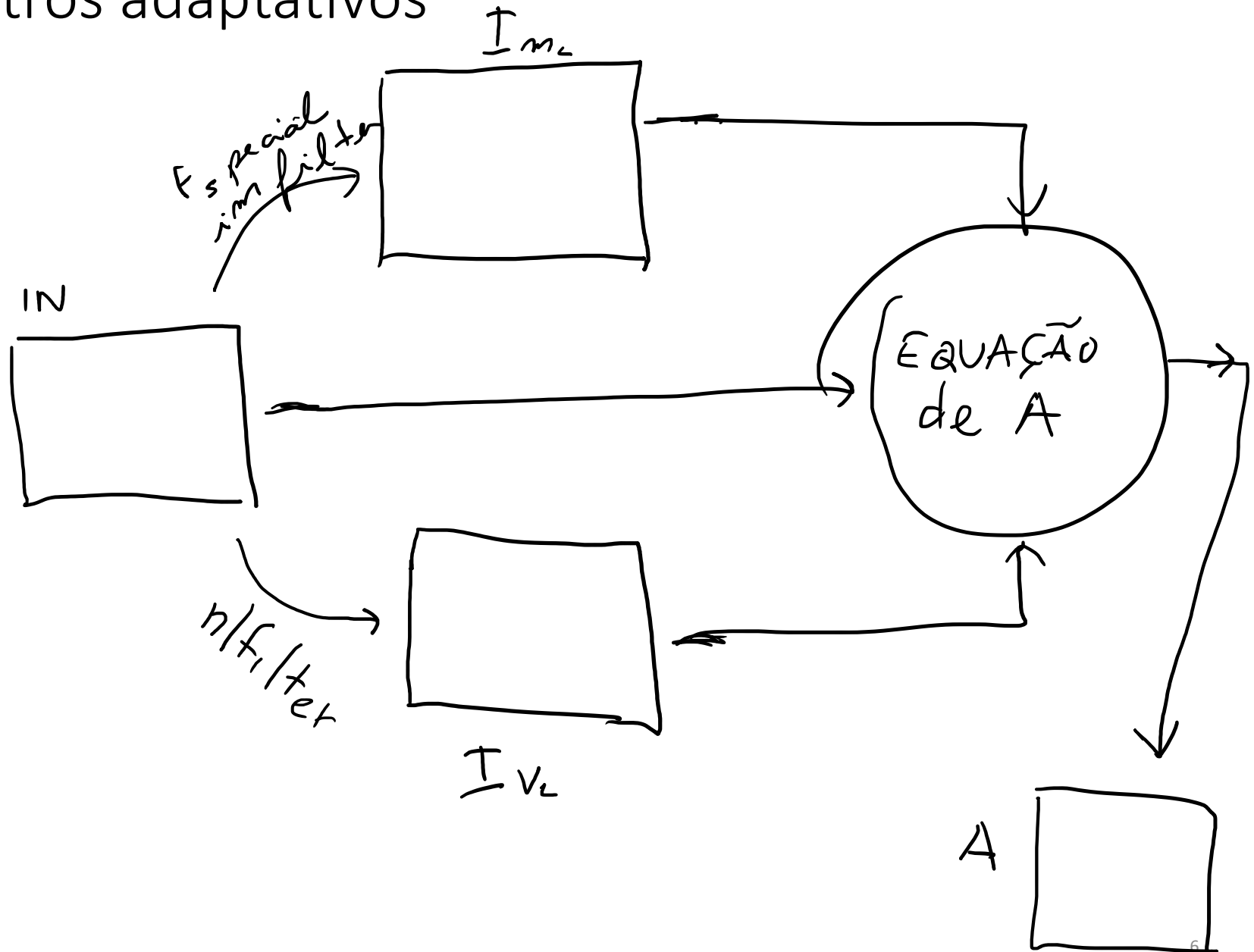
② $V_L \gg V_R \Rightarrow \frac{V_R}{V_L} \approx 0$

$$A(i, j) = (1 - 0) \cdot p(i, j) + 0 \cdot m_L = p(i, j)$$

... reg. com borda (detalhes) ele "não filtra"



Filtros adaptativos



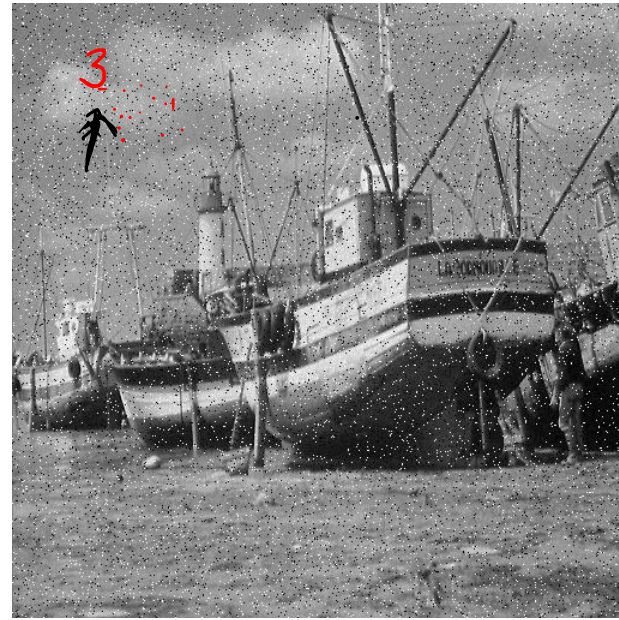
Métricas objetivas de qualidade de imagem



ORIGINAL
(sem Ruído)



Ruído Gauss. $\sigma=5$ e S&P 2%



$\sigma=5$ e S&P 5%

Mean Opinion Score: Subjetiva, quantitativa

VS.

objetivas, quantit { full-ref.
no-ref.
(blind
metric)

Métricas objetivas de qualidade de imagem

MSE: mean squared error (full-reference)

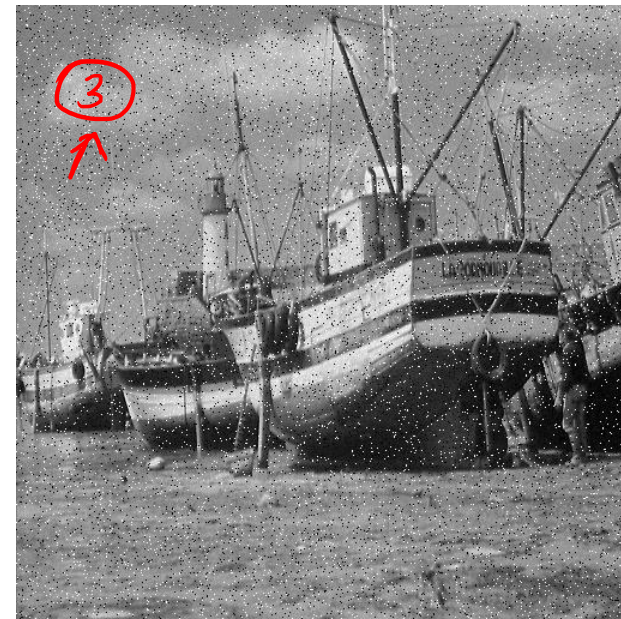
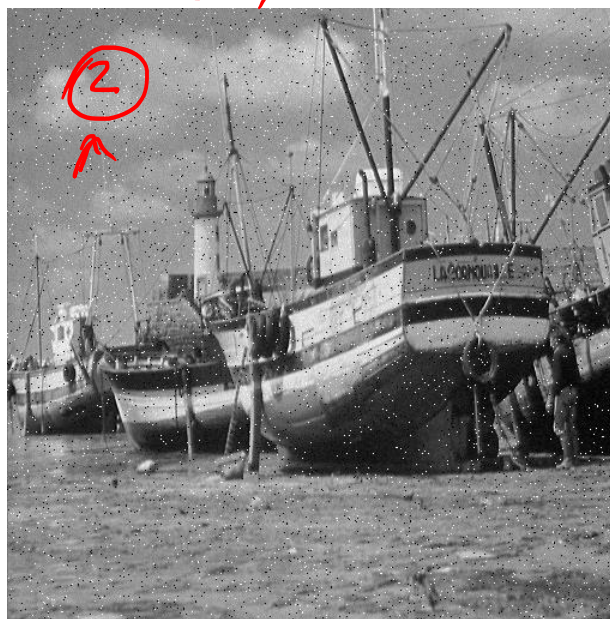
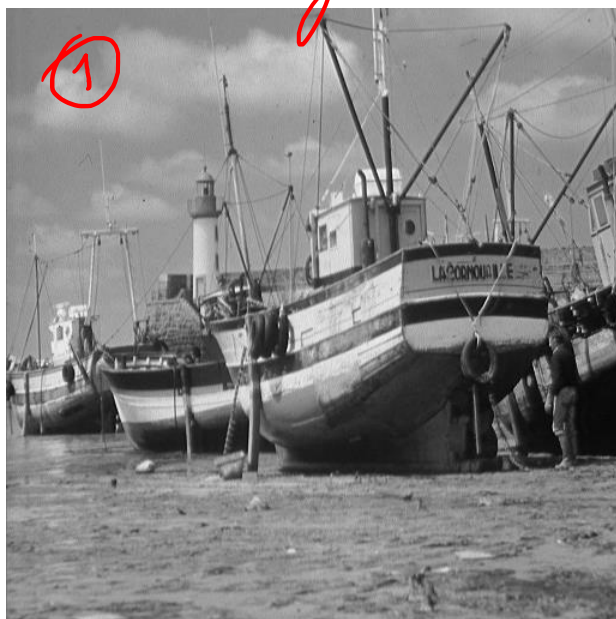
qto < melhor

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f(i,j) - \hat{f}(i,j))^2}{MN}$$

orig ① degrad ②, ③

$\sigma=5$, S&P 2%

$\sigma=5$ S&P 5%



$MSE = 0$

$MSE = 400$

$MSE = 945$

Métricas objetivas de qualidade de imagem

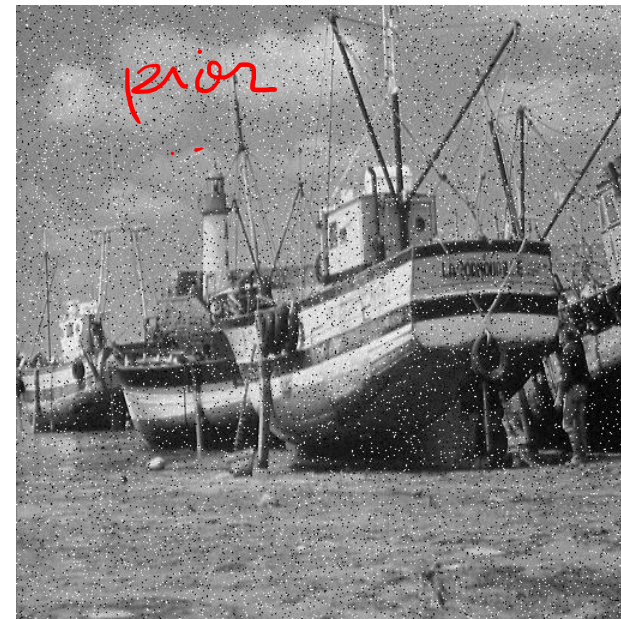
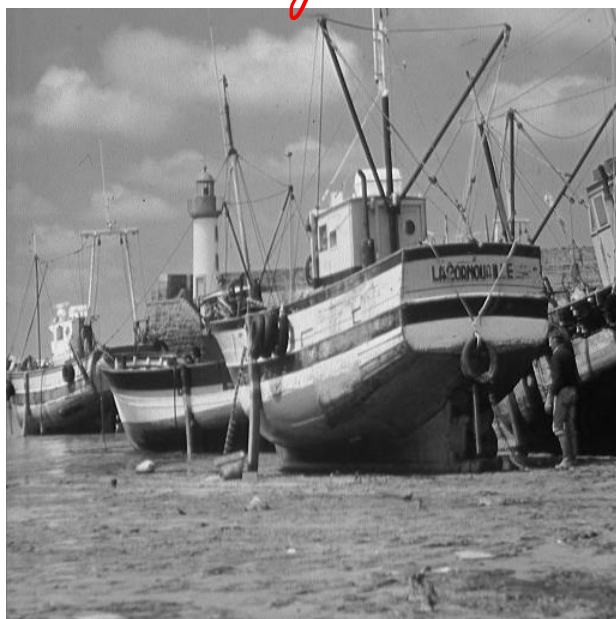
PSNR: peak signal-to-noise ratio (full-reference)

signal para im 8 BPP = 255
-L

qto 7 melhor

$$PSNR = 20 \log \frac{L^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{(f(i,j) - \hat{f}(i,j))^2}{MN}}}$$

orig *ruído*



$PSNR = \infty$

$PSNR = 22 \text{ dB}$

$PSNR = 18 \text{ dB}$

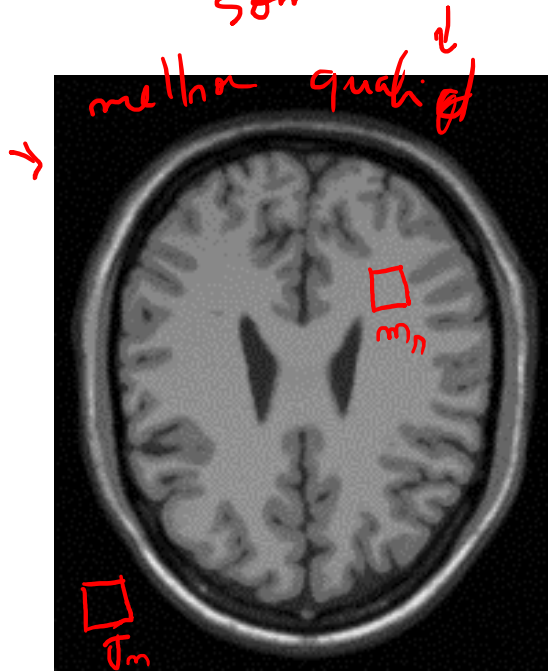
Métricas objetivas de qualidade de imagem

SNR: signal-to-noise ratio (no-reference)

não tenho
a imagem
"original",
somente a degradada

$$SNR_{LOCAL} = \frac{m_s}{\sigma_n}$$

medida da Sinal
desvio padrão do ruído



$SNR_L = 91$



$SNR_L = 33$



$SNR_L = 10$