

CAPÍTULO 3: HISTOGRAMA E TRANSFORMAÇÕES RADIOMÉTRICAS

Profª Letícia Rittner

EA979 – Introdução à computação gráfica e ao processamento de imagens

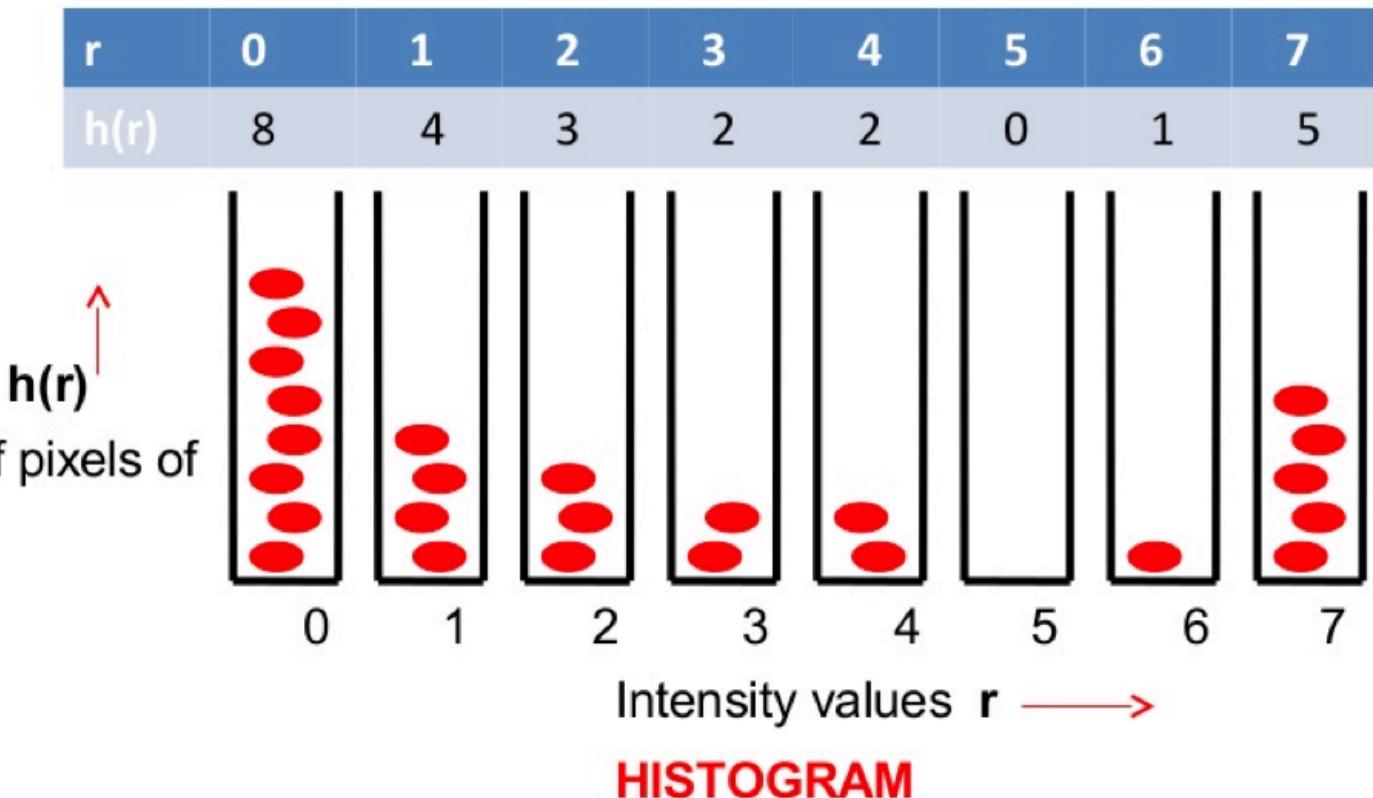
Histograma

Histograma: frequência de valores

0 7 3 2 3
0 0 0 6 7
7 7 2 2 0
1 1 0 4 1
0 0 7 4 1

Image matrix

Number of pixels of
intensity r



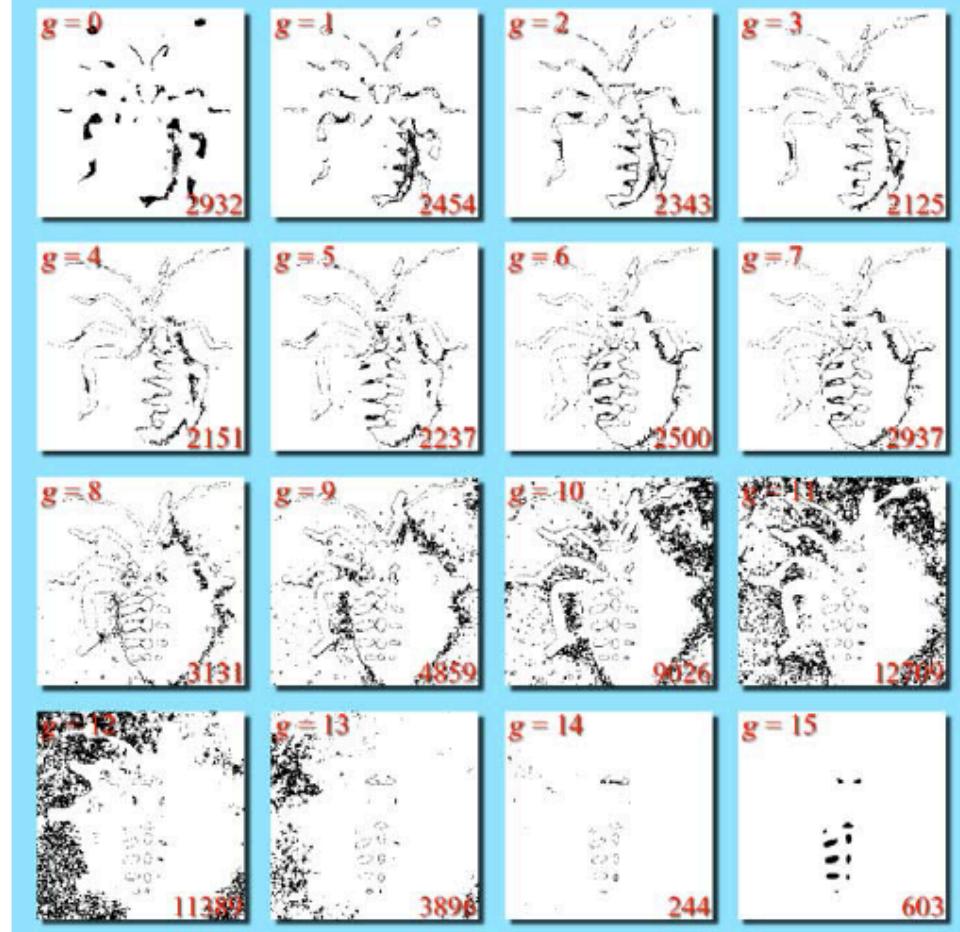
Baseado em M. Mohan

Histograma



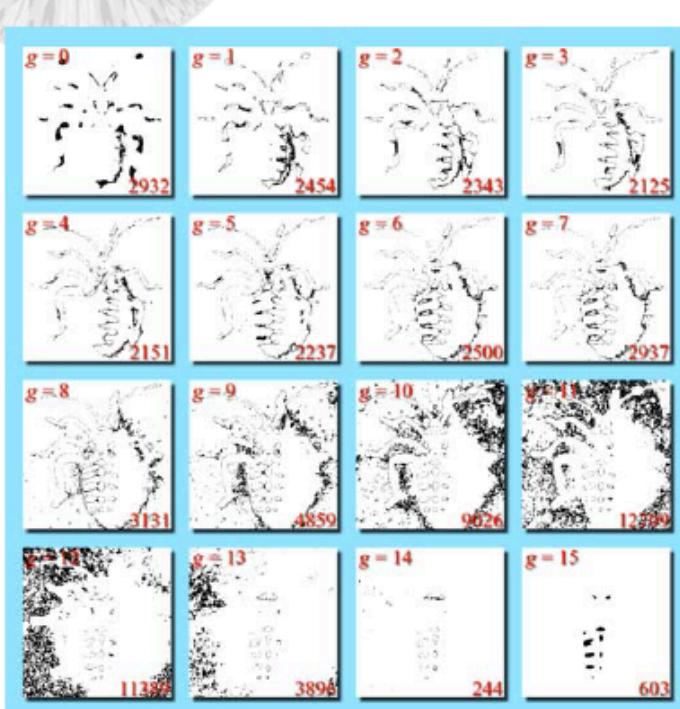
16-level (4-bit) image

lower RHC: number of pixels with intensity g

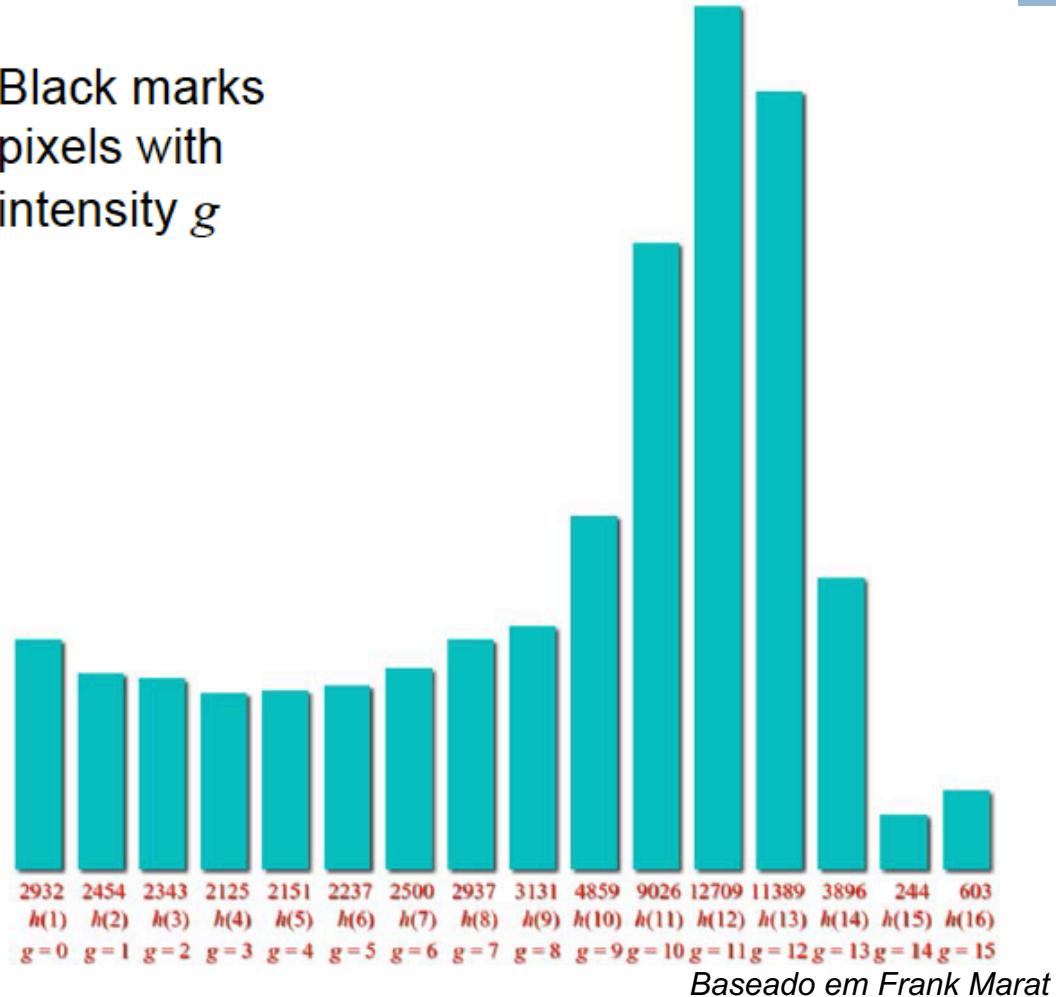


Baseado em Frank Marat

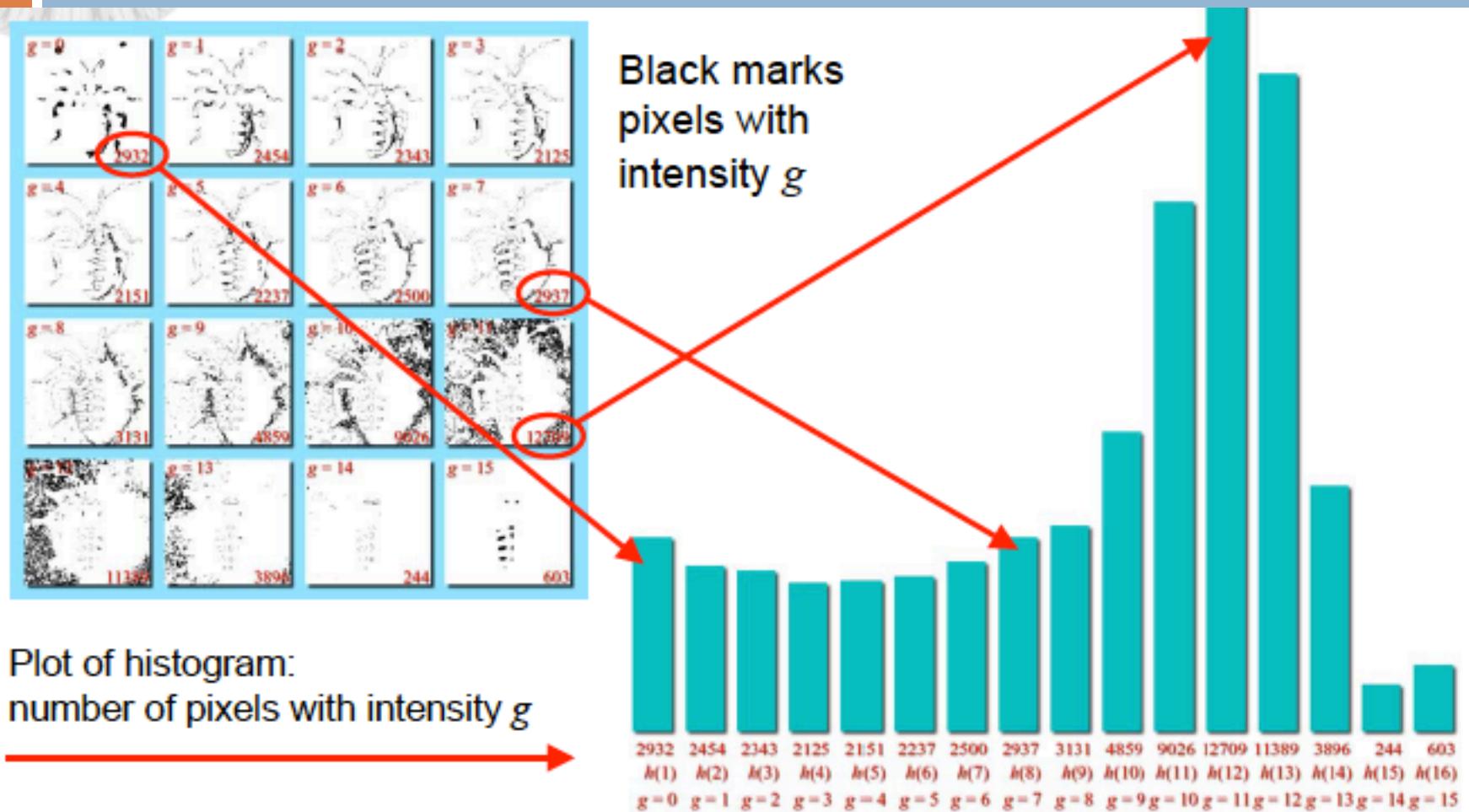
Histograma



Black marks
pixels with
intensity g



Histograma



Histograma h

- Operação global que fornece a freqüência de ocorrência dos níveis de cinza de f
- Aplicações: realce, filtragem, segmentação, reconhecimento de padrões
- Várias medidas estatísticas podem ser extraídas do histograma: mínimo, máximo, média, variância e desvio padrão

Histograma: Algoritmo

Início

$h[i] = 0$ {inicializa contadores}

Para cada valor i faça

$h[i] = h[i] + 1$

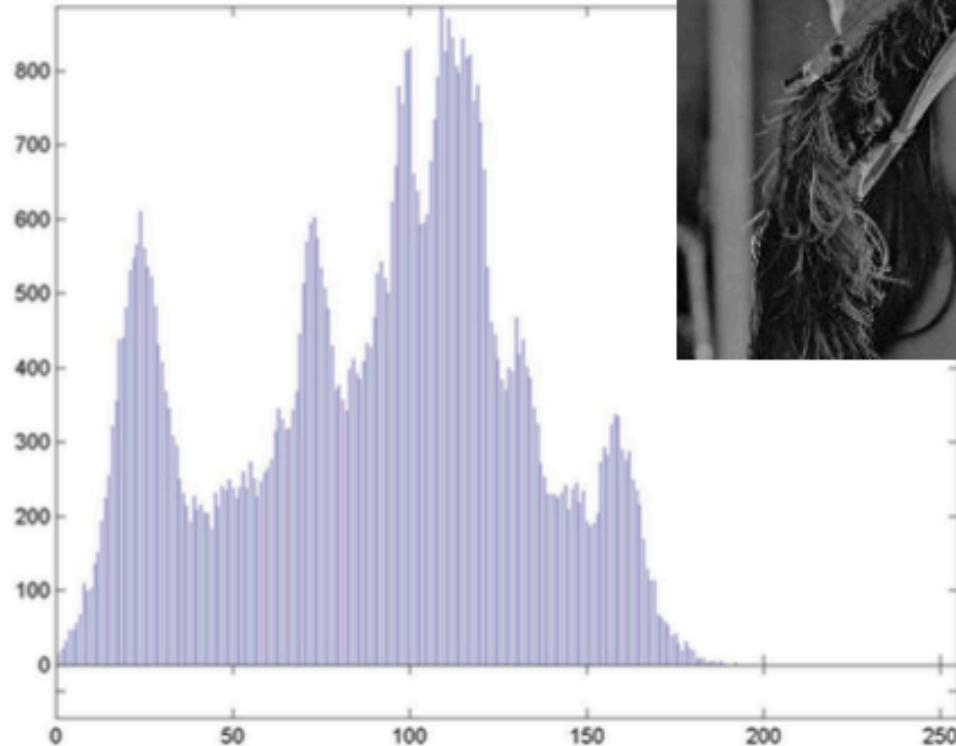
Fim

Fim

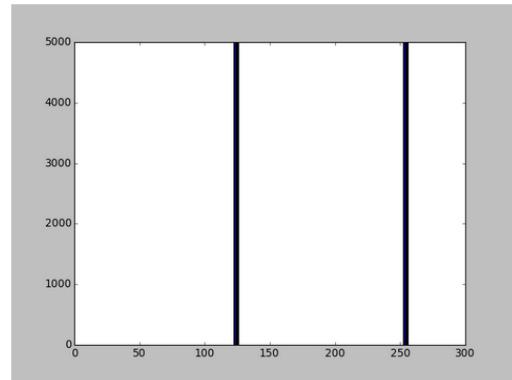
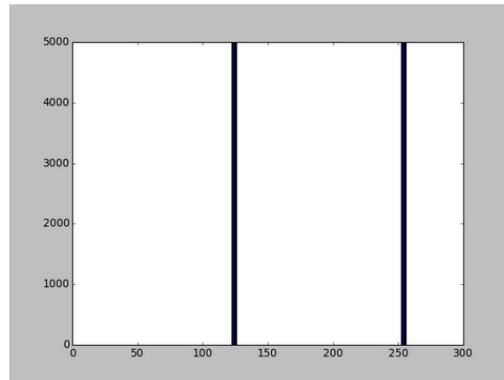
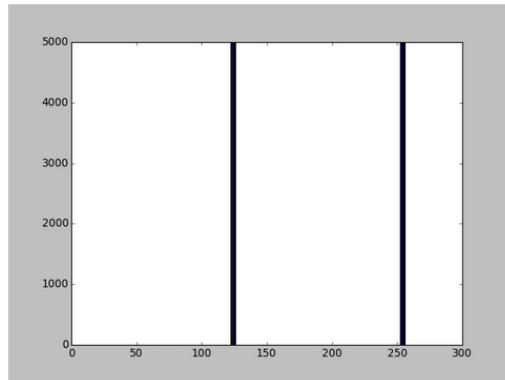
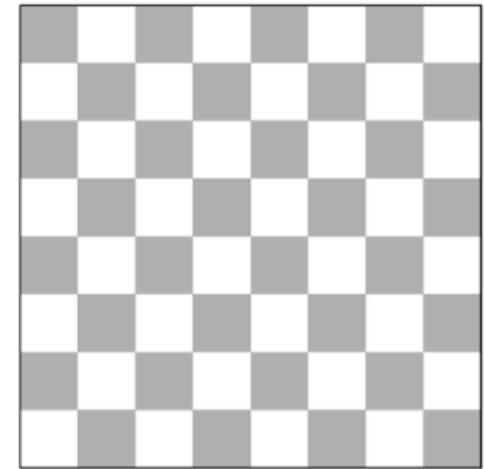
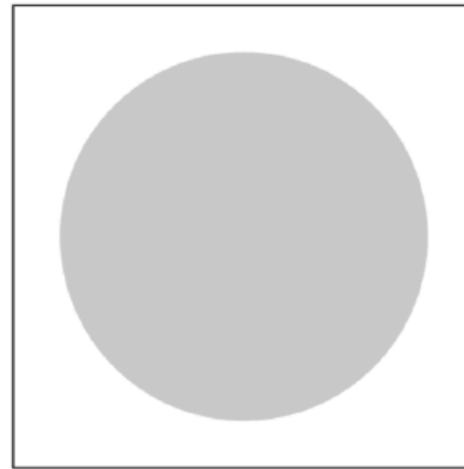
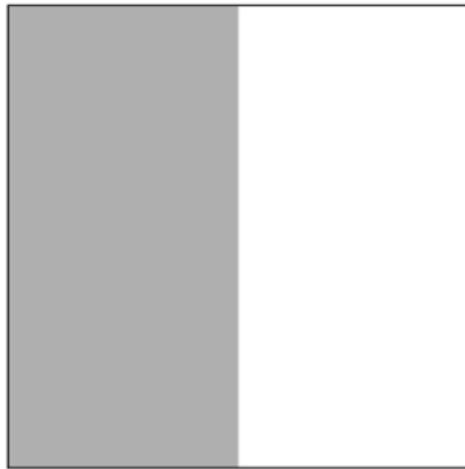
Histograma: calculando

```
1. def iahistogram_eq(f):
2.
3.     import numpy as np
4.
5.     n = f.max() + 1
6.     h = np.zeros((n,) ,np.int)
7.     for i in np.arange(n):
8.         h[i] = (i == f).sum()
9.     return h
```

Histograma



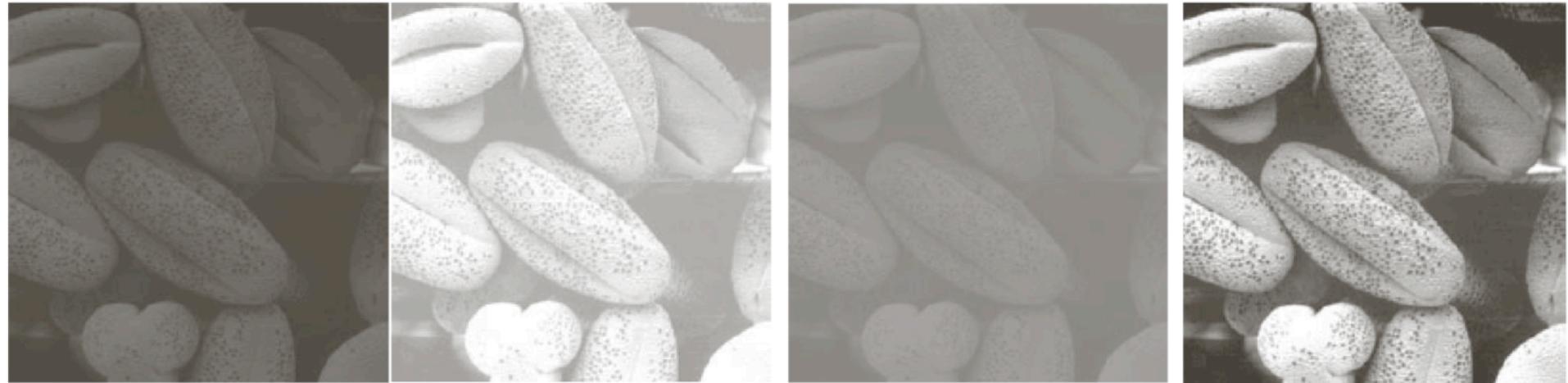
Histograma



Histograma: aplicações

- Detecta problemas de aquisição
- Mostra impactos de compressão
- Base para transformações radiométricas:
 - Melhoria da imagem (realce)
 - Segmentação (limiarização)
- Fonte de atributos para:
 - Reconhecimento de padrões - classificação

Histogramas: aquisição

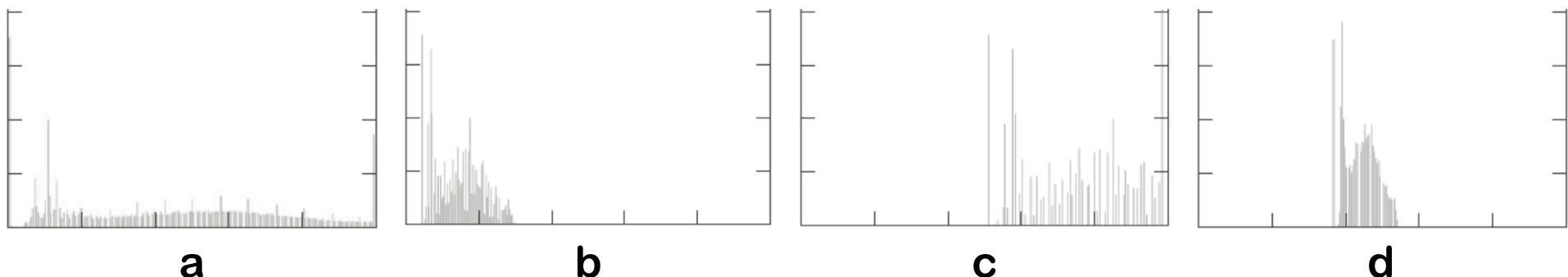


1

2

3

4



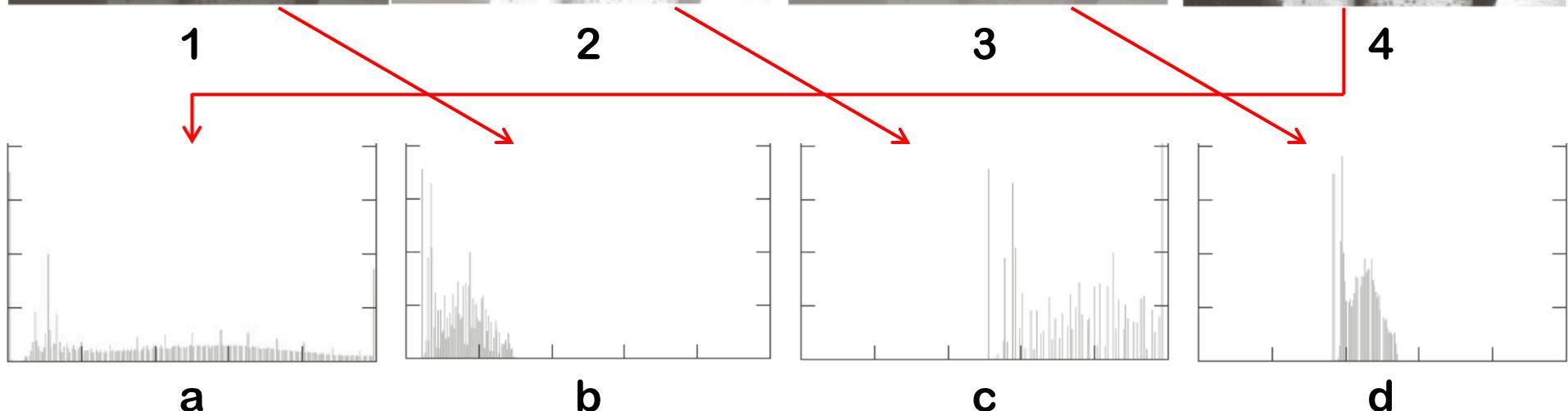
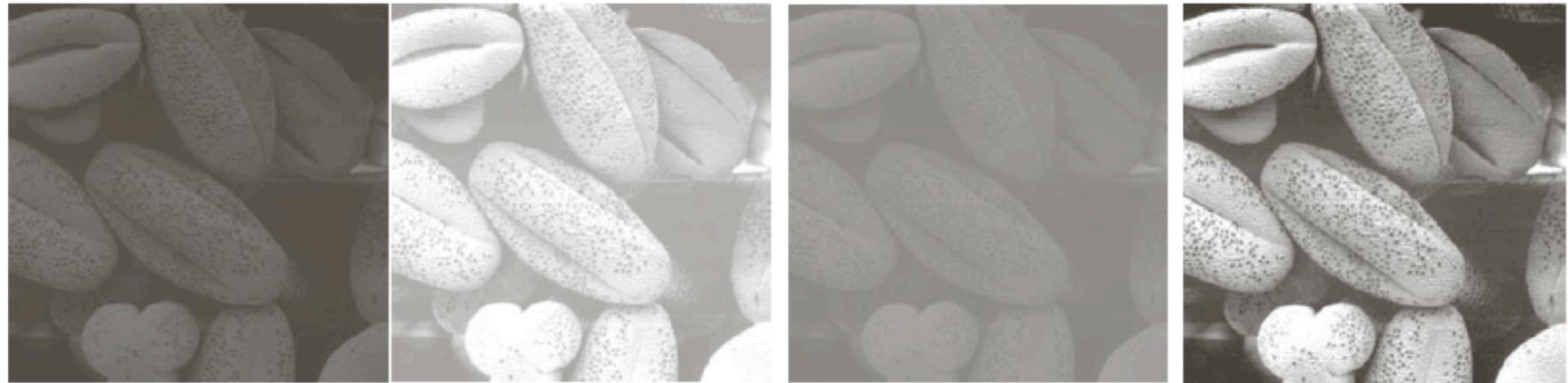
a

b

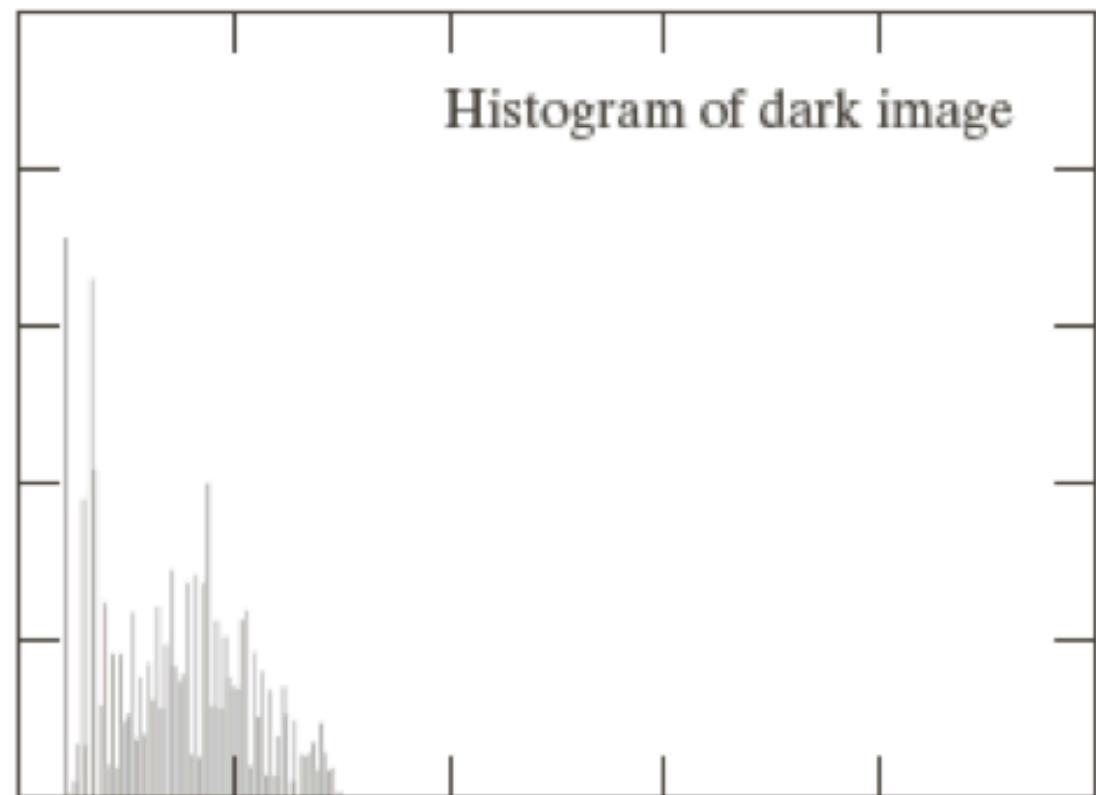
c

d

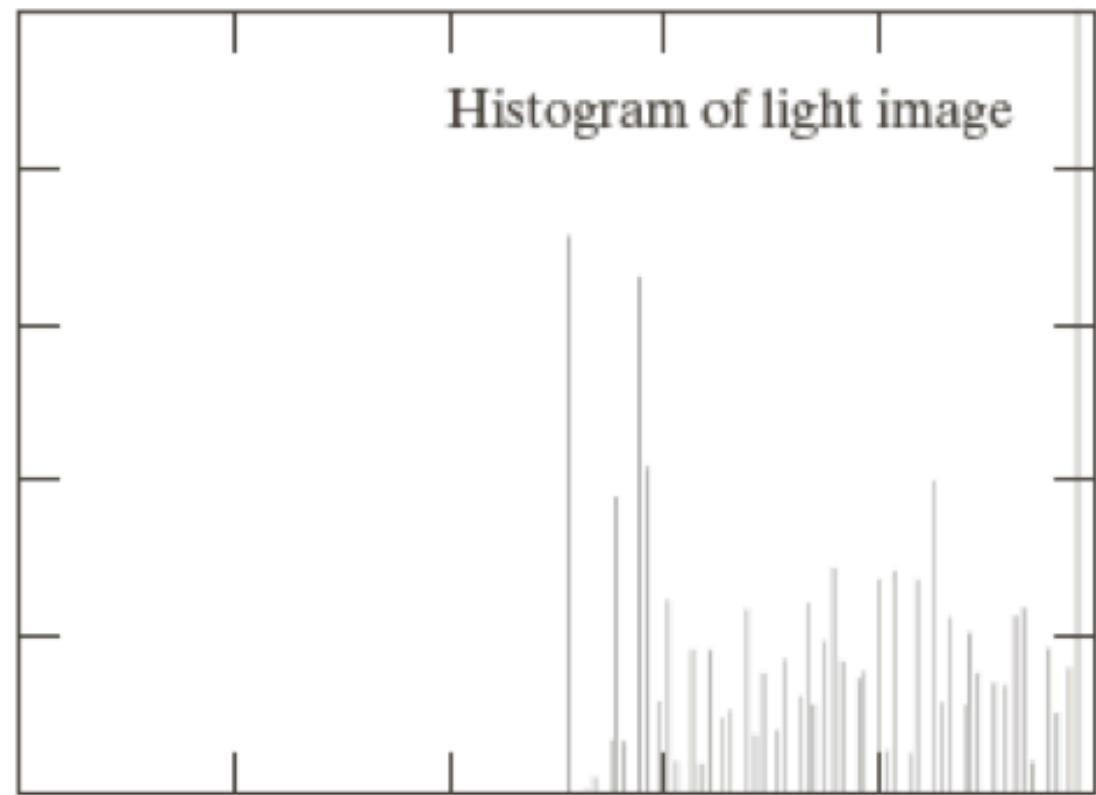
Histogramas: aquisição



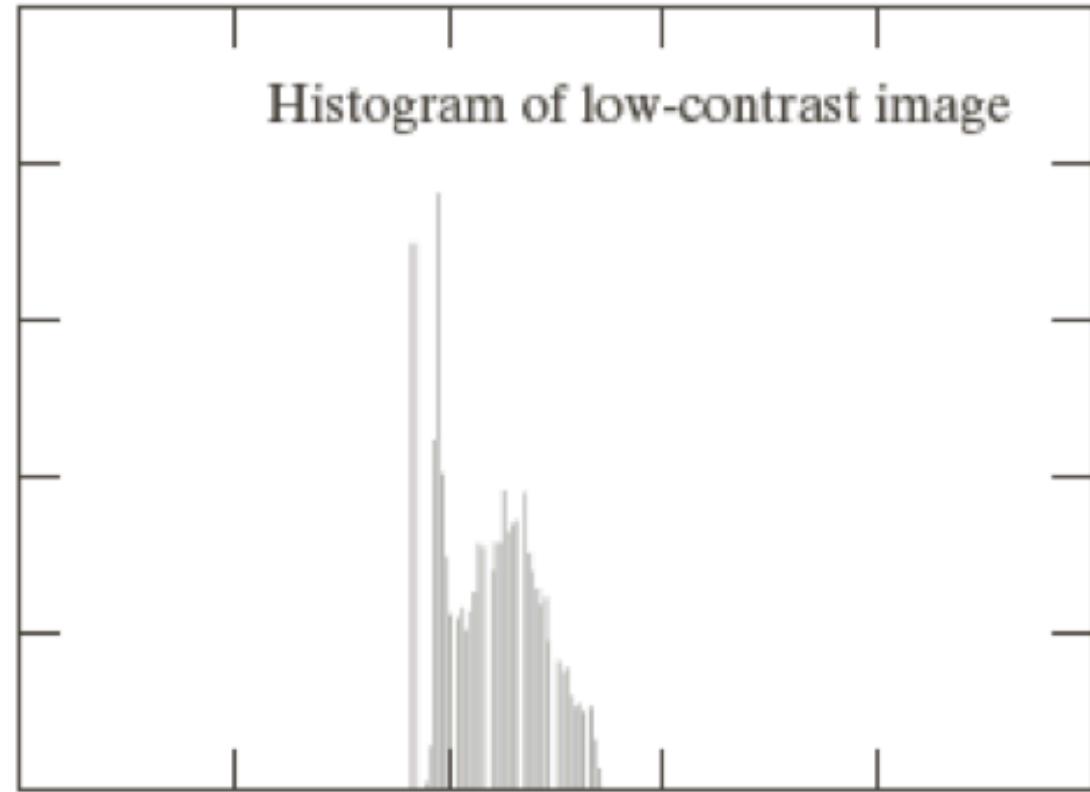
Histograma: imagem escura



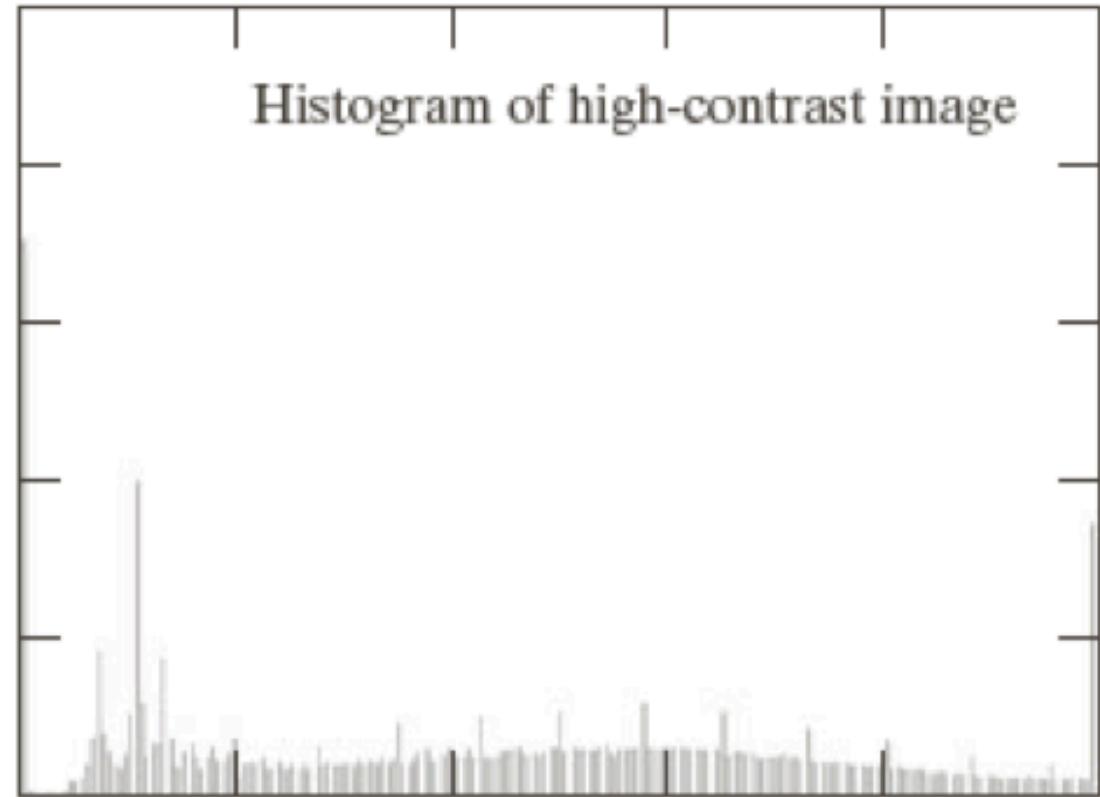
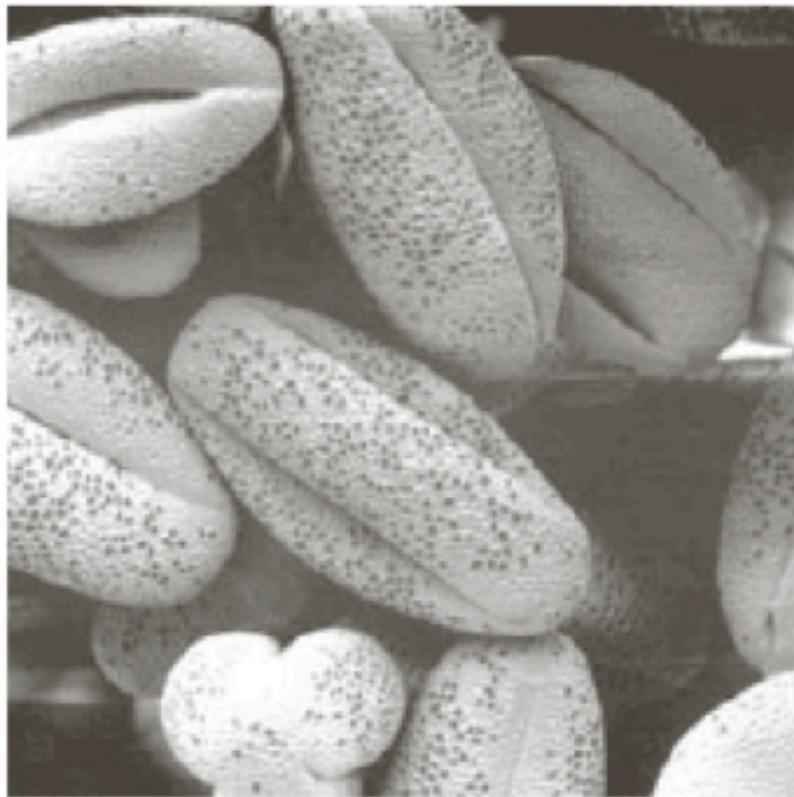
Histograma: imagem clara



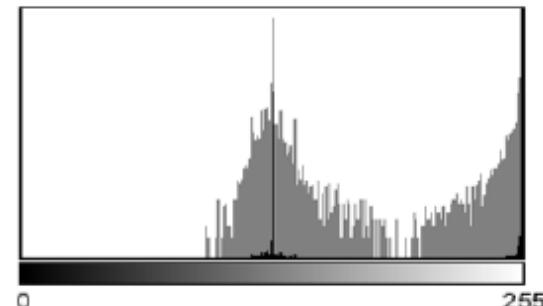
Histograma: baixo contraste



Histograma: alto contraste



Histograma: compressão



Histograma

- A cada imagem está associado um único histograma, mas...
- Um mesmo histograma pode estar associado a diferentes imagens.
- Um histograma não contém informação espacial e pode ser visto como uma distribuição discreta de probabilidade
- Sua informação é invariante com as operações de rotação e translação.

Histograma: nº de bins

- Imagem 8 bits
 - Bins: ?
- Imagem 32 bits
 - Bins: ?
 - Impraticável
- O que fazer?

Histograma: nº de bins

- Imagem 8 bits
 - Bins: $2^8 = 256$
- Imagem 32 bits
 - Bins: $2^{32} = 4.294.967.296$
 - Impraticável
- O que fazer?

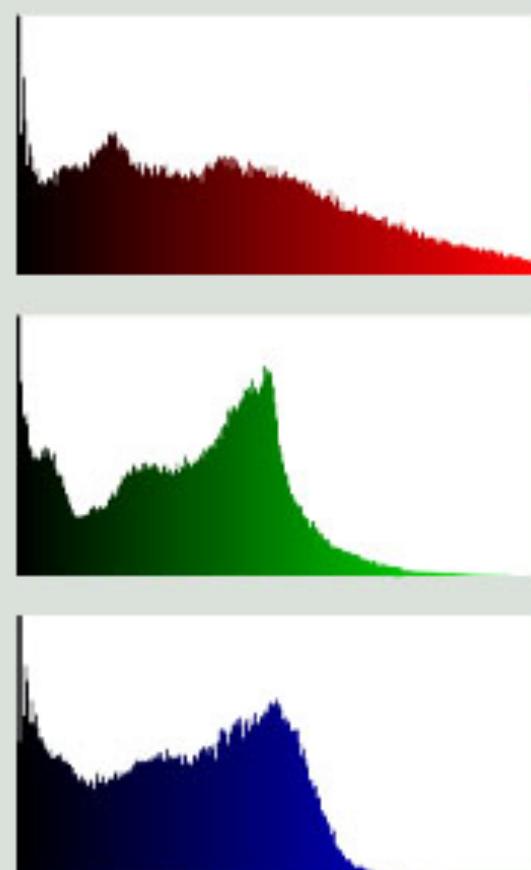
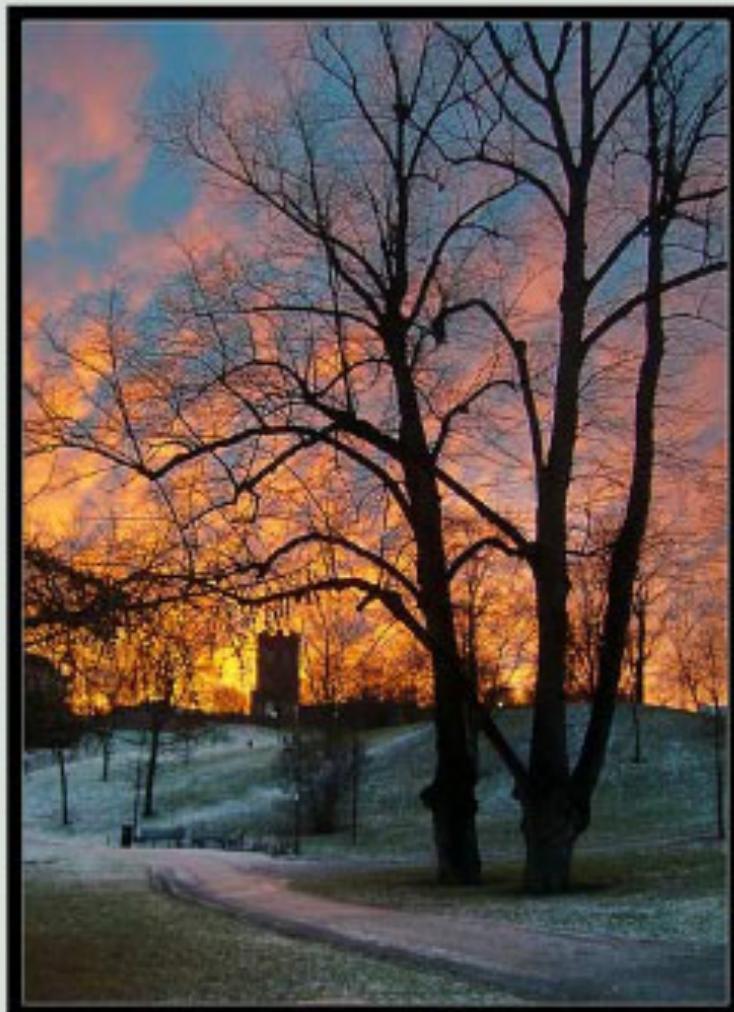
Histograma: nº de bins

- Imagem 14-bits
 - Como obter um histograma de 256 bins?

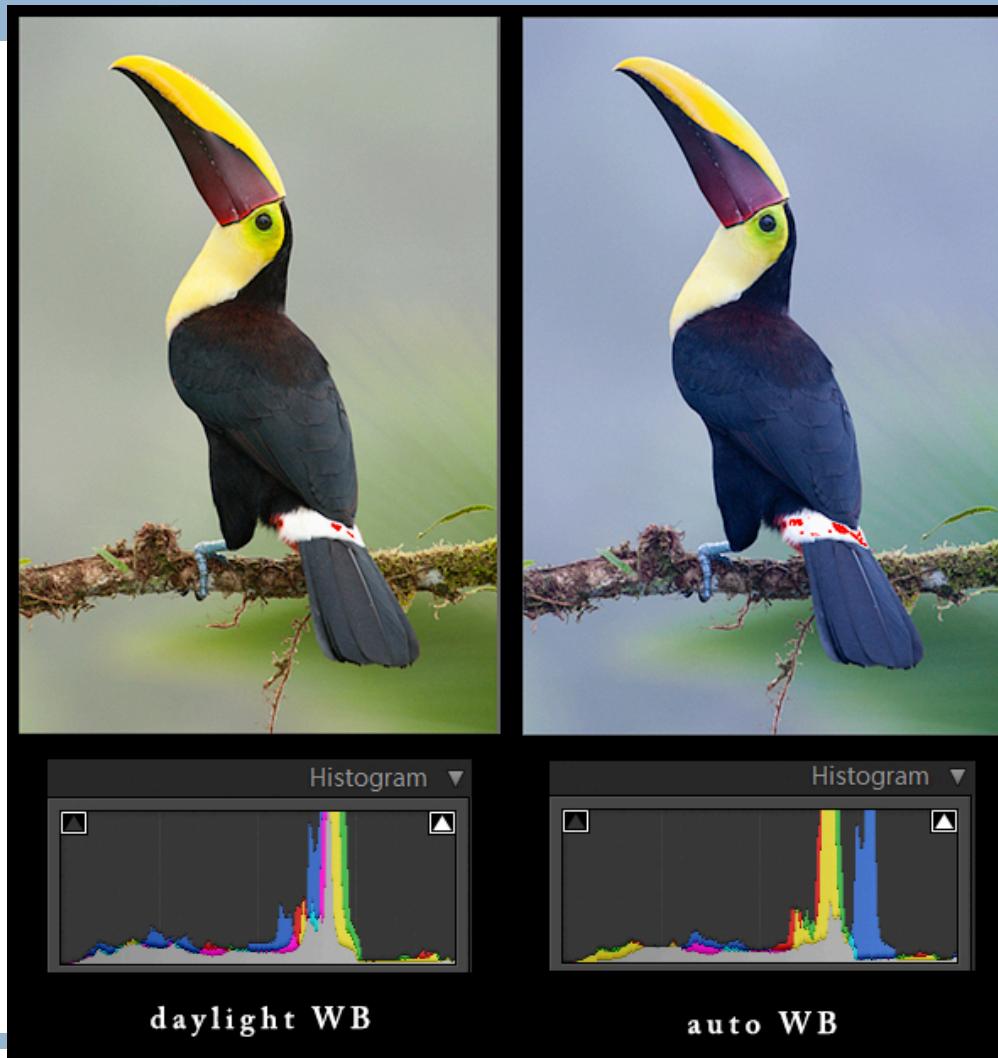
Histograma: nº de bins

- Imagem 14-bits
 - Como obter um histograma de 256 bins?
 - $2^{14}/256 = 64$
 - 1º bin – $h(0)$: $0 \leq I < 64$
 - 2º bin – $h(1)$: $64 \leq I < 128$
 - ...
 - 255º bin – $h(255)$: $16320 \leq I < 16384$

Histograma imagens coloridas

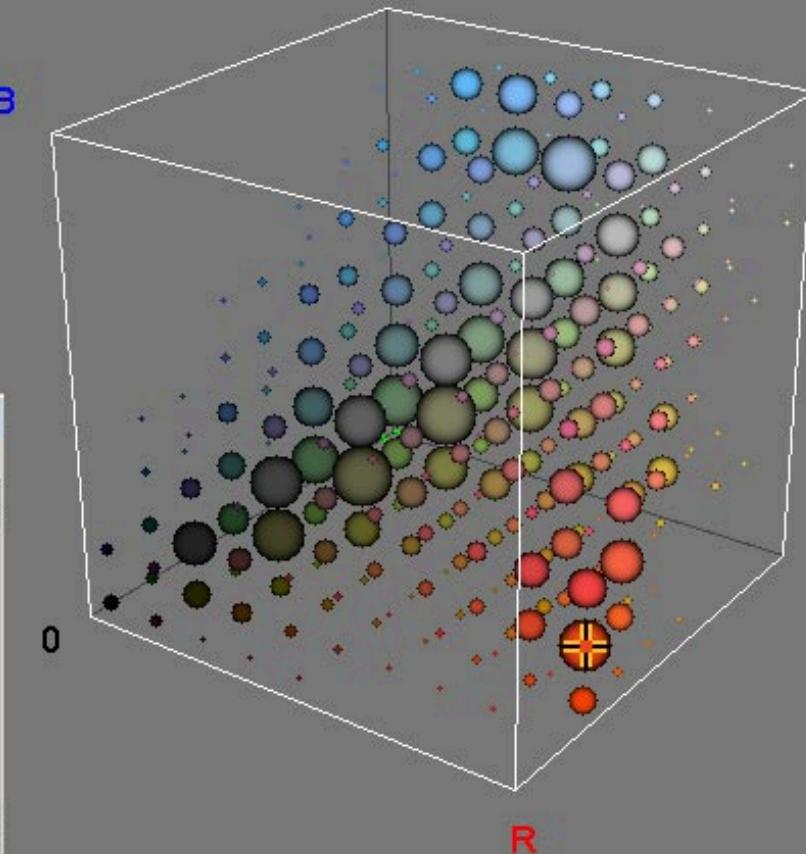
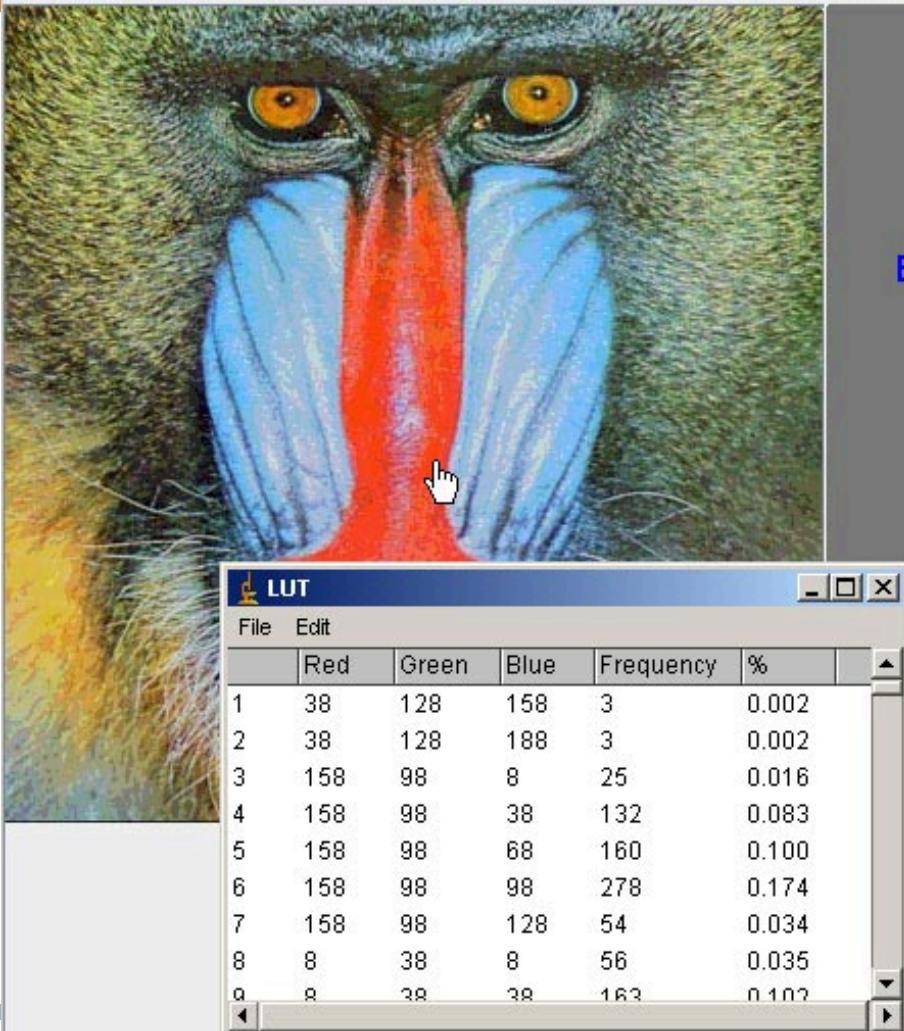


Histograma imagens coloridas

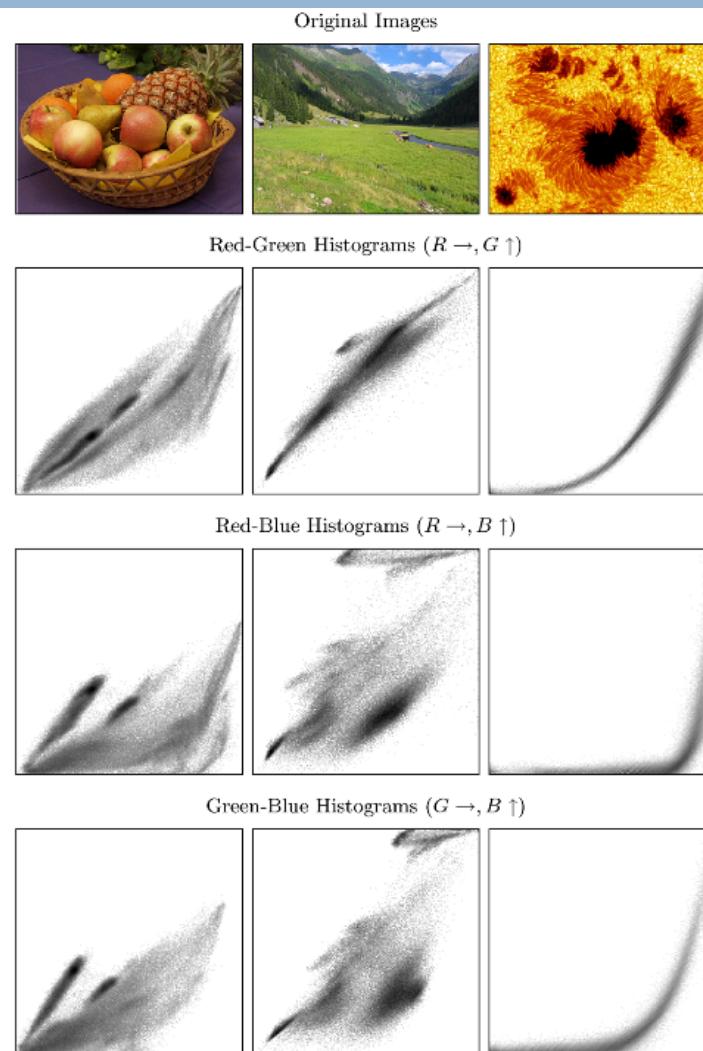


Histograma 3D

160000 Pixels, 271 Colors Position x: 210 y: 222 Color: RGB(248, 68, 38) Frequency: 3868 (2.4%)



Histogramas combinados



Transformação radiométrica

Transformação de intensidade

Transformações de intensidade

- Independem da localização dos pixels na imagem.
- Transformam um pixel da imagem original com nível de cinza f em um pixel na imagem modificada com nível de cinza g :

$$g=T(f)$$

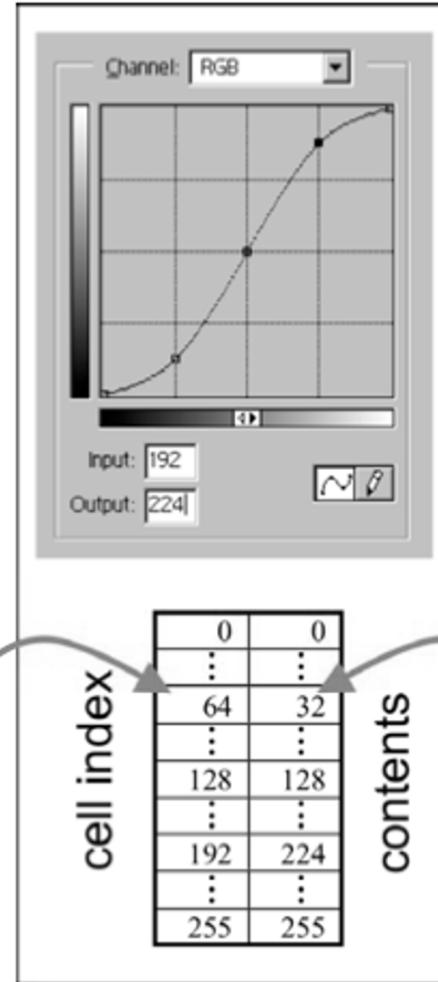
- Pode ser implementada através de uma look-up table (LUT)
- Também chamadas de mapeamento

Look-up table (LUT)



input

a pixel with
this value



cell index

contents



output

is mapped to
this value

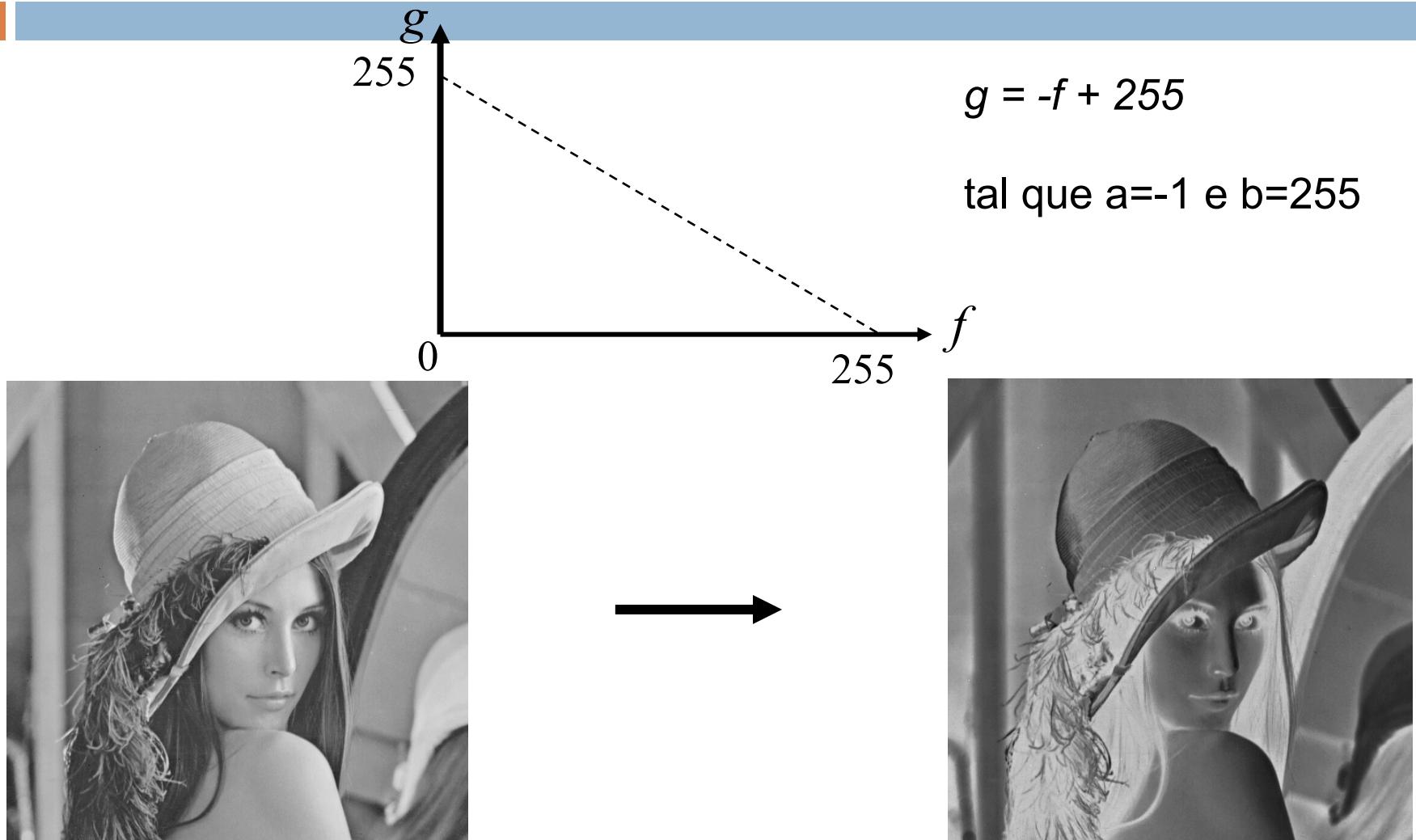


Baseado em Richard Alan Peters II

Exemplo: negativo



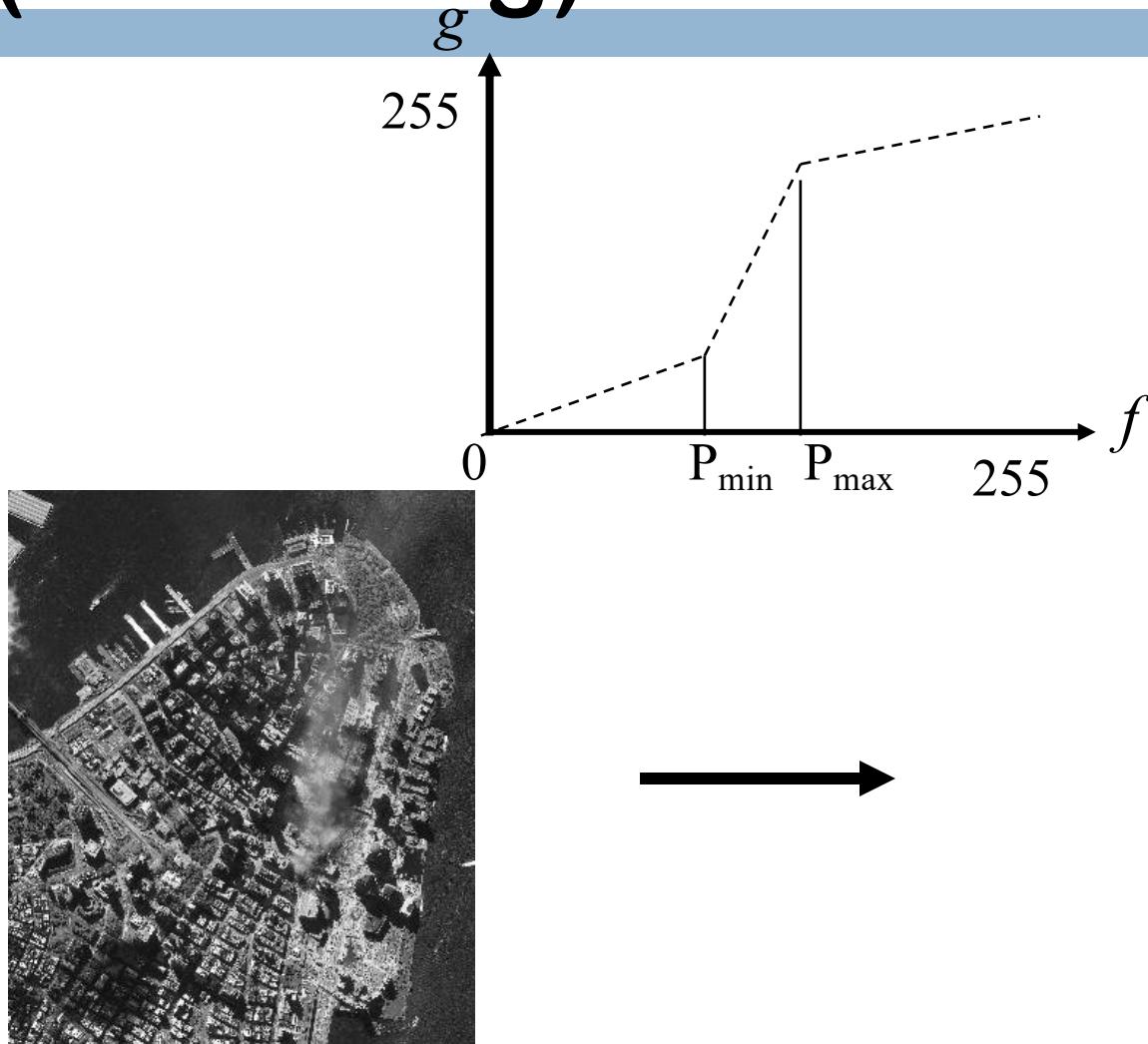
Exemplo: negativo



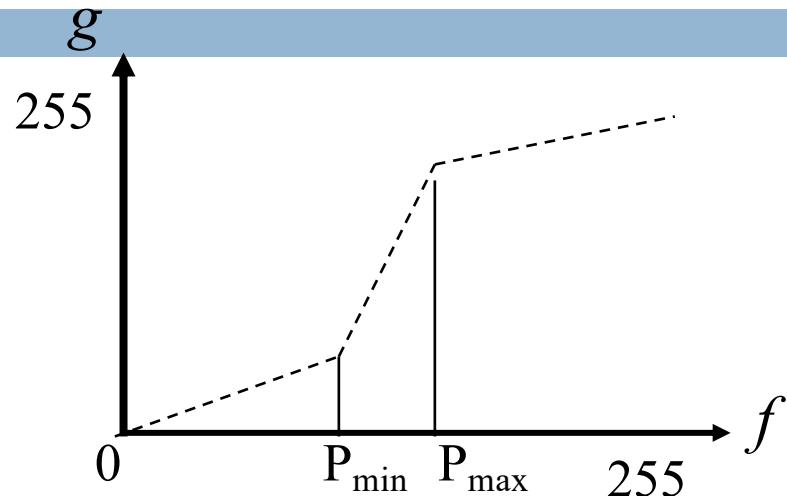
Alargamento de contraste (stretching)



Alargamento de contraste (stretching)



Ajuste Window-Level



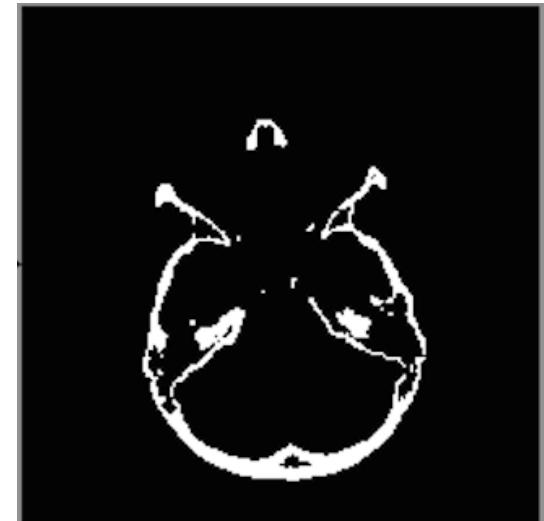
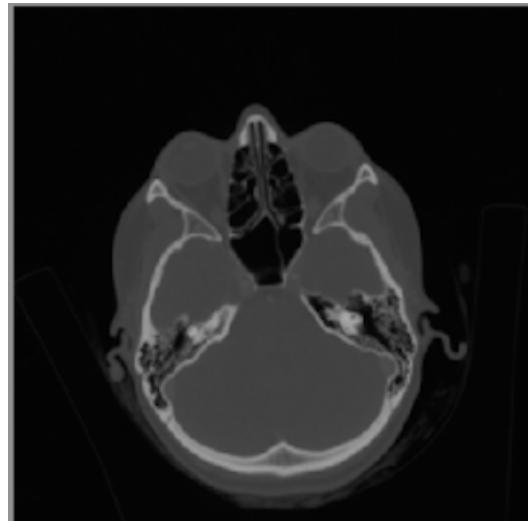
$$T(p) = \lfloor \frac{255(p - P_{min})}{P_{max} - P_{min}} \rfloor$$

onde

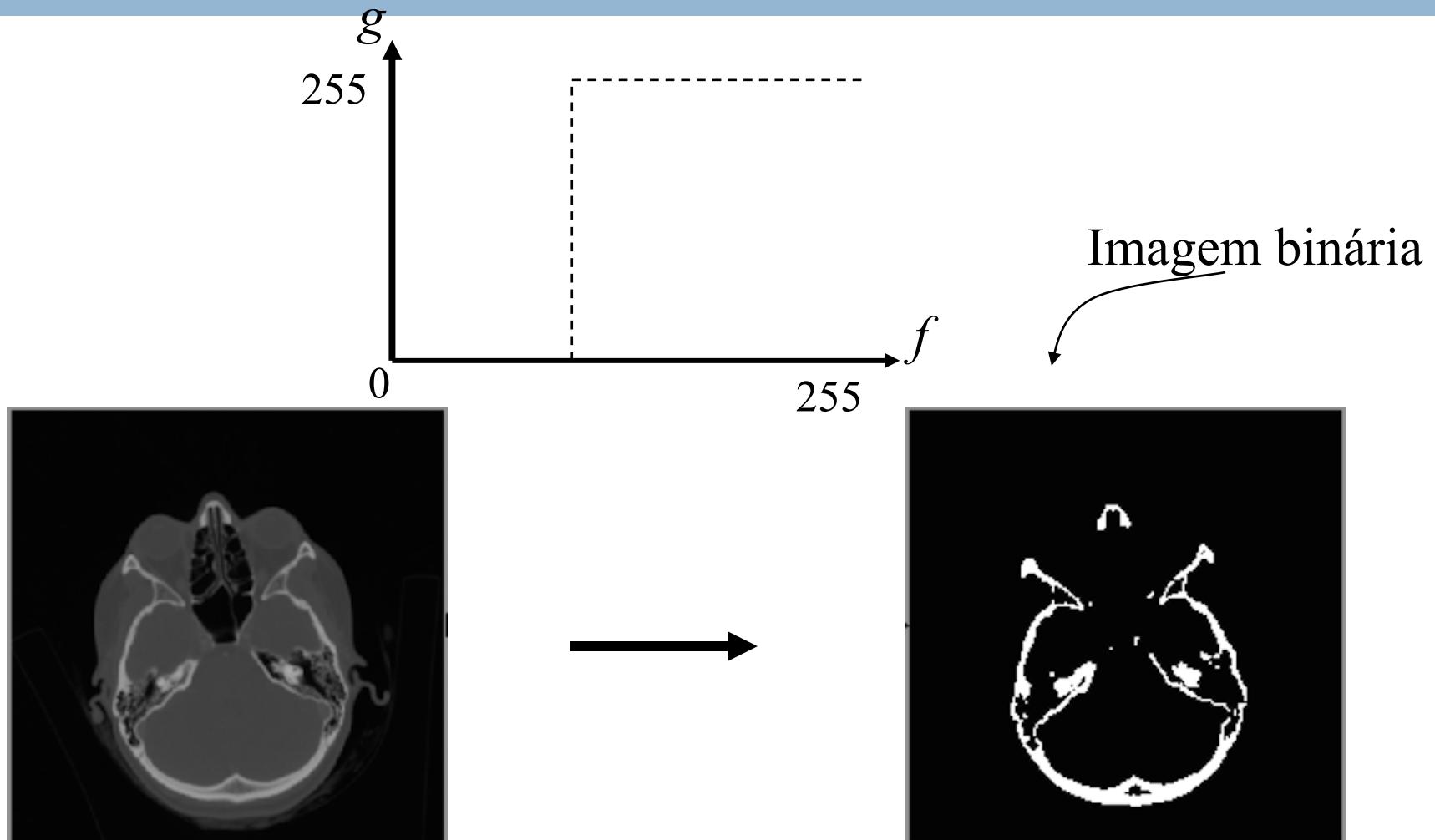
$$P_{min} = \max(0, L - \lfloor \frac{W}{2} \rfloor)$$

$$P_{max} = \min(L + \lfloor \frac{W}{2} \rfloor, 255)$$

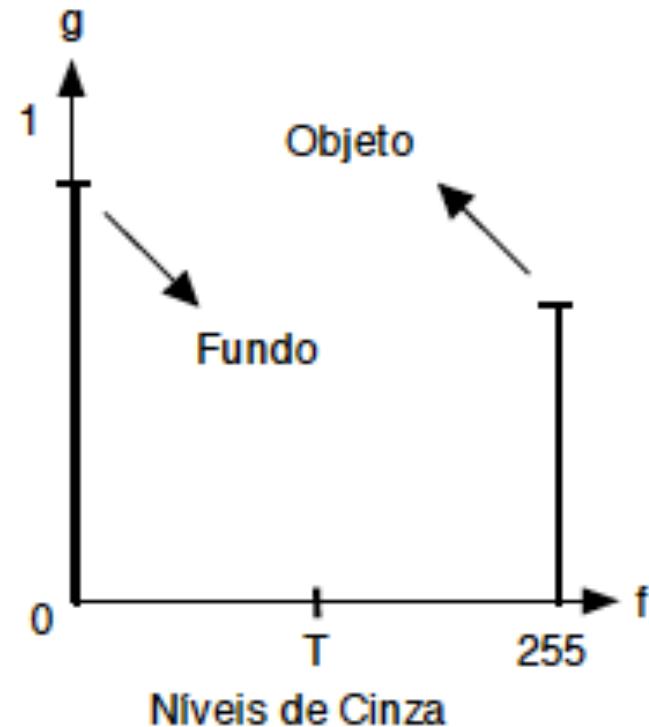
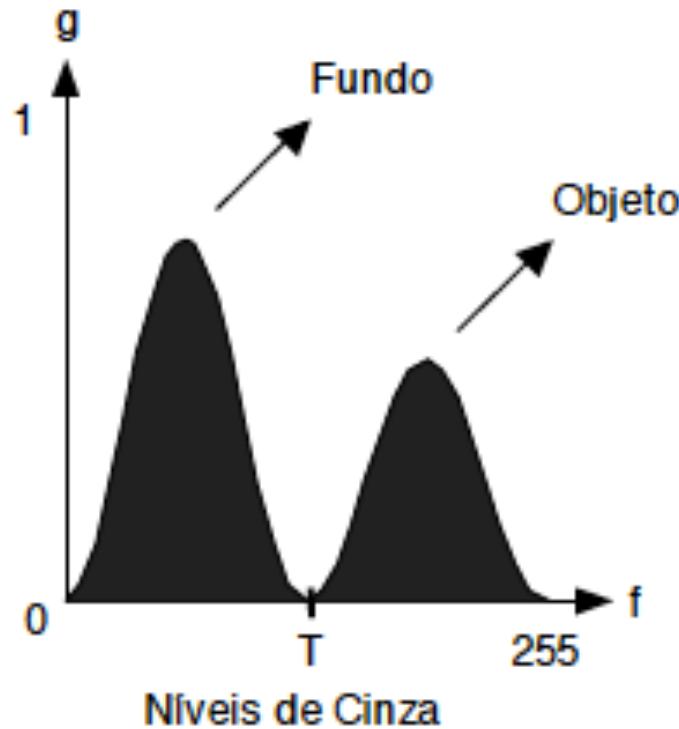
Limiarização



Limiarização (quando $p_1 = p_2$)



Limiarização

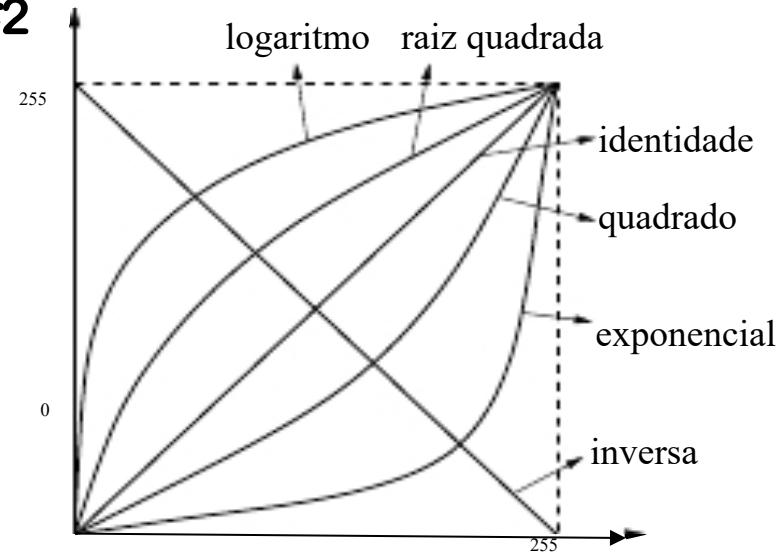


Transformações de intensidade

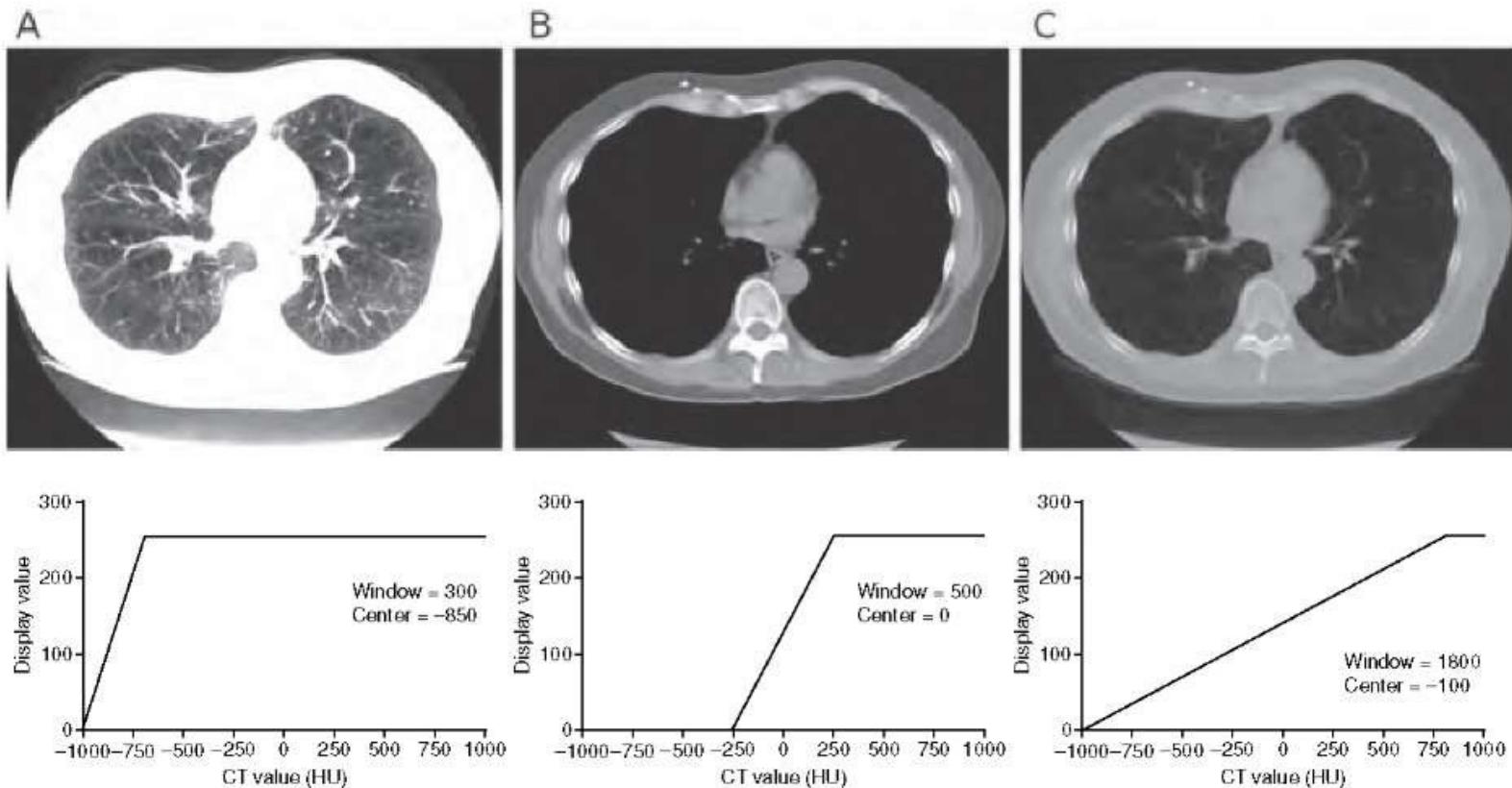
- Transformações mais comuns:
 - Negativo da imagem
 - Alargamento de contraste
 - Limiarização
 - Equalização de histograma

Transformações não-lineares

- Logaritmo: $g = T(f) = a \cdot \log(f+1)$
- Raiz quadrada: $g = T(f) = a \cdot \sqrt{f}$
- Exponencial: $g = T(f) = a \cdot (e^f - 1)$
- Quadrado: $g = T(f) = a \cdot f^2$



Alargamento de contraste: exemplo



Melhoria de contraste: exemplo



Melhoria de contraste: exemplo



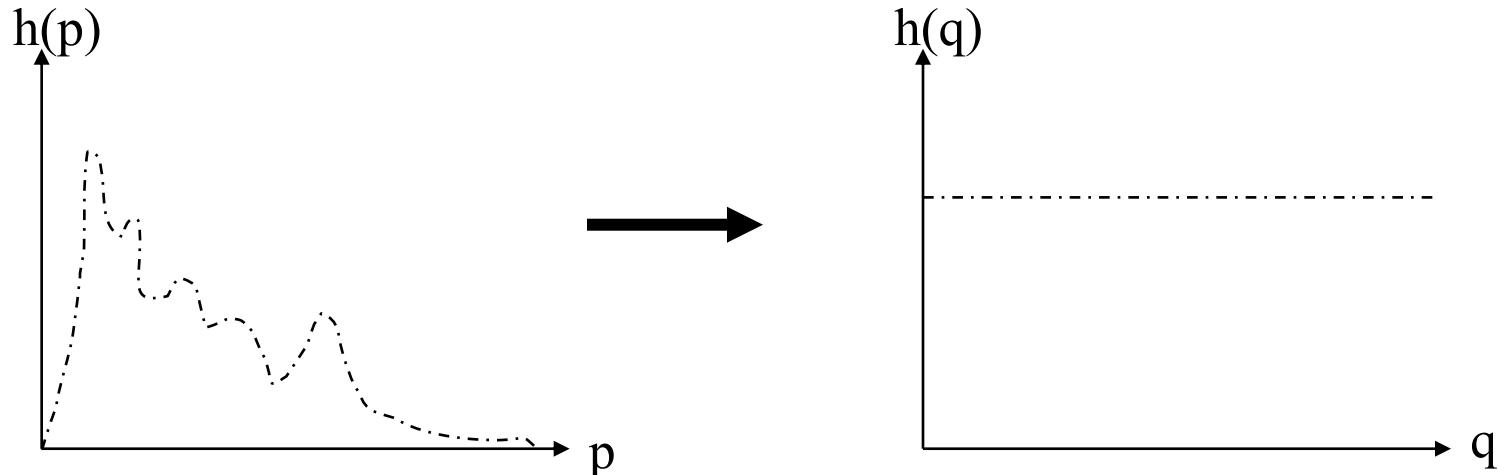
(a) imagem original

(b) ajuste de contraste

(c) imagem negada

Equalização do histograma

- Transformação que visa alterar os níveis de cinza melhorando, por exemplo, o contraste de imagens obtidas sob péssimas condições de iluminação.
- Idéia: gerar uma distribuição mais uniforme dos níveis de cinza (histograma planar)



Equalização do histograma

- Para valores discretos lidamos com probabilidades e somatórios ao invés de funções de densidade de probabilidade e integrais. A probabilidade de ocorrência de nível de intensidade r_k numa imagem digital é dada por

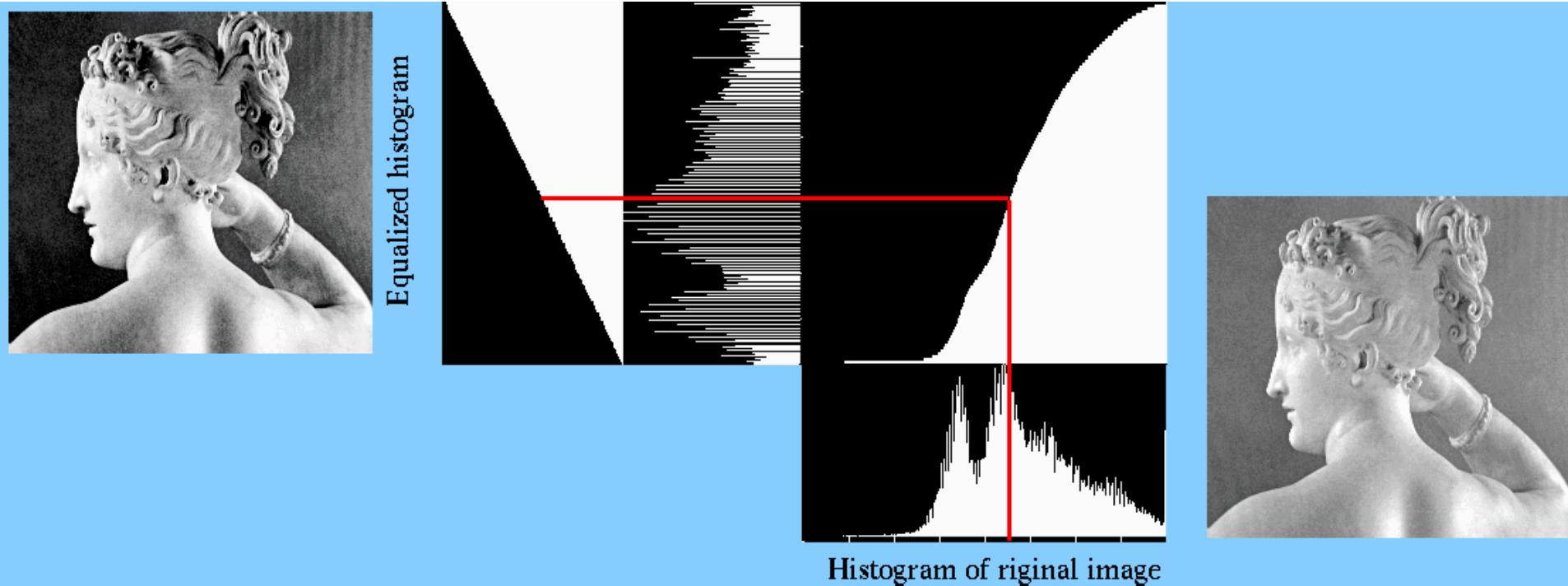
$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

onde MN é o número total de pixels, n_k é o número de pixels de intensidade r_k e L é o número de possíveis níveis de intensidade.

- A função de transformação $T(r_k)$ utilizada para a equalização de histograma é a densidade de probabilidade acumulada:

$$s = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

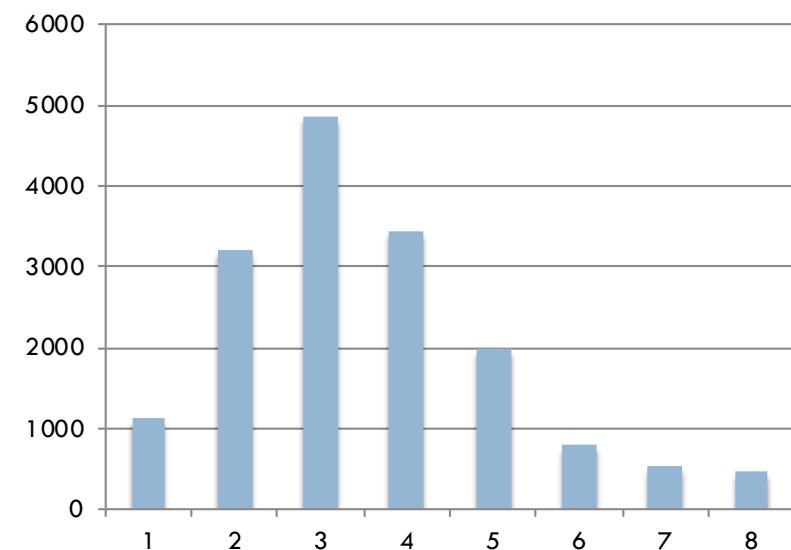
Equalização de histograma



Equalização do histograma

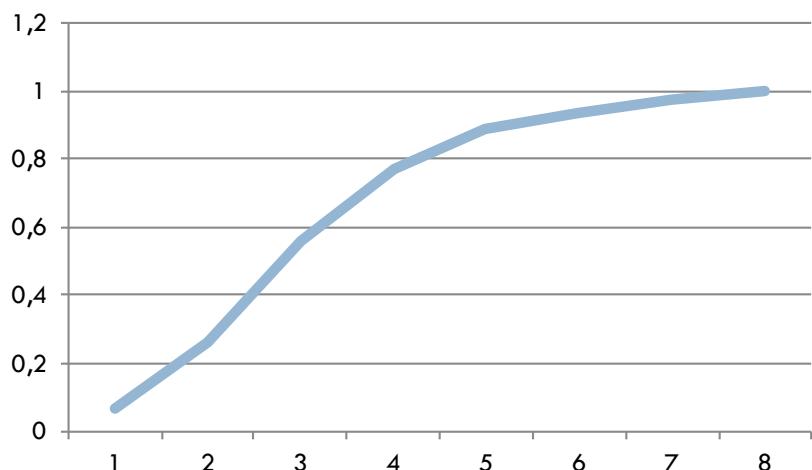
□ Exercício: realize a equalização do histograma

Nível de cinza (r_k)	n_k	$p_r(r_k)$
0	1120	
1	3214	
2	4850	
3	3425	
4	1995	
5	784	
6	541	
7	455	

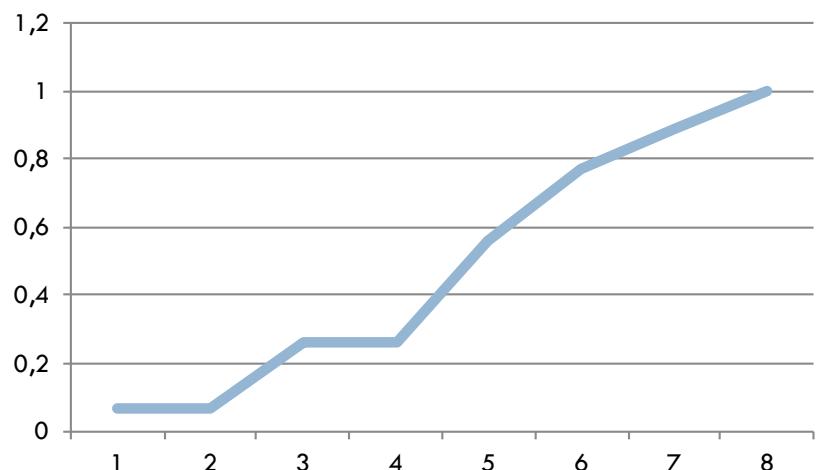


Equalização do histograma

Original

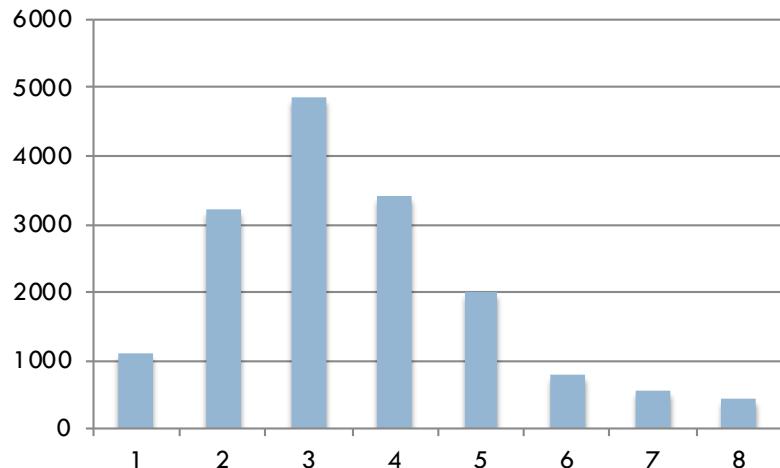


Equalizado

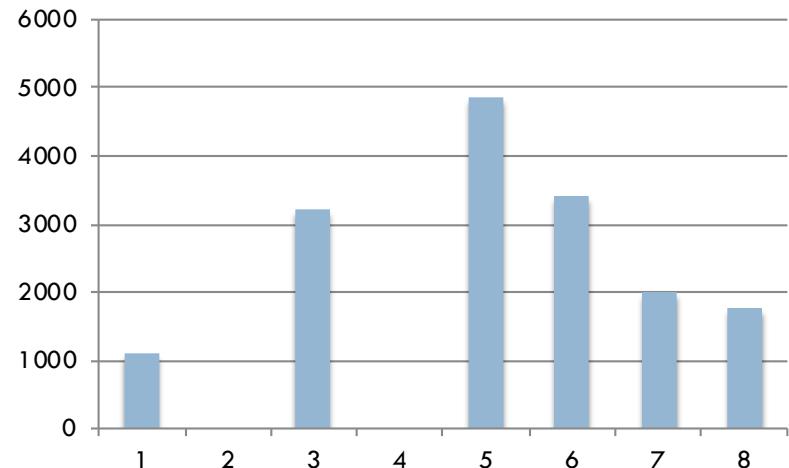


Equalização do histograma

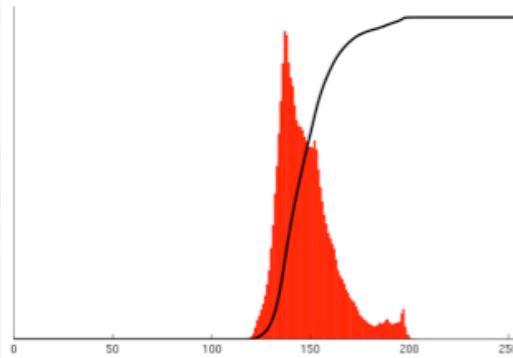
Original



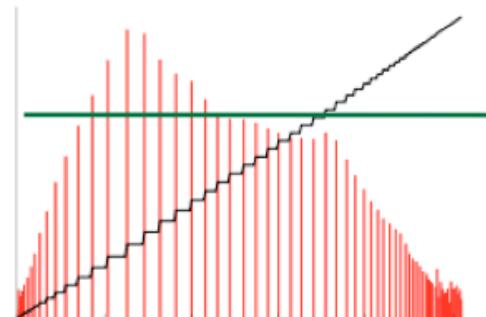
Equalizado



Equalização de histograma



- A histogram plots for each gray level value the frequency with which that value occurs (shown in red)
- The **goal** of histogram equalization is to have an almost horizontal distribution of values.



Images courtesy of Phillip Capper,
<http://en.wikipedia.org/>

Equalização de histograma



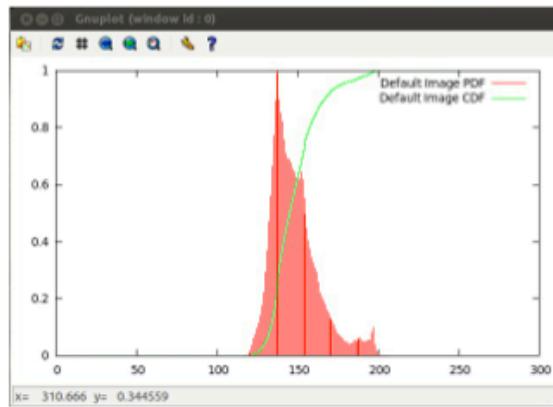
Original image



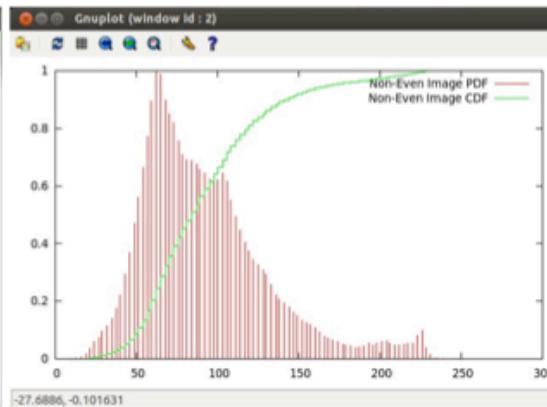
Image after histogram stretching



Image after histogram equalization

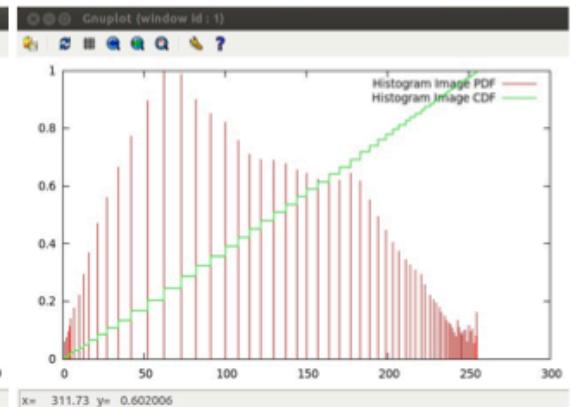


Histogram and cdf of original image



most intensity levels in a small interval
=> most parts of the image have colors of that interval
=> low overall contrast
=> contrast sharpened equally in all regions of the image

Histogram and cdf of stretched image



even distribution of intensity levels
=> additional contrast added to the most present colors
=> high overall contrast
=> low contrast in areas with rare intensities

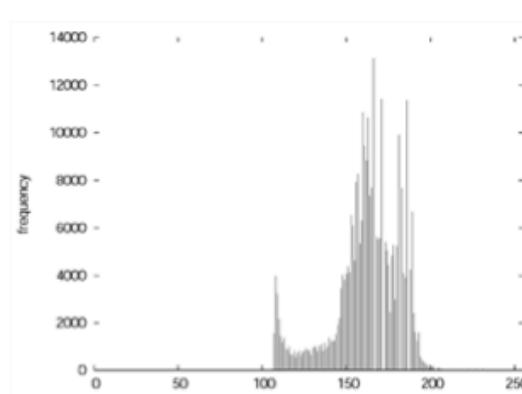
Histogram and cdf of equalized image

Images by Stefan Ploner, http://ziegenpeter.zi.ohost.de/uni/ipr/02-equidistantIntensityLevels_vs_histogram.png

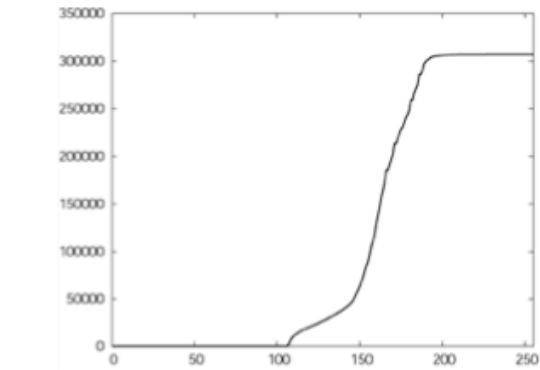
Exemplo de equalização



Original image



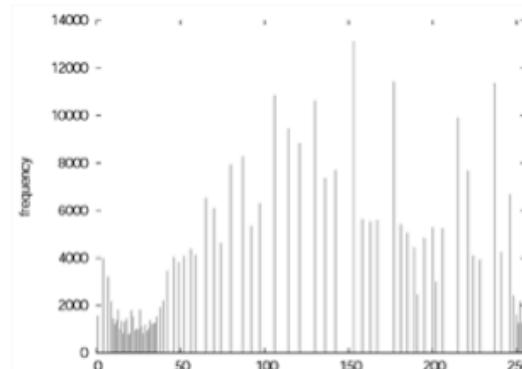
Histogram of original image



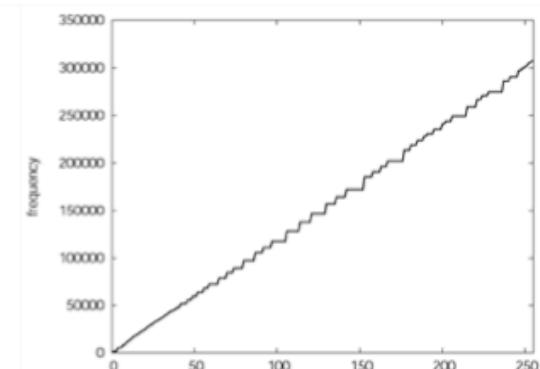
cdf of original image



Image after histogram equalization



Histogram of hist. equalized image



cdf of hist. equalized image

Images courtesy of James Matthews, <http://www.generation5.org/content/2004/histogramEqualization.asp>

Equalização: RGB



Input image



Result of applying histogram equalization on RGB

Realce com Transformação HSI

- Modelo HSI apropriado para realce em imagens coloridas, pois separa:
 - H (matiz);
 - S (saturação) e
 - I (intensidade)
- Cada um dos componentes pode ser transformado usando as técnicas descritas para imagens de cinza

Equalização: RGB



Input image

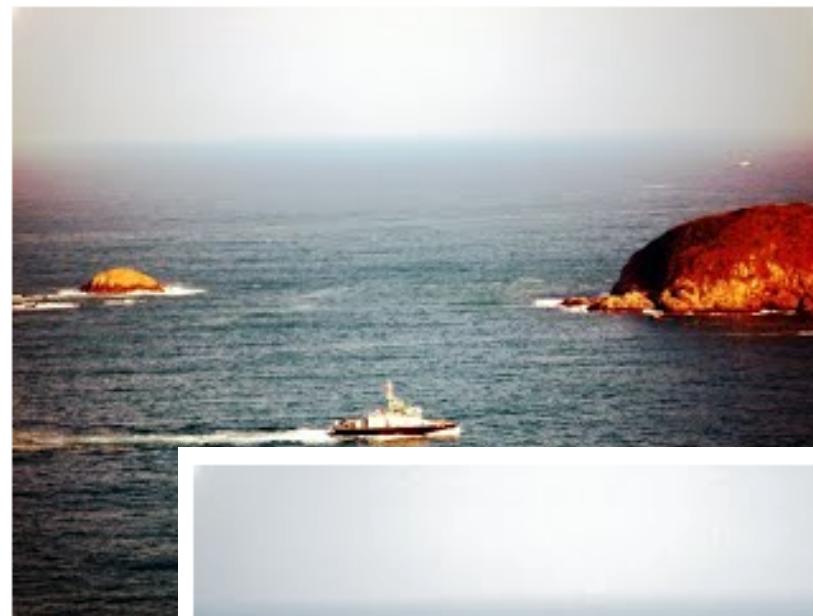


Result of applying histogram equalization on RGB

Equalização: RGB x HSL



Input image



Result of



Result of applying histogram equalization on HSL

Equalização: RGB x HSL

