



# SEL 0449 - Processamento Digital de Imagens Médicas

## Aula 2 – Aquisição de Imagens Digitais

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

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

# Fundamentos de Imagens Digitais

Ocorre a formação de uma imagem quando um sensor de imagem registra a radiação que interagiu com objetos físicos.

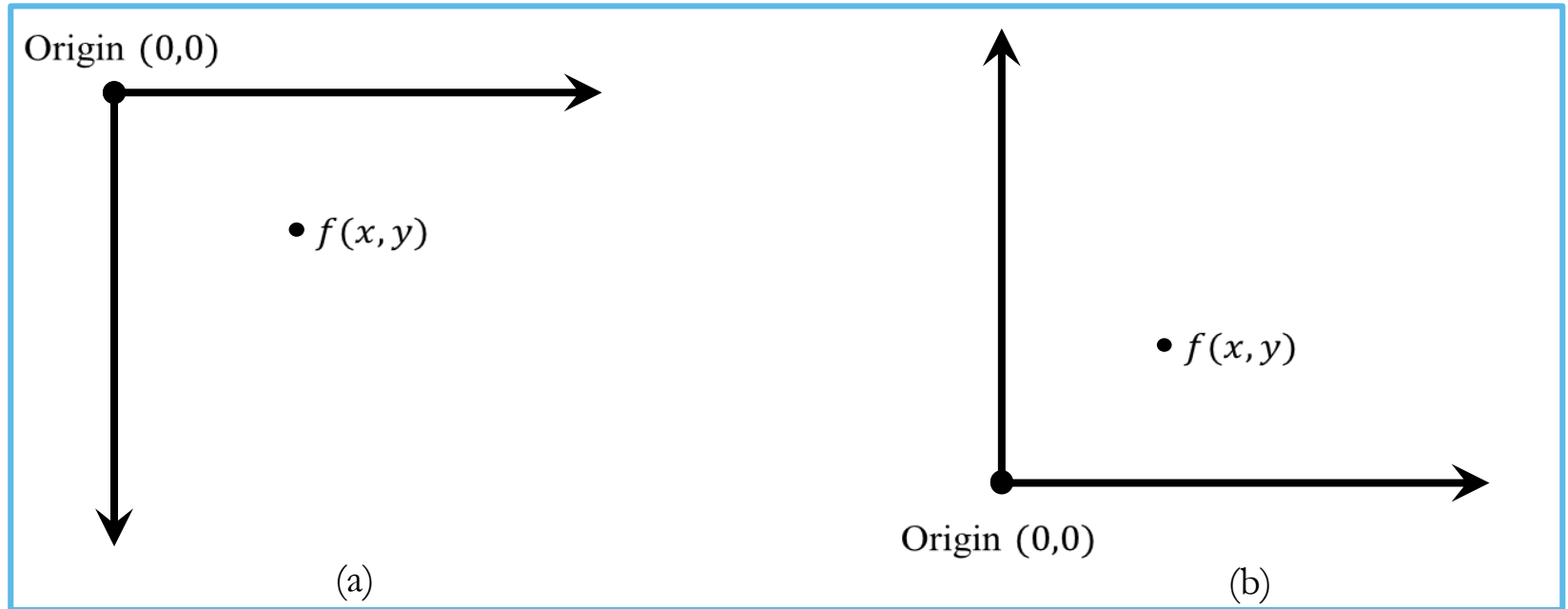
- Uma imagem monocromática é uma função bidimensional da intensidade da luz  $f(x,y)$ , na qual  $x$  e  $y$  denotam as coordenadas espaciais (largura x altura) e o valor de  $f$  em qualquer ponto corresponde ao brilho (nível de cinza) da imagem naquele ponto.

- A intensidade de luz pode ser modelada como:  $f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y)$

- $\mathbf{i}$  = iluminação do ambiente  $0 \leq i(x,y) \leq \infty$

- $\mathbf{r}$  = refletância dos objetos  $0 \leq r(x,y) \leq 1$

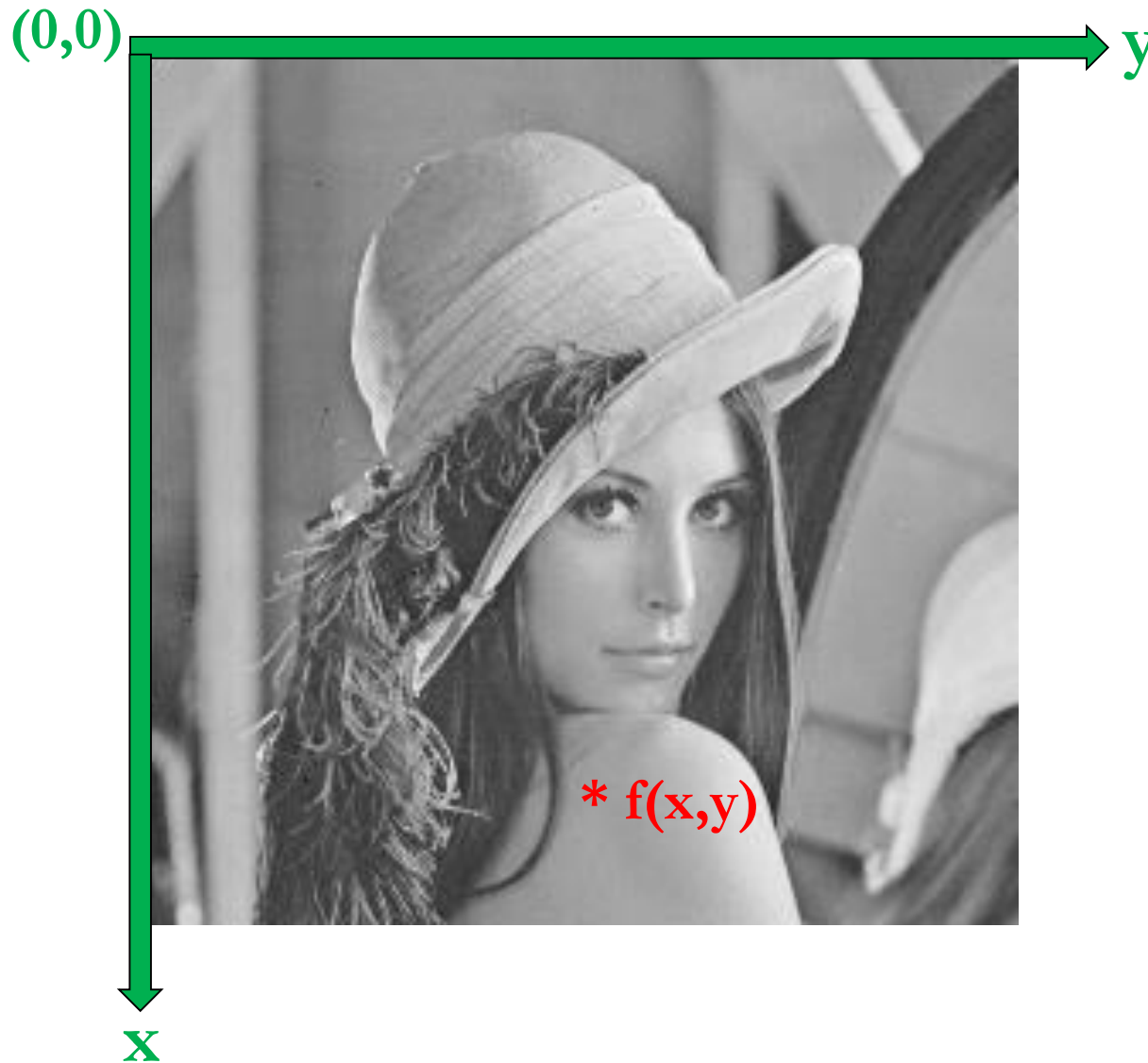
# Convenção utilizada para os eixos x e y.



a) Convenção utilizada em Processamento de Imagens e em Visão Computacional

b) Convenção utilizada em Computação Gráfica

# Fundamentos de Imagens Digitais



# Fundamentos de Imagens Digitais

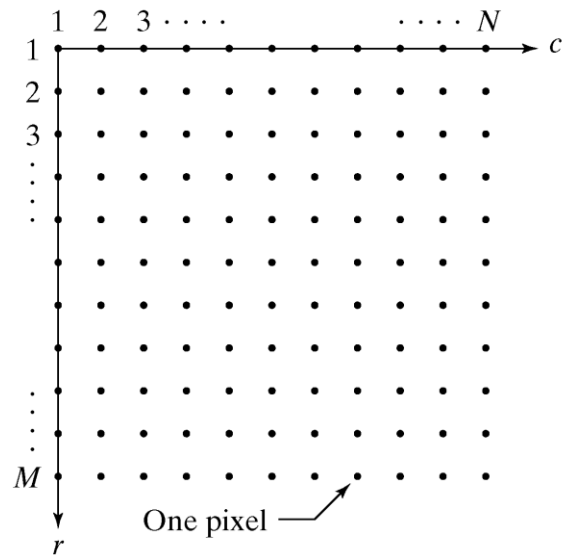
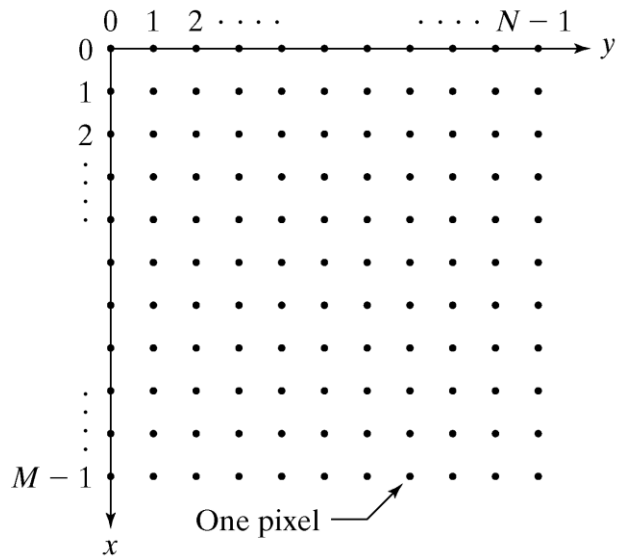
Uma Imagem Digital é uma imagem contínua amostrada em um arranjo matricial  $M \times N$ , sendo o valor de cada elemento da matriz o nível de cinza do pixel correspondente no plano de imagem.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \cdots & f(0, N-1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \cdots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1, 0) & f(M-1, 1) & \cdots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix}$$



a) Convenção utilizada em Processamento de Imagens

$$(0,0) \leq (x,y) \leq (M-1,N-1)$$

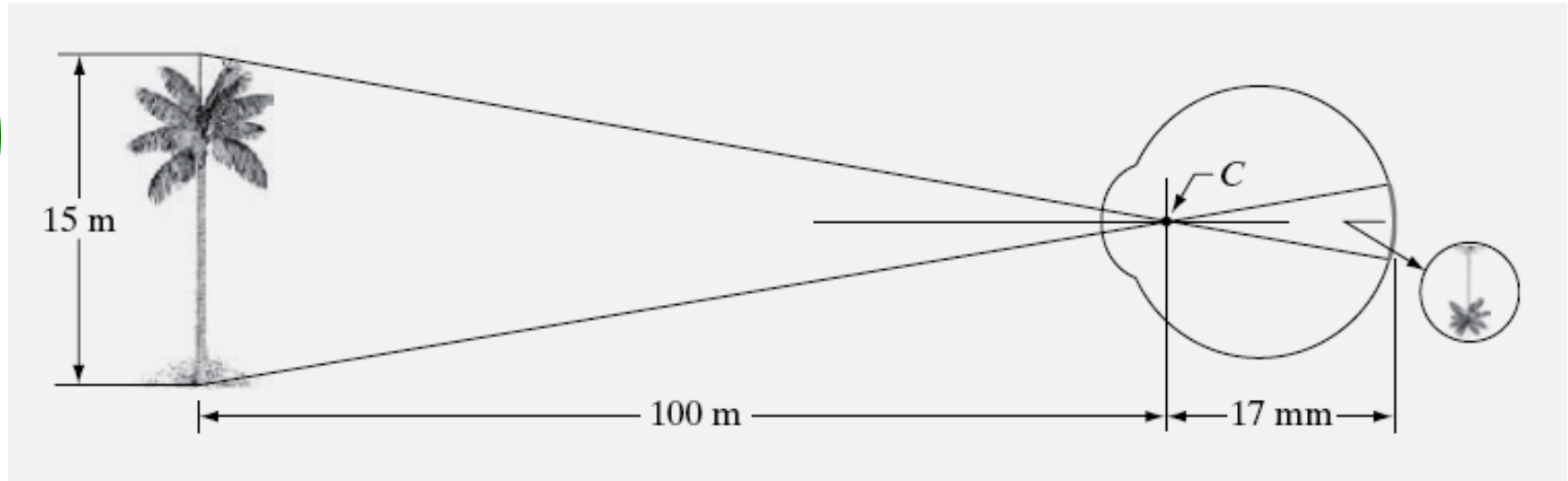


b)

b) Convenção utilizada pelo Toolbox de Processamento de Imagens do Matlab

$$(1,1) \leq (r,c) \leq (M,N)$$

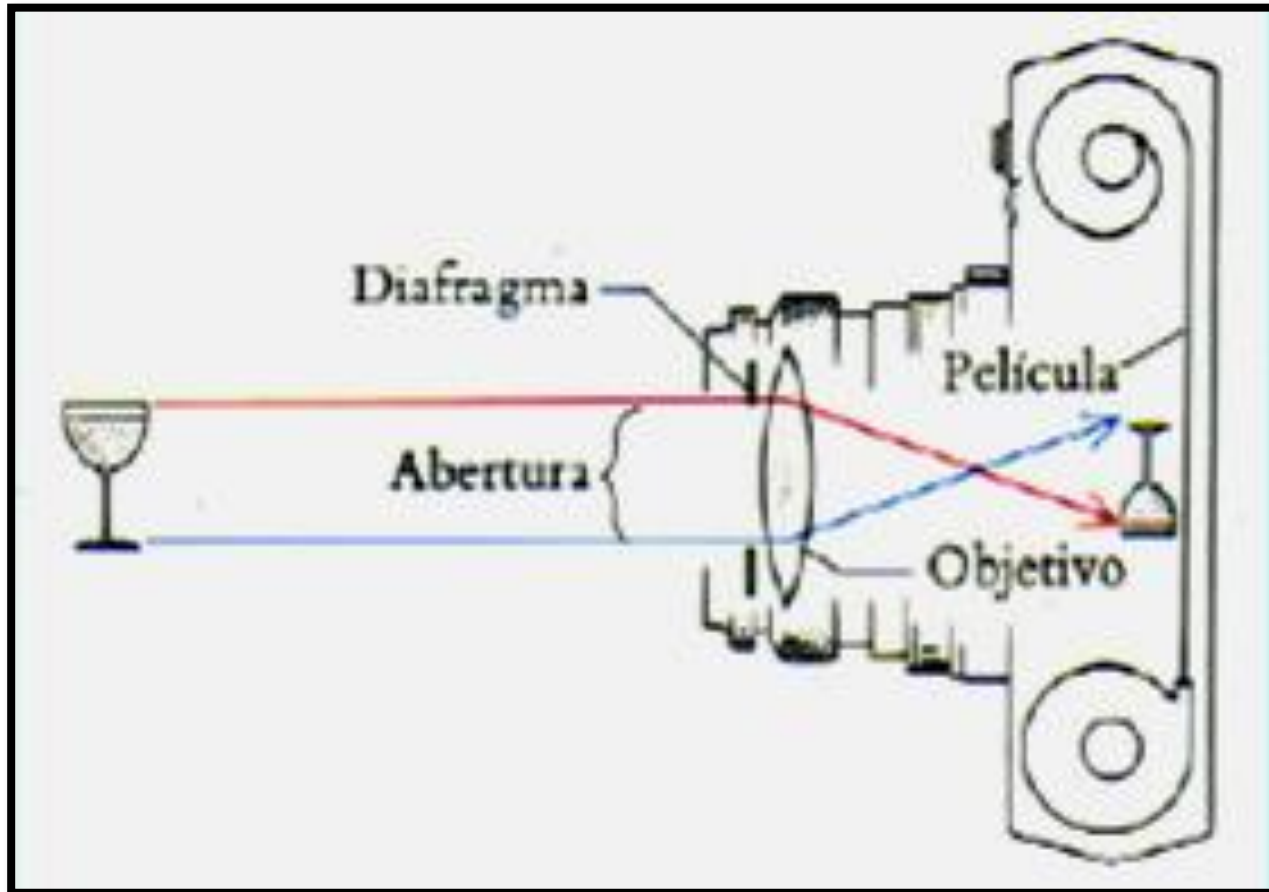
# Formação da imagem no olho humano



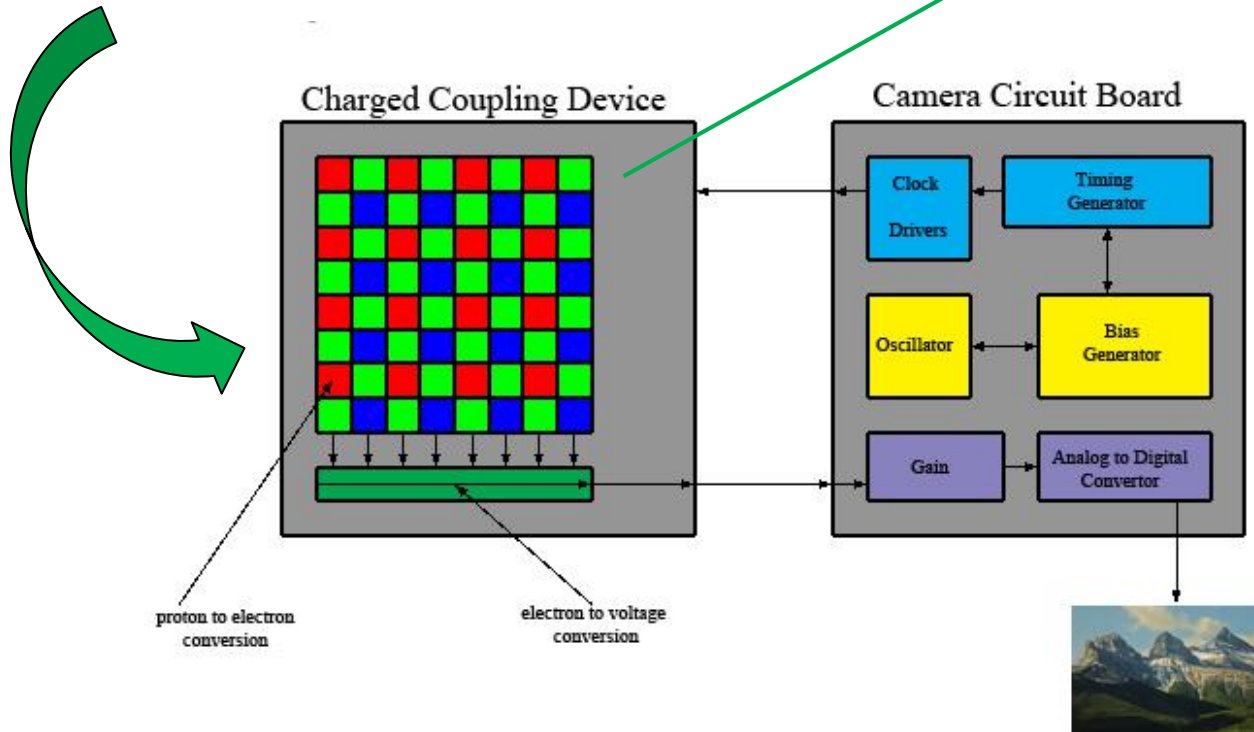
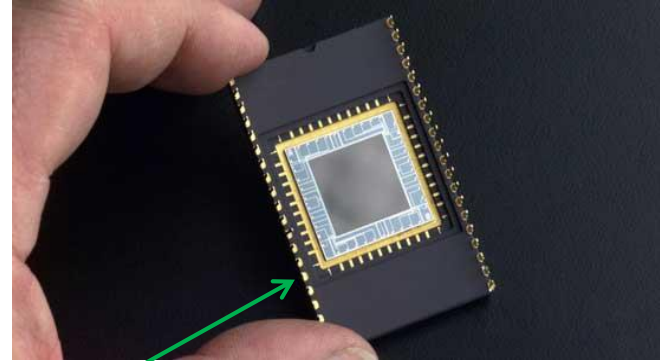
$$\frac{15}{100} = \frac{x}{17}$$



# Formação da imagem em uma máquina fotográfica



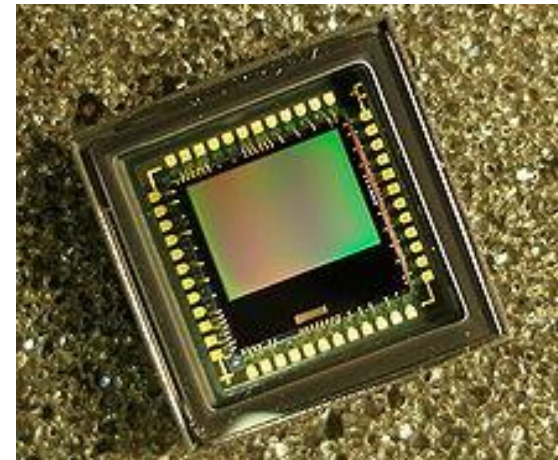
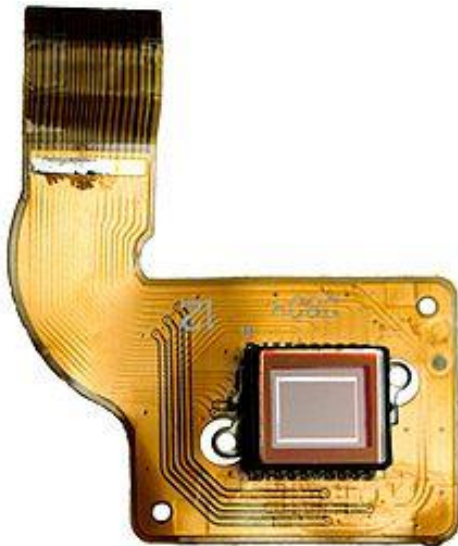
# Máquina Fotográfica Digital



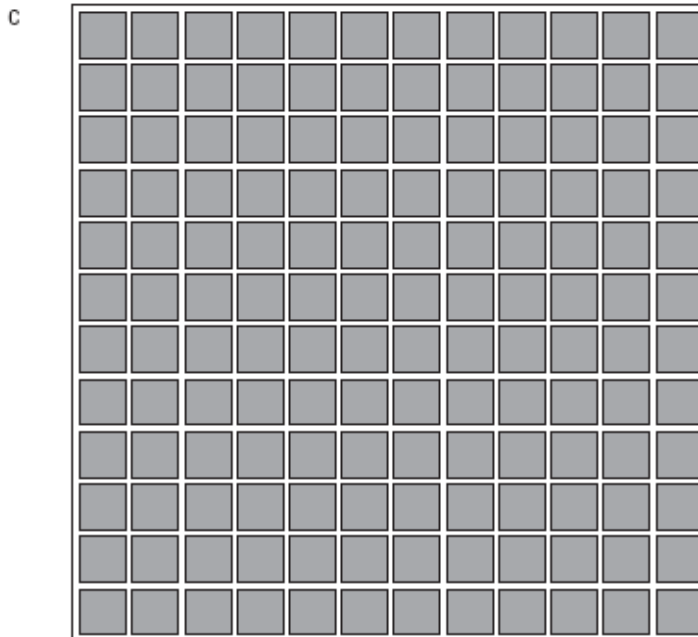
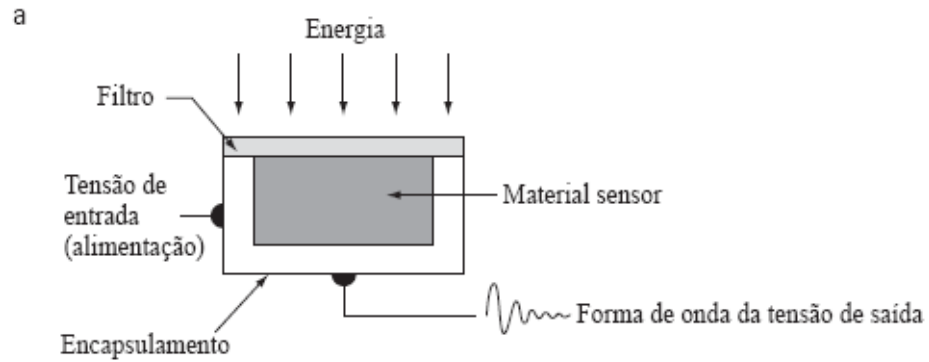
# Sensores de imagem

Nas máquinas digitais, no lugar do filme, as imagens são capturadas por uma matriz de sensores que detectam energia luminosa e transformam em tensão elétrica proporcional.

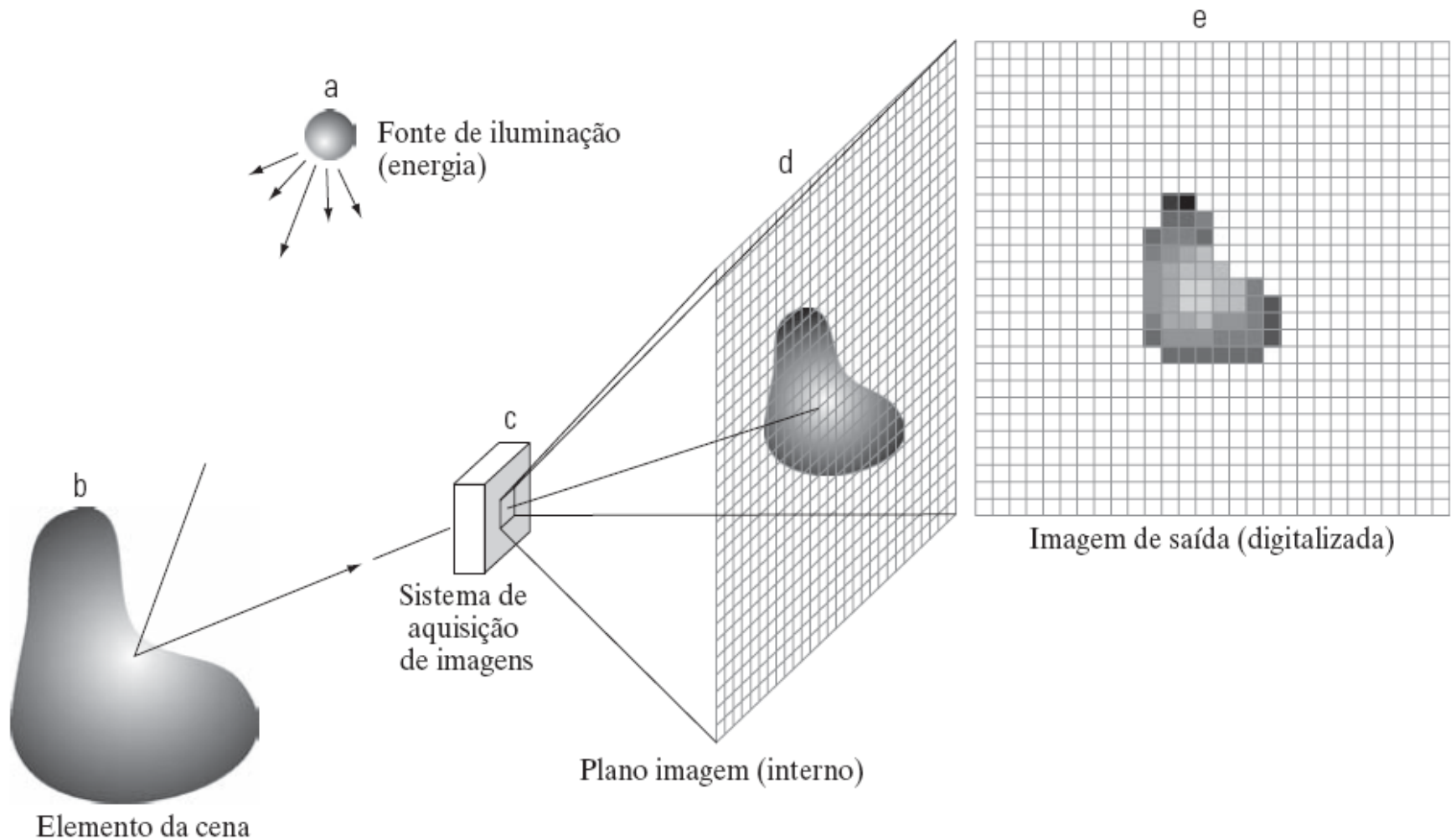
Normalmente são de tecnologia **CCD** (Charged Coupled Device) ou **CMOS** (Complementary Metal – Oxide – Semiconductor)



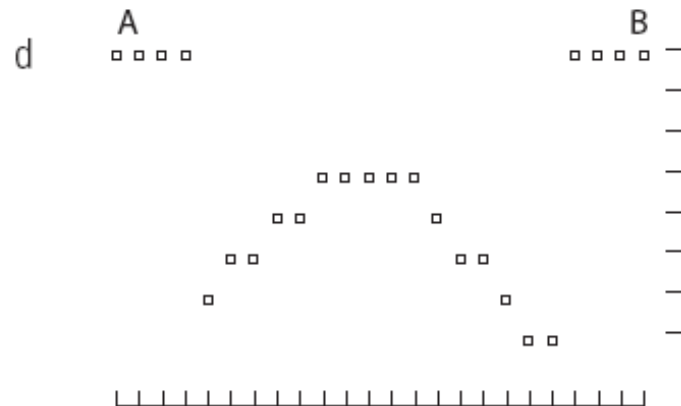
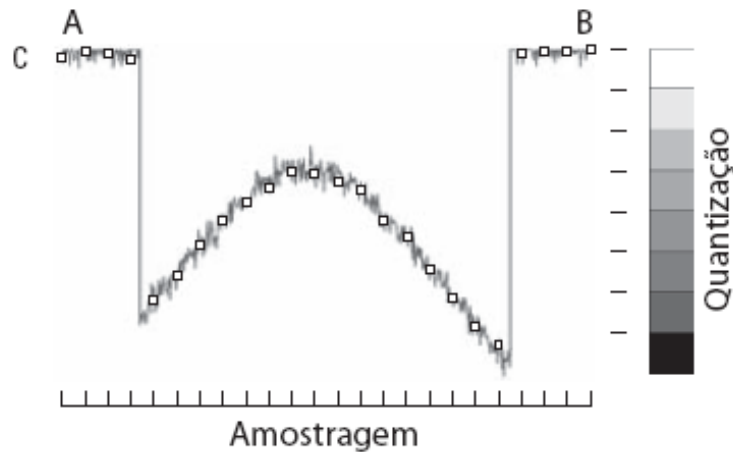
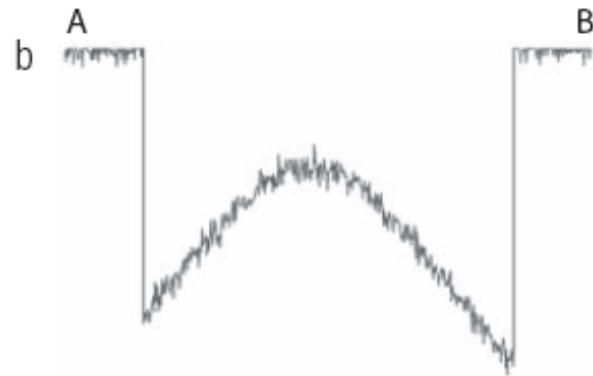
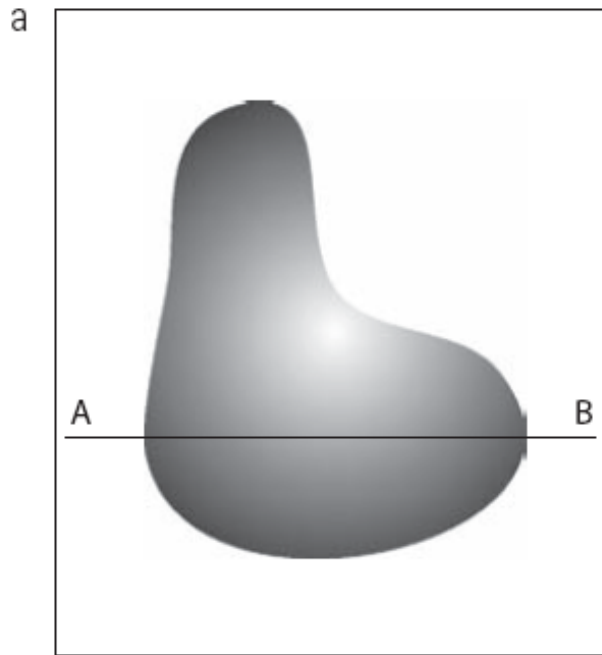
# Sensores de aquisição de imagem (CCD)



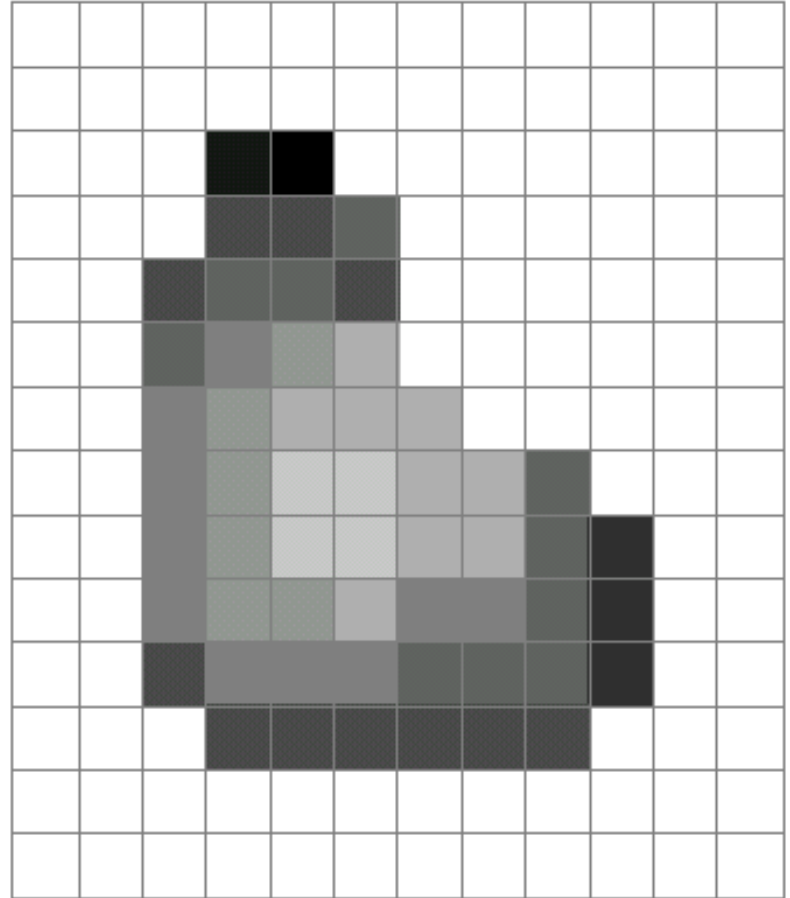
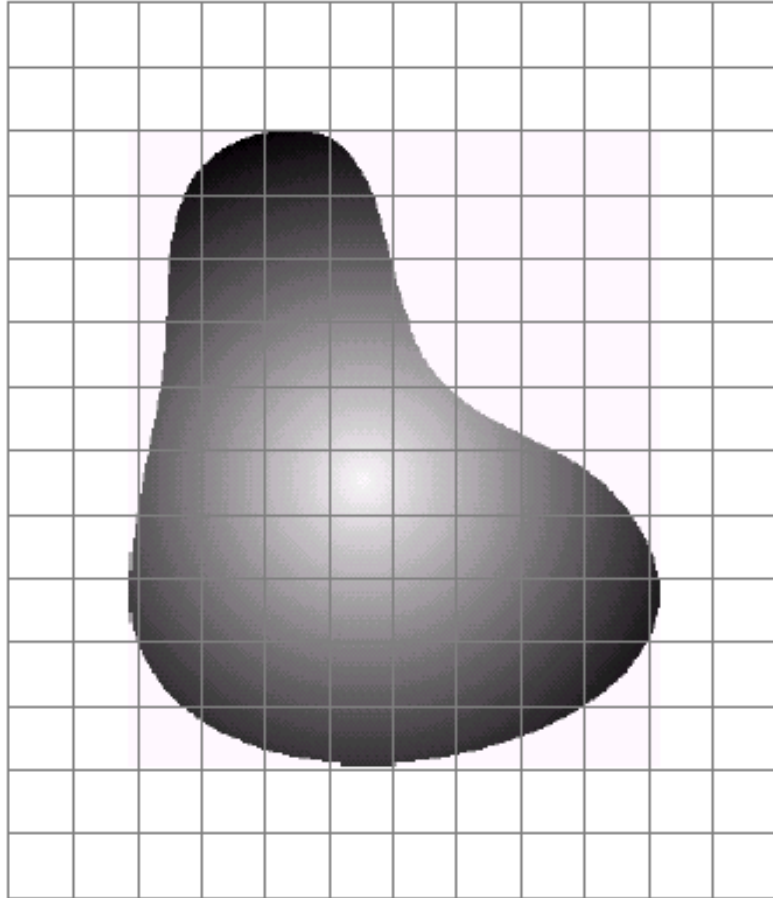
# Aquisição de imagem digital



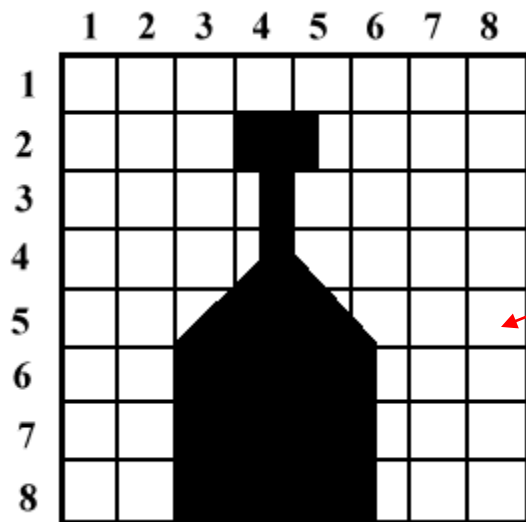
# Amostragem e Quantização



# Imagem Digital



# Imagem Digital



Imagem

Grade de amostragem

**Pixel**  
(**PI**cture **EL**ement)

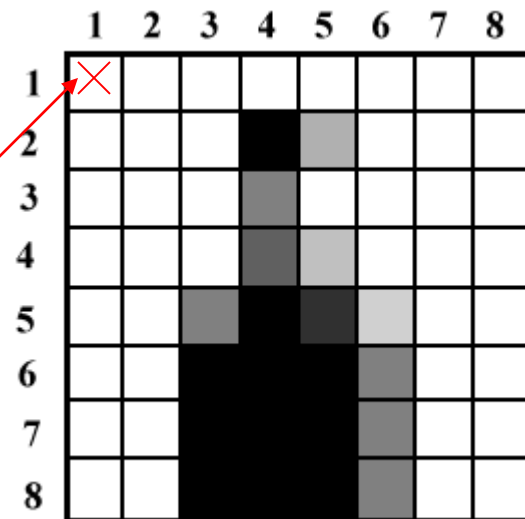


Imagem digitalizada

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	255	255	255	255	255	255	255	255
2	255	255	255	0	176	255	255	255
3	255	255	255	128	255	255	255	255
4	255	255	255	96	192	255	255	255
5	255	255	128	0	48	208	255	255
6	255	255	0	0	0	128	255	255
7	255	255	0	0	0	128	255	255
8	255	255	0	0	0	128	255	255

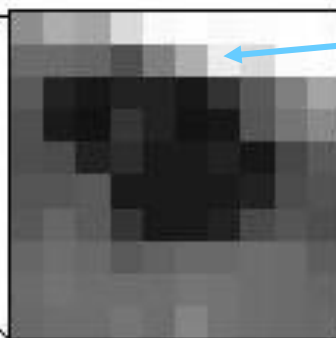
Matriz em 256 níveis de Cinza (8bits)  
0, 1,..... 255  
(Preto).....(Branco)



# Imagem Digital

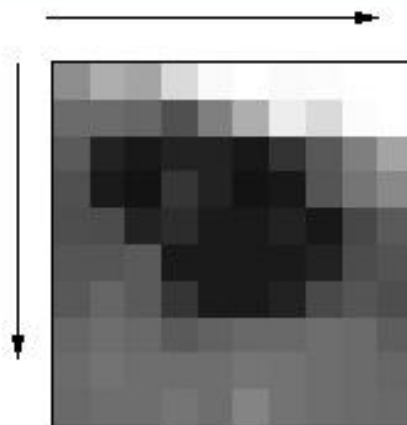


Imagem Digital



Pixel

Nível de cinza do pixel



142	174	164	218	250	255	250	252	255	255
107	107	102	80	127	174	237	218	252	255
90	34	24	34	34	24	51	88	127	164
80	26	19	53	34	19	24	85	117	137
78	76	34	44	26	26	34	24	71	90
85	85	90	26	26	26	26	34	76	83
88	102	90	53	26	26	34	73	85	78
102	110	105	90	98	105	105	110	107	93
107	115	110	110	110	117	115	110	107	102
105	110	110	117	110	132	115	110	107	105

Imagem é uma matriz bidimensional

# Imagem Digital

- Imagem Digital é uma função m-vetorial  $f(x,y)$  de valores discretos, sendo  $(x,y)$  um par de coordenadas inteiras e,

$$0 \leq f(x,y) \leq W$$

onde  $W = (2^n - 1)$  e  $n$  é o número de bits utilizado na quantização.

- O ponto  $(x,y)$  é conhecido como **Pixel** ( **P**icture **e**lement ) e o valor de  $f(x,y)$  é o nível de cinza (**graylevel**) do ponto  $(x,y)$ .  $W$  é o máximo valor da escala de cinza.
- Uma Imagem Digital é uma função contínua que é representada por amostras medidas em intervalos regulares.
- A intensidade luminosa é quantizada em números diferentes de níveis de cinza.

# Resolução da Escala de Cinza

- ❑ É definida pelo número de bits ( $n$ ) utilizado para codificar cada pixel da imagem.
- ❑ Se  $n = 8$ , cada pixel tem resolução de 256 níveis de cinza, ou seja, 8 bits/pixel.
- ❑ A escala de cinza é o intervalo de variação:  $0 \leq f(x,y) \leq W$ , sendo  $W = (2^n - 1)$
- ❑ Uma imagem com 2 níveis de cinza ( $n = 1$ ) é denominada de **Imagem Binária** e seus valores serão representados por (0 e 1).

# Imagem Digital

- Uma imagem  $f(x,y)$  é amostrada resultando em

**M linhas e N colunas.**

- Esta imagem tem tamanho: **M x N**
- Os valores das coordenadas  $(x,y)$  são discretos: valores inteiros e positivos
- Os valores dos níveis de cinza  $f(x,y)$  são discretos: valores reais e positivos

- **Amostragem** → Digitalização dos valores das coordenadas (posição)
- **Quantização** → Digitalização dos valores de intensidade de luz (brilho)

# Resolução espacial



a	b	c
d	e	f

**FIGURE 2.20** (a)  $1024 \times 1024$ , 8-bit image. (b)  $512 \times 512$  image resampled into  $1024 \times 1024$  pixels by row and column duplication. (c) through (f)  $256 \times 256$ ,  $128 \times 128$ ,  $64 \times 64$ , and  $32 \times 32$  images resampled into  $1024 \times 1024$  pixels.

# Resolução de níveis de cinza

256



128



64



32





# Resolução de níveis de cinza

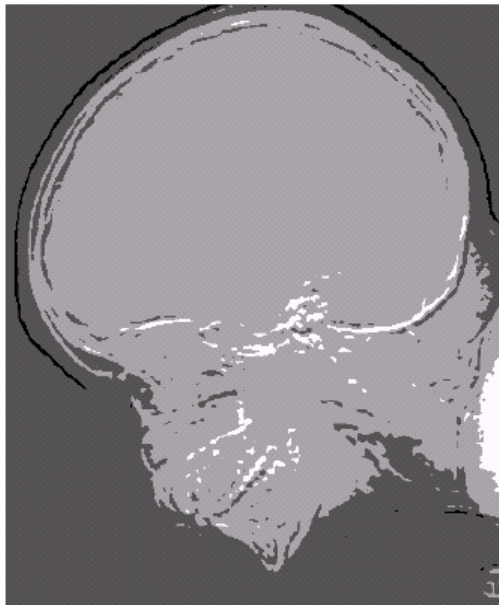
16



8



4

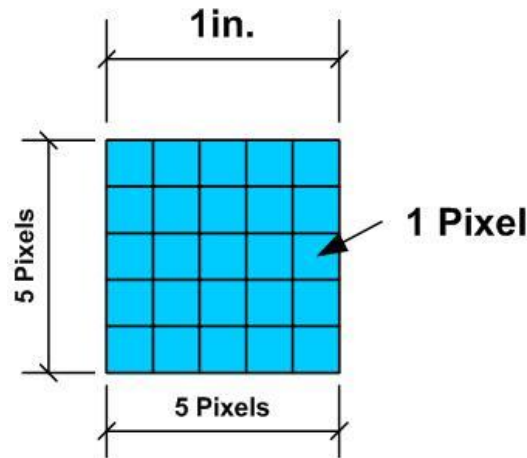


2 (Binária)

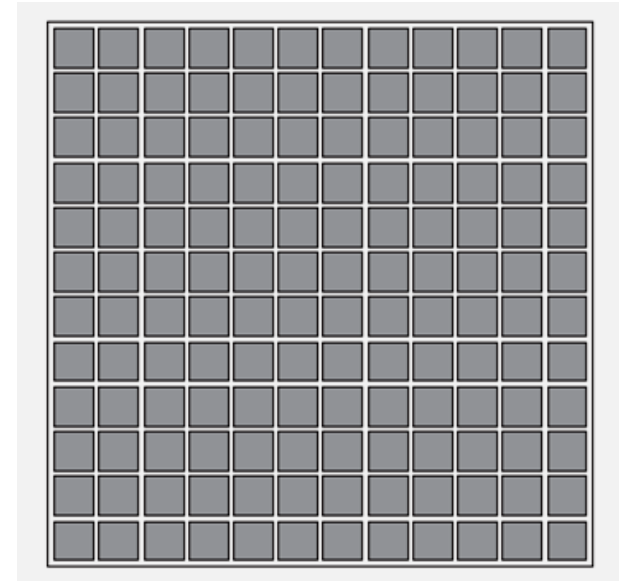


# Métricas para Resolução Espacial

- *Mega Pixel* → *Mq fotográfica*
- *Dot Pitch* → *Monitores*
- *Dots per Inch (DPI)* → *sensores*
- *Pixel Size* → *sensores e monitores*



Resolution =  
5 DPI (dots per inch)





# Resolução em Níveis de Cinza

---

- *$n^\circ$  de bits*
- *$n^\circ$  de tons de cinza*
- *$n^\circ$  de cores*



# Para Imagens Médicas

---

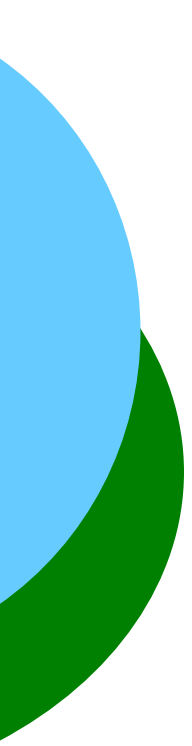
## ○ Resolução Espacial

- Sensores da ordem de 0,05mm
- Monitores com *dot pitch* da ordem de 0,15mm

## ○ Resolução de níveis de cinza

- Sensores CCD da ordem de 16 bits (65536 níveis de cinza)
- Monitores com 10 bits (1024 tons de cinza)





FIM