Princípios e representação de imagens

Prof. Luiz Otavio Murta Jr.
Informática Biomédica
Depto. de Física e Matemática (FFCLRP/USP)

Tópicos

- **Processamento de imagens**
- **Percepção visual**
- **Modelos de imagens**
  - Representação
  - Profundidade de pixels
- **Brilho e contraste**
- **Histograma**
  - Algoritmo de contagem de histogra,a
  - Equalização de histograma

Tipos de processamento de imagem

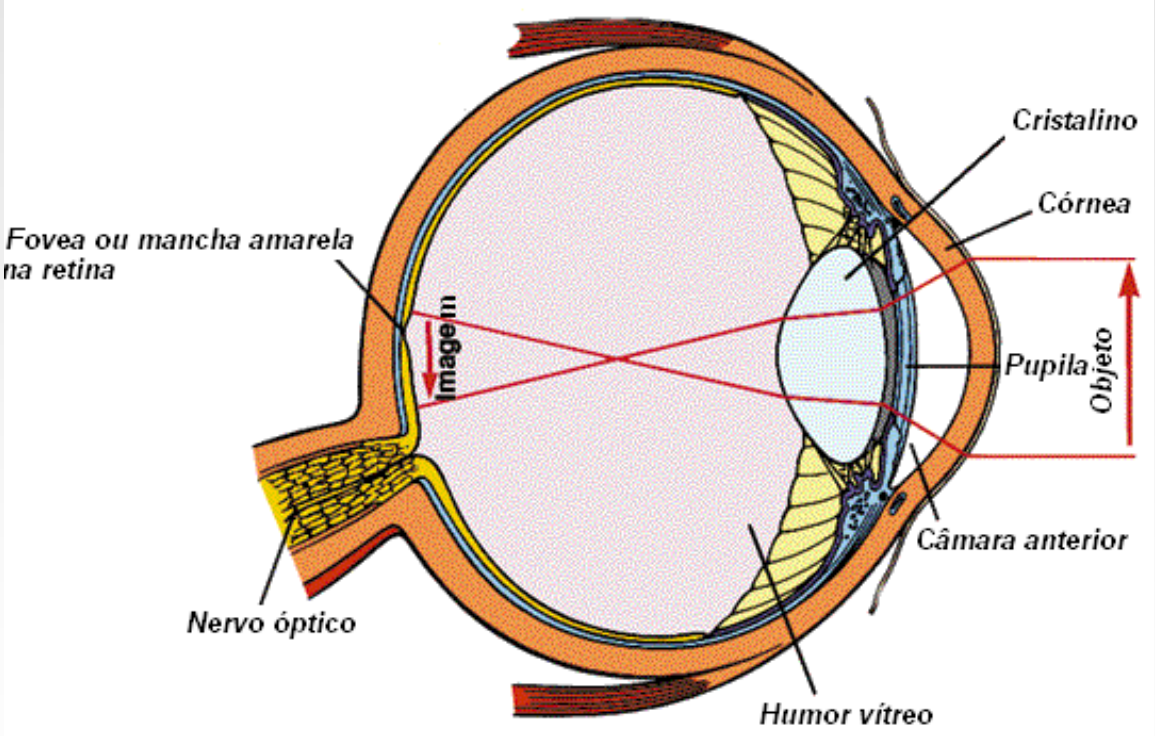
- Processamento Digital de Imagem (descrição)

Designação	Entrada	Saída
Síntese de Imagem	*Descrição*	*Imagem*
Processamento de Imagem	*Imagem*	*Imagem*
Análise de Imagem	*Imagem*	*Medidas*
Compreensão de Imagem	*Imagem*	*Descrição*

Domínio de aplicações 2D e 3D

O Fenômeno Visual

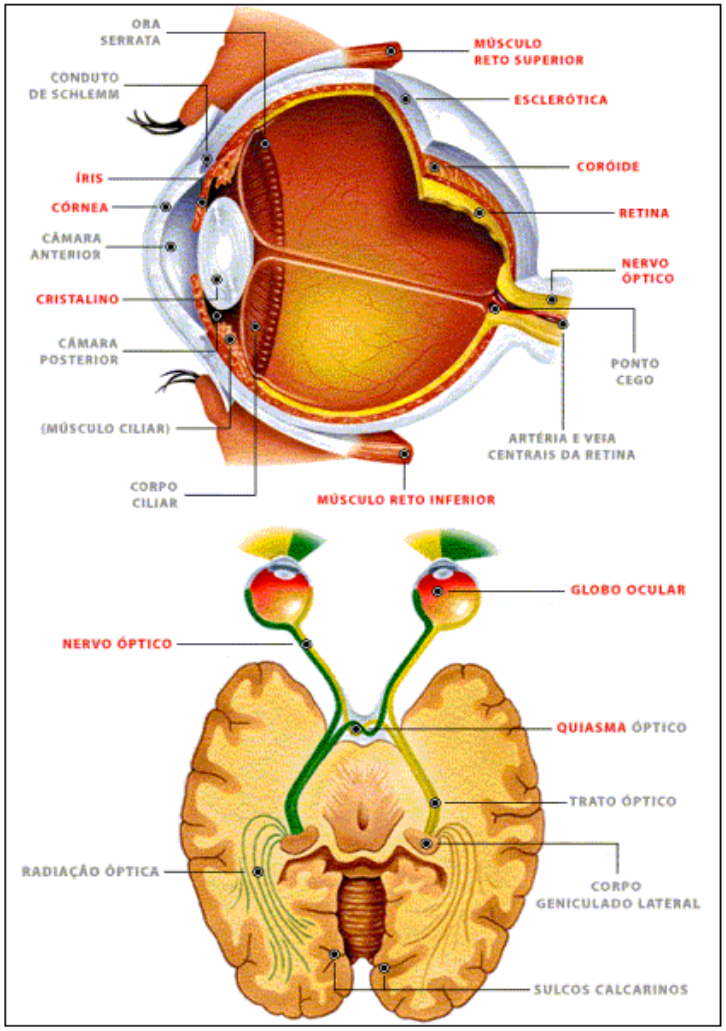
- **Percepção sensorial da visão**



O Fenômeno Visual

Anatomia da visão:

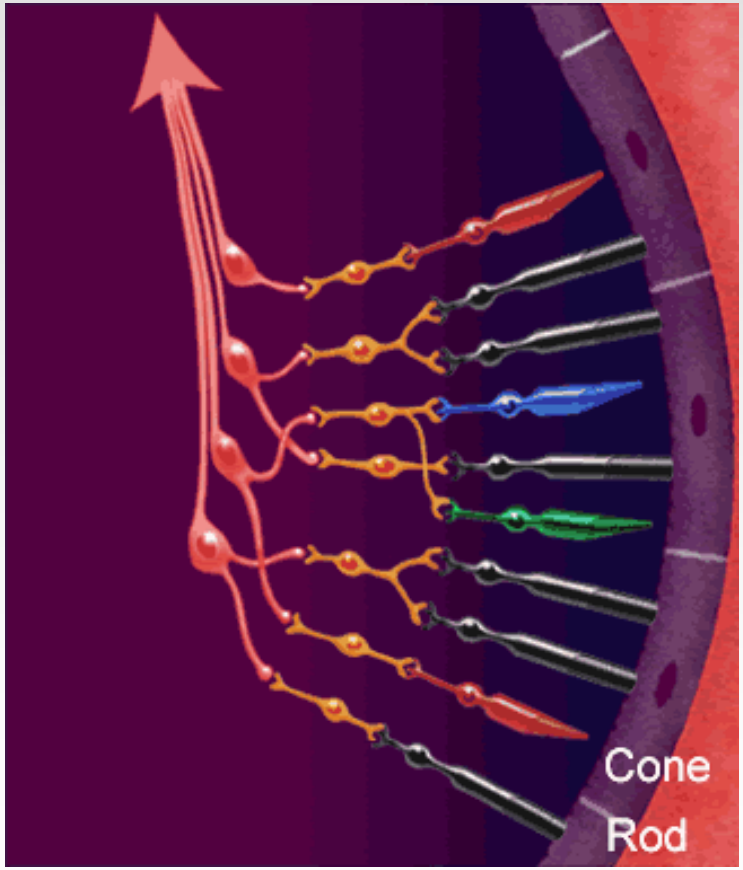
- Córnea
- Cristalino
- Retina
- Nervo ótico
- Córtex visual



O Fenômeno Visual

Percepção sensorial da visão:

- **Incidência de luz na retina**
- **Excitação dos cones e bastonetes**
- **Captação do nervo ótico**
- **Transporte de informação para o cortex visual (cérebro)**



O Fenômeno Visual

Fisiologia da visão:

- **Cones**
- **Bastonetes**

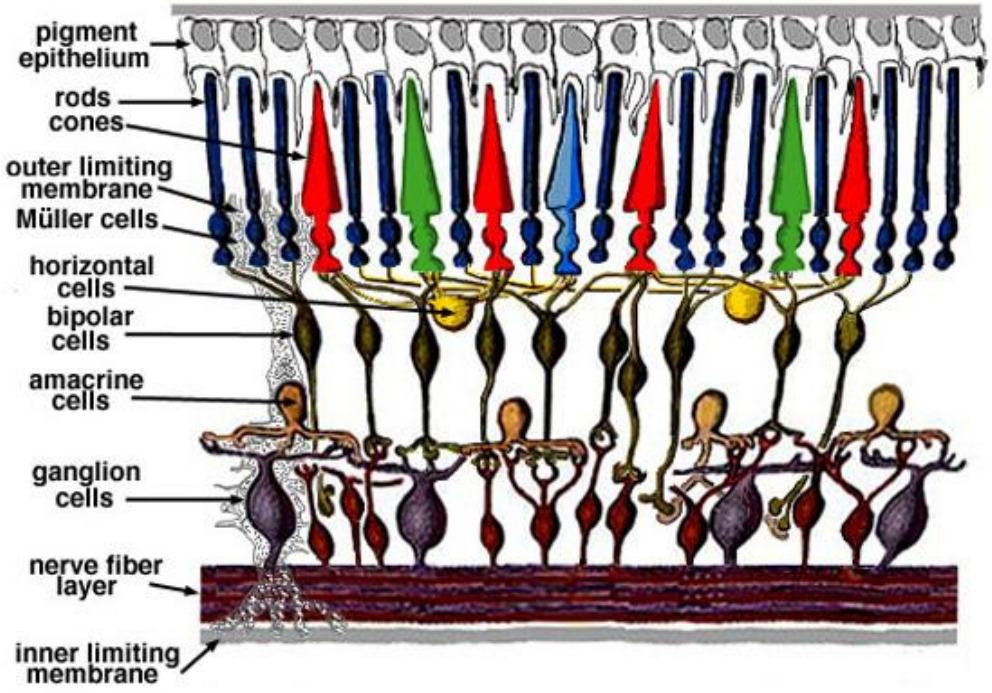
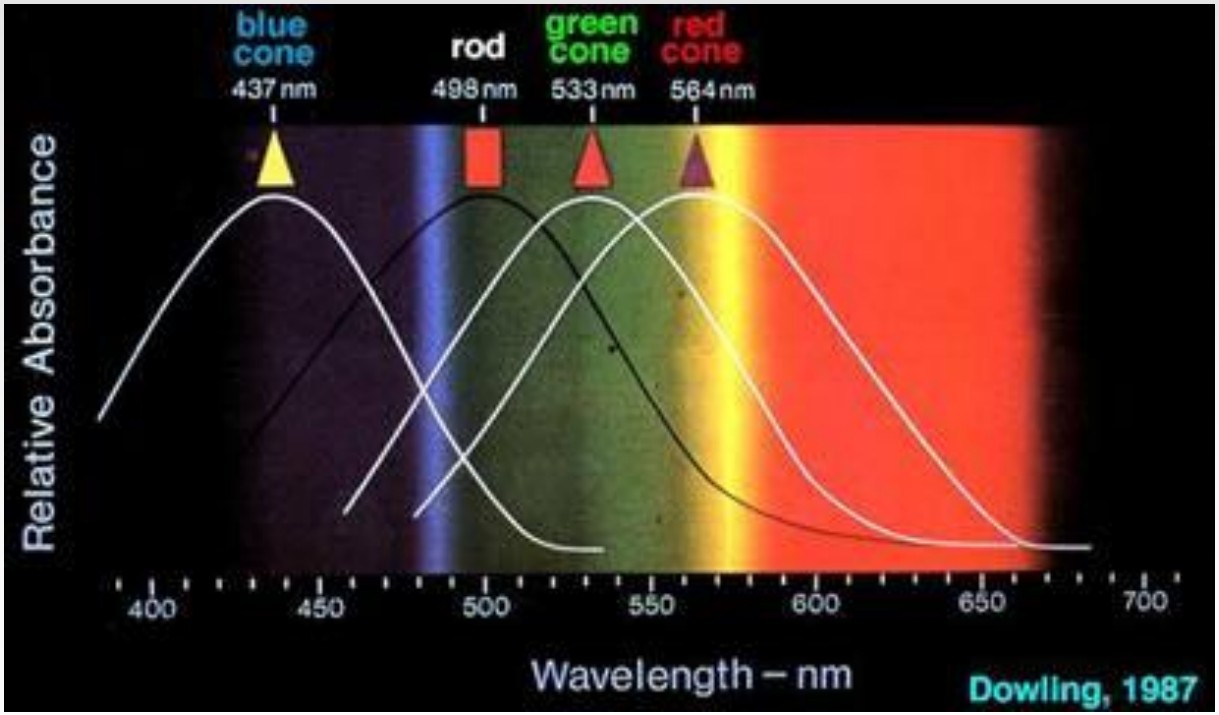


Fig. 2. Simple diagram of the organization of the retina.

O Fenômeno Visual

Fisiologia da visão:

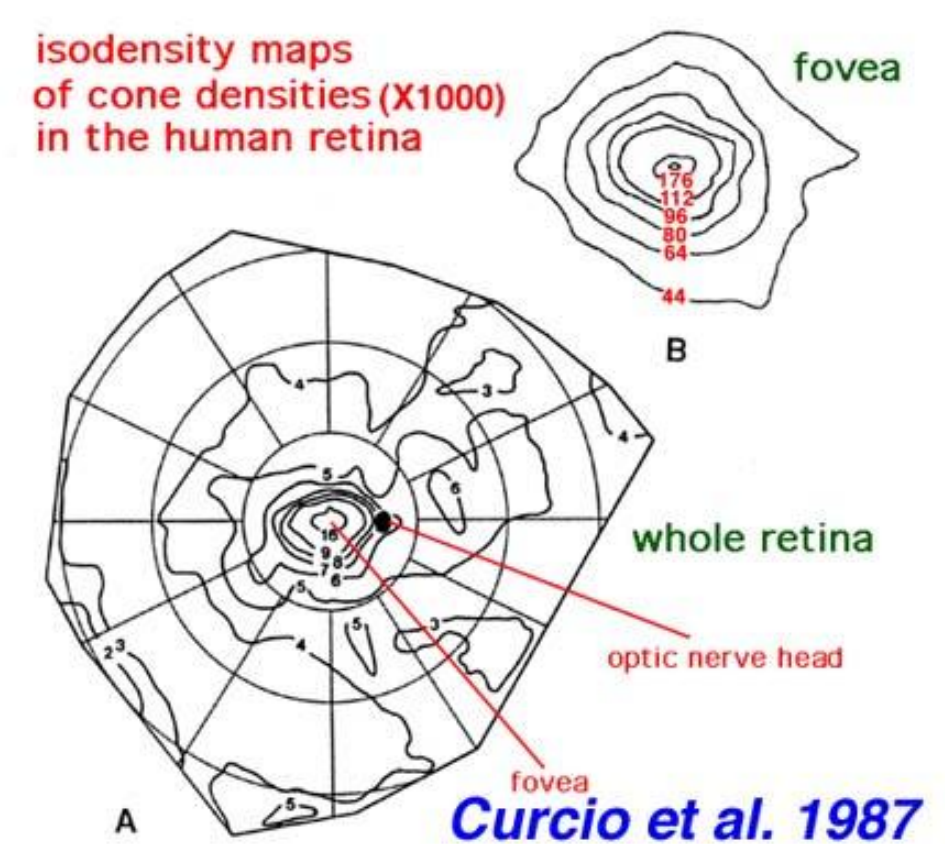
- **Cones**
- **Bastonetes**



O Fenômeno Visual

Fisiologia da visão:

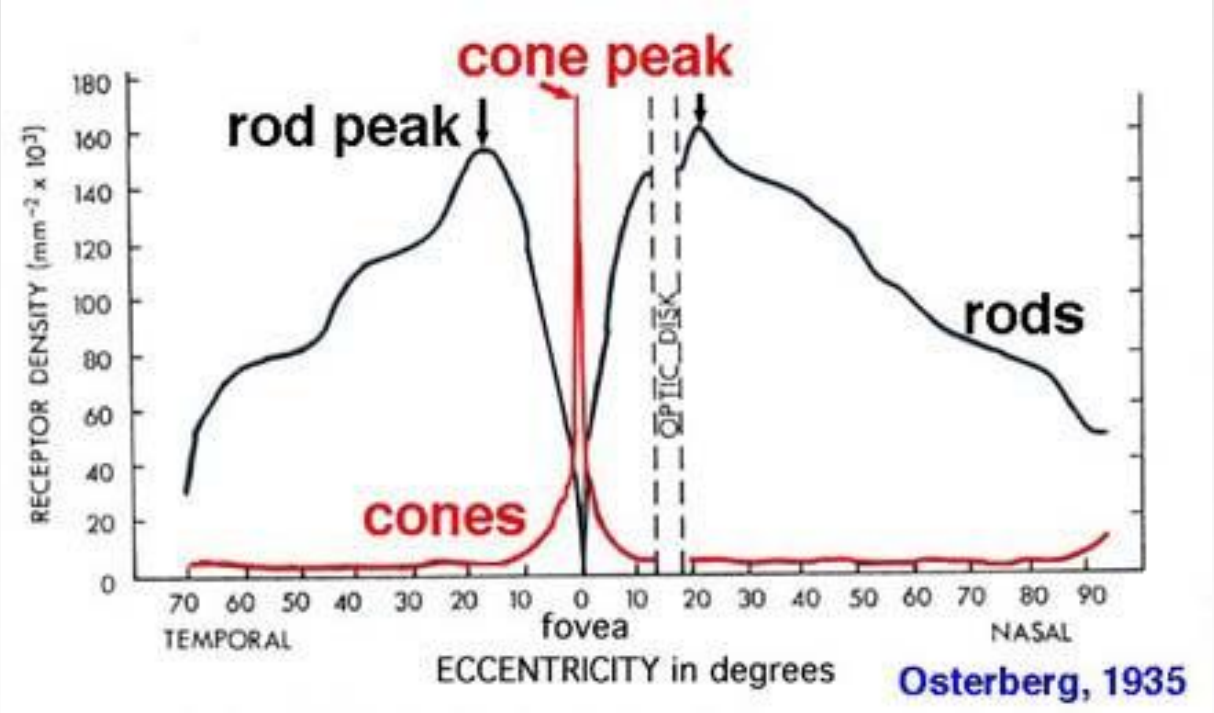
- **Cones**
- **Bastonetes**



O Fenômeno Visual

Fisiologia da visão:

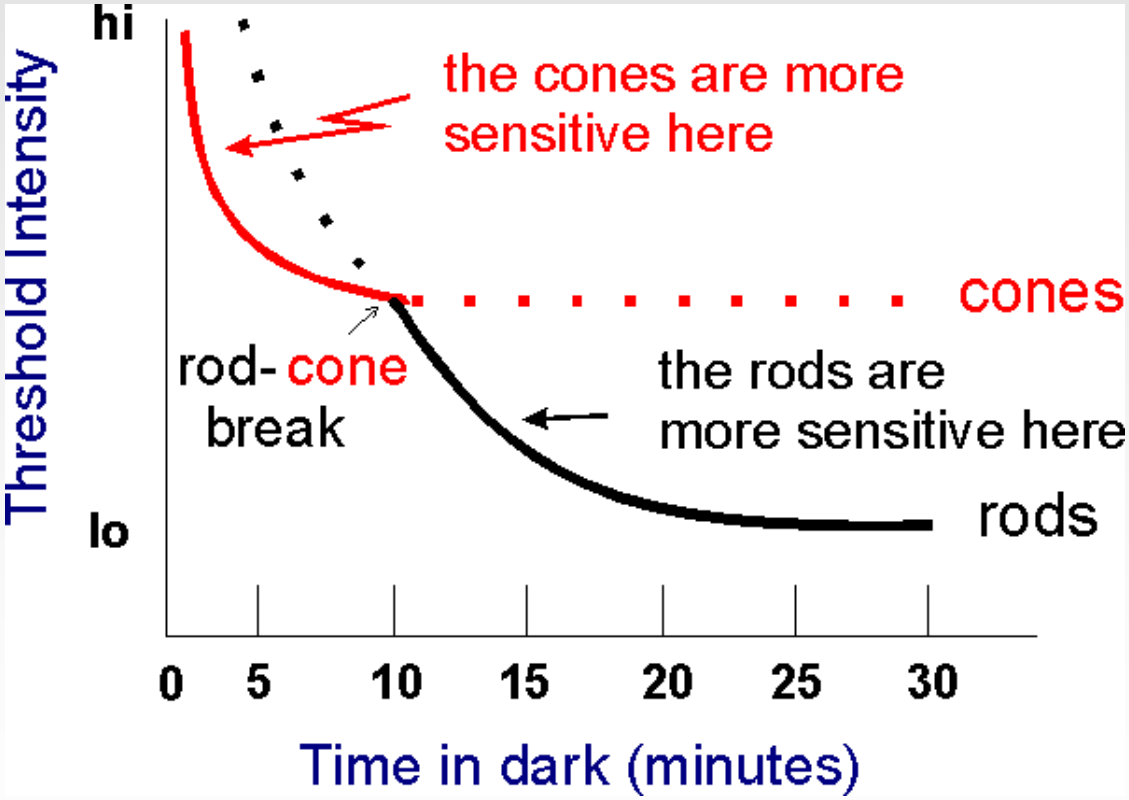
- Cones
- Bastonetes



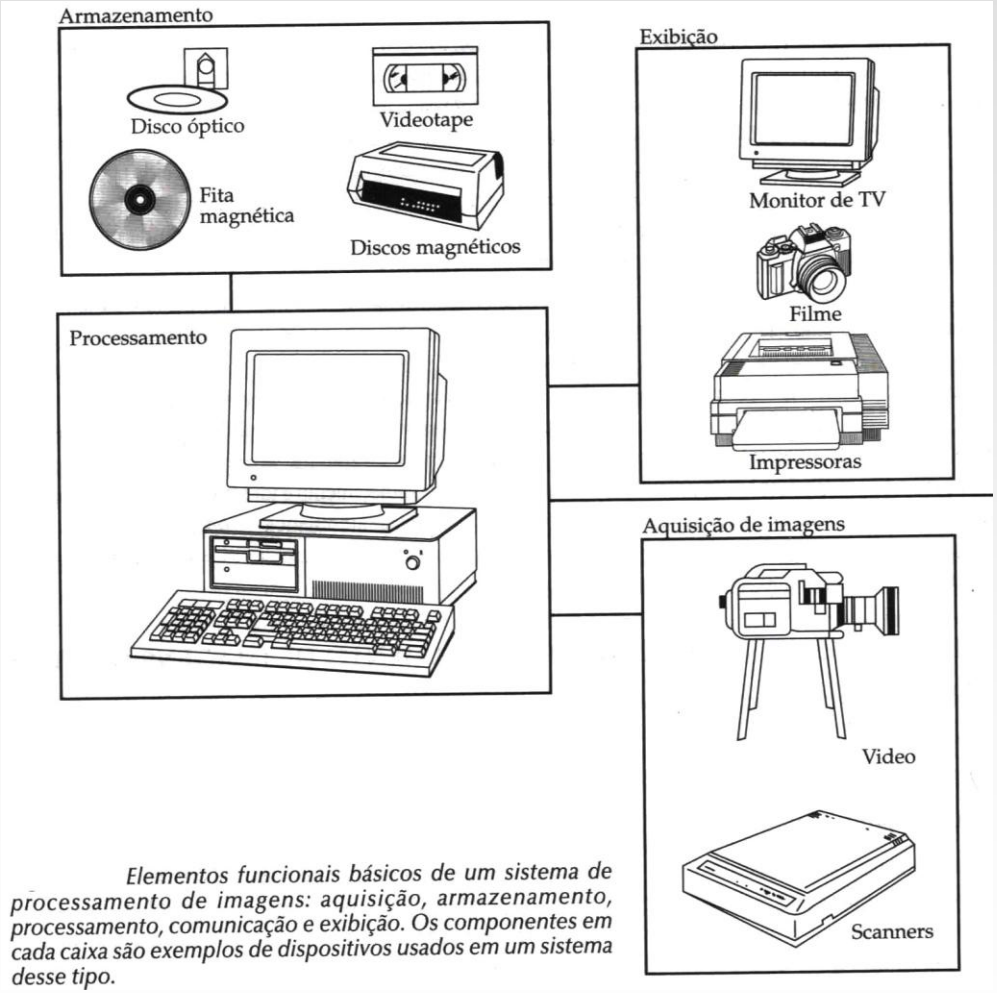
O Fenômeno Visual

Fisiologia da visão:

- **Cones**
- **Bastonetes**



Processamento de imagem

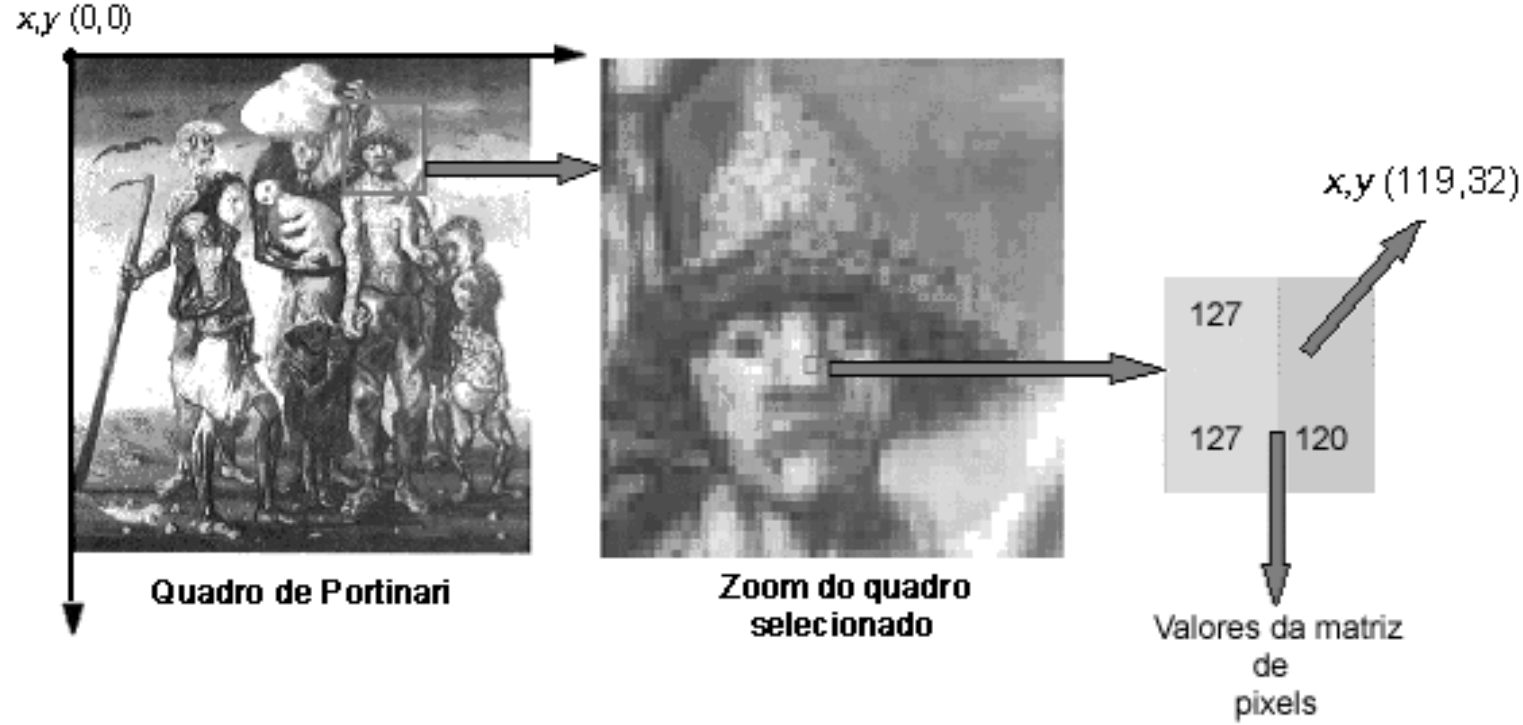


Elementos funcionais básicos de um sistema de processamento de imagens: aquisição, armazenamento, processamento, comunicação e exibição. Os componentes em cada caixa são exemplos de dispositivos usados em um sistema desse tipo.

Imagens médicas:

- Raios X
- Ressonância
- Ultra-som
- Medicina nuclear
- .....

Modelo simples de imagem



Modelo simples de imagem

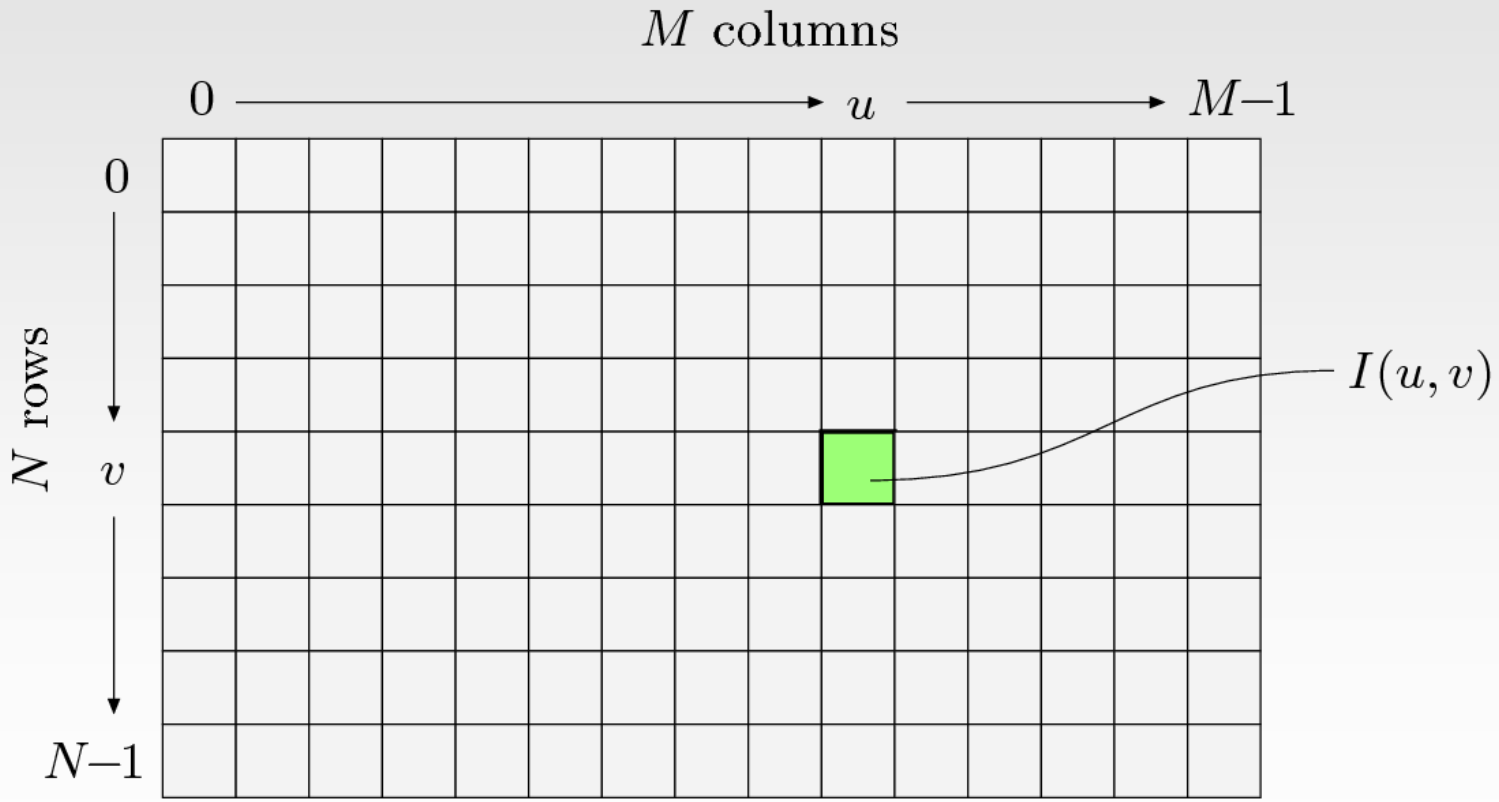
$\longrightarrow$

$$
\begin{array}{cccccccccc}
148 & 123 & 52 & 107 & 123 & 162 & 172 & 123 & 64 & 89 \cdots \\
147 & 130 & 92 & 95 & 98 & 130 & 171 & 155 & 169 & 163 \cdots \\
141 & 118 & 121 & 148 & 117 & 107 & 144 & 137 & 136 & 134 \cdots \\
82 & 106 & 93 & 172 & 149 & 131 & 138 & 114 & 113 & 129 \cdots \\
57 & 101 & 72 & 54 & 109 & 111 & 104 & 135 & 106 & 125 \cdots \\
138 & 135 & 114 & 82 & 121 & 110 & 34 & 76 & 101 & 111 \cdots \\
138 & 102 & 128 & 159 & 168 & 147 & 116 & 129 & 124 & 117 \cdots \\
113 & 89 & 89 & 109 & 106 & 126 & 114 & 150 & 164 & 145 \cdots \\
120 & 121 & 123 & 87 & 85 & 70 & 119 & 64 & 79 & 127 \cdots \\
145 & 141 & 143 & 134 & 111 & 124 & 117 & 113 & 64 & 112 \cdots \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots
\end{array}
$$

$F(x, y)$ $I(u, v)$

Modelo simples de imagem

Localização de pixels:



Representação de imagem

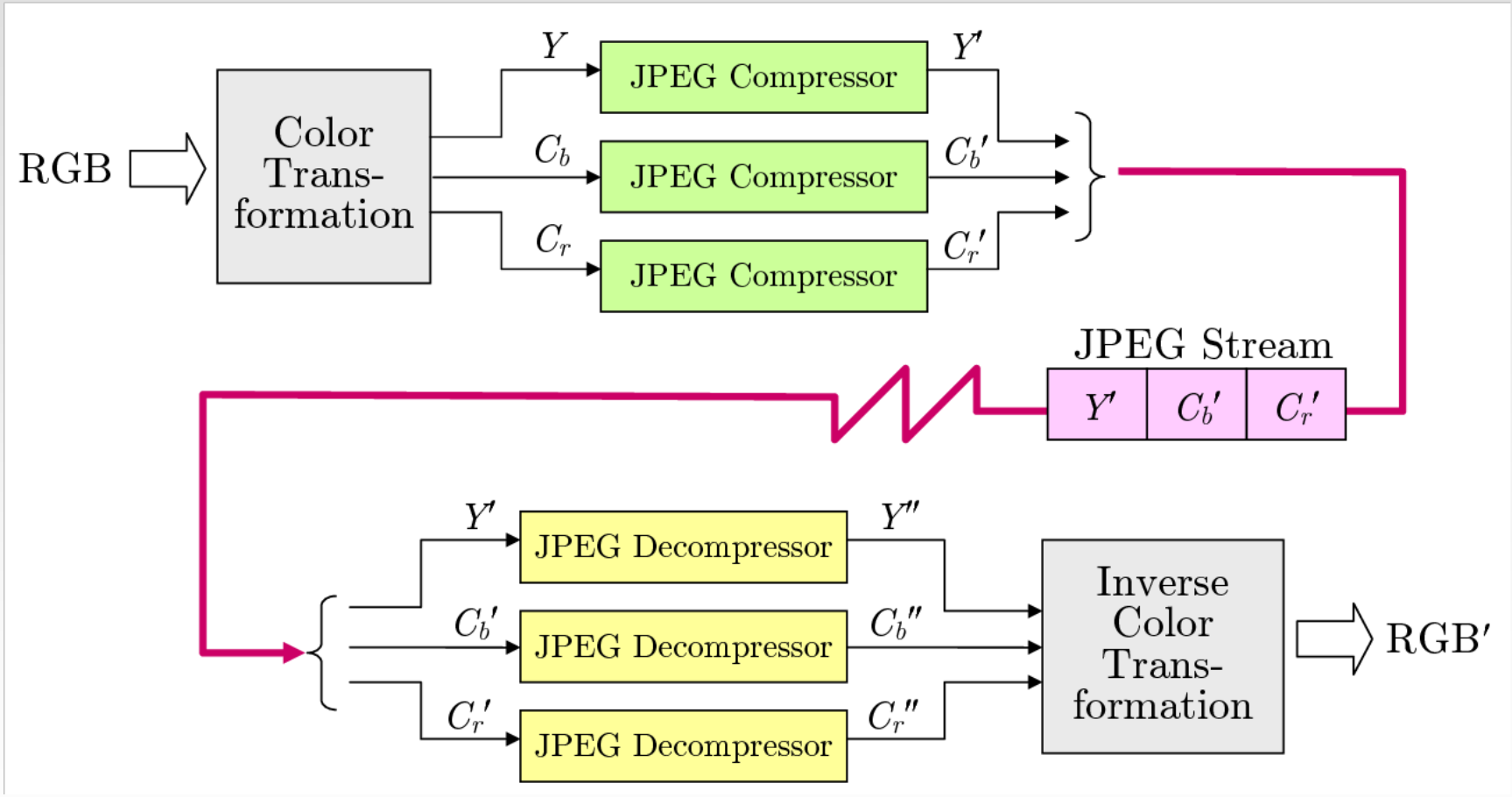
Tons de cinza

Canais	Bits/pix.	Escopo	Uso
1	1	0...1	Imagem binária, documento, fax...
1	8	0...255	Universal, foto, scan, iimpressão...
1	12	0...4095	Foto alta qualidade, scan, impressão...
1	14	0...16383	Foto profissional, scsn, impressão
1	16	0...65535	Fotos de altíssima qualidade,...

Imagens colorifas

Canais	Bits/pix.	Escopo	Uso
3	24	0...255	RGB universal, foto, scan, iimpressão...
3	36	0...4095	RGB foto alta qualidade, scan, impressão...
3	42	0...16383	RGB foto profissional, scsn, impressãoc
4	32	0...255	CMYK pre-impressão digital

Representação de imagem



Representação de imagem

Arquivo:

```
P2
# oie.pgm
17 7
255
0 13 13 13 13 13 13 13  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0 13  0  0  0  0  0 13  0  7  7  0  0 81 81 81 81
0 13  0  7  7  7  0 13  0  7  7  0  0 81  0  0  0
0 13  0  7  0  7  0 13  0  7  7  0  0 81 81 81  0
0 13  0  7  7  7  0 13  0  7  7  0  0 81  0  0  0
0 13  0  0  0  0  0 13  0  7  7  0  0 81 81 81 81
0 13 13 13 13 13 13 13  0  0  0  0  0  0  0  0  0
```

Imagem:

Format	*Signature*	
PNG	0x89504e47	□PNG
JPEG/JFIF	0xffd8ffe0	□□□□
$\text{TIFF}_{\text{little}}$	0x49492a00	II*□
TIFF_{big}	0x4d4d002a	MM□*

Format	*Signature*	
BMP	0x424d	BM
GIF	0x4749463839	GIF89
Photoshop	0x38425053	8BPS
PS/EPS	0x25215053	%!PS

Amostragem e Quantização

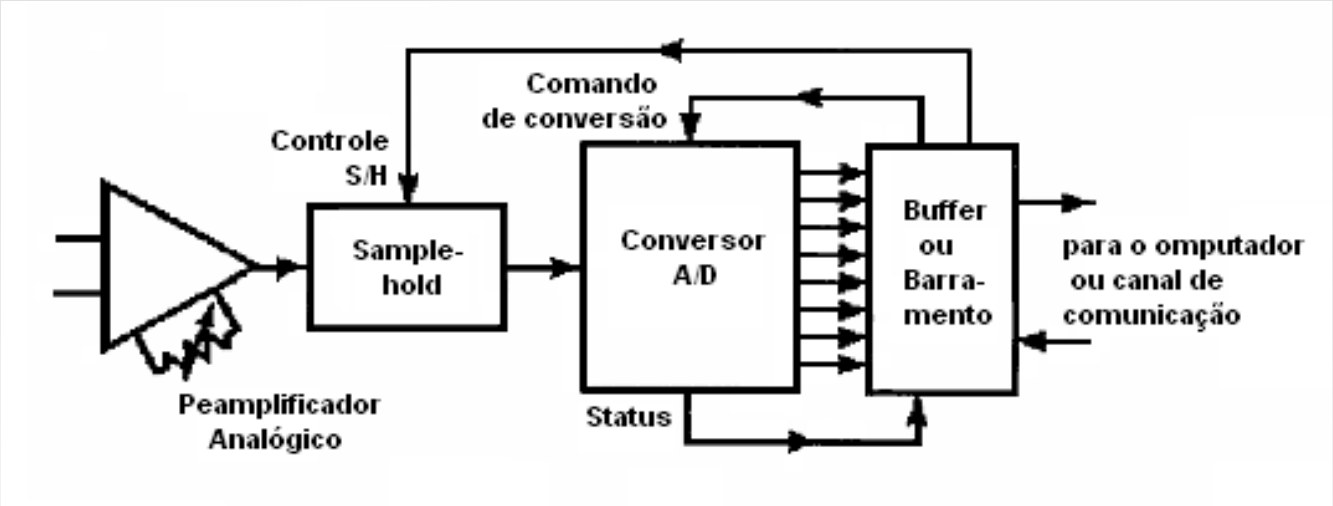
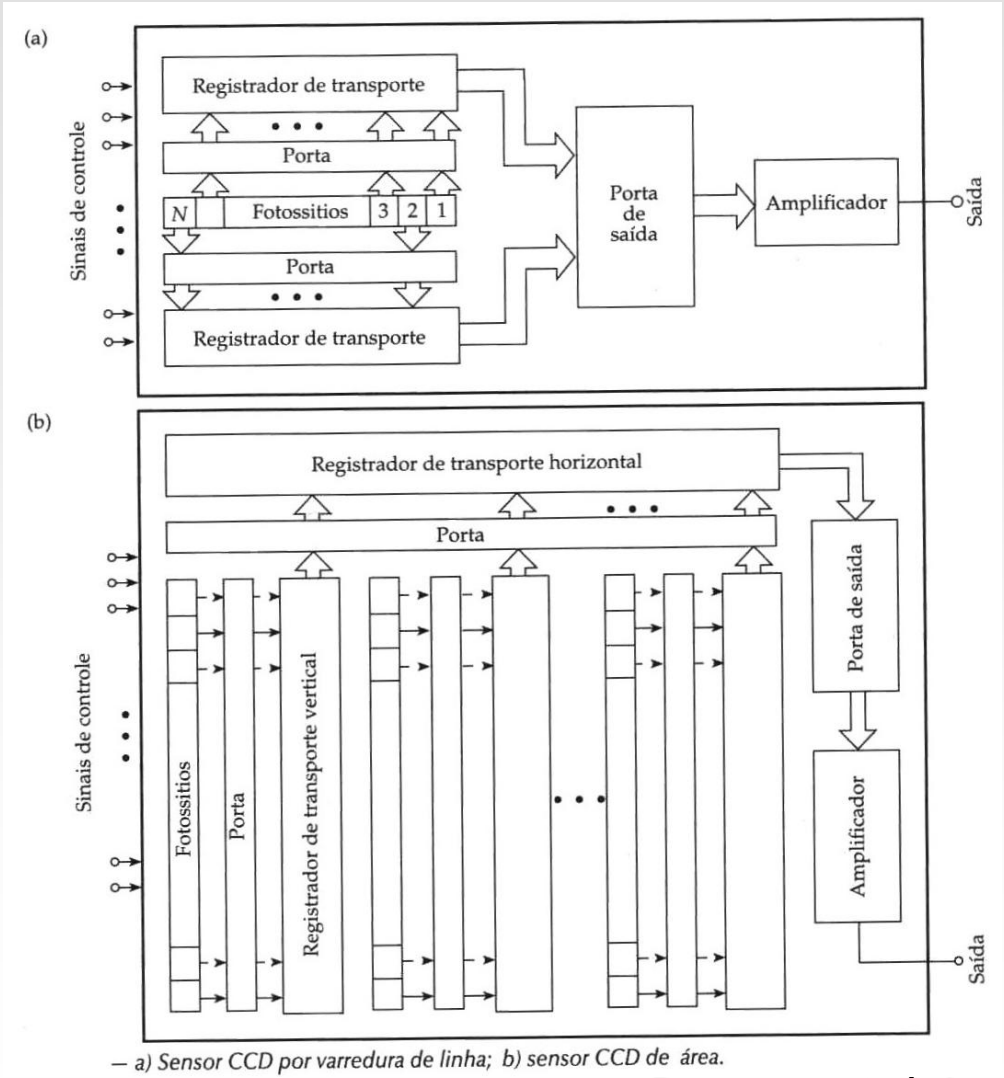


Ilustração esquemática de um sistema de conversão analógico / digital

Aquisição via CCD

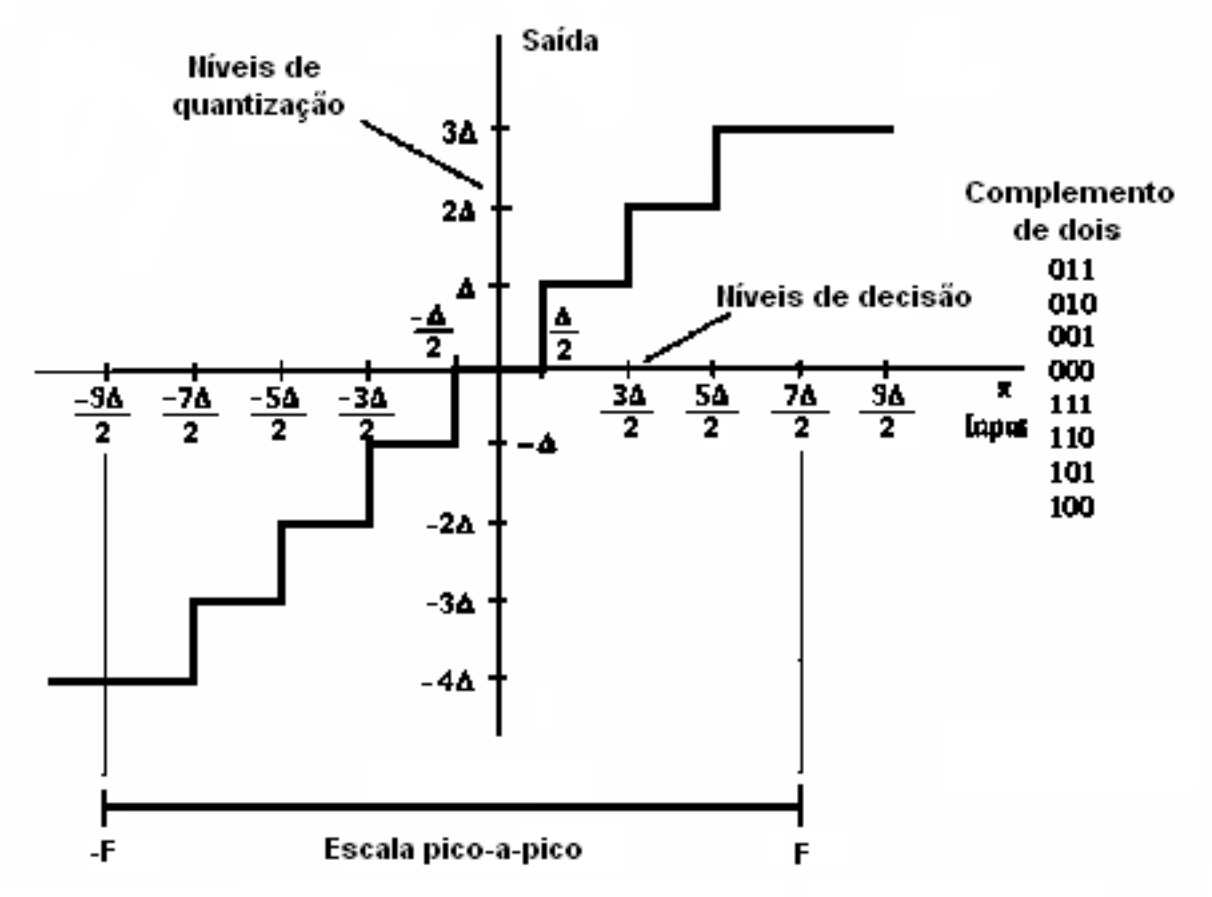


— a) Sensor CCD por varredura de linha; b) sensor CCD de área.

Amostragem e Quantização

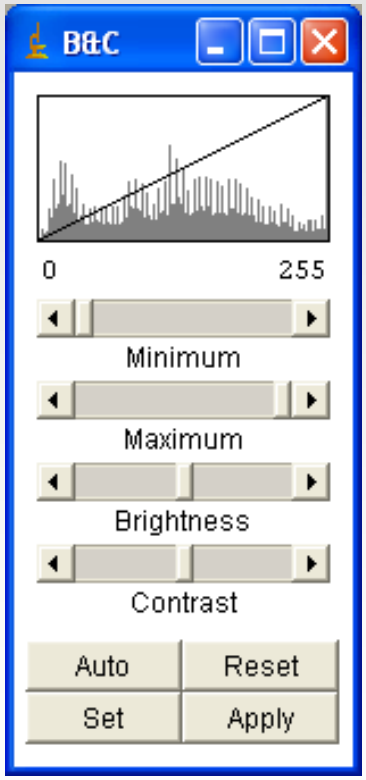
Codificação

A codificação na conversão A/D se dá atribuindo a cada valor quantizado um número binário, como no exemplo abaixo.



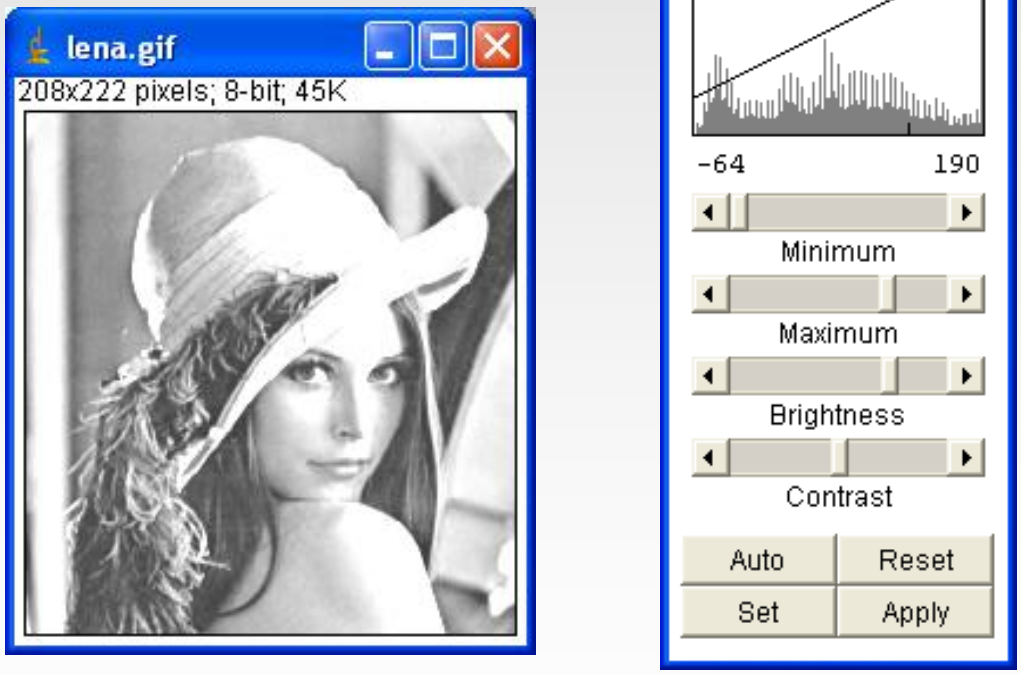
Brilho, Contraste e Histograma

histograma de imagem com brilho e contraste originais



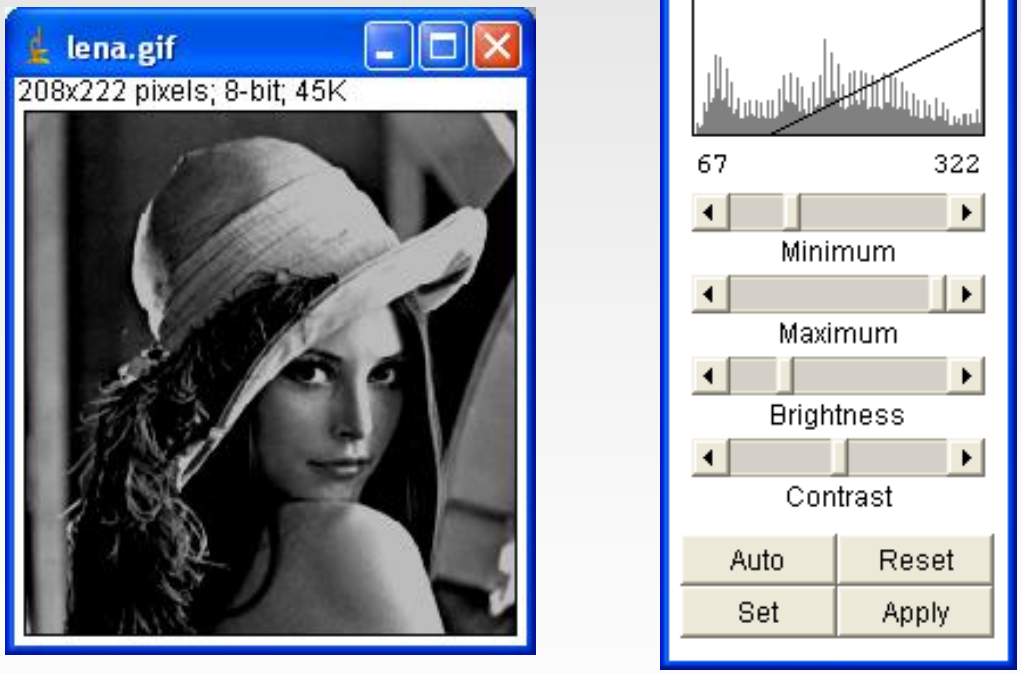
Brilho, Contraste e Histograma

histograma de imagem com brilho incrementado



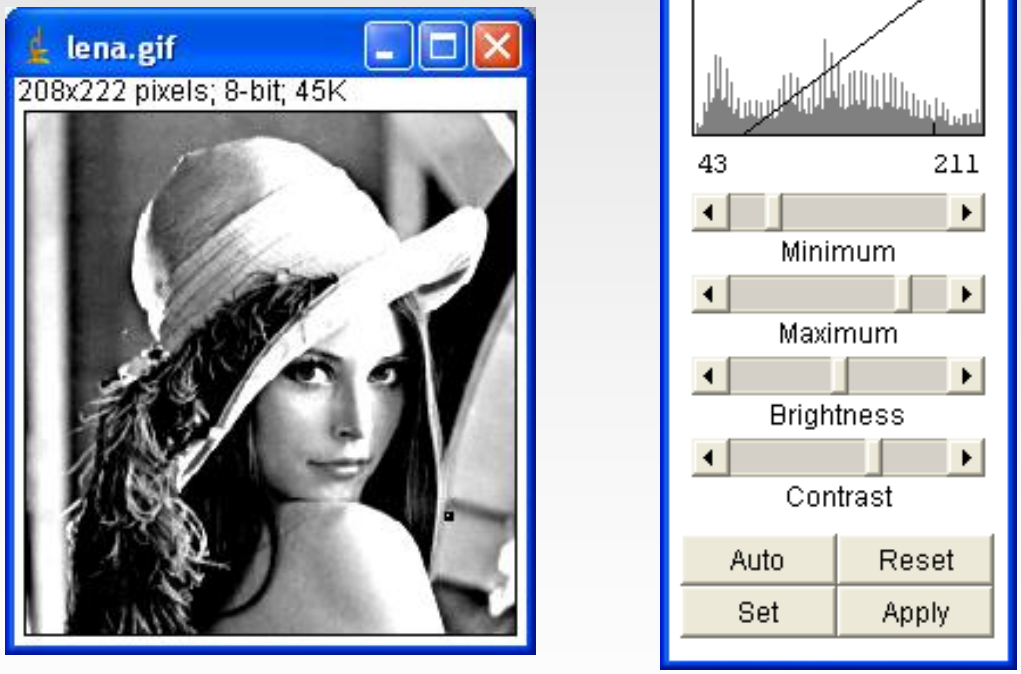
Brilho, Contraste e Histograma

histograma de imagem com brilho reduzido



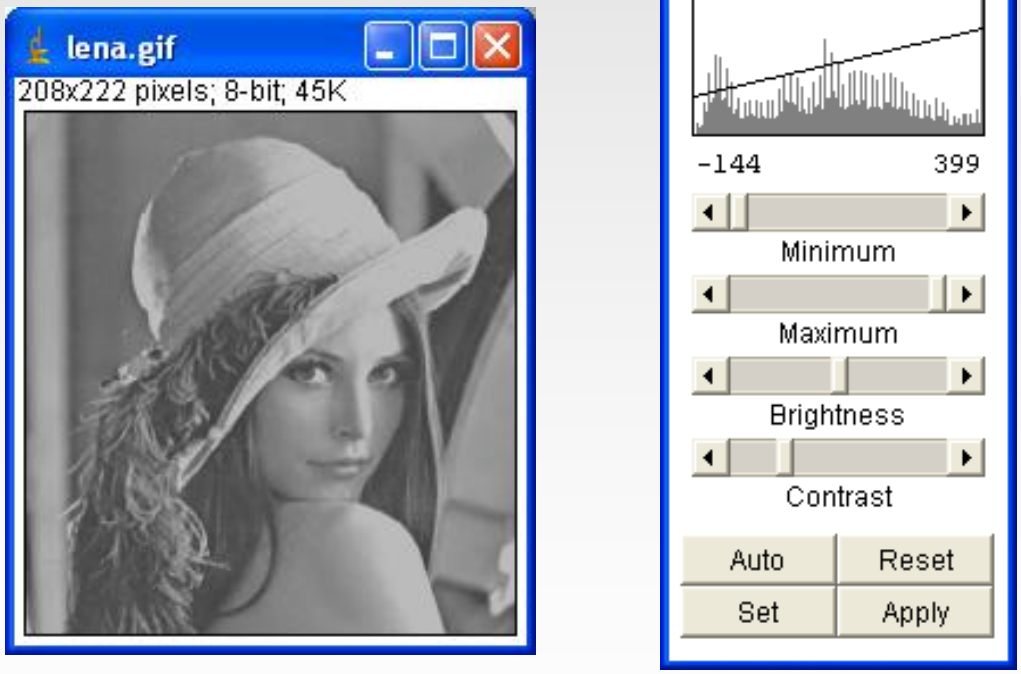
Brilho, Contraste e Histograma

histograma de imagem com contraste incrementado

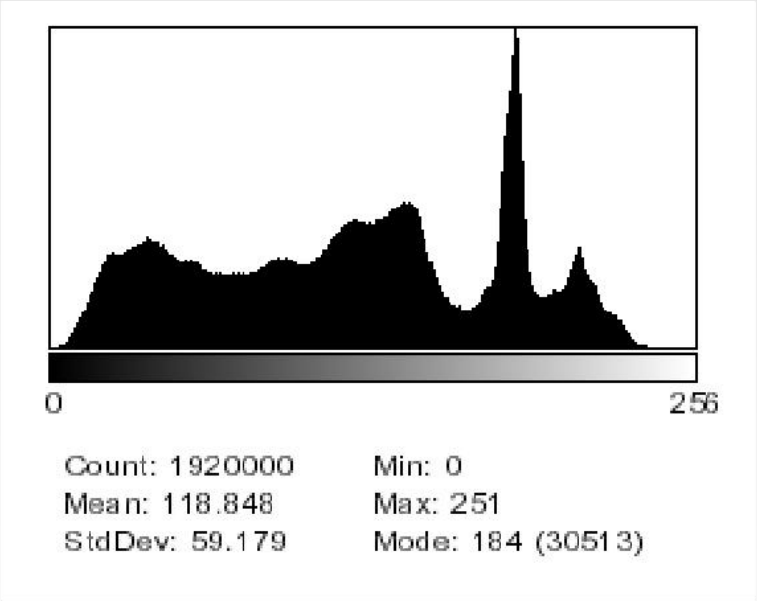


Brilho, Contraste e Histograma

histograma de imagem com contraste reduzido

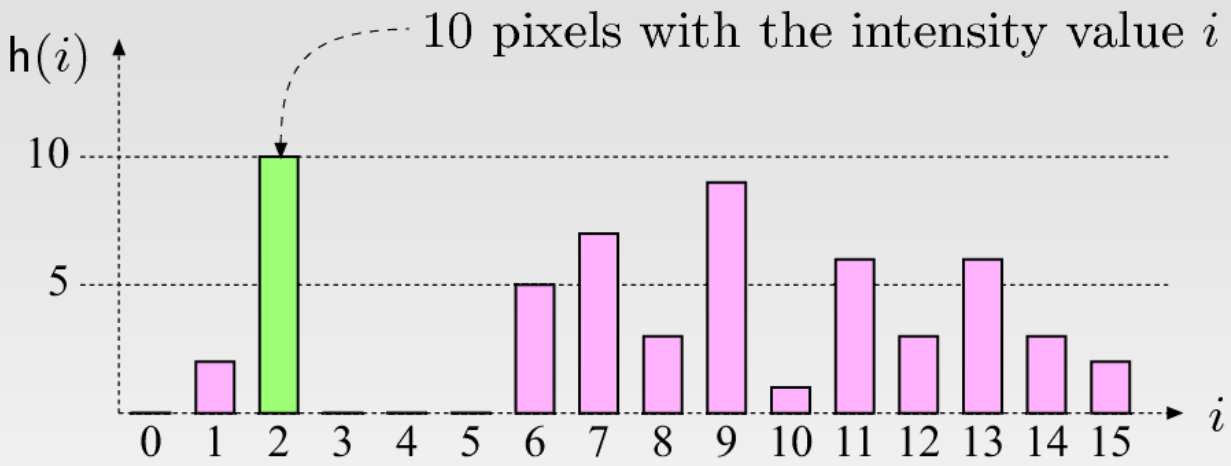


Histograma



- Contagem de pixels em cada tom de cinza

Histograma

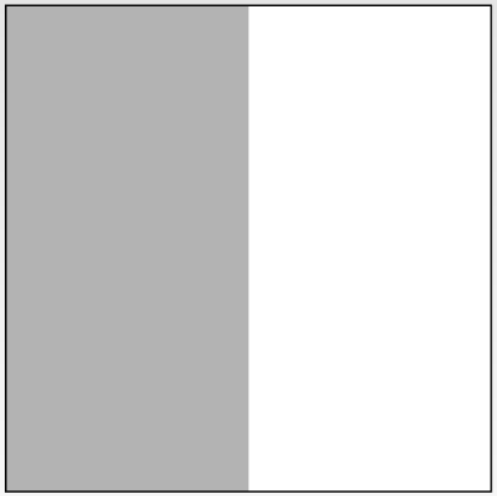


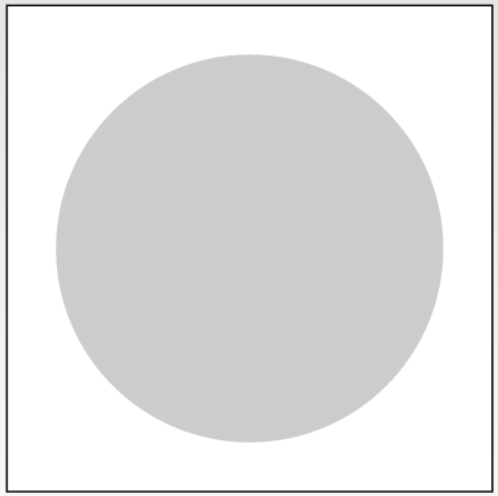
$h(i)$	0	2	10	0	0	0	5	7	3	9	1	6	3	6	3	2
i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

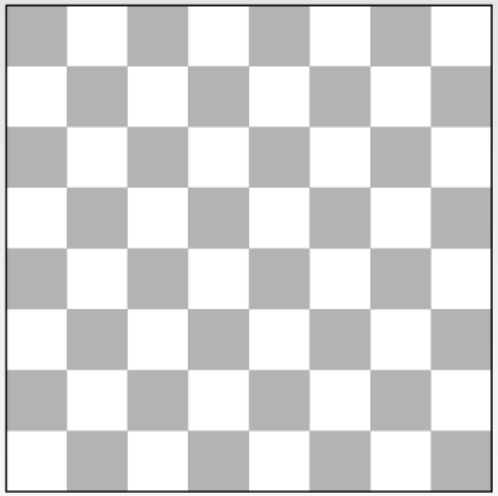
- Contagem de pixels em cada tom de cinza

Histograma

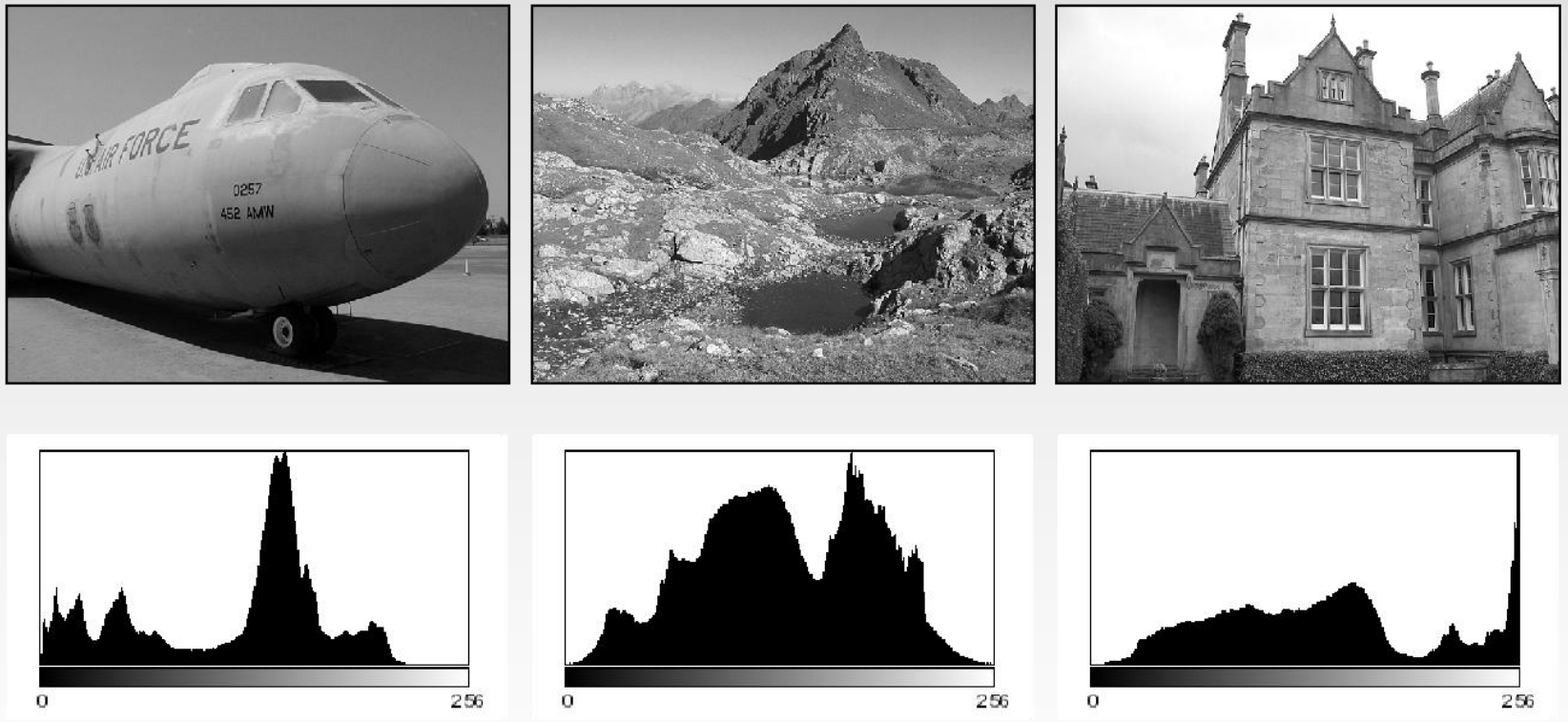
- Diferentes imagens podem ter o mesmo histograma?





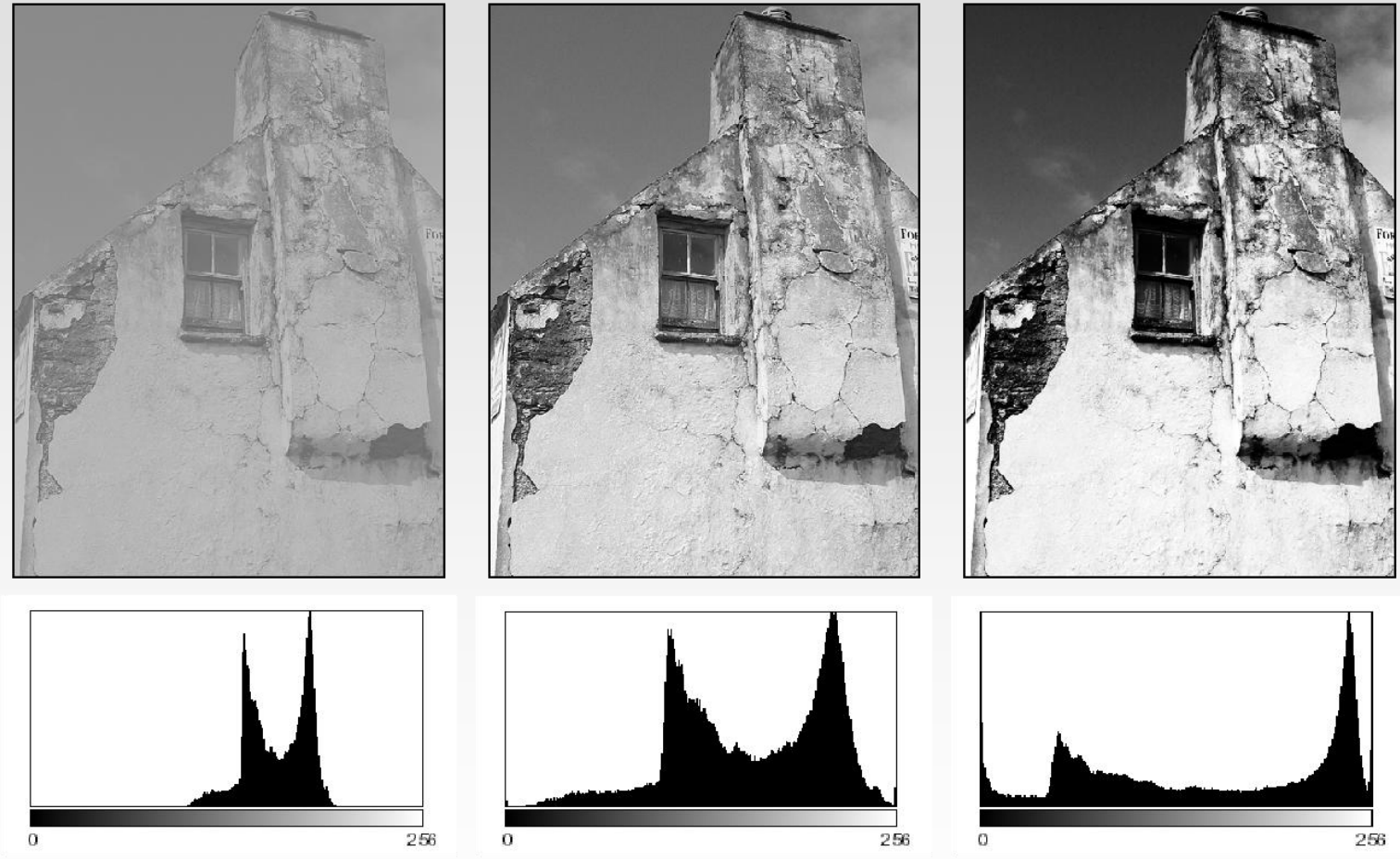


Histograma

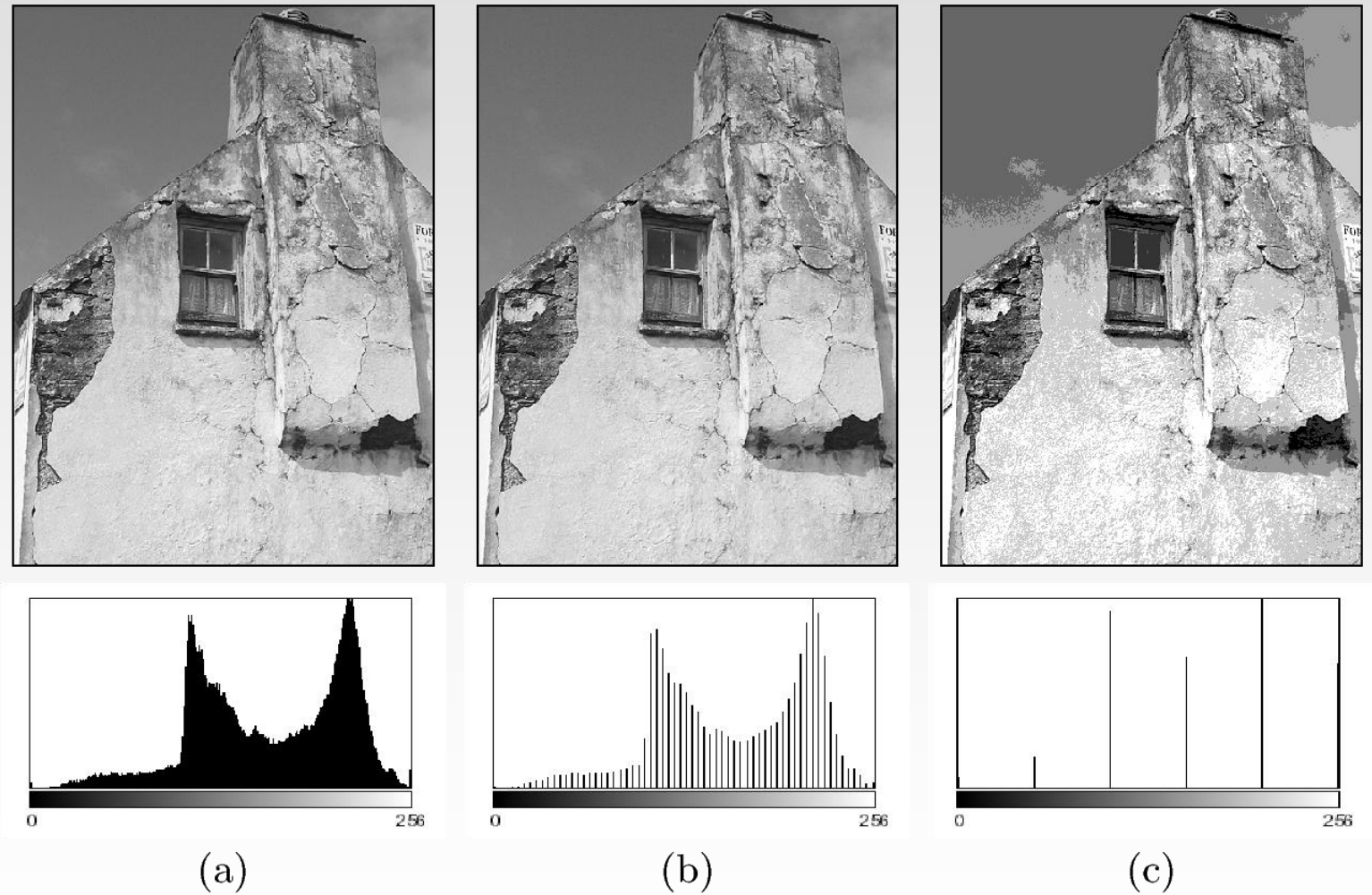


(a) (b) (c)

Histograma



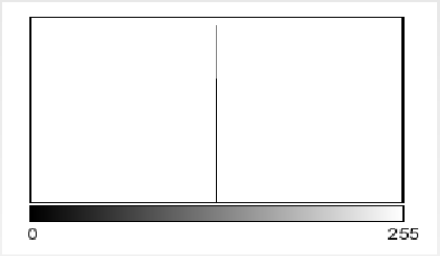
Histograma



Histograma

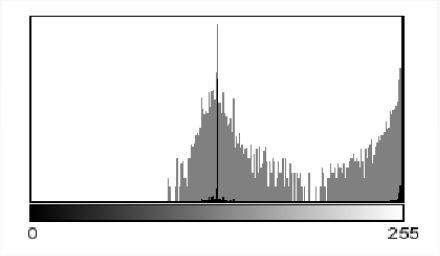
Histogramas distribuídos significam melhores imagens?

(a)



(b)

(c)



(d)

Histograma

Algoritmo:

```
1  public class Compute_Histogram implements PlugInFilter {
2
3      public int setup(String arg, ImagePlus img) {
4          return DOES_8G + NO_CHANGES;
5      }
6
7      public void run(ImageProcessor ip) {
8          int[] H = new int[256]; // histogram array
9          int w = ip.getWidth();
10         int h = ip.getHeight();
11
12         for (int v = 0; v < h; v++) {
13             for (int u = 0; u < w; u++) {
14                 int i = ip.getPixel(u,v);
15                 H[i] = H[i] + 1;
16             }
17         }
18         ... //histogram H[] can now be used
19     }
20
21 } // end of class Compute_Histogram
```

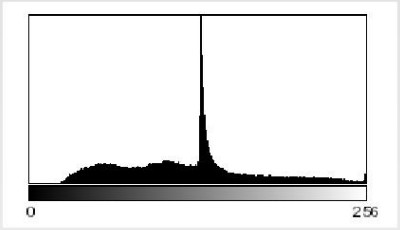
Histograma

Algoritmo de histograma de tamanho definido:

```
1   int[] binnedHistogram(ImageProcessor ip) {
2     int K = 256; // number of intensity values
3     int B = 32; // size of histogram, must be defined
4     int[] H = new int[B]; // histogram array
5     int w = ip.getWidth();
6     int h = ip.getHeight();
7
8     for (int v = 0; v < h; v++) {
9       for (int u = 0; u < w; u++) {
10        int a = ip.getPixel(u, v);
11        int i = a * B / K; // integer operations only!
12        H[i] = H[i] + 1;
13      }
14    }
15    // return binned histogram
16    return H;
17  }
```

Histograma de imagens coloridas

(a)

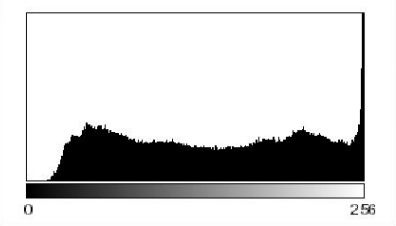


(b) h_{Lum}

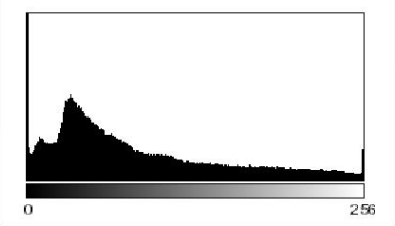
(c) R

(d) G

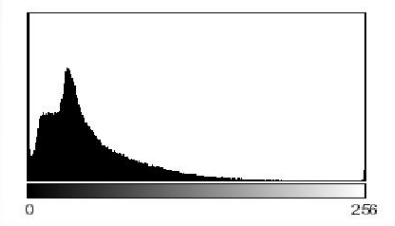
(e) B



(f) h_R

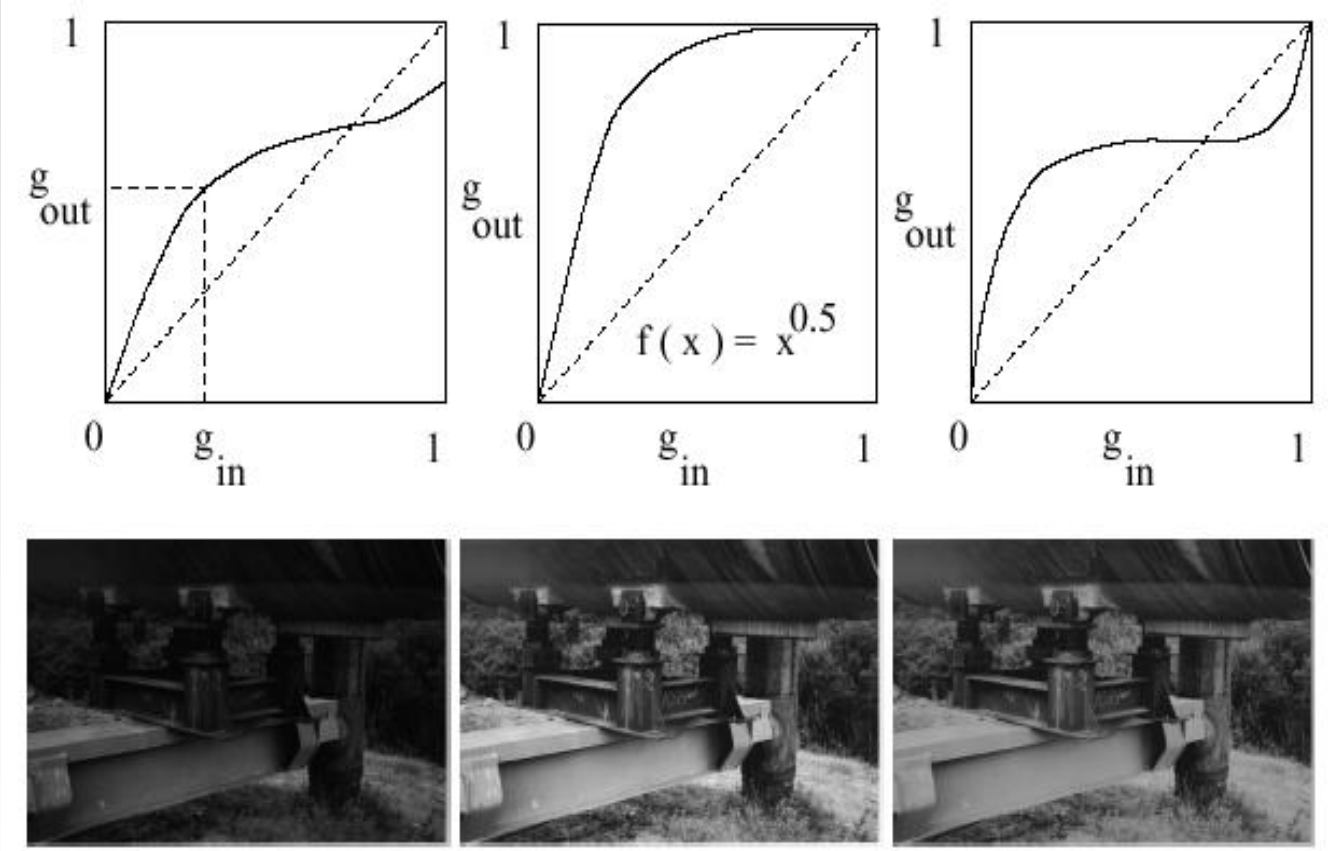


(g) h_G



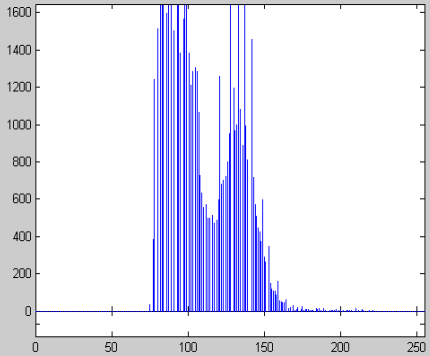
(h) h_B

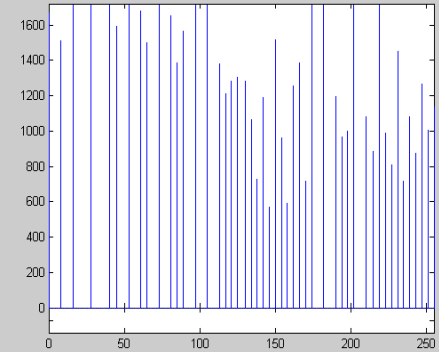
Transformação de níveis de cinza



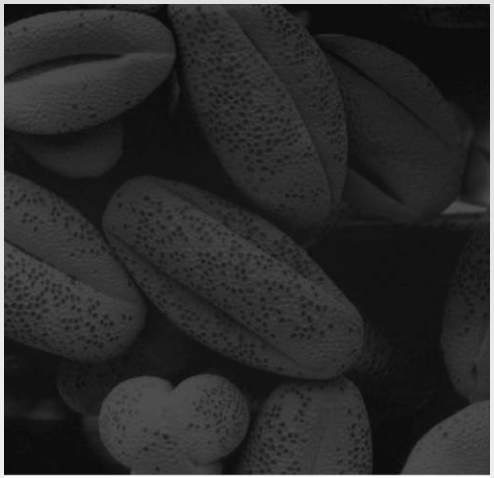
$$\longrightarrow \quad f(x) = O_{\min} + \frac{O_{\max} - O_{\min}}{\left(I_{\max} - I_{\min}\right)^{\gamma}} \left(x - I_{\min}\right)^{\gamma}$$

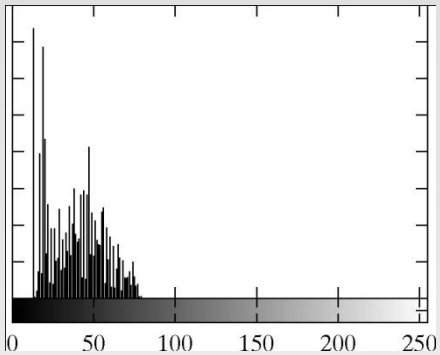
Equalização de histograma

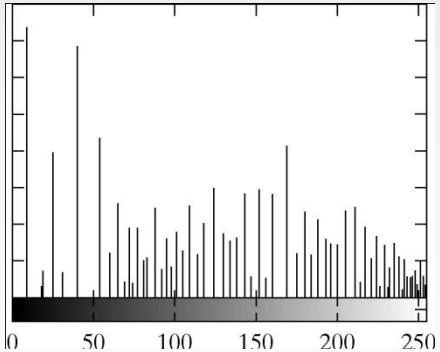




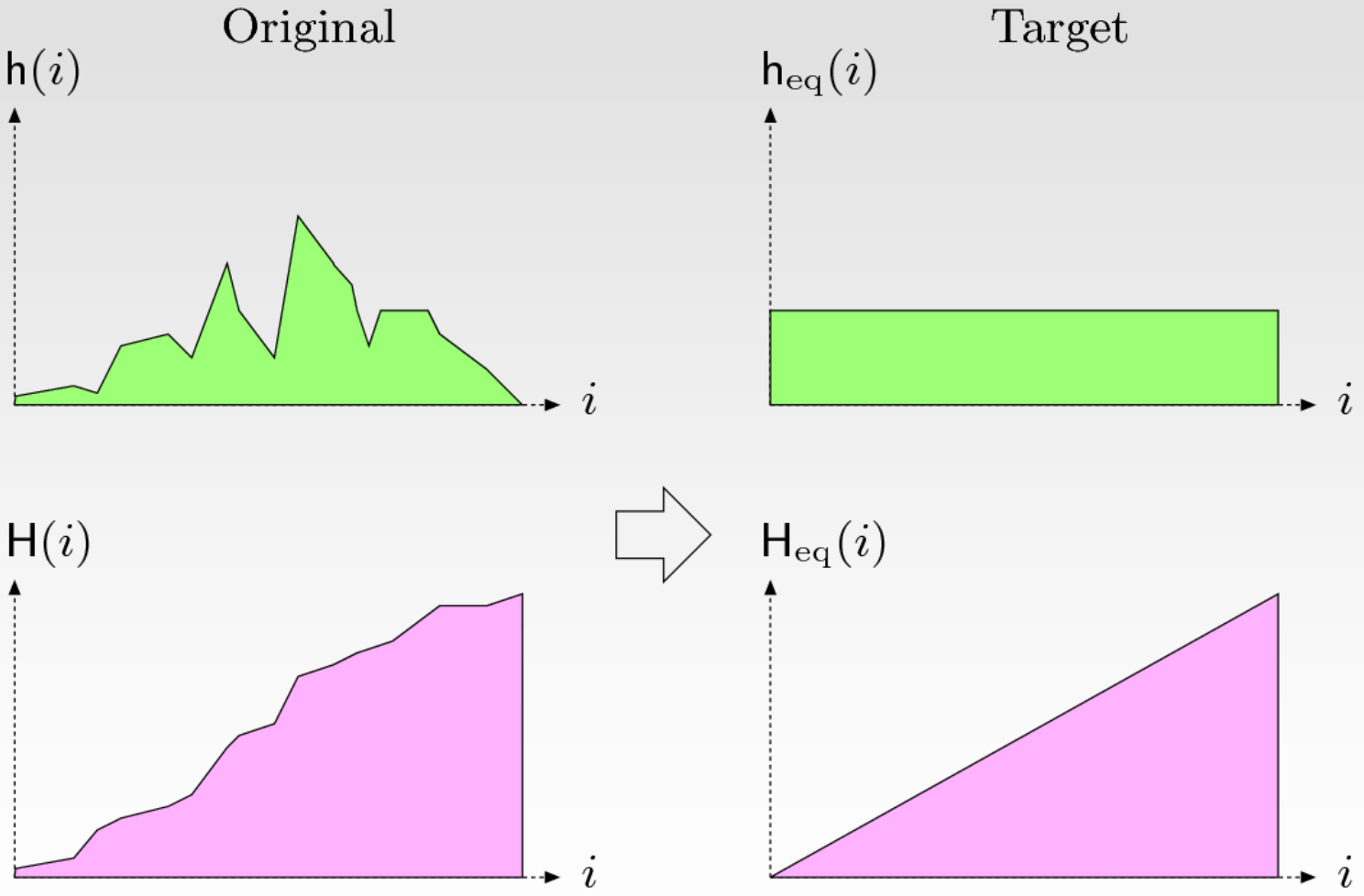
Equalização de histograma







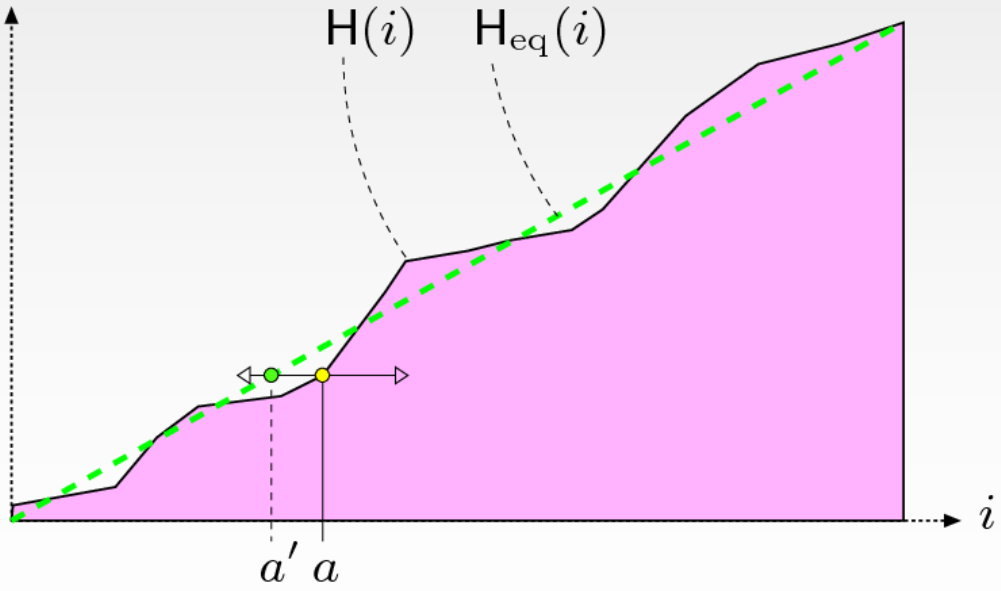
Equalização de histograma



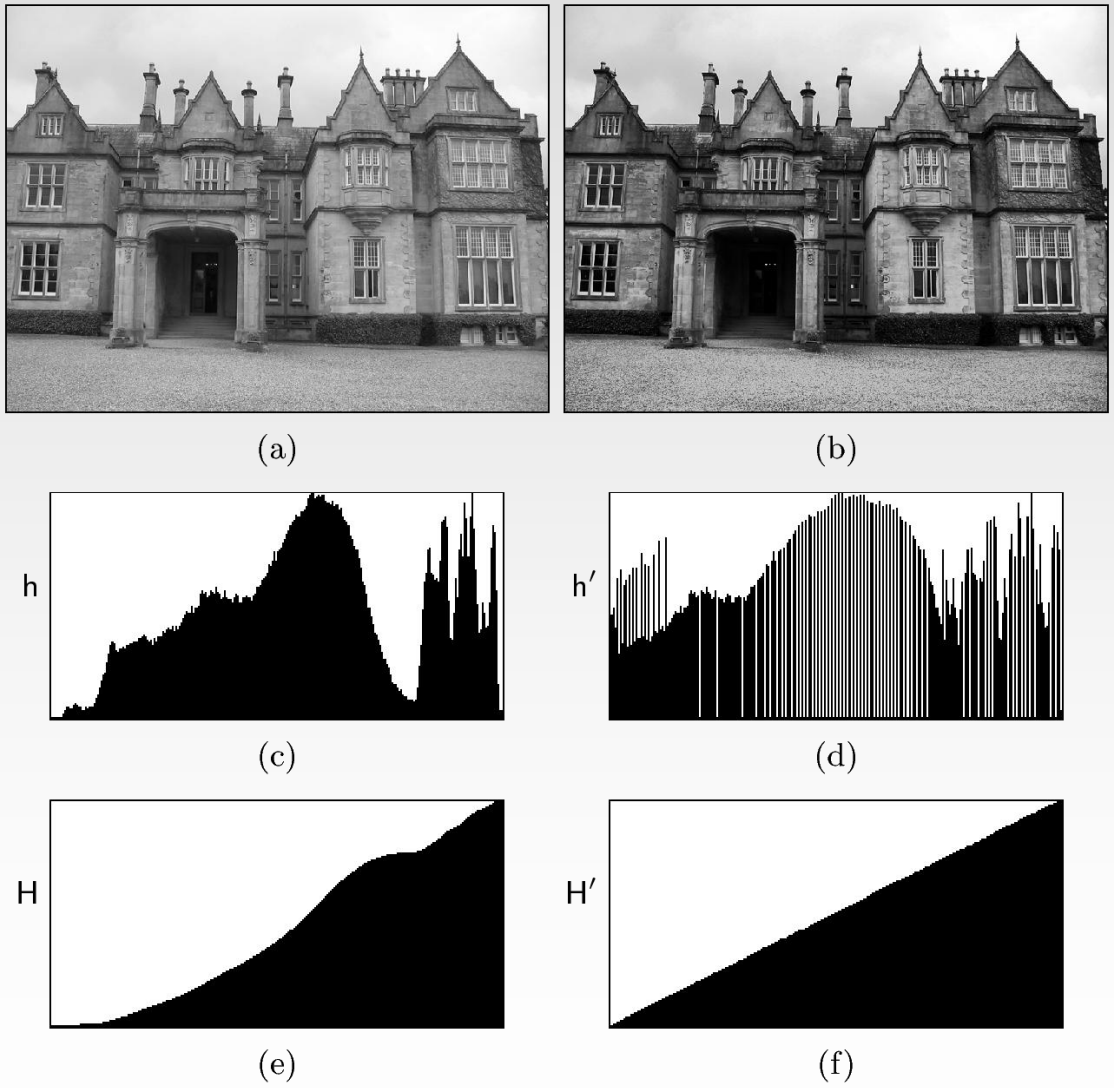
Equalização de histograma

Objetivo: encontrar uma funçào que equalize o histograma

$$f_{\mathrm{eq}}(a) = \left\lfloor \mathrm{H}(a) \cdot \frac{K-1}{MN} \right\rfloor$$



Equalização de histograma



Equalização de histograma

Assuma por um momento que níveis de intensidade são quantidades contínuas normalizadas para o escopo [0, 1],
- função de densidade de probabilidade (PDF)

$$\sum_i \mathrm{h}(i) = M \cdot N \qquad \mathrm{p}(i) = \frac{\mathrm{h}(i)}{MN} \qquad \sum_i \mathrm{p}(i) = 1$$

$$\mathrm{P}(i) = \frac{\mathrm{H}(i)}{\mathrm{H}(K-1)} = \frac{\mathrm{H}(i)}{MN} = \sum_{j=0}^{i} \frac{\mathrm{h}(j)}{MN}$$

$$= \sum_{j=0}^{i} \mathrm{p}(j) \quad \text{para} \quad 0 \le i < K$$

Desejado:

$$p_s(s) = \begin{cases} 1 & \text{for } 0 \le s \le 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Transformação:

$$s_k = T(r_k)$$

$$= \sum_{j=1}^{k} p_r(r_j)$$

$$= \sum_{j=1}^{k} \frac{n_j}{n}$$

para k = 1, 2, ..., L onde s_k é o valor de intensidade na imagem de saída (processada) que corresponde aos valores r_k na imagem de entrada

Equalização de histograma

Histograma cumulativo

```
1:  CDF(h)
        Returns the cumulative distribution function P(i) ∈ [0, 1] for a discrete histogram h(i), with i = 0, ... K−1.
2:      Let K ← Size(h)
3:      Let n ← Σ_{i=0}^{K−1} h(i)
4:      Create table P of size K
5:      Let c ← h(0)
6:      P(0) ← c/n
7:      for i ← 1 ... (K−1) do
8:          c ← c + h(i)                    ▷ cumulate histogram values
9:          P(i) ← c/n
10:     return P.
```

Equalização de histograma

```
1   public void run(ImageProcessor ip) {
2       int w = ip.getWidth();
3       int h = ip.getHeight();
4       int M = w * h;   // total number of image pixels
5       int K = 256;     // number of intensity values
6
7       // compute the cumulative histogram:
8       int[] H = ip.getHistogram();
9       for (int j = 1; j < H.length; j++) {
10          H[j] = H[j-1] + H[j];
11      }
12
13      // equalize the image:
14      for (int v = 0; v < h; v++) {
15          for (int u = 0; u < w; u++) {
16              int a = ip.get(u, v);
17              int b = H[a] * (K-1) / M;
18              ip.set(u, v, b);
19          }
20      }
21  }
```

Equalização de histograma

Histograma cumulativo

```
1   public void run(ImageProcessor ip) {
2       int w = ip.getWidth();
3       int h = ip.getHeight();
4       int M = w * h;   // total number of image pixels
5       int K = 256;     // number of intensity values
6
7       // compute the cumulative histogram:
8       int[] H = ip.getHistogram();
9       for (int j = 1; j < H.length; j++) {
10          H[j] = H[j-1] + H[j];
11      }
12
13      // equalize the image:
14      for (int v = 0; v < h; v++) {
15          for (int u = 0; u < w; u++) {
16              int a = ip.get(u, v);
17              int b = H[a] * (K-1) / M;
18              ip.set(u, v, b);
19          }
20      }
21  }
```

Equalização de histograma

x_i	n_i
0/7	790
1/7	1023
2/7	850
3/7	656
4/7	329
5/7	245
6/7	122
7/7	81

Histograma de imagem octal (3 bits de resolução): escopo 0...7

Tamanho: 64 x 64 = 4096 pixels

Equalização de histograma

x_i	n_i	$P_i=n_i/N$
0/7	790	0.19
1/7	1023	0.25
2/7	850	0.21
3/7	656	0.16
4/7	329	0.08
5/7	245	0.06
6/7	122	0.03
7/7	81	0.02

P_i = frequencia normalizada

Equalização de histograma

x_i	n_i	$P_i=n_i/N$	$y'=F_i$
0/7	790	0.19	0.19
1/7	1023	0.25	0.44
2/7	850	0.21	0.65
3/7	656	0.16	0.81
4/7	329	0.08	0.89
5/7	245	0.06	0.95
6/7	122	0.03	0.98
7/7	81	0.02	1.00

y_i = distribuição acumulada

Equalização de histograma

x_i	n_i	$P_i=n_i/N$	$y'=F_i$	y^1_j
0/7	790	0.19	0.19	1/7
1/7	1023	0.25	0.44	3/7
2/7	850	0.21	0.65	5/7
3/7	656	0.16	0.81	6/7
4/7	329	0.08	0.89	6/7
5/7	245	0.06	0.95	7/7
6/7	122	0.03	0.98	7/7
7/7	81	0.02	1.00	7/7

$y^1_i = y_i$ aproximado a x_i

Equalização de histograma

x_i	n_i	$P_i=n_i/N$	$y'=F_i$	y^1_j	P^1_j
0/7	790	0.19	0.19	1/7	0.19
1/7	1023	0.25	0.44	3/7	0.25
2/7	850	0.21	0.65	5/7	0.21
3/7	656	0.16	0.81	6/7	
4/7	329	0.08	0.89	6/7	0.24
5/7	245	0.06	0.95	7/7	
6/7	122	0.03	0.98	7/7	
7/7	81	0.02	1.00	7/7	0.11

Repetindo o processo...

Equalização de histograma

x_i	n_i	$P_i=n_i/N$	$y'=F_i$	y^1_j	P^1_j	F^1_j
0/7	790	0.19	0.19	1/7	0.19	0.19
1/7	1023	0.25	0.44	3/7	0.25	0.44
2/7	850	0.21	0.65	5/7	0.21	0.65
3/7	656	0.16	0.81	6/7		
4/7	329	0.08	0.89	6/7	0.24	0.89
5/7	245	0.06	0.95	7/7		
6/7	122	0.03	0.98	7/7		
7/7	81	0.02	1.00	7/7	0.11	1.00

Equalização de histograma

x_i	n_i	$P_i=n_i/N$	$y'=F_i$	y^1_j	P^1_j	F^1_j	y^2_j
0/7	790	0.19	0.19	1/7	0.19	0.19	0/7
1/7	1023	0.25	0.44	3/7	0.25	0.44	2/7
2/7	850	0.21	0.65	5/7	0.21	0.65	4/7
3/7	656	0.16	0.81	6/7			5/7
4/7	329	0.08	0.89	6/7	0.24	0.89	6/7
5/7	245	0.06	0.95	7/7			7/7
6/7	122	0.03	0.98	7/7			7/7
7/7	81	0.02	1.00	7/7	0.11	1.00	7/7

Equalização de histograma

x_i	n_i	$P_i=n_i/N$	$y'=F_i$	y^1_j	P^1_j	F^1_j	y^2_j	P^2_j
0/7	790	0.19	0.19	1/7	0.19	0.19	0/7	0.19
1/7	1023	0.25	0.44	3/7	0.25	0.44	2/7	0.25
2/7	850	0.21	0.65	5/7	0.21	0.65	4/7	0.21
3/7	656	0.16	0.81	6/7			5/7	0.16
4/7	329	0.08	0.89	6/7	0.24	0.89	6/7	0.08
5/7	245	0.06	0.95	7/7			7/7	
6/7	122	0.03	0.98	7/7			7/7	
7/7	81	0.02	1.00	7/7	0.11	1.00	7/7	0.11

Equalização de histograma

x_i	n_i	$P_i=n_i/N$	$y'=F_i$	y^1_j	P^1_j	F^1_j	y^2_j	P^2_j	F^2_j
0/7	790	0.19	0.19	1/7	0.19	0.19	0/7	0.19	0.19
1/7	1023	0.25	0.44	3/7	0.25	0.44	2/7	0.25	0.44
2/7	850	0.21	0.65	5/7	0.21	0.65	4/7	0.21	0.65
3/7	656	0.16	0.81	6/7			5/7	0.16	0.81
4/7	329	0.08	0.89	6/7	0.24	0.89	6/7	0.08	0.89
5/7	245	0.06	0.95	7/7			7/7		
6/7	122	0.03	0.98	7/7			7/7		
7/7	81	0.02	1.00	7/7	0.11	1.00	7/7	0.11	1.00