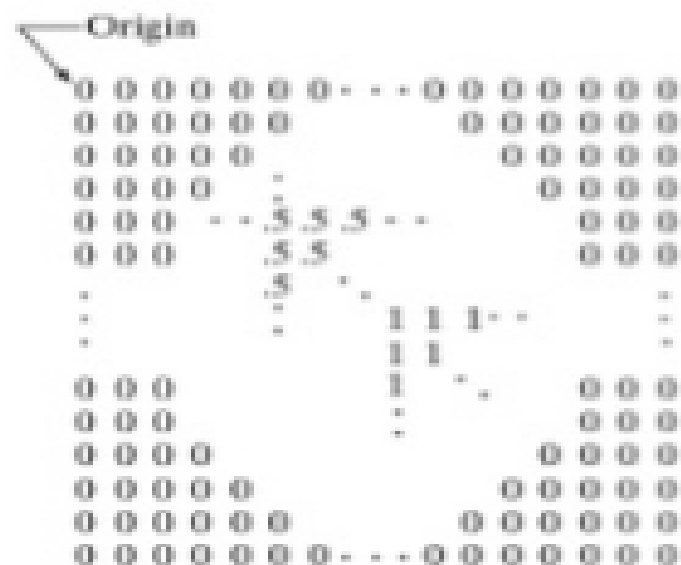
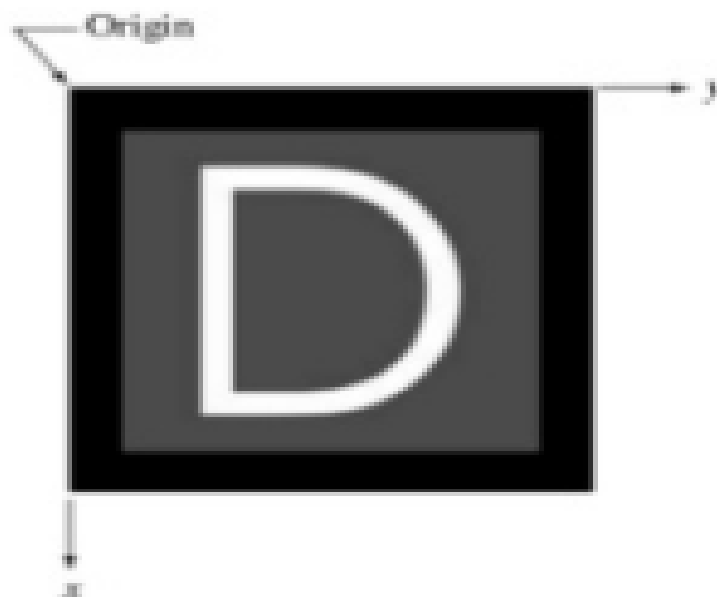
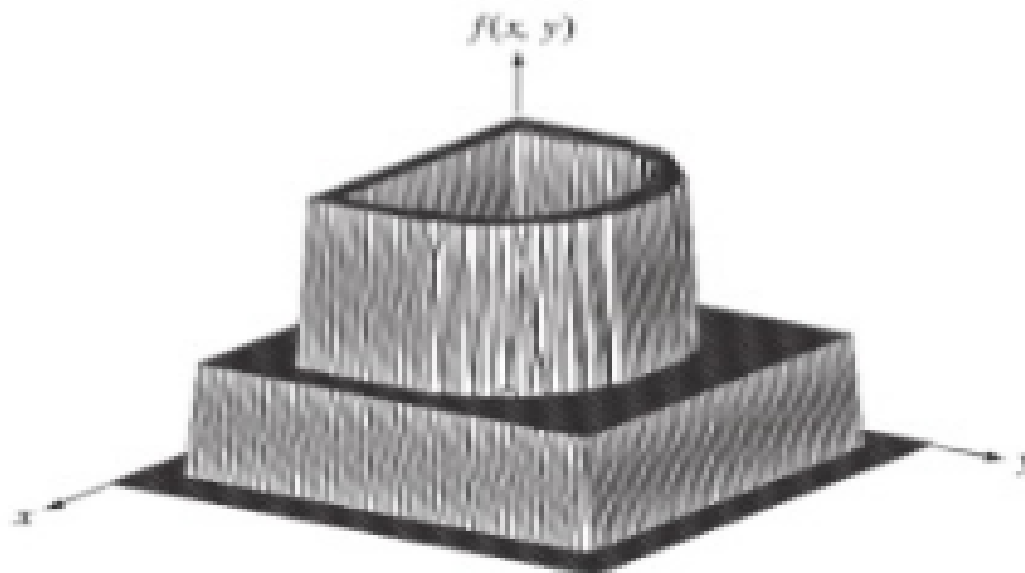


Capítulo 2: Fundamentos (parte 1)



Def.: Imagem – descrita, matematicamente, por uma função $f(x,y)$ da intensidade luminosa, sendo seu valor em qualquer ponto de coordenadas espaciais (x,y) , proporcional ao brilho (ou nível de cinza) da imagem naquele ponto.

$$0 < f(x,y) < \infty$$

(0,0)



y

$$f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y)$$

(intensidade ou nível de cinza)

x

Imagem monocromática - convenção usada para o par de eixos (x,y) .

$$f(x, y) = i(x, y) \cdot r(x, y)$$

$i(x,y)$: iluminância - exprime a quantidade de luz que incide sobre o objeto;

$$I_1 < i(x,y) < I_2 \quad (\text{candela / m}^2) \text{ ou } (\text{lúmen / m}^2)$$

$r(x,y)$: refletância (ou de transmitância próprias do objeto) - valor que exprime a fração de luz incidente que o objeto vai transmitir ou refletir ao ponto (x,y) .

$$0 < r(x,y) < 1$$

L : nível de cinza (ou tom de cinza): intensidade de uma imagem monocromática f nas coordenadas (x,y) ;

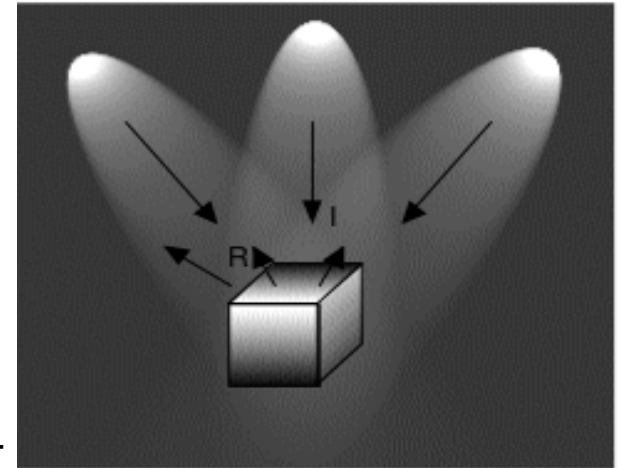
$$L_{\min} < L < L_{\max} \quad (\text{valores positivos e finitos})$$

$[L_{\min}, L_{\max}]$: escala de cinza

Obs.1: É comum deslocar este intervalo para o intervalo dos inteiros $[0, W)$, onde:

$L = 0$ significa pixel preto e $L = W - 1$ representa pixel branco.

Normalmente, W é uma potência inteira positiva de 2.



P. Se a imagem possuir informações em intervalos ou bandas distintas de frequência (por exemplo, o padrão RGB)?

R. torna-se necessário construir uma função $f(x,y)$ para cada banda.

Obs. 2: Para que uma imagem seja processada por alguma técnica, é fundamental representar sua informação num formato adequado ao tratamento computacional, por exemplo, uma **matriz** de números inteiros não-negativos, cujos valores referenciam o brilho médio amostrado no ponto correspondente da cena.

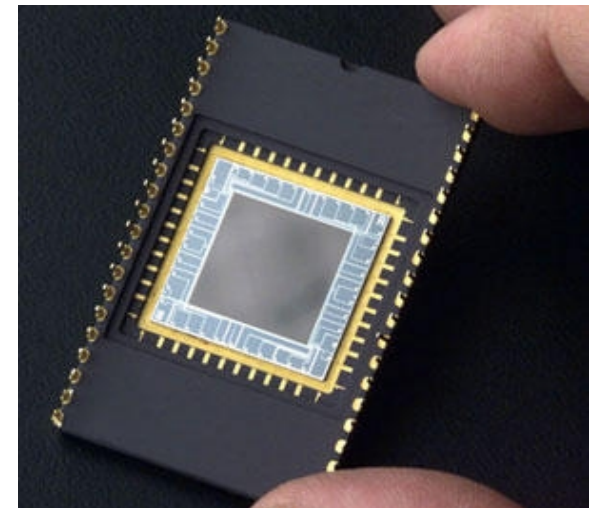
Obs. 3: Para converter uma cena real em uma imagem digitalizada, duas etapas são imprescindíveis: **aquisição da imagem e sua digitalização.**

*** Aquisição:** processo de conversão de uma cena real tridimensional em uma imagem analógica, ou seja, delimitaremos esta etapa ao processo de transdução optoeletrônica.

Tipo: binária, monocromática, colorida, RGB, color-NIR.

Redução de Dimensionalidade: 1º passo na conversão de uma cena real 3-D em uma imagem eletrônica 2-D (câmera fotográfica, câmera de vídeo, etc.)

CCD: Charge Coupled Device



Full-Frame CCD Architecture

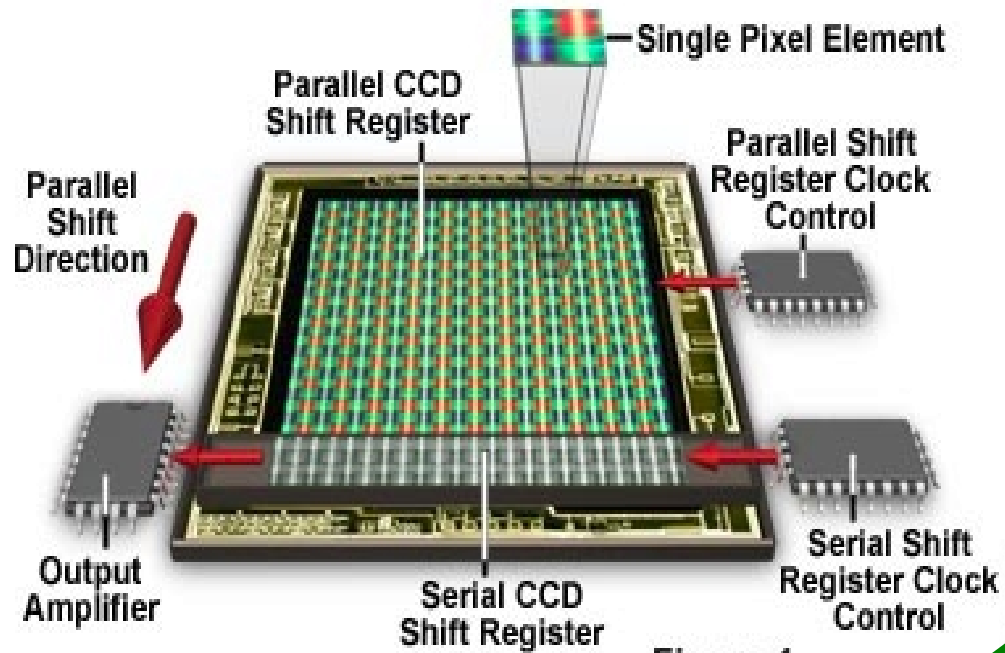
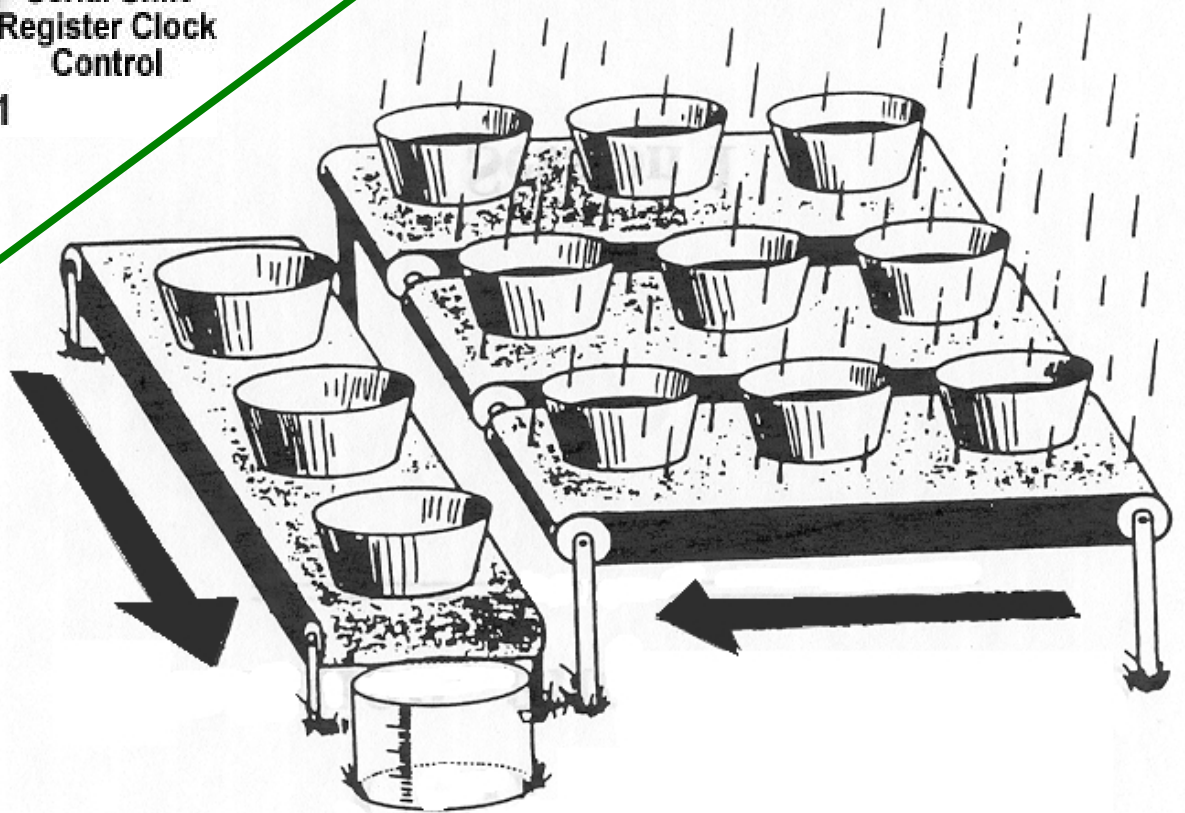
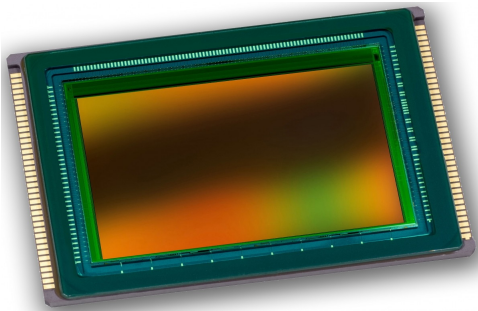


Figure 1

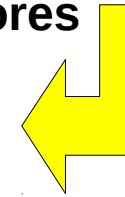




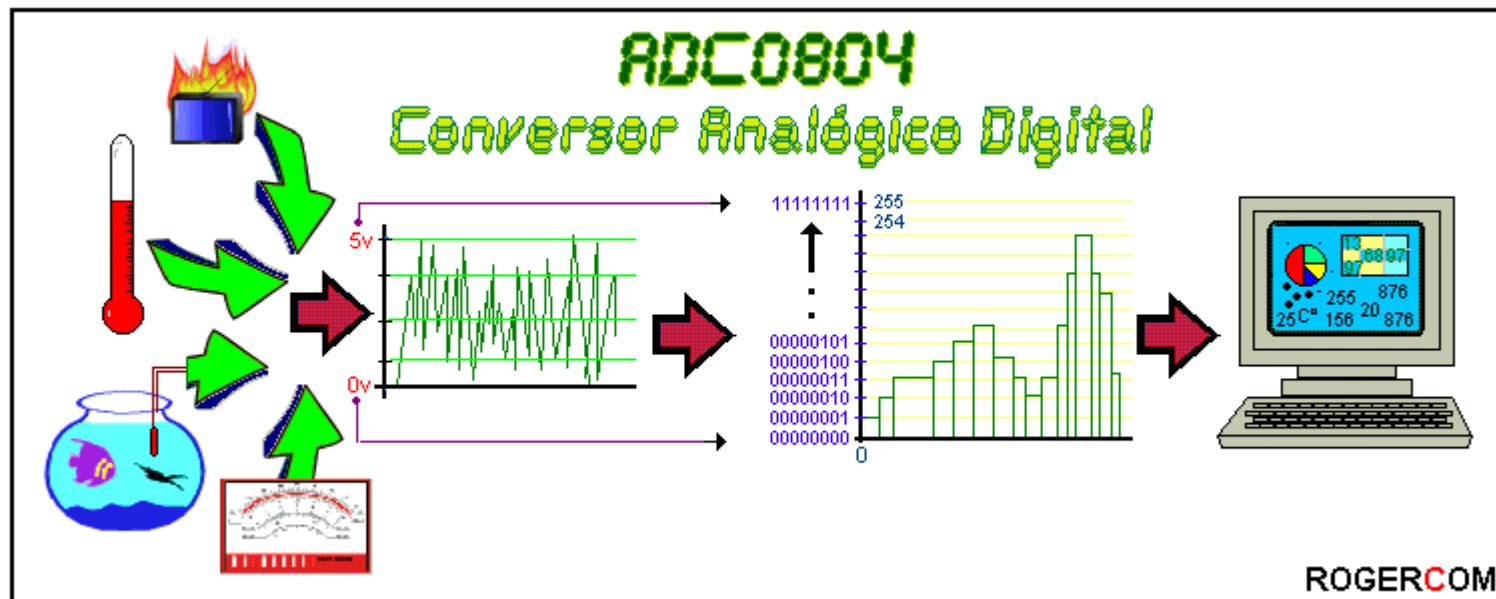
Sensores: fornecem sinais do tipo vídeo-analógico, correspondente à amostragem sequencial da imagem.

PDI: cálculo numérico em computadores

Sinal Analógico: precisa ser discretizado.



* A amostragem da imagem contida no sinal analógico-vídeo é obtida por transformação via um conversor analógico-digital.



* A discretização correta de um sinal e a minimização do erro: **Teorema de Shannon:**

“para amostrar sem perda de informação um sinal cujo espectro é limitado, é preciso amostrar este sinal em uma frequência pelo menos igual ao dobro da maior frequência que o sinal contém”.

Na prática: a condição de Shannon não é satisfeita (ruídos).

Imagem Digital: $f(x,y)$ [contínua] \longrightarrow $F(x,y)$ [discreta]

Definição: $F(x,y)$

$$\begin{aligned} D_1 \times D_2 &\longrightarrow I = \{0,1,\dots,M\} \\ x \in D_1 &= \{0,1,\dots,N_1\} \\ y \in D_2 &= \{0,1,\dots,N_2\} \longrightarrow F(x,y) \end{aligned}$$

se

$$d_1 < f(x,y) < d_{i+1} \longrightarrow F(x,y) = r_i \text{ (tom de cinza ou nível de cinza)}$$

Representação por Tabela: $N_1 \times N_2$ (elementos = pixels = qualidade da imagem)

Q = níveis de cinza

Ex.: $N_1 = 2^p$, $N_2 = 2^q$ e $Q = 2^k$ (imagem digital: matriz com $2^p \times 2^q$)

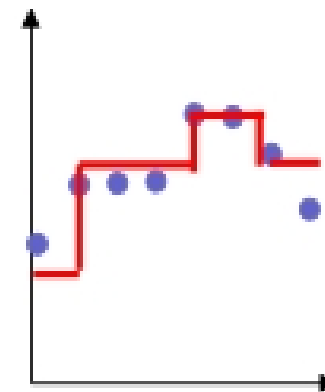
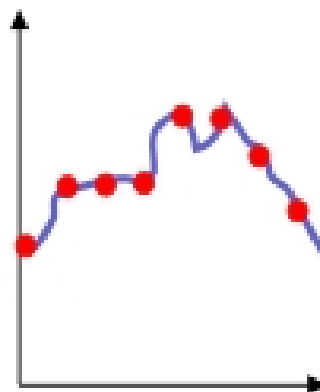
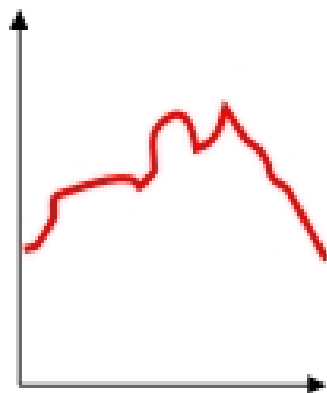
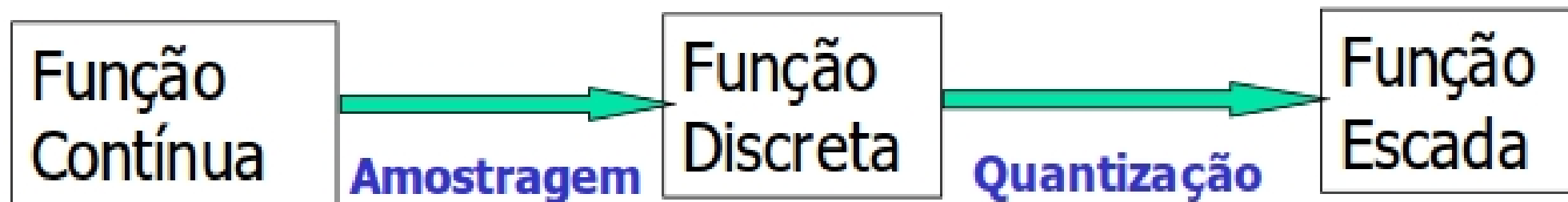
$b = N_1 \times N_2 \times k$ (número de bits necessários para armazenar uma imagem)

Qualidade de TV P&B: amostrar com 512×512 e codificar com 128 níveis de cinza.

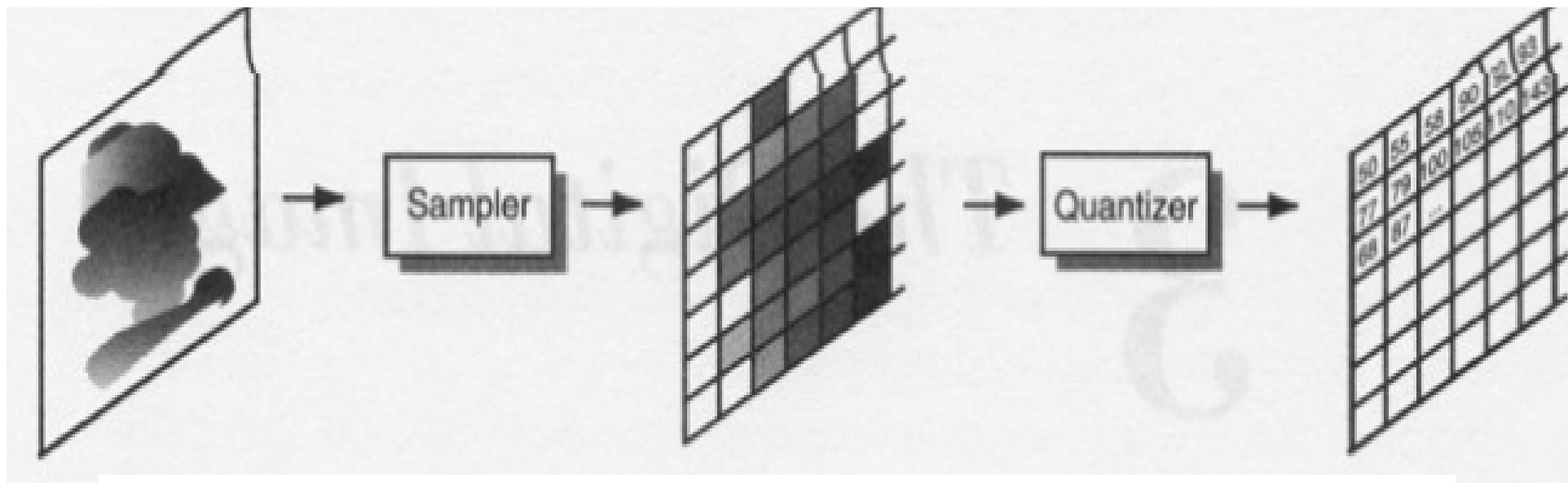
*** Digitalização:** Na saída do dispositivo de aquisição, o sinal analógico de vídeo deve ser submetido a uma discretização espacial e em amplitude para tomar o formato desejável ao processamento computacional.

Amostragem: o processo de discretização espacial
(digitalização dos valores da coordenada);

Quantização: o processo de discretização em amplitude.
(digitalização dos valores de amplitude)



Basicamente, a amostragem converte a imagem analógica em uma matriz de M por N pontos, cada qual denominado pixel (ou elemento de imagem):

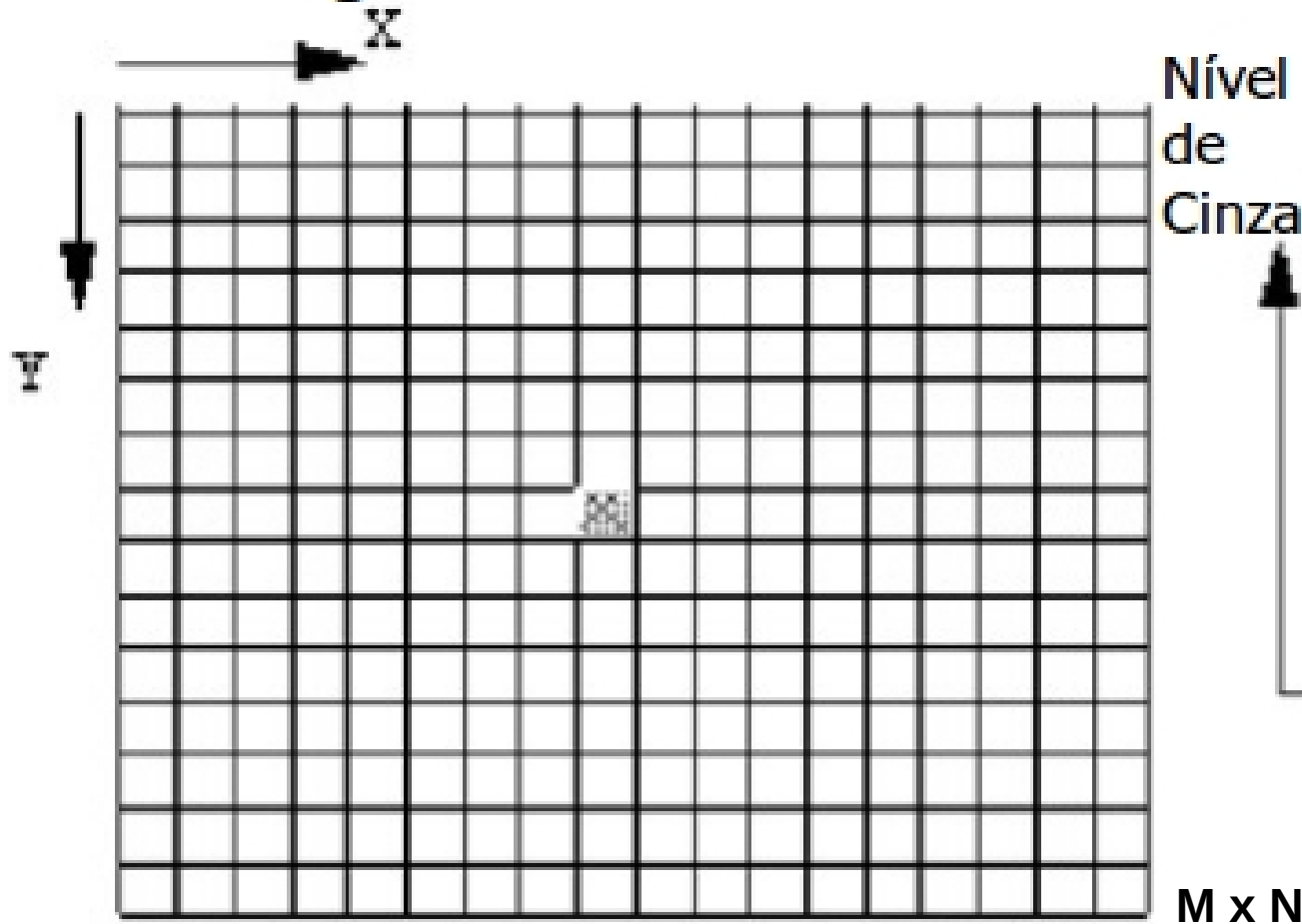


$$f(x, y) \begin{matrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{matrix}$$

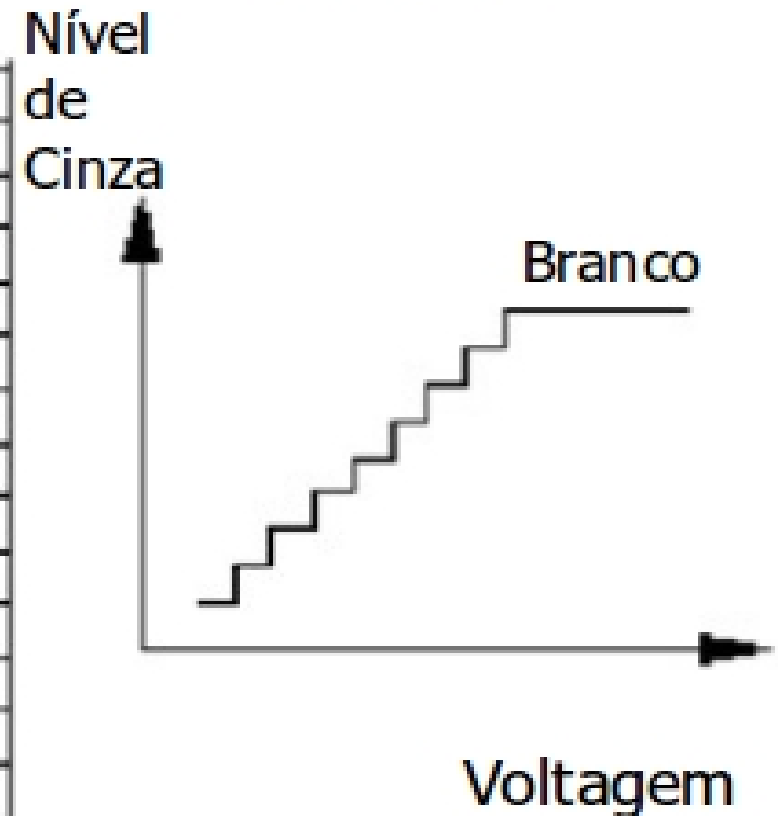
Maiores valores de M e N implicam em uma imagem de maior resolução.

Quantização: faz com que cada um destes pixels assuma um valor inteiro (0 a $2^n - 1$). Quanto maior o valor de n, maior o número de níveis de cinza na imagem digitalizada.

Resolução da Imagem



Resolução do Brilho



Amostragem: tamanho da imagem digital, $M \times N \in \mathbb{Z}$; ($M > 0$, $N > 0$)

Quantização: número de níveis de cinza $Q = 2^k$, $k \in \mathbb{Z}$

$k = 1 \rightarrow$ imagem binária - $k > 1 \rightarrow$ imagem monocromática (níveis de cinza)

b = número de bits para armazenar uma imagem digital = $M \times N \times k$

Resolução: menor característica de uma imagem que pode ser percebida por um sistema de aquisição de imagem.

*** Resolução de Brilho (“brigtiness resolution”):**

- número de tons de cinza
- função da quantificação
- resolução do pixel ou profundidade do pixel



175X163 pixels



109X102 pixels

*** Resolução da Imagem (“image resolutuon”):**

- número de colunas e linhas da imagem
- função da câmara e/ou do “frame-grabber”



73X68 pixels



36X34 pixels

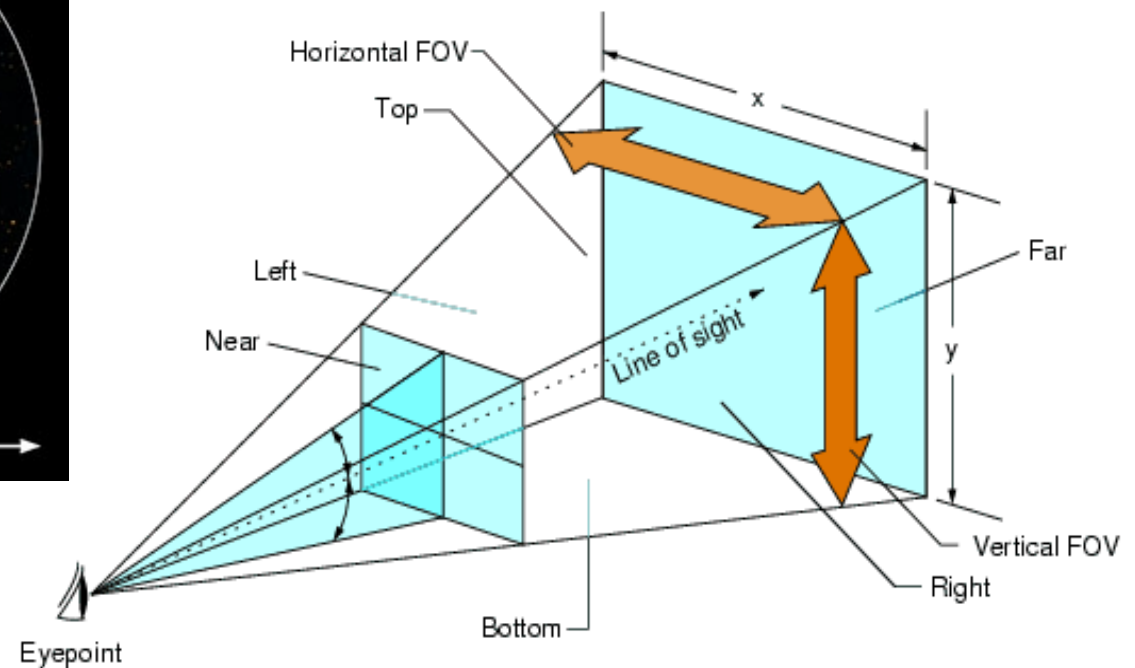
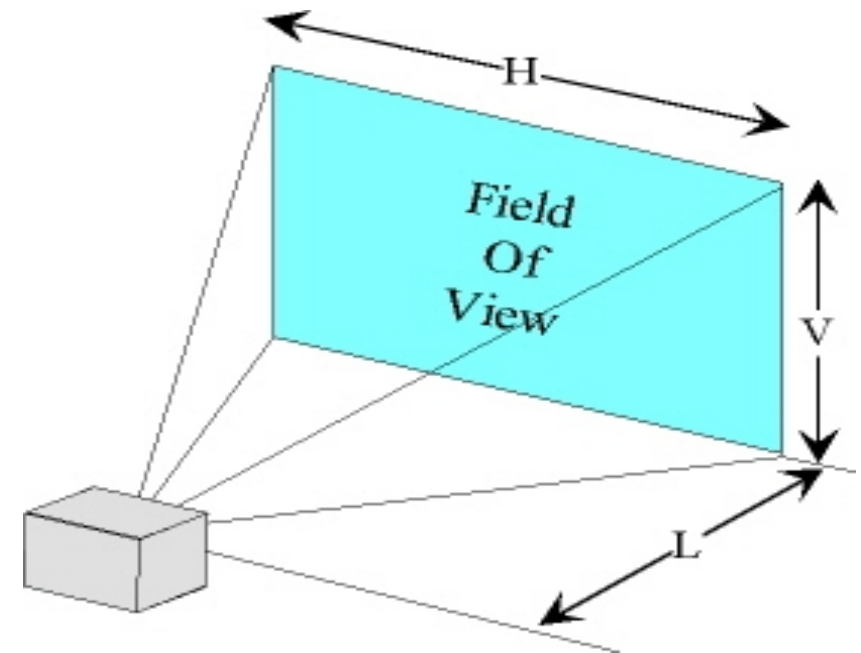
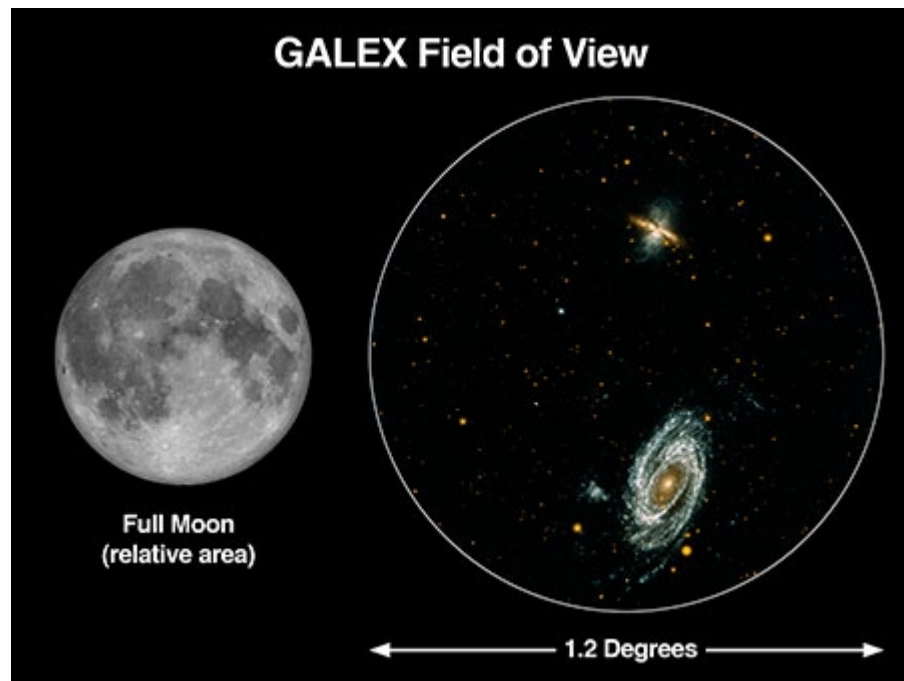
*** DPI (pontos por polegada ou “Dots Per Inch” em inglês):** refere-se a documentos impressos e quantia e espaçamento entre pontos cianos, magentas, amarelos e pretos,

*** PPI (pixels por polegada ou “Pixels Per Inch”):** refere-se a pixels na tela.

Cuidado - conceitos diferentes: quando se fala de uma imagem de 72 dpi que está na tela, a pessoa está se querendo dizer “72 ppi”.

Resolução Espacial:

- * distância (correspondente da cena) entre os centros de dois pixels consecutivos (cm/pixel);
- * determinada pela resolução da imagem e o campo de visão da câmera (FOV: field-of-view);



$$\text{Aspect Ratio} = \frac{y}{x} = \frac{\tan(\text{vertical FOV}/2)}{\tan(\text{horizontal FOV}/2)}$$

Resolução Característica:

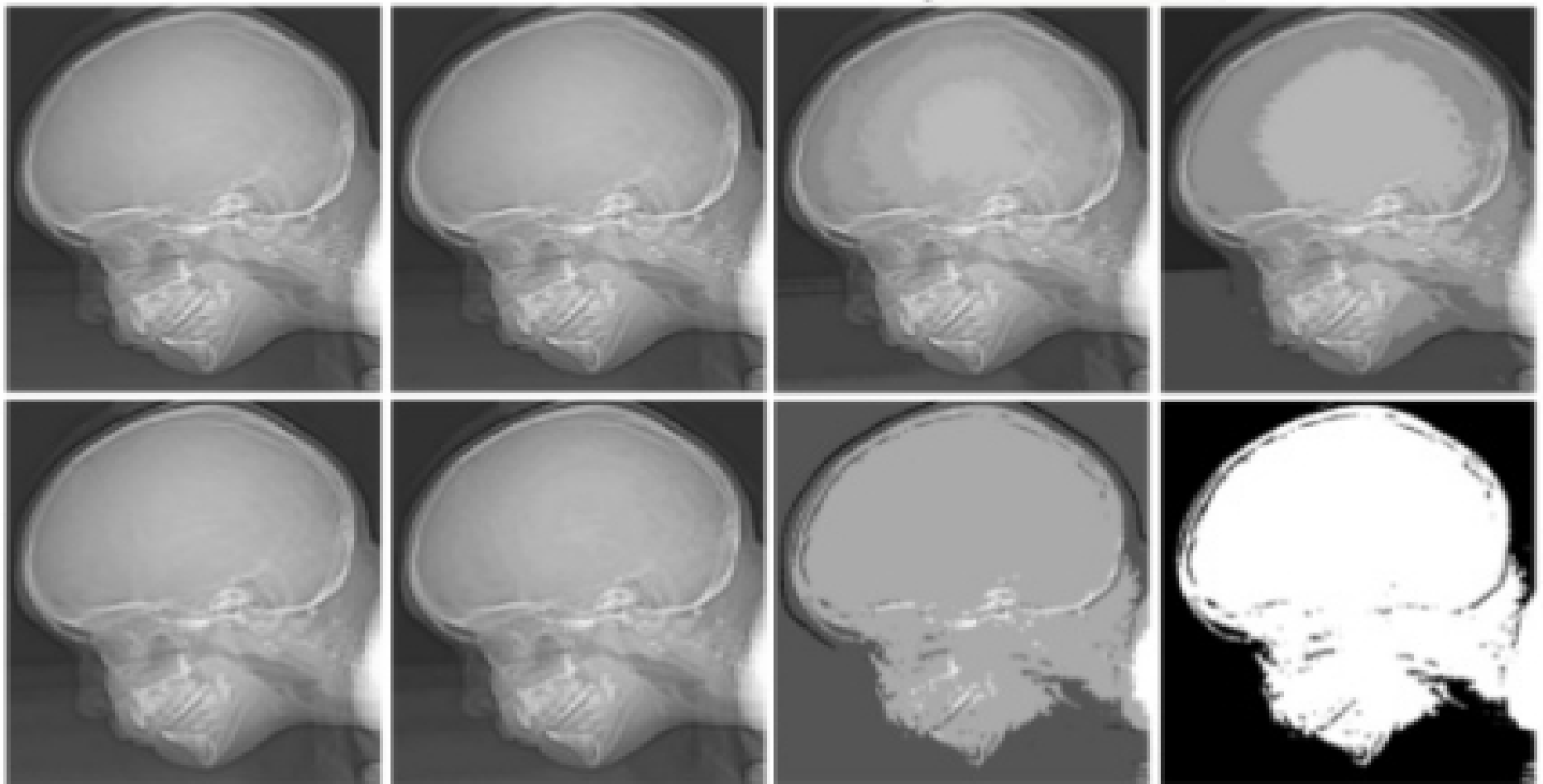
- * dimensão da menor característica observada “confiável” na imagem;
- * é possível observar objetos menores que 1 pixel, mas a identificação de sua aparência não é confiável;

Resolução de Mensuração:

- * menor mudança de tamanho ou posição do objeto que pode ser detectada;
- * pode ser menor que 1 pixel (medições sub-pixels) → modelos

Resolução de Intensidade:

- * menor variação discernível de nível de intensidade na imagem;
- ex.: uma imagem cuja intensidade é quantizada em 256 níveis, tem 8 bits de resolução de intensidade.



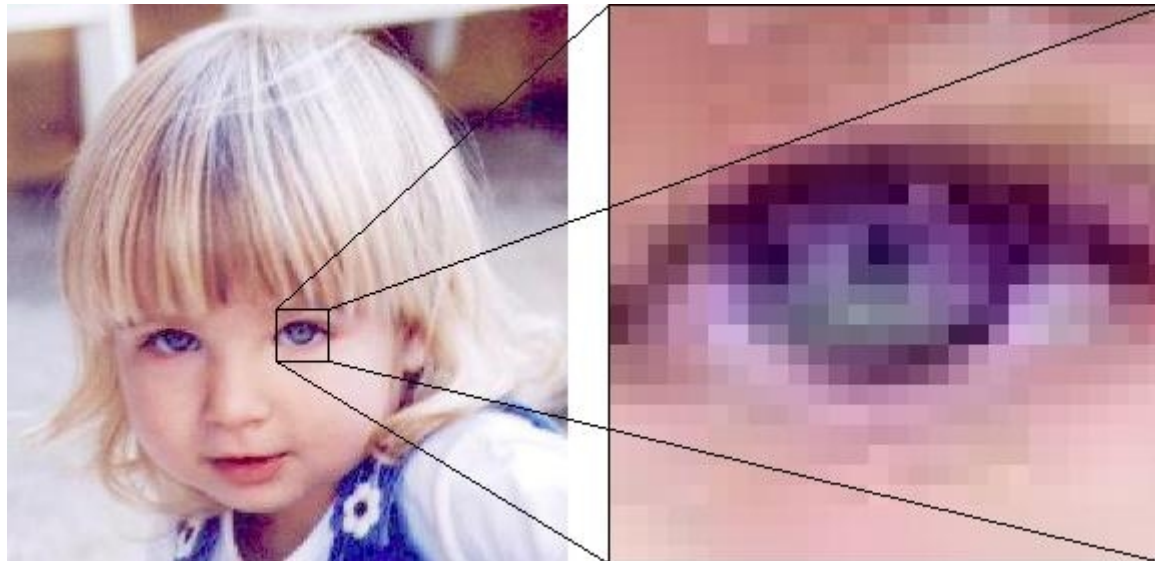
Resolução de 256 níveis de cinza (8 bits), para 128, 64, 32, 16, 8, 4 e 2 níveis (1 bit).

Resolução Característica:

- * dimensão da menor característica observada “confiável” na imagem;
- * é possível observar objetos menores que 1 pixel, mas a identificação de sua aparência não é confiável;

Resolução de Mensuração:

- * menor mudança de tamanho ou posição do objeto que pode ser detectada;
- * pode ser menor que 1 pixel (medições sub-pixels) → modelos



Taxa de Amostragem: grau de detalhe observado na imagem digital.

Teorema da Amostragem: a taxa de amostragem dever ser, pelo menos, 2 vezes maior que a maior frequência espacial.