



SEL 0449 - Processamento Digital de  
Imagens Médicas

SEL 5895 – Introdução ao  
Processamento Digital de Imagens

**Aula 3**

**Processamento Espacial – Parte 1**

**Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira**

**[mvieira@sc.usp.br](mailto:mvieira@sc.usp.br)**

# Processamento Espacial

- Transformações ponto a ponto
  - Histograma
  - Transformações lineares
  - Transformações não-lineares
- Transformações por vizinhança
  - Convolução
  - Filtros lineares
  - Máscara de nitidez

# Processamento Espacial

## Parte 1

- Transformações ponto a ponto
  - Histograma
  - Transformações lineares
  - Transformações não-lineares
- Transformações por vizinhança
  - Convolução
  - Filtros lineares
  - Máscara de nitidez



# Transformações Ponto a Ponto

# Operadores Ponto a Ponto

(Transformações de níveis de Cinza ou Mapeamento)

Cada ponto na Imagem de Entrada gera um só ponto na Imagem de Saída

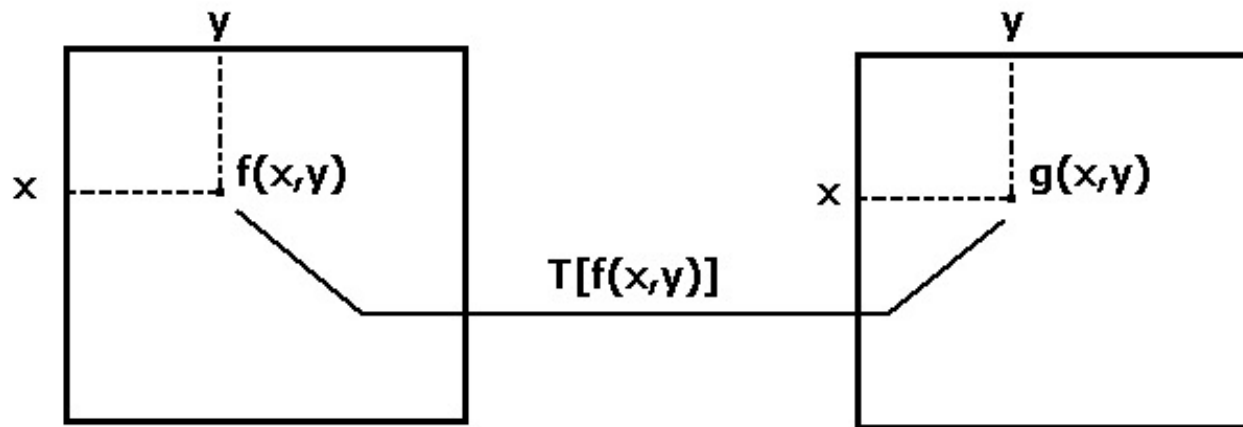


Imagem de Entrada

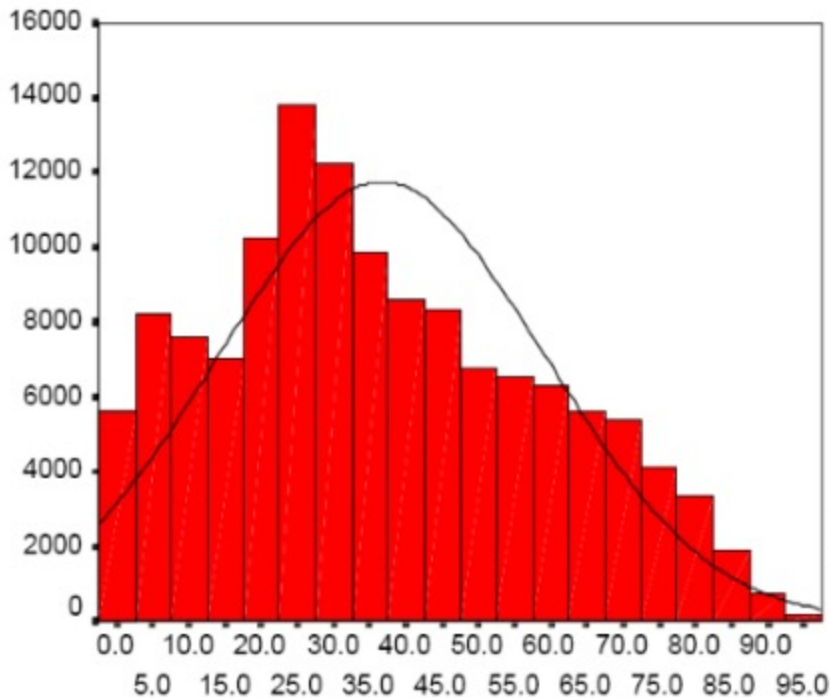
Imagem de Saída

$T[f(x,y)] \implies$  Operação sobre cada ponto (cada Pixel)  
da Imagem de Entrada

# Histogramas

O histograma de uma imagem em tons de cinza é uma função  $H(k)$  que produz o número de ocorrências de cada nível de cinza na imagem.

$$0 \leq k \leq L - 1$$



L é o número de níveis de cinza da imagem.

# Histogramas

## Histograma Normalizado:

O histograma é normalizado em  $[0,1]$  quando se divide  $H(k)$  pelo número  $n = N \times M$  de pixels da imagem.

Ele representa a distribuição de probabilidade dos valores dos pixels.

Cada elemento do conjunto é calculado por :

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

$$0 \leq r_k \leq 1$$

# Histogramas

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

$k = 0, 1, \dots, L-1$ , e  $L$  é o número de níveis de cinza da imagem.

$n$  = número total de pixels na imagem

$n_k$  = número de pixels cujo nível de cinza corresponde a  $k$ .

$P_r(r_k)$  = Probabilidade do  $K$ -ésimo nível de cinza.



## Exemplo:

Seja uma imagem de 128x128 pixels cujas quantidades de pixels em cada nível de cinza são dadas na tabela abaixo: (8 Níveis de cinza)

$$n = 128 \times 128 = 16.384 \text{ pixels}$$

Nível de Cinza ( $r_k$ )	$n_k$	$P_r(r_k) = n_k/n$
0	1120	0,068
1	3214	0,196
2	4850	0,296
3	3425	0,209
4	1995	0,122
5	784	0,048
6	541	0,033
7	455	0,028

$$Pr(0) = 1120/16.384 \\ = 0.068$$

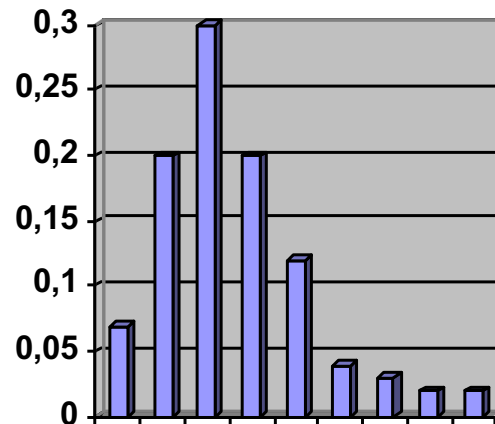
$$Pr(7) = 3214/16.384 \\ = 0,196$$

# Características Importantes

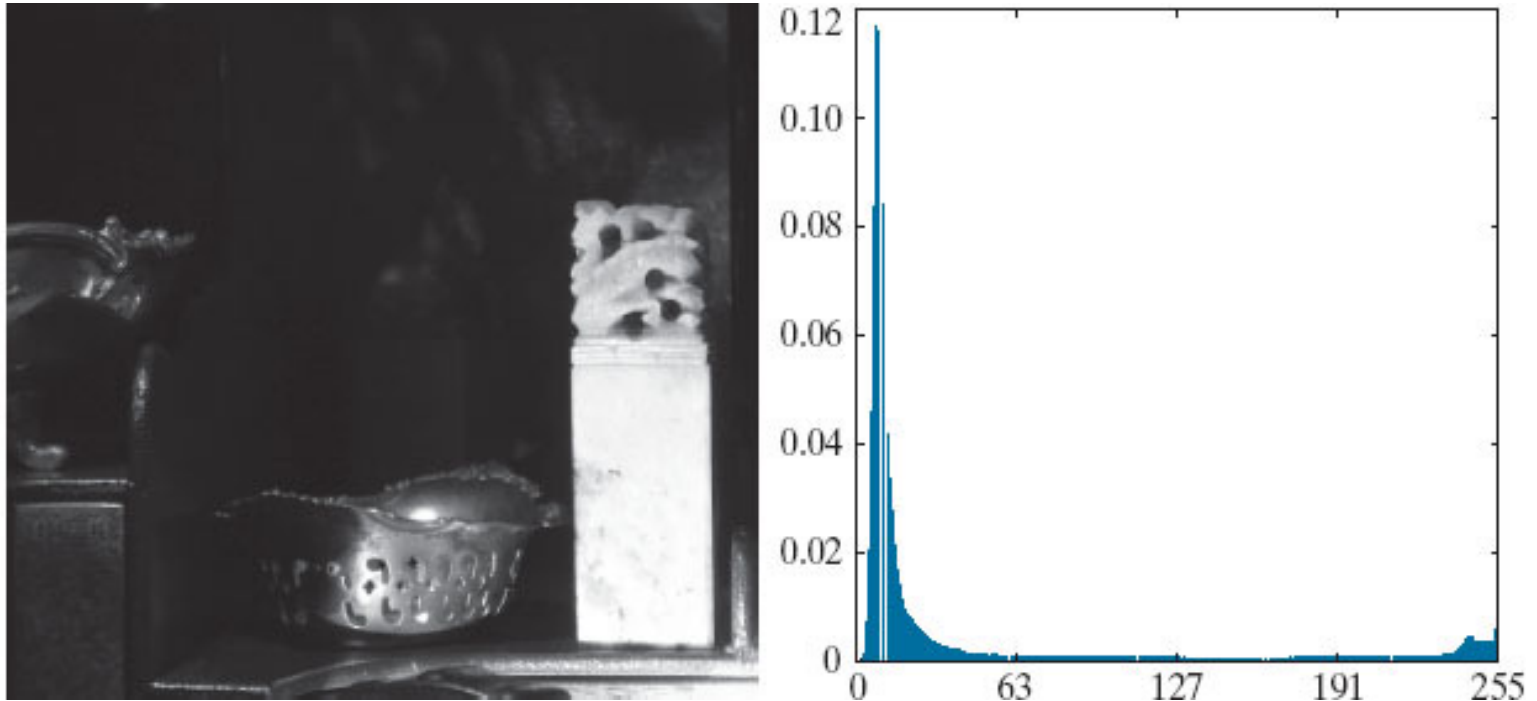
1) Um histograma é uma função de Distribuição de probabilidades

$$2) \sum P_r(r_k) = 1$$

3) Representação gráfica de um Histograma

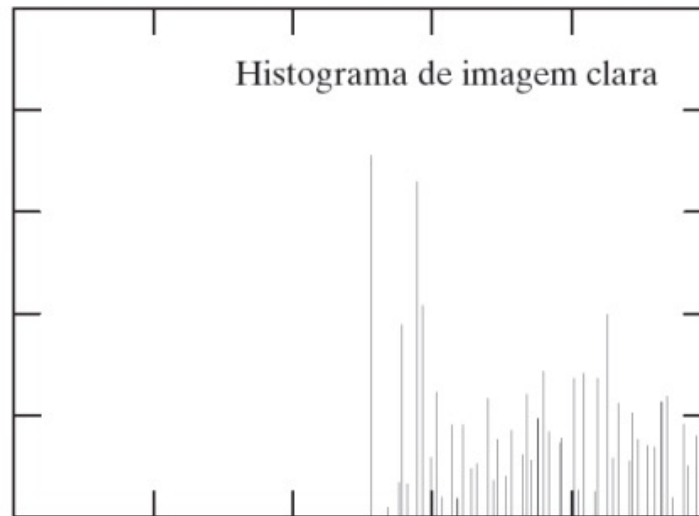
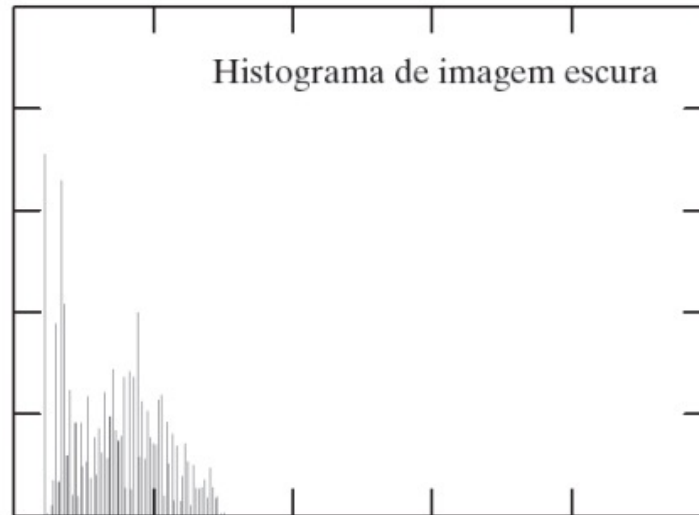
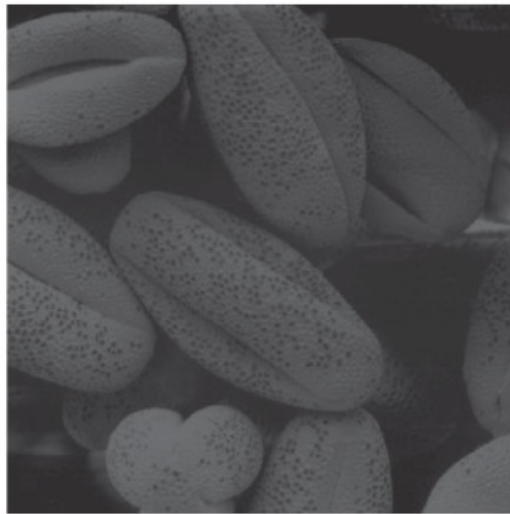


# Exemplo de Histograma

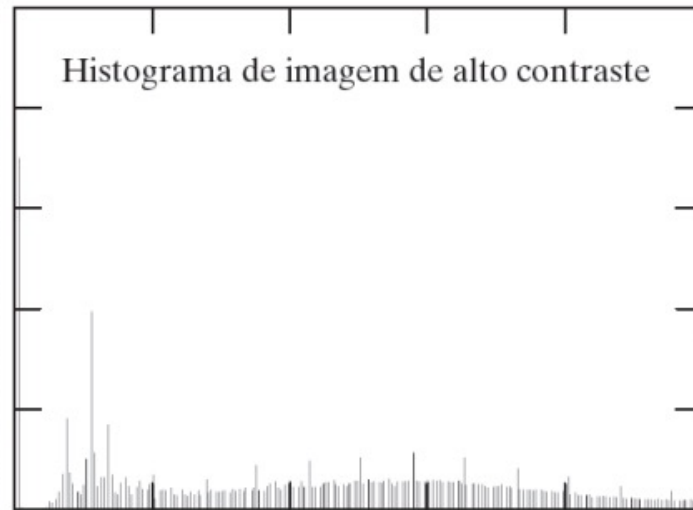
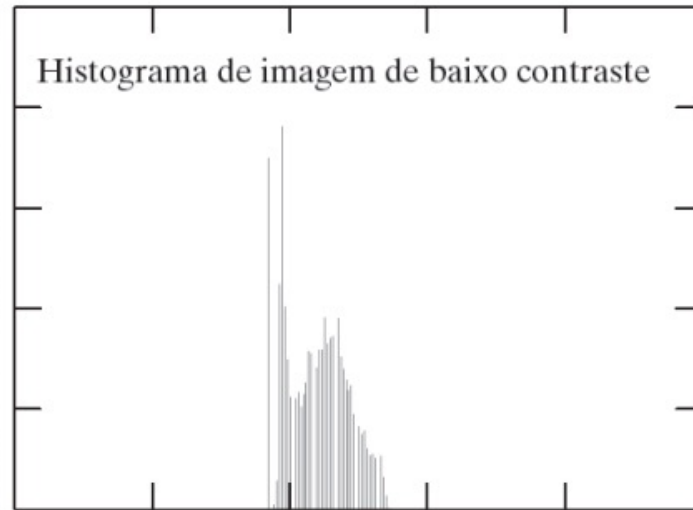
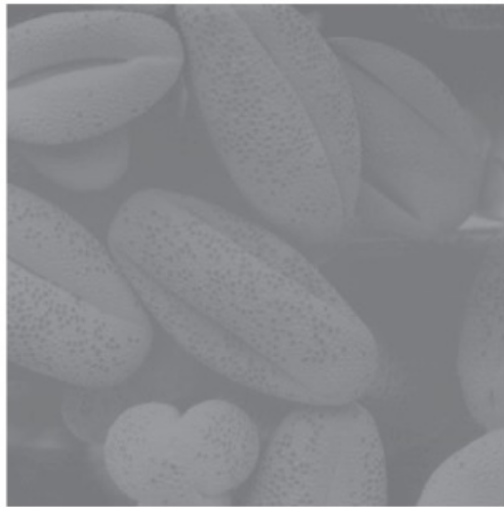


**Obs:** O histograma não traz informação posicional sobre os pixels da imagem

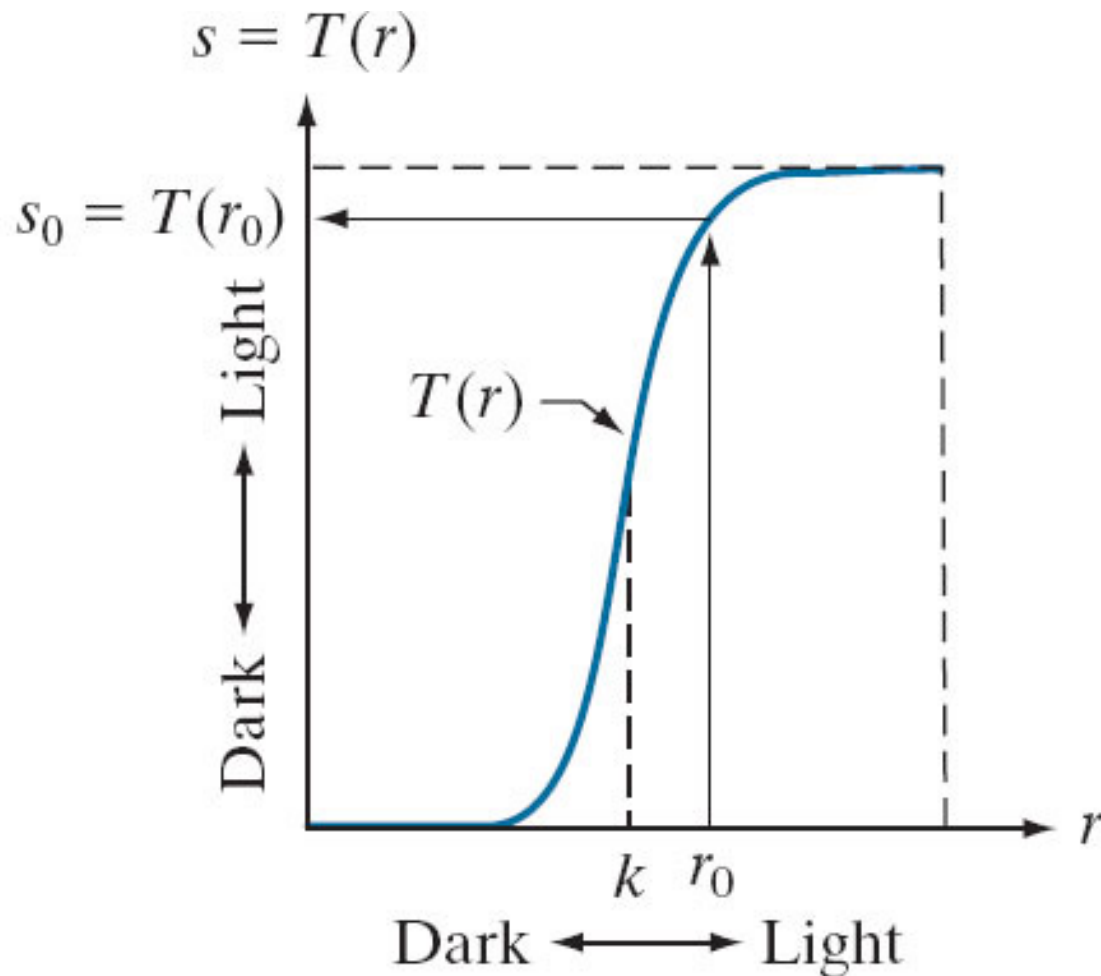
# Exemplos de Histogramas



# Exemplos de Histogramas



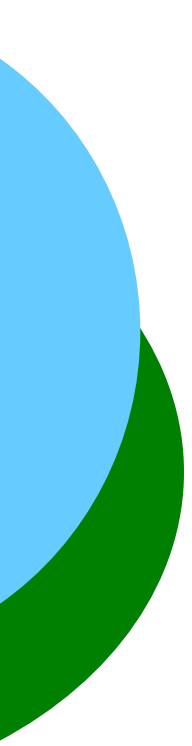
# Transformações de Intensidade Ponto a Ponto





# Transformações de Intensidade Ponto a Ponto

- Transformações lineares
  - Contraste e Brilho
  - Negativo
  - Binarização
  - Alargamento de Contraste
- Transformações não-lineares
  - Equalização de histograma
  - Logarítmica
  - Gamma



# Transformações Lineares



# 1) Contraste e Brilho

$$g(x, y) = c \cdot f(x, y) + b$$

onde:

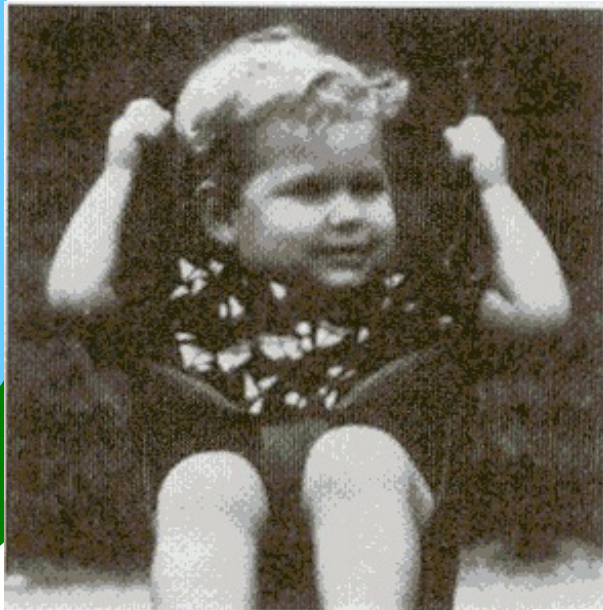
$c$  (Contraste)

$b$  (Brilho)

Exemplo:

$$g(x, y) = 2 \cdot f(x, y) + 32$$

## 2) Negativo



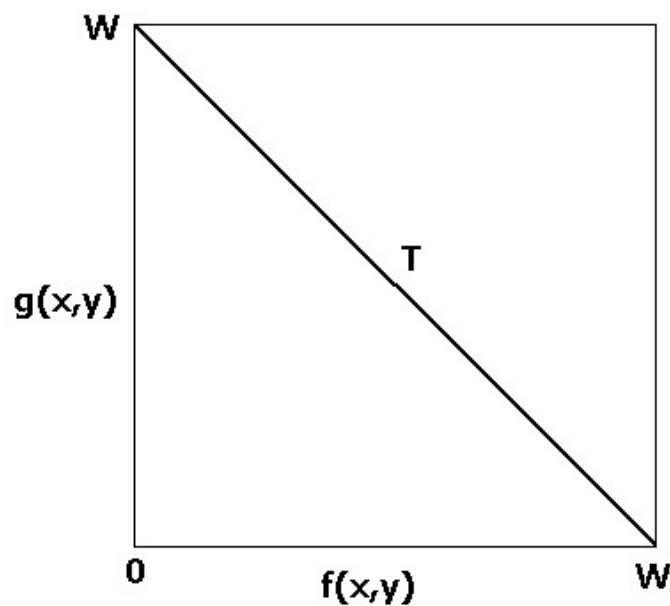
$$T[f(x,y)] = \\ g(x,y) = W - f(x,y)$$

$$W = L-1$$



Imagem de Entrada

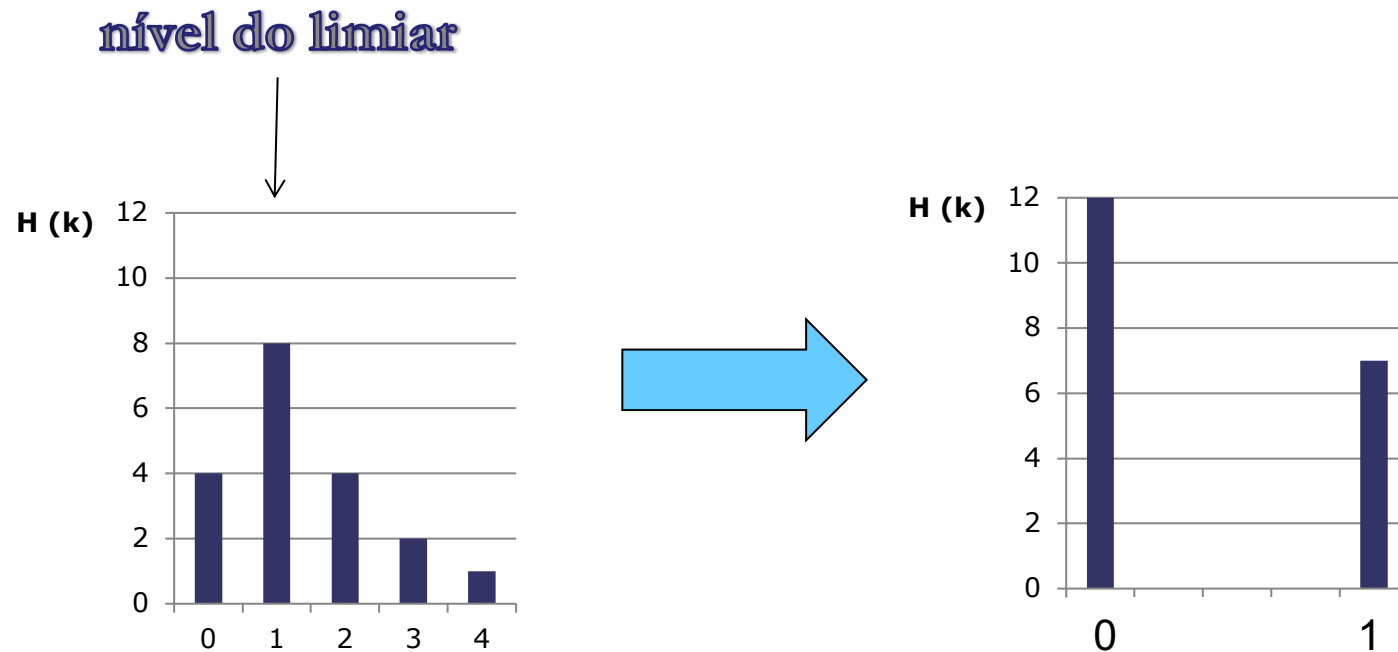
Imagem de Saída





### 3) Binarização (“Thresholding”)

- Determinação de um limiar abaixo do qual os pixels são transformados em zero, e acima são transformados no máximo de intensidade.

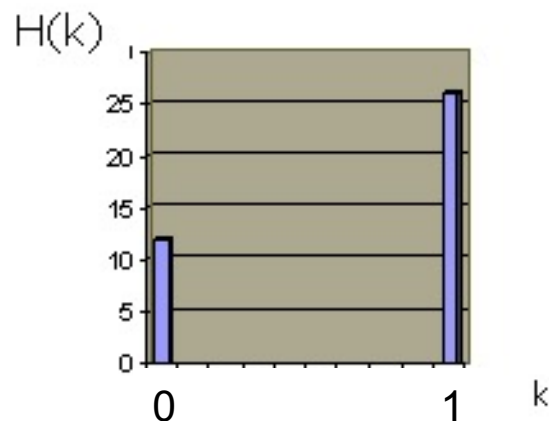
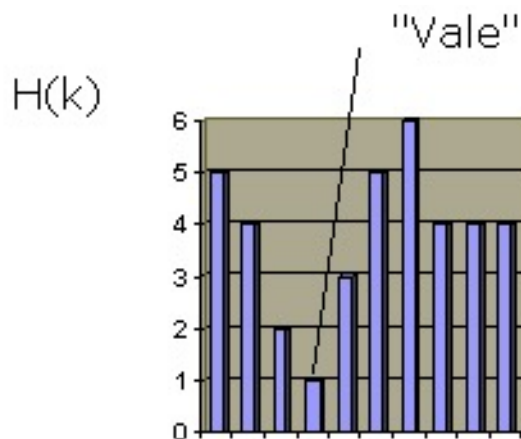


## Determinação do Limiar:

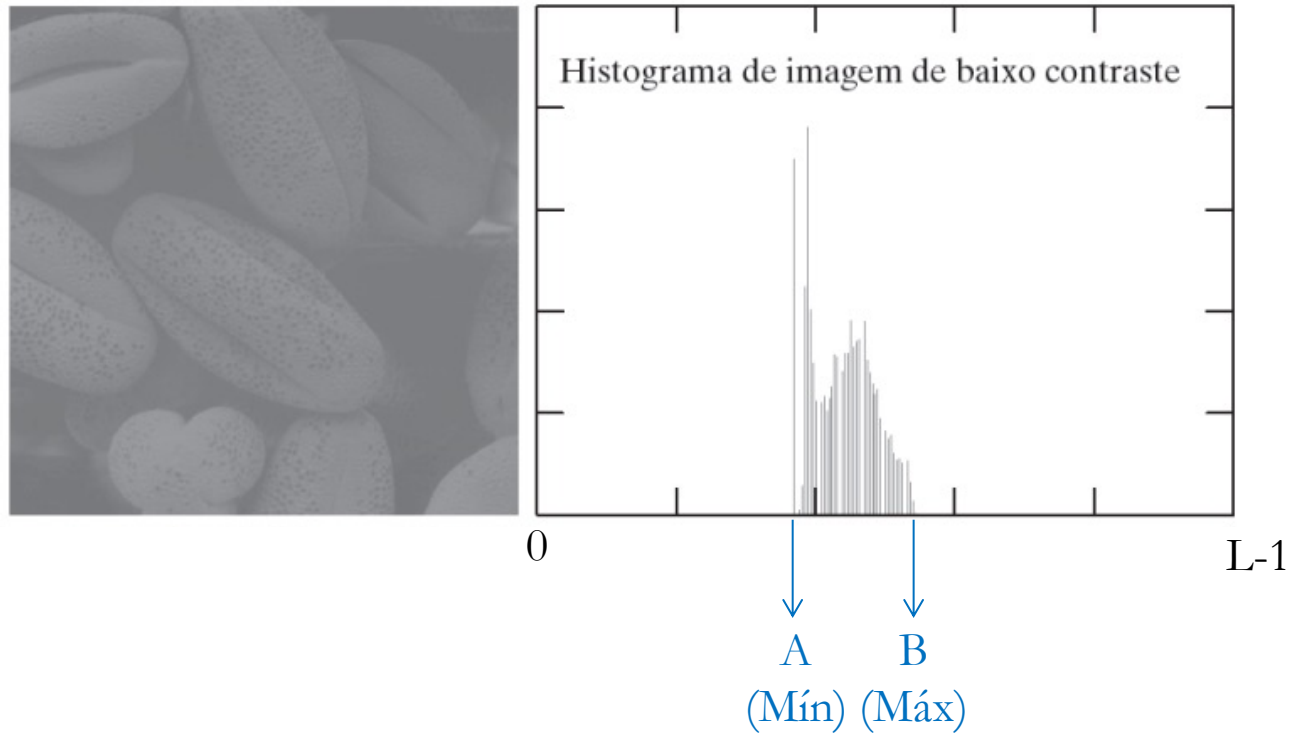
Uma das dificuldades da “limiarização” de uma imagem é a melhor determinação do valor de “thresholding”, ou seja, do ponto de separação dos pixels.

### Método do vale:

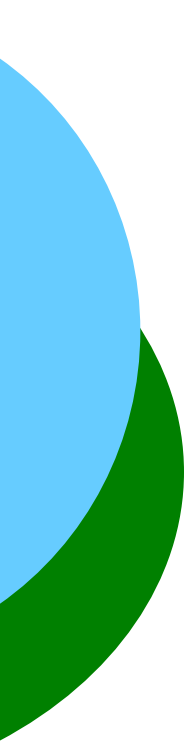
Através da análise do histograma estabelecer  $T$  (valor de “Threshold”) na região de “vale” mais próxima ao meio de escala dos níveis de cinza.



## 4) Alargamento de Contraste

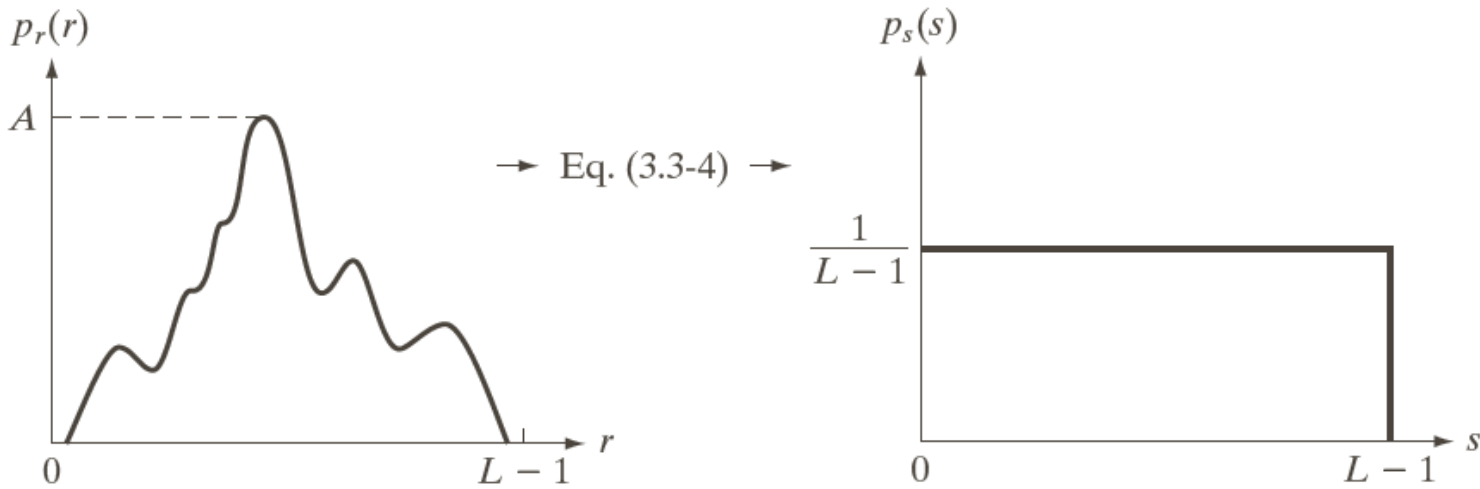


$$g(x, y) = (f(x, y) - A) \cdot \frac{L - 1}{(B - A)}$$



# Transformações não-lineares

# Equalização do histograma:



a b

**FIGURE 3.18** (a) An arbitrary PDF. (b) Result of applying the transformation in Eq. (3.3-4) to all intensity levels,  $r$ . The resulting intensities,  $s$ , have a uniform PDF, independently of the form of the PDF of the  $r$ 's.



# Equalização do histograma:

- ❑ Aumentar o contraste geral na Imagem espalhando a distribuição de níveis de cinza.

## Exemplo:

Dada uma imagem de  $M \times N$  pixels e “r” níveis de cinza.

No. Ideal de pixels em cada nível  $\Rightarrow I = (M \times N)/r$

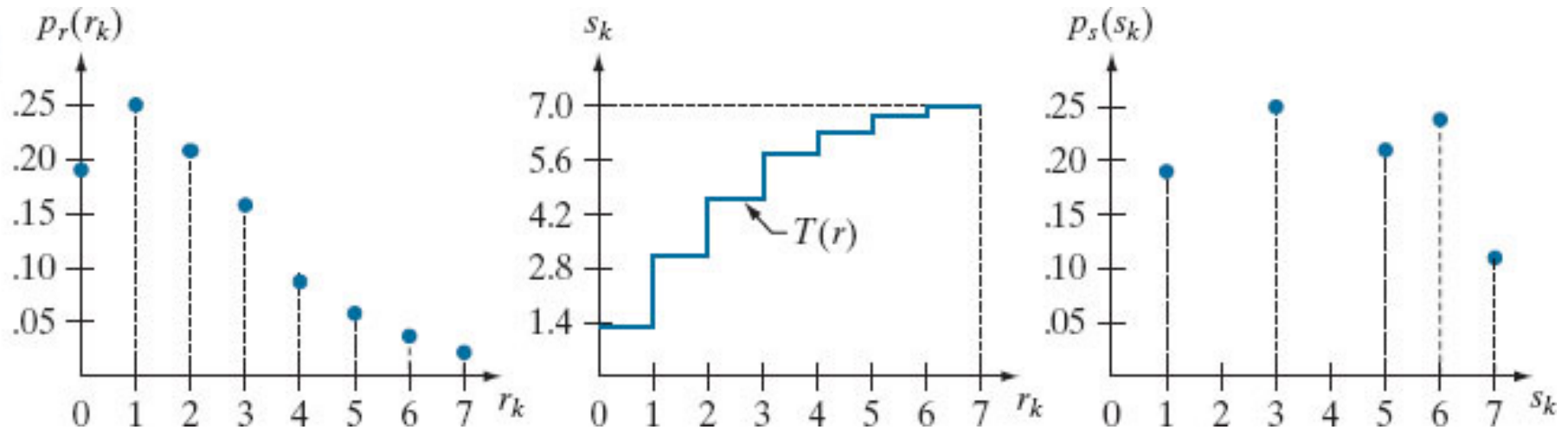
## Exemplo:

Distribuição de intensidade de uma imagem digital 64 x 64 – 3 bits

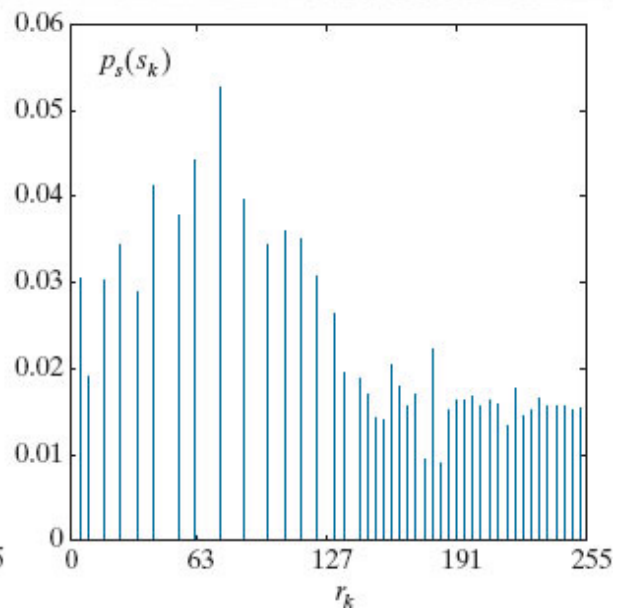
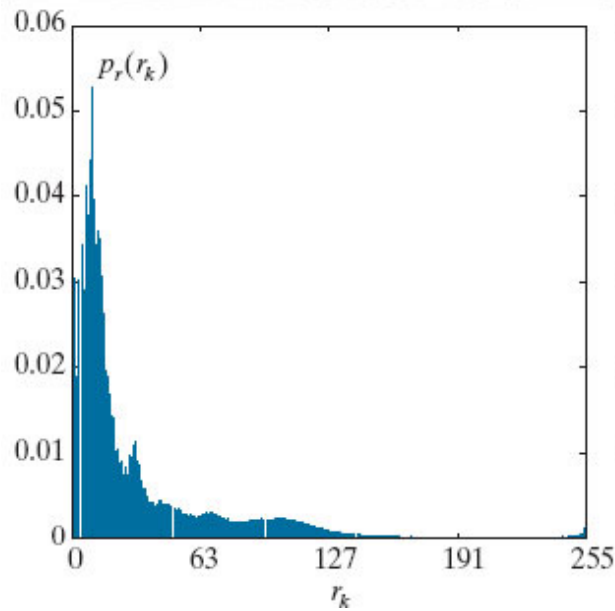
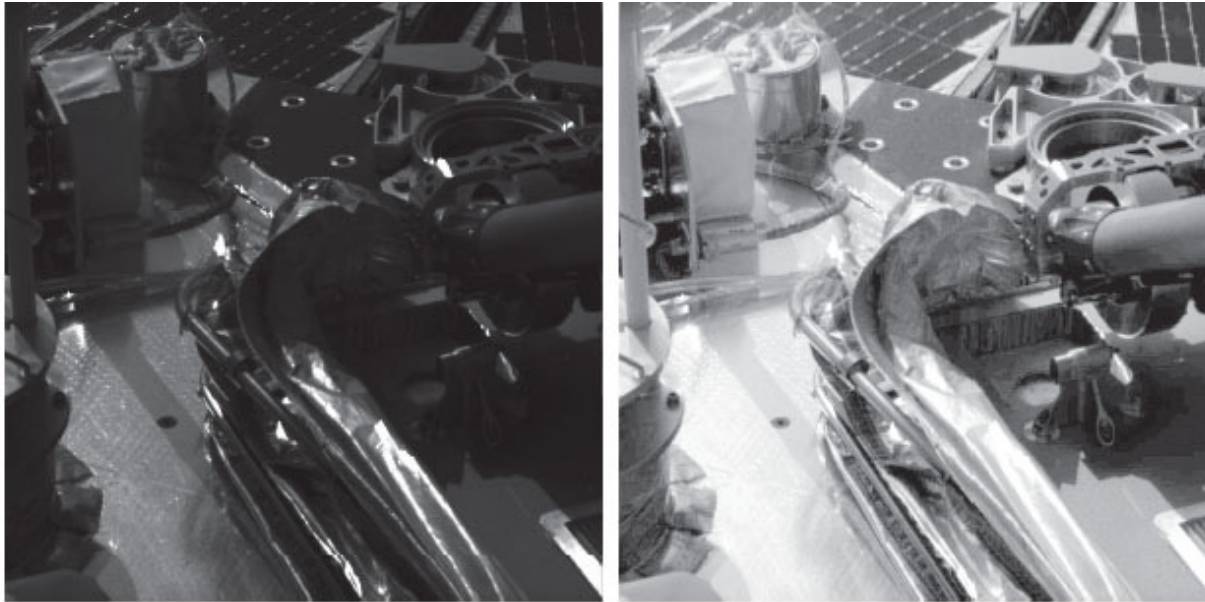
$r_k$	$n_k$	$p_r(r_k) = n_k/MN$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1$	1023	0.25
$r_2 = 2$	850	0.21
$r_3 = 3$	656	0.16
$r_4 = 4$	329	0.08
$r_5 = 5$	245	0.06
$r_6 = 6$	122	0.03
$r_7 = 7$	81	0.02

# Exemplo:

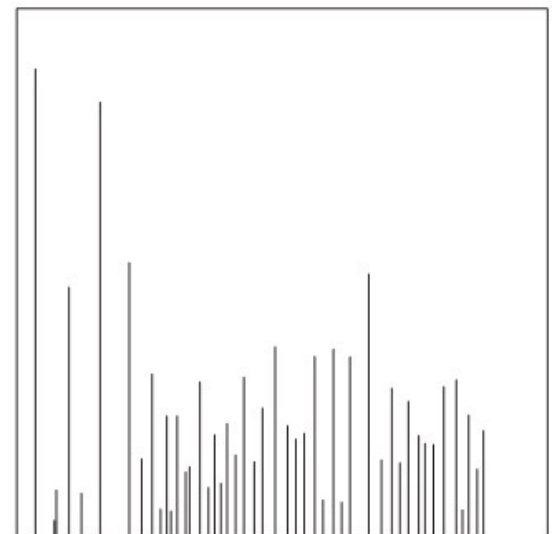
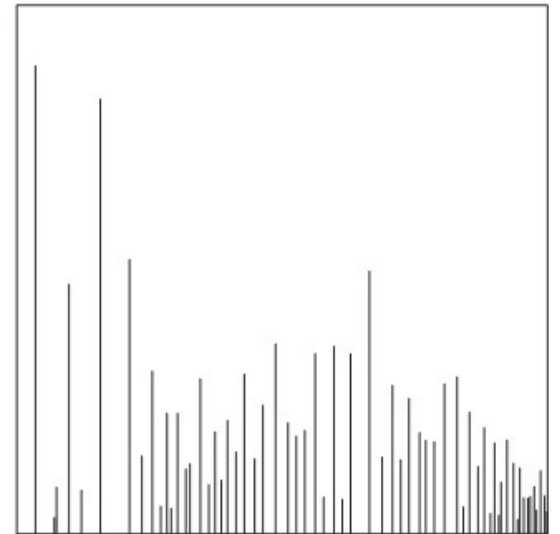
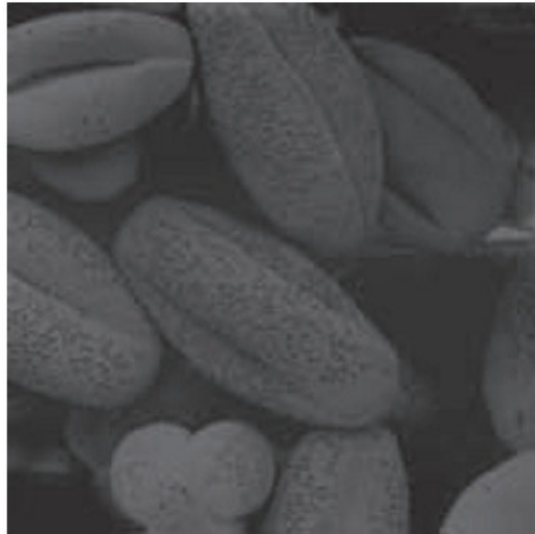
Histograma original, função de transformação e histograma equalizado



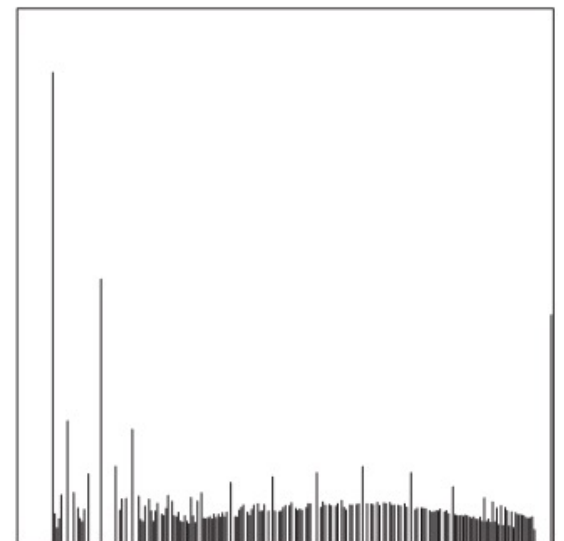
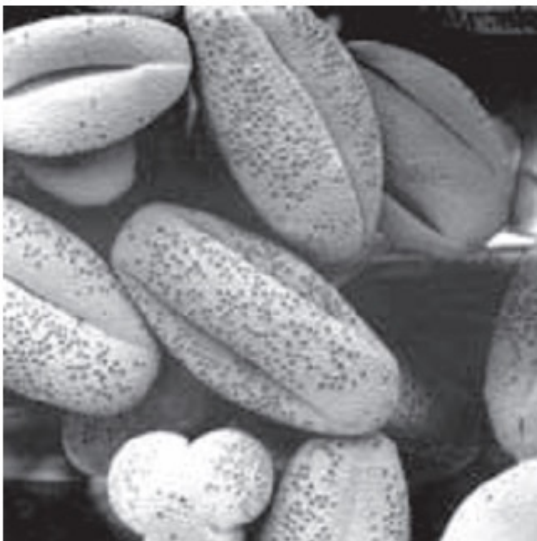
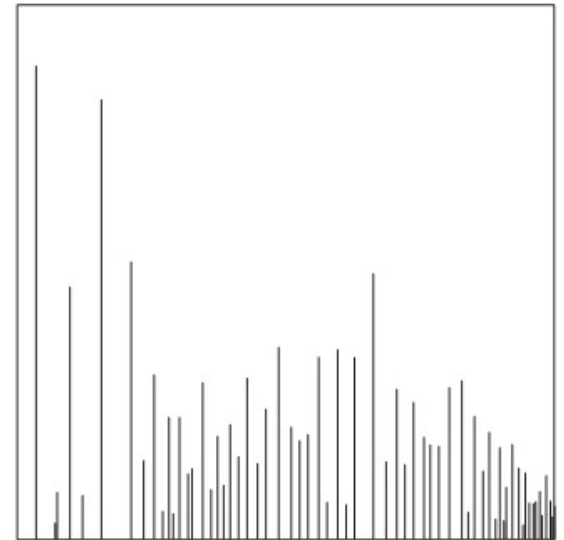
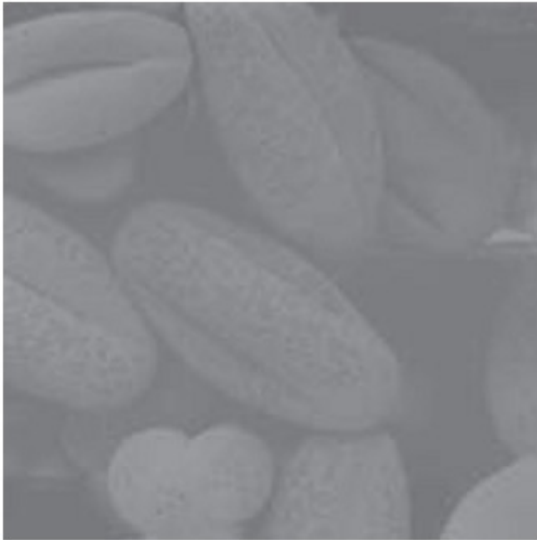
# Equalização de Histograma



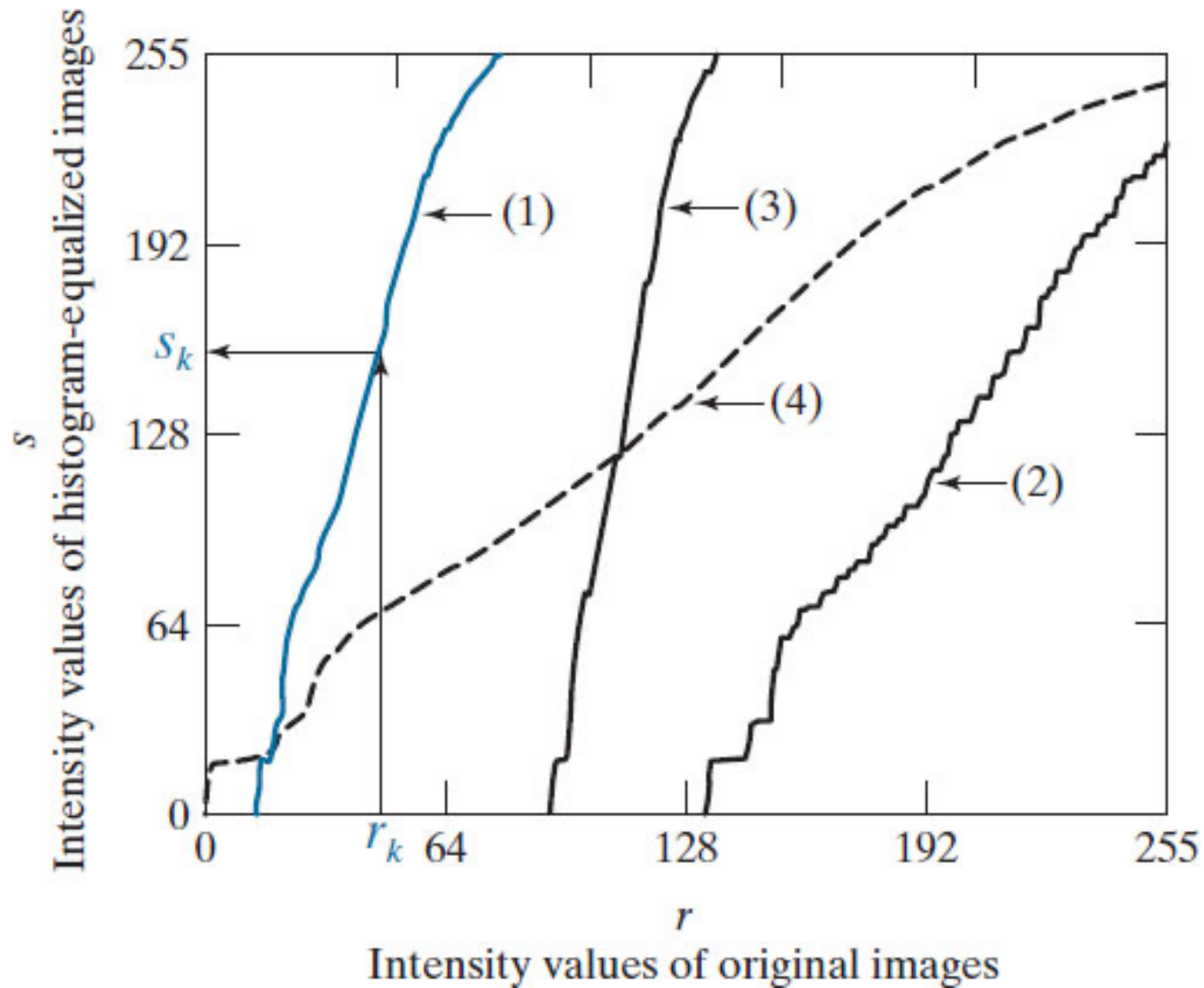
# Equalização de Histograma



# Equalização de Histograma



# Equalização do histograma:



# Equalização do histograma:

A equalização pode ser obtida fazendo:

$$g(x, y) = \max \left\{ 0, \text{Round} \left( \frac{\sum_{j=0}^k n_j}{I} \right) - 1 \right\} \quad 0 \leq k \leq f$$

Onde:  $f(x,y)$  = níveis de cinza da Imagem Original

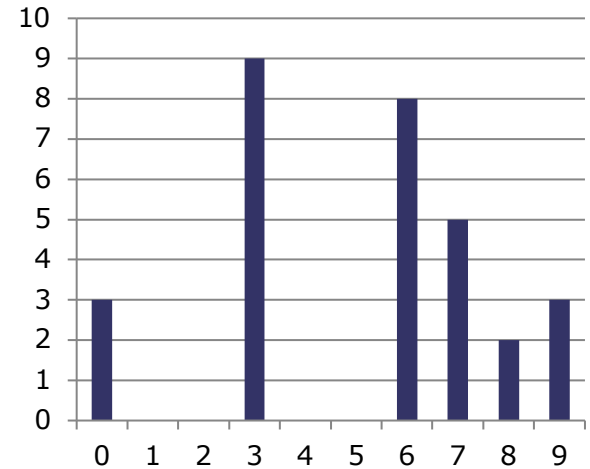
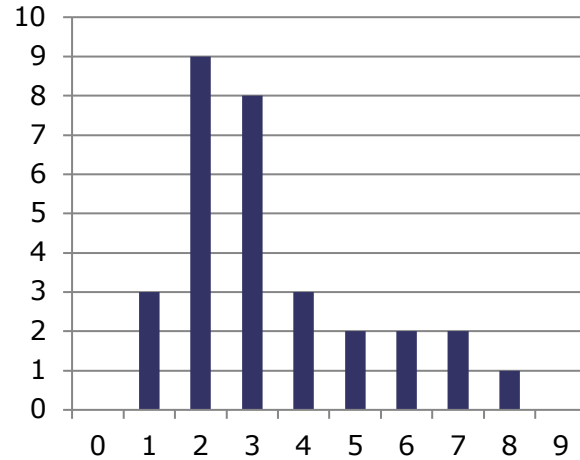
$g(x,y)$  = níveis de cinza da Imagem Equalizada



$N \times M = 30$  pixels  $\rightarrow r = 10$  níveis de cinza

$$I = 30/10 = 3$$

**Exemplo:**



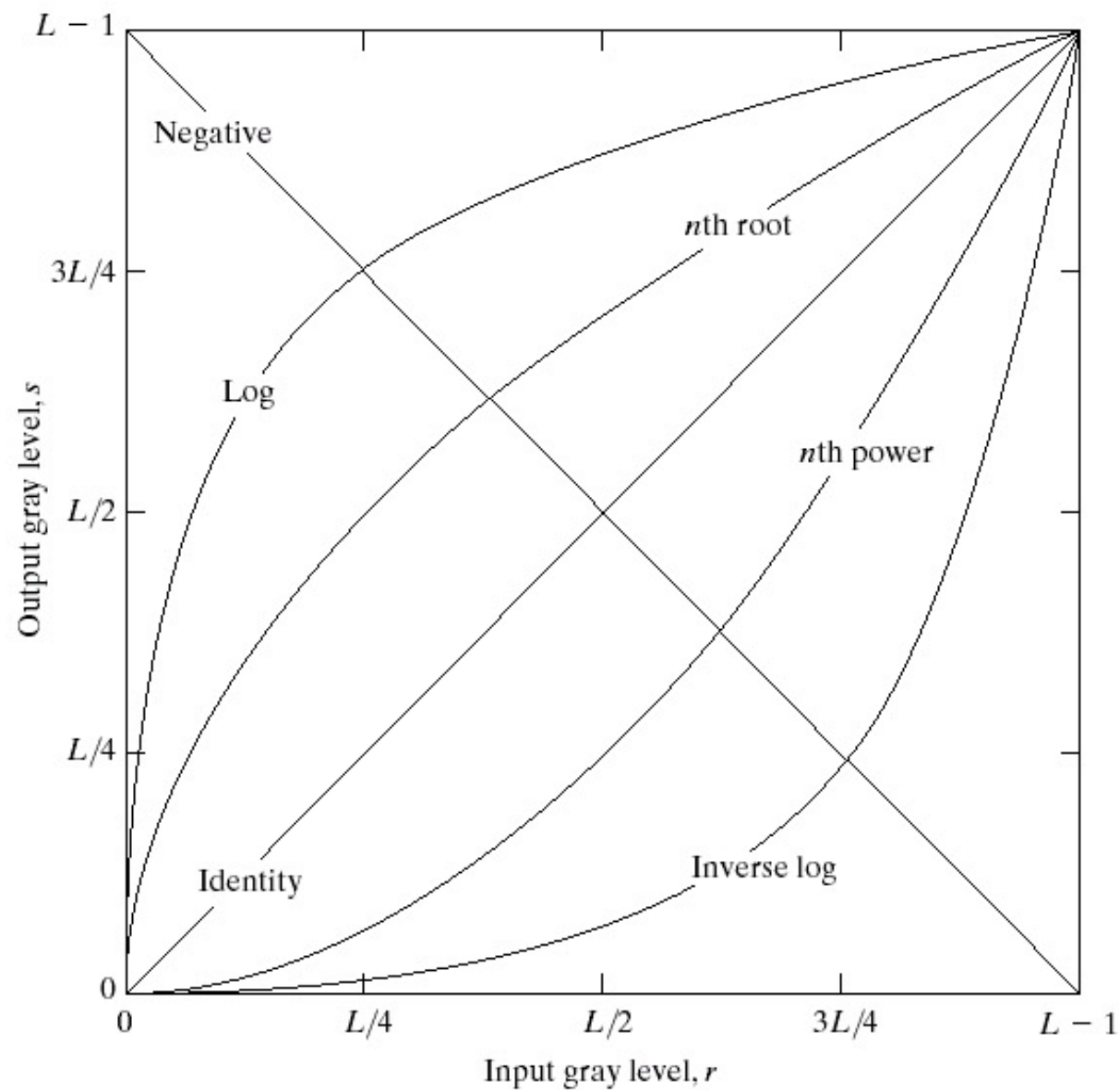
f	n	$\Sigma n$	g
0	0	0	0
1	3	3	0
2	9	12	3
3	8	20	6
4	3	23	7
5	2	25	7
6	2	27	8
7	2	29	9
8	1	30	9
9	0	30	9

$\rightarrow (6,66) \uparrow 7$

$\rightarrow (7,33) \downarrow 7$

$$g(x, y) = \max \left\{ 0, \text{Round} \left( \frac{\sum_{j=0}^k n_j}{I} \right) - 1 \right\} \quad 0 \leq k \leq f$$

# Transformações Log e Gamma



# Transformações Log e Gamma

*Logarítmica:*

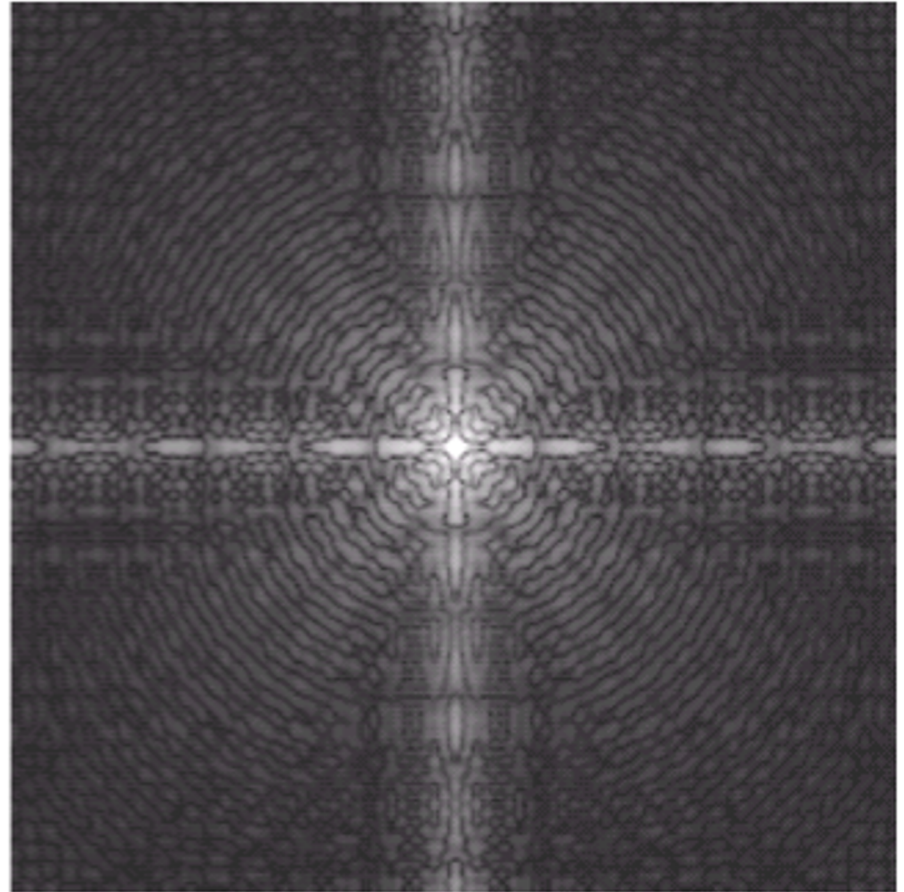
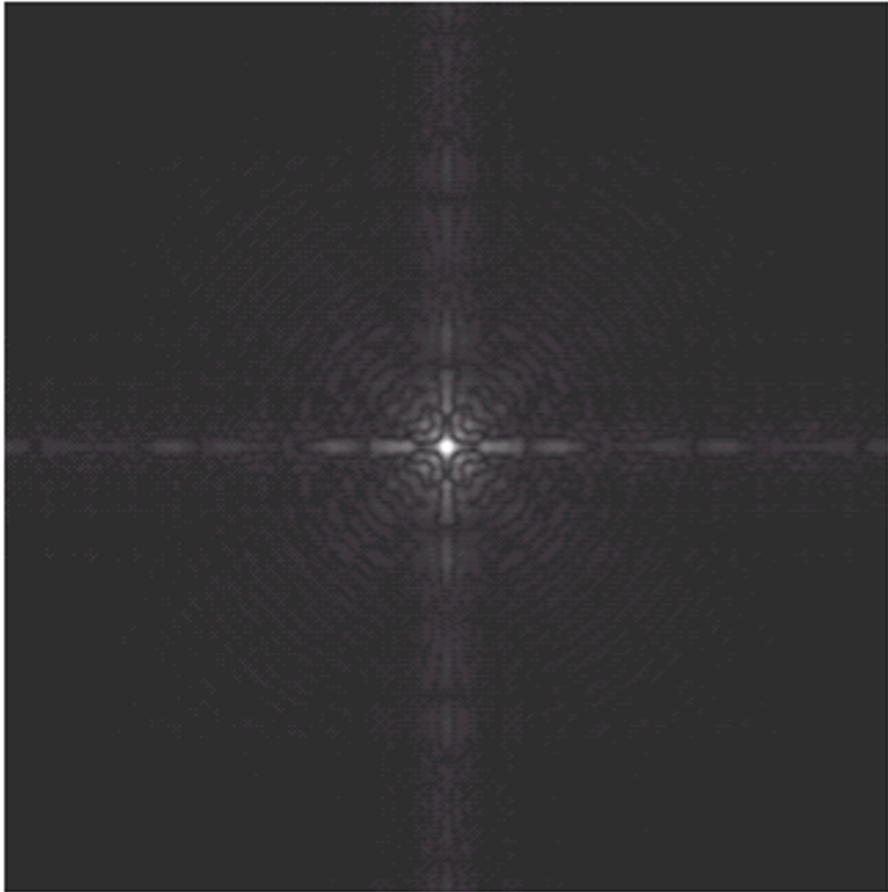
$$g(x, y) = C \cdot \log_{10}[f(x, y) + 1]$$

*Potência (gamma):*

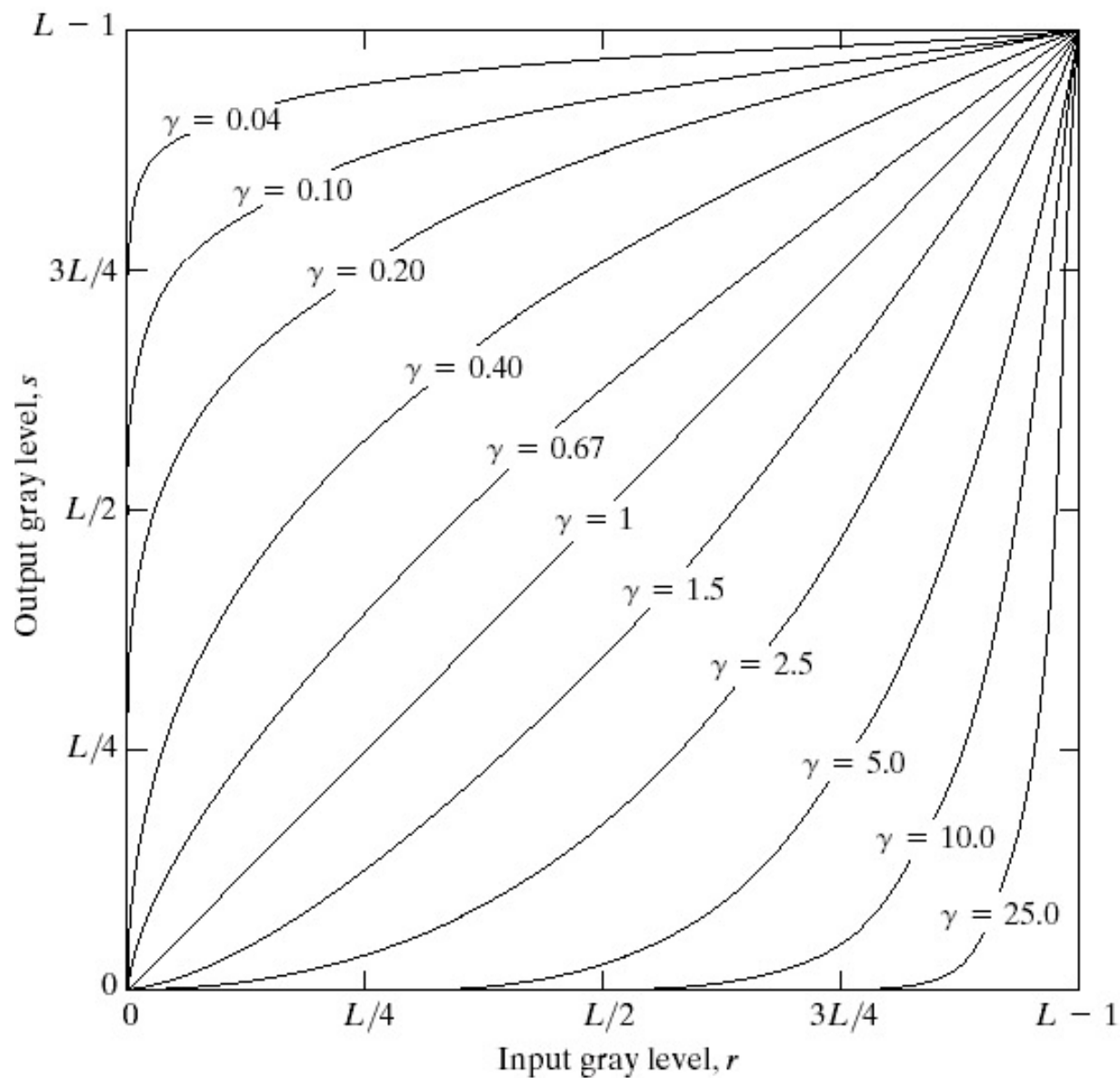
$$g(x, y) = C \cdot f(x, y)^\gamma$$

onde:  $C$  = constante positiva para ajuste de contraste

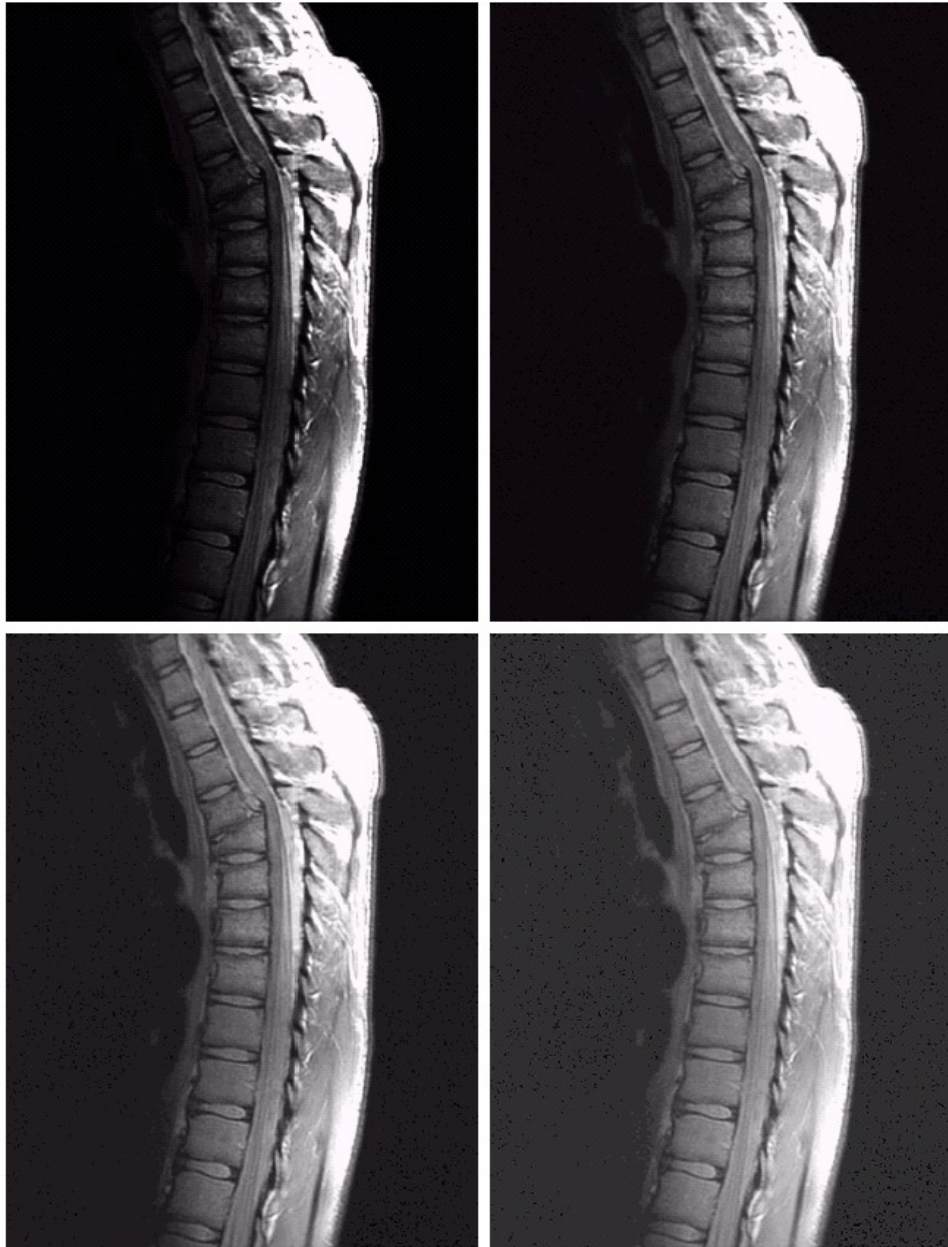
# Transformação Log



# Transformação Gamma



# Transformação Gamma



a	b
c	d

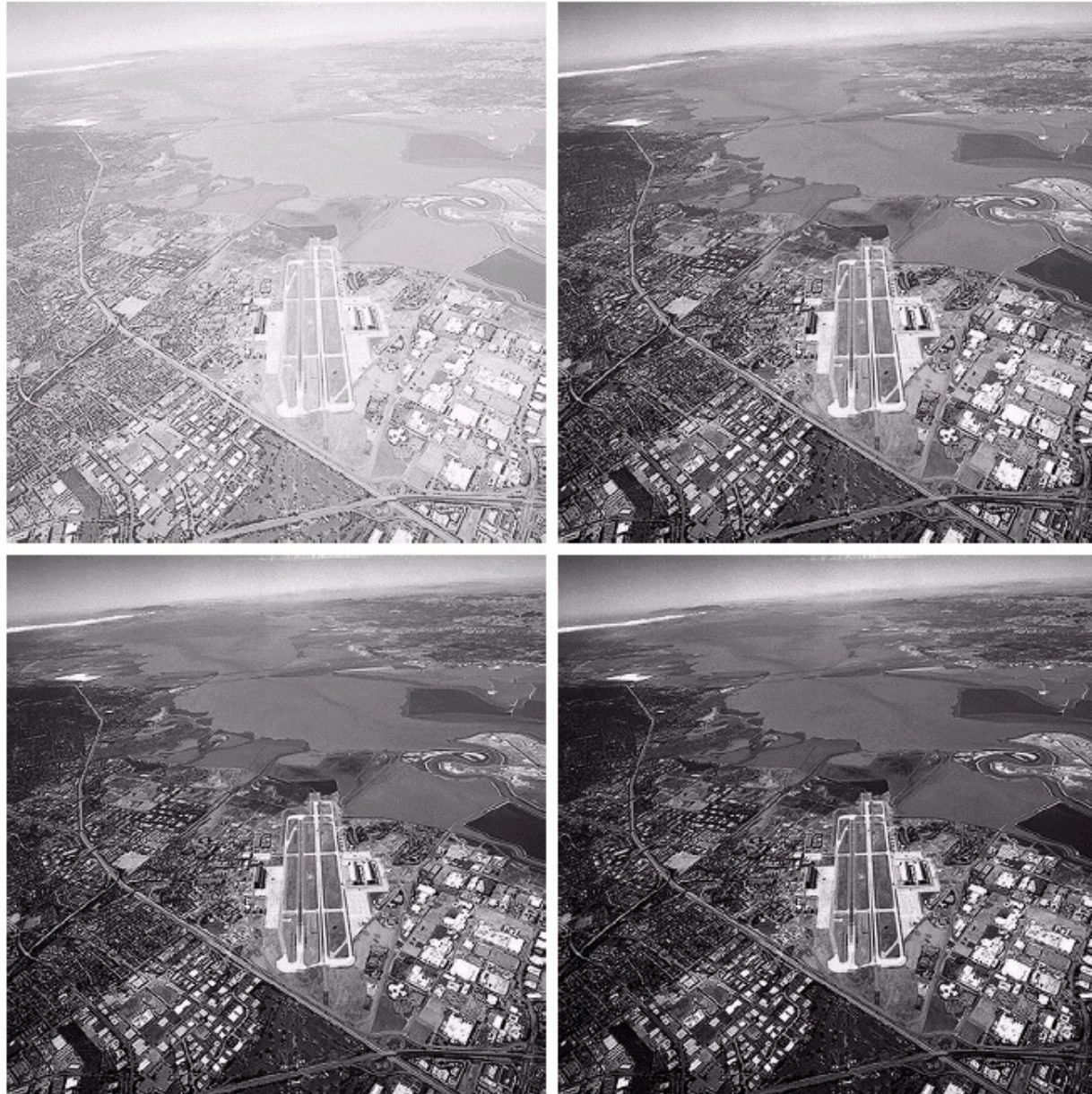
**FIGURE 3.8**

(a) Magnetic resonance (MR) image of a fractured human spine.  
(b)–(d) Results of applying the transformation in Eq. (3.2-3) with  $c = 1$  and  $\gamma = 0.6, 0.4,$  and  $0.3,$  respectively. (Original image for this example courtesy of Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

# Transformação Gamma

a b  
c d

**FIGURE 3.9**  
(a) Aerial image.  
(b)–(d) Results of applying the transformation in Eq. (3.2-3) with  $c = 1$  and  $\gamma = 3.0, 4.0,$  and  $5.0,$  respectively. (Original image for this example courtesy of NASA.)





# FIM DA PARTE 1