

# REPRESENTAÇÃO DA IMAGEM DIGITAL



# Representação da imagem

- Uma imagem é uma função de intensidade luminosa bidimensional  $f(x,y)$  que combina uma fonte de iluminação e a reflexão ou absorção de energia a partir desta fonte pelos elementos da cena sendo adquirida.

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

# Representação da imagem

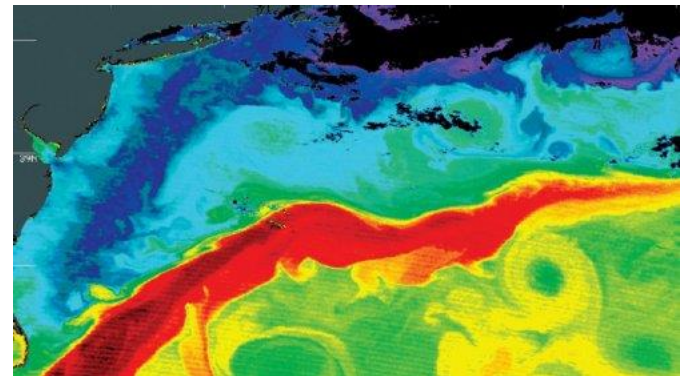
- A iluminação pode originar de uma fonte de energia eletromagnética ou de outras fontes como ultrassom;
- Dependendo da natureza da fonte, a energia da iluminação é refletida do, ou transmitida através do objeto.

# Exemplos de aquisição de imagens

## Espectro visível

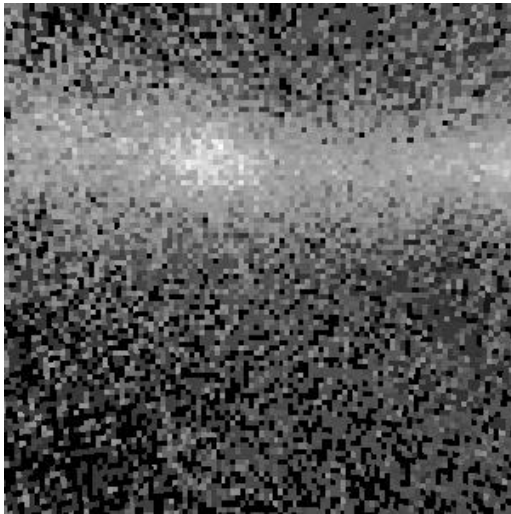


## Infra-vermelho

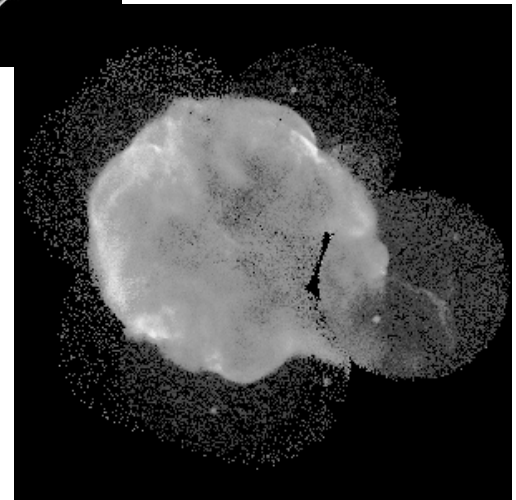


# Exemplos de aquisição de imagens

Raio gama



Raio X

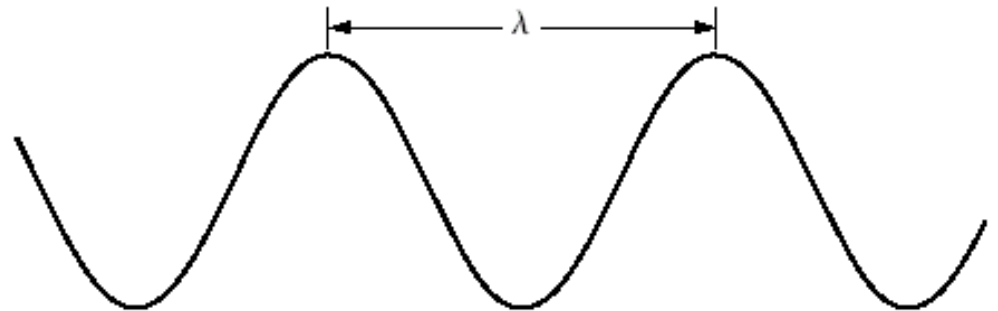


# Ondas eletromagnéticas

- Ondas eletromagnéticas podem ser visualizadas como ondas senoidais que se propagam com o comprimento de onda  $\lambda$

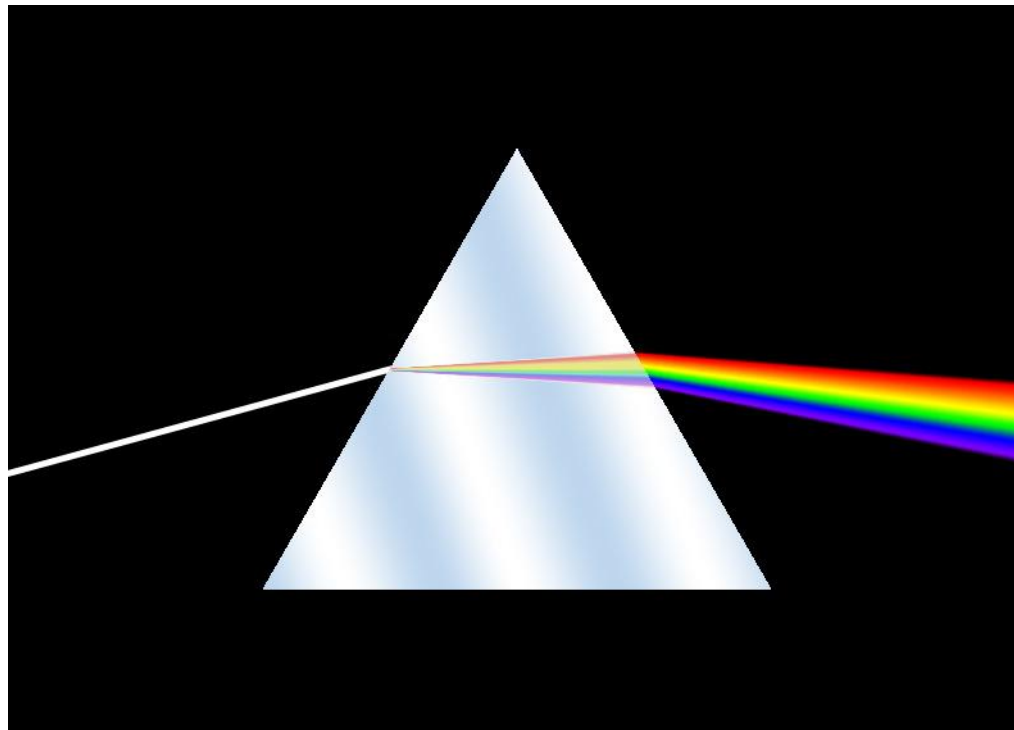
**FIGURE 2.11**  
Graphical  
representation of  
one wavelength.

---

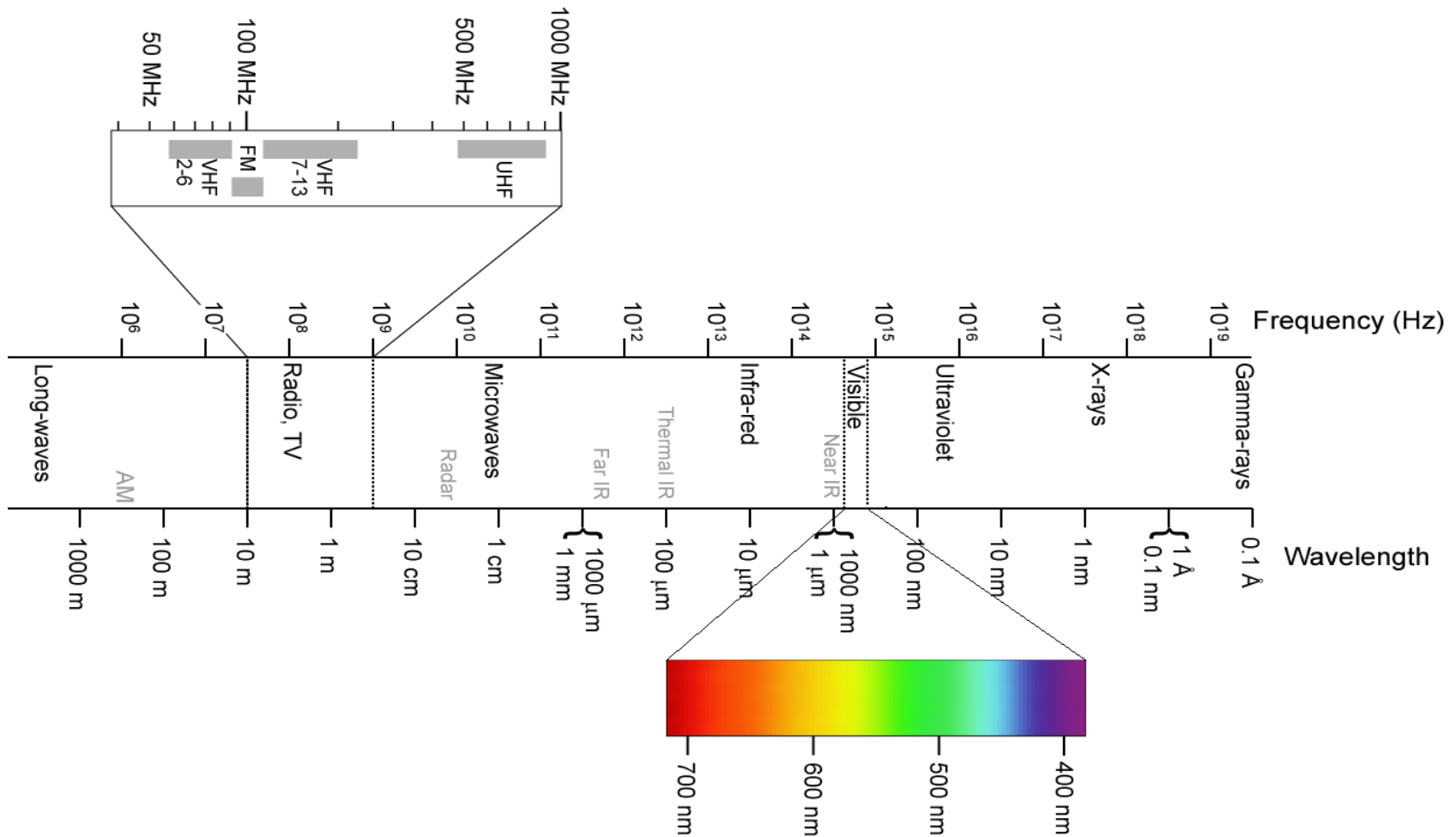


# Ondas eletromagnéticas

- A Luz e o espectro eletromagnético
- 1666 Experimento de Sir Isaac Newton

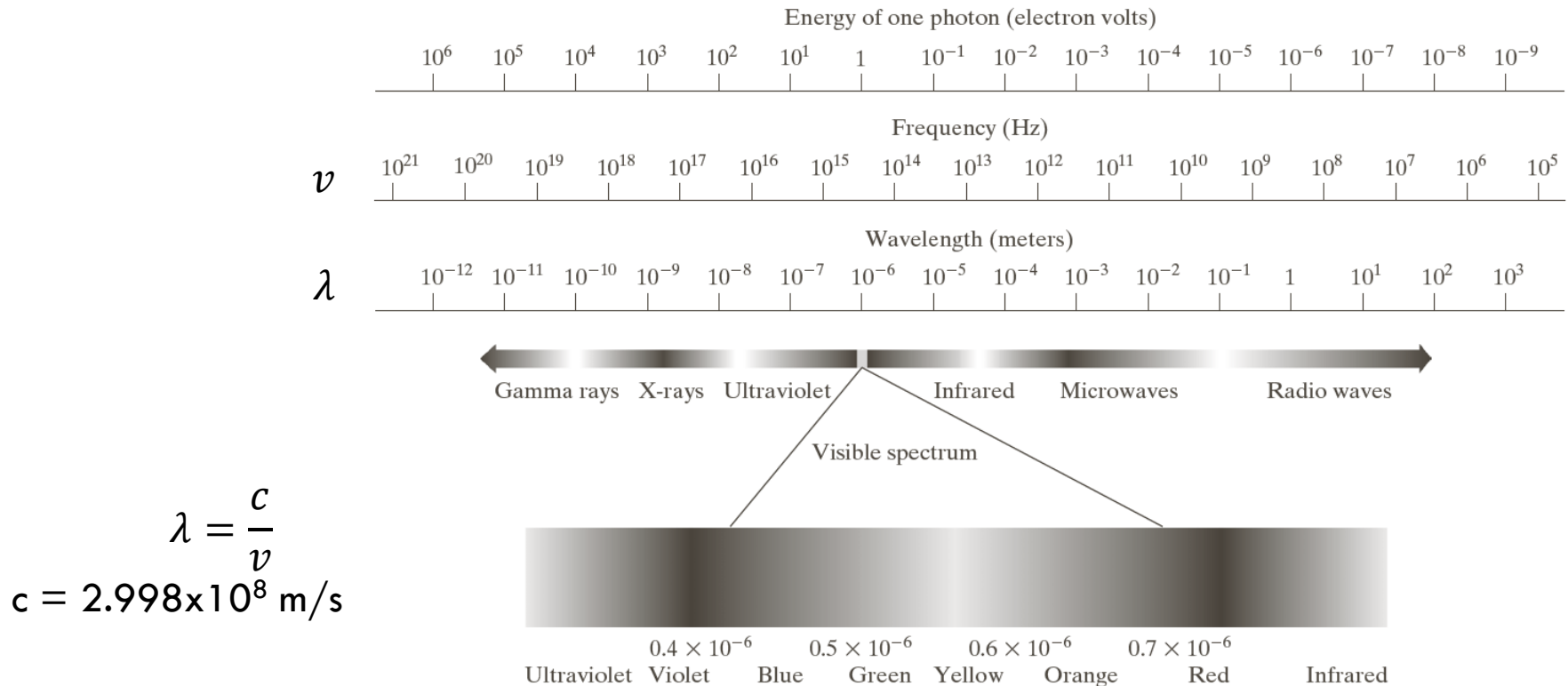


# Espectro Eletromagnético





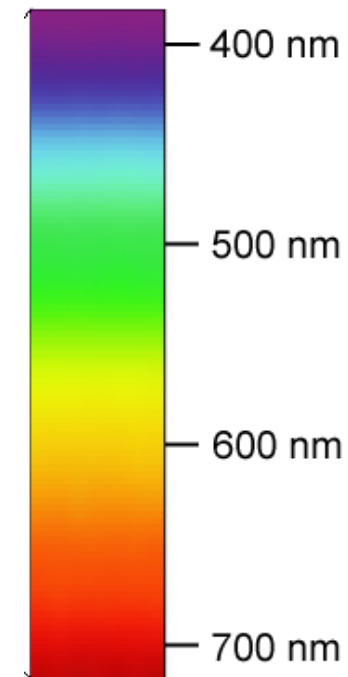
# Espectro Eletromagnético



**FIGURE 2.10** The electromagnetic spectrum. The visible spectrum is shown zoomed to facilitate explanation, but note that the visible spectrum is a rather narrow portion of the EM spectrum.

# Luz

- Luz é um tipo particular de radiação eletromagnética que pode ser percebida pelo olho humano.
  - Violeta
  - Azul
  - Verde
  - Amarelo
  - Laranja
  - Vermelho

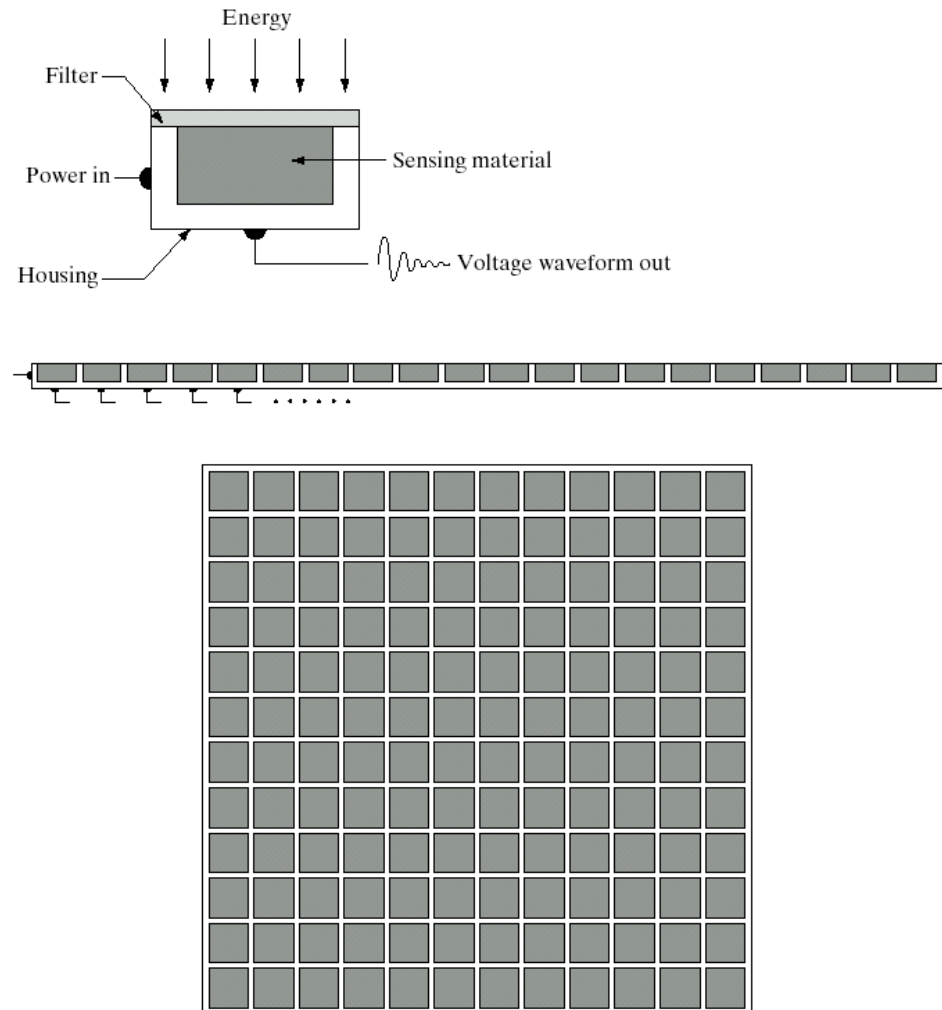


# Luz

- Luz sem cor
  - ▣ luz monocromática ou acromática
  - ▣ Único atributo da luz monocromática é sua intensidade
  - ▣ Intensidade/Nível de cinza
- Outras medidas básicas de luz cromática
  - ▣ Radiância (energia emitida)
  - ▣ Luminância (energia percebida)
  - ▣ Brilho: noção acromática de intensidade

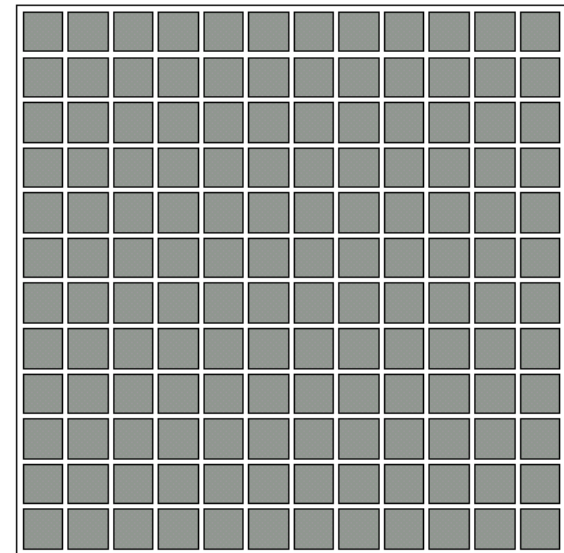
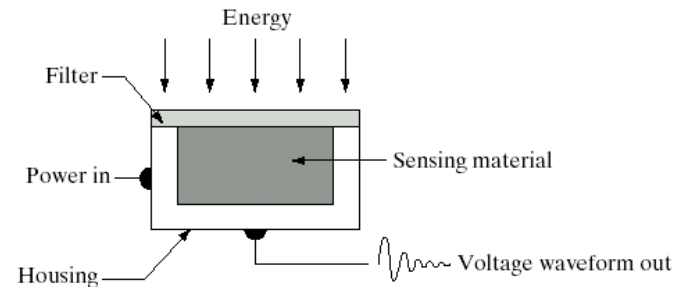
# Aquisição da imagem: Sensores

- A energia que entra é transformada em uma voltagem pela combinação da energia elétrica de entrada e o material do sensor (responsável por detectar um particular tipo de energia)



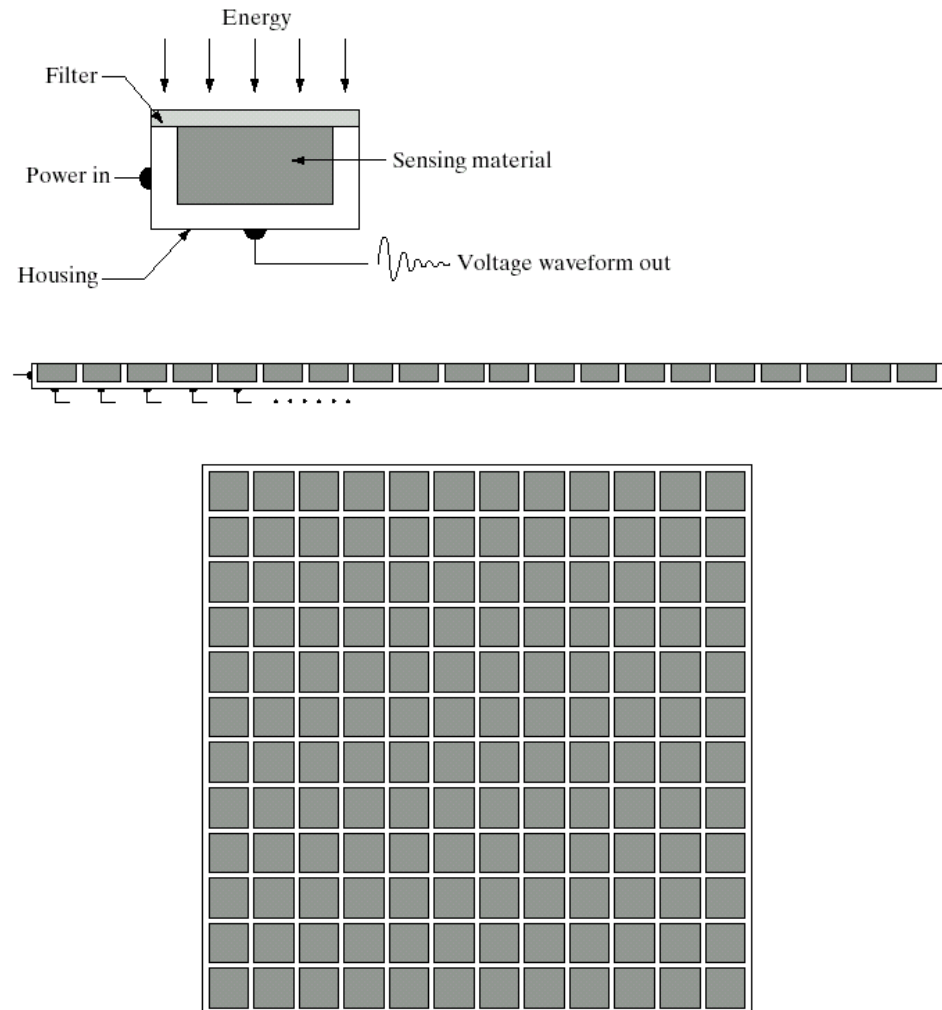
# Único sensor

- A voltagem de saída é proporcional a luz que entra;
- O uso do filtro melhora a seletividade do sensor (por exemplo, enfatizar um banda do espectro)



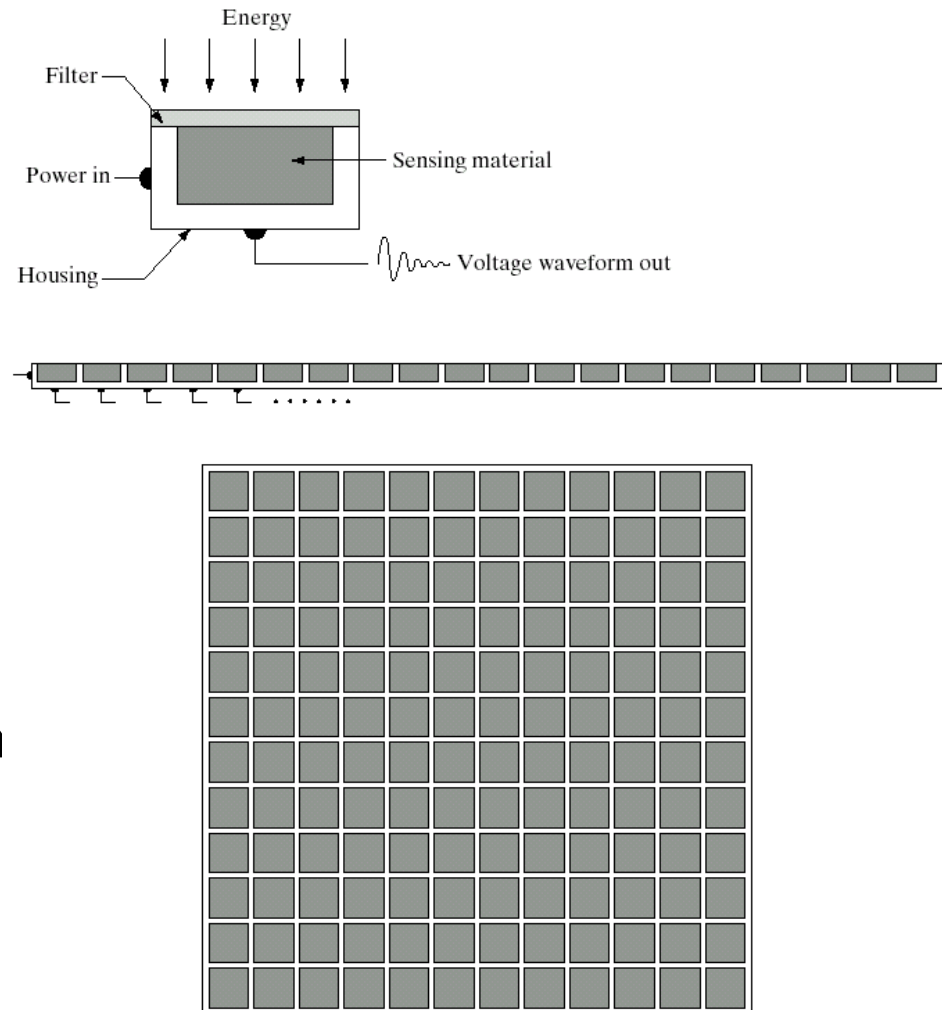
# Faixa de sensores

- A faixa de sensores é utilizada em aplicações médicas e industriais para obter slices de objetos 3D;
  - ▣ A saída do sensor deve ser processada por algoritmos de reconstrução com o objetivo de transformar os dados obtidos em imagens seccionais (slices) significativas.
  - ▣ Ex: CT, MRI, PET (Positron Emission Tomography)



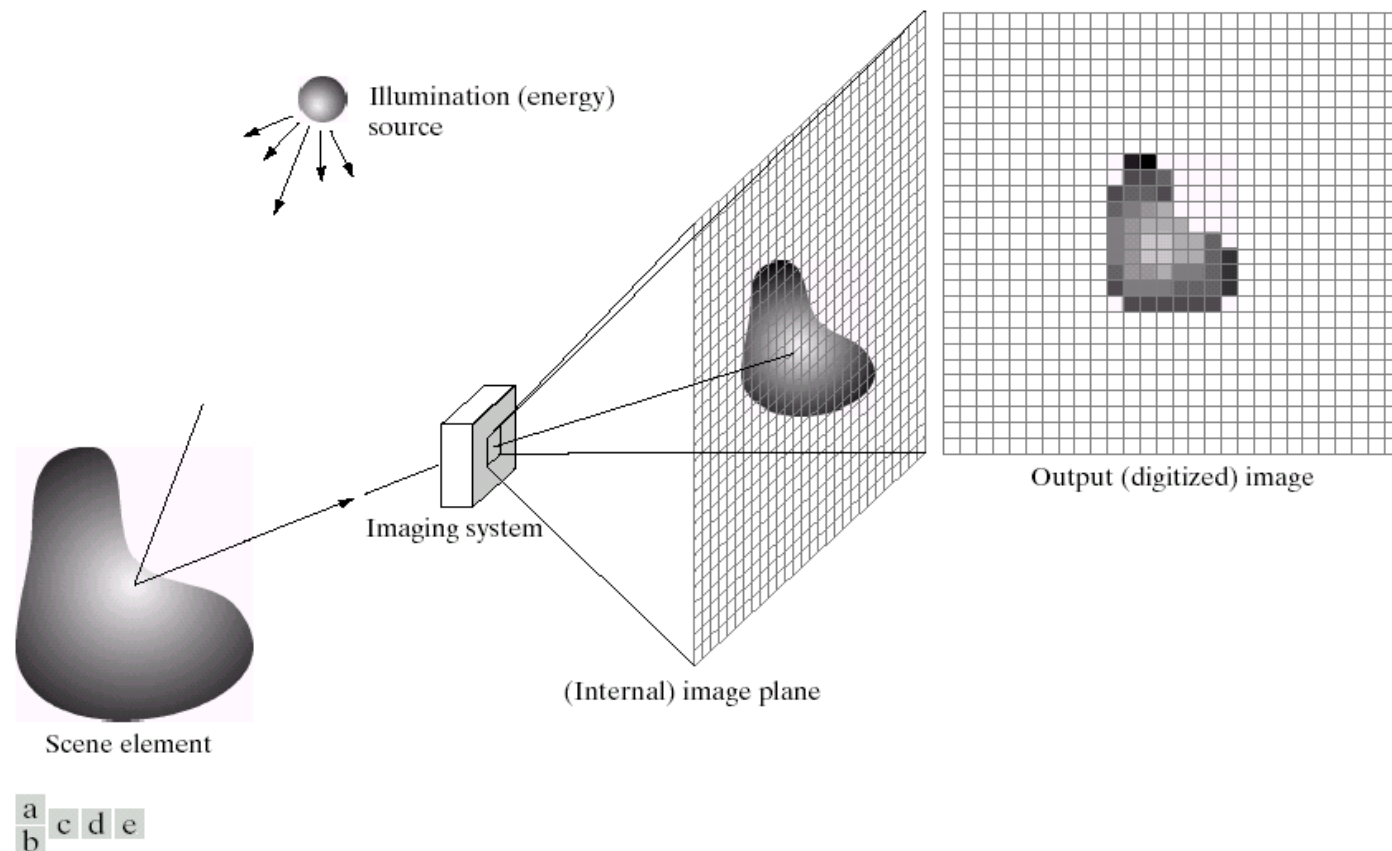
# Array de sensores

- Sensor típico é o CCD (*Charge Coupled Device*);
  - A resposta de cada sensor é proporcional à integral da energia de luz projetada na superfície do sensor (reduz ruído);
  - Largamente utilizado em câmaras digitais



# Geração de uma imagem digital

## □ Amostragem: matriz de pixels

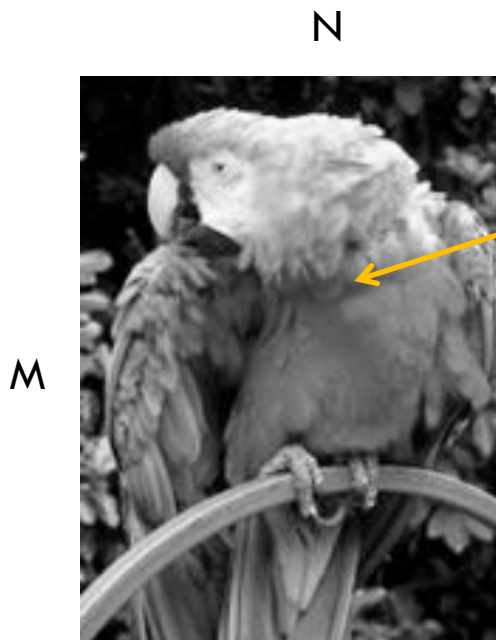


**FIGURE 2.15** An example of the digital image acquisition process. (a) Energy ("illumination") source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.



# Um modelo simples para a formação da imagem

- Uma imagem pode ser definida como uma função de intensidade luminosa 2D,  $f(x,y)$



$$f(x,y) = r(x,y) \cdot i(x,y)$$
$$0 < i(x,y) < \infty \text{ e } 0 < r(x,y) < 1$$
$$0 < f(x,y) < \infty$$

$$0 \leq y \leq N$$

$$0 \leq x \leq M$$

$$L_{min} \leq f(x,y) \leq L_{max}$$

# Por quê digitalizar uma imagem?



Da teoria dos números:  
entre dois pontos  
existem infinitos pontos

$$0 \leq y < N$$

$$0 \leq x < M$$

Neste caso uma  
imagem teria  
infinitos pontos

$$L_{\min} \leq f(x,y) \leq L_{\max}$$

e cada ponto da imagem  
teria um de muitos infinitos  
valores

⇒ **INFINITOS NROS DE BITS**

**ESTA REPRESENTAÇÃO NAO É  
POSSIVEL EM QUALQUER  
COMPUTADOR DIGITAL**

# O que é desejável?

- Uma imagem ser representada na forma de uma matriz 2D;
- Cada elemento da matriz deve assumir valores finitos

# O que é digitalização?

- Representação da imagem por uma matriz

- amostragem

- Cada elemento da matriz representado por um elemento de um conjunto finito de valores discretos

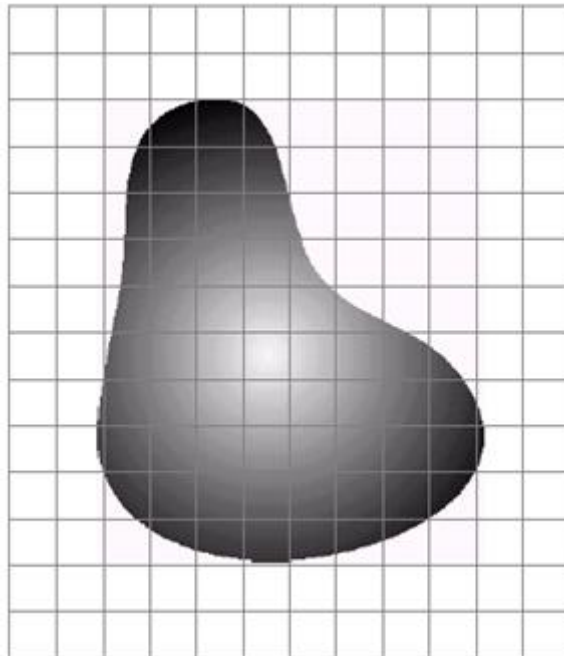
- quantização

# Representação da imagem

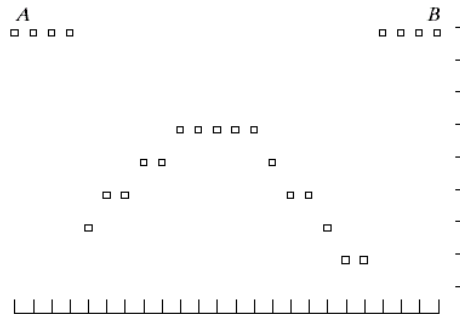
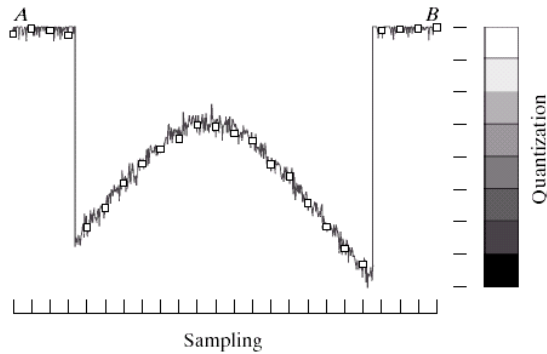
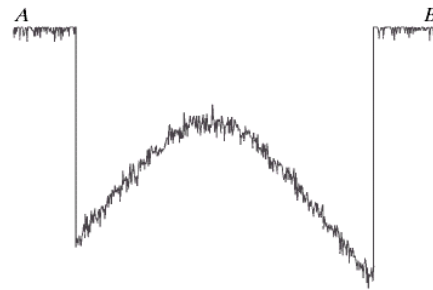
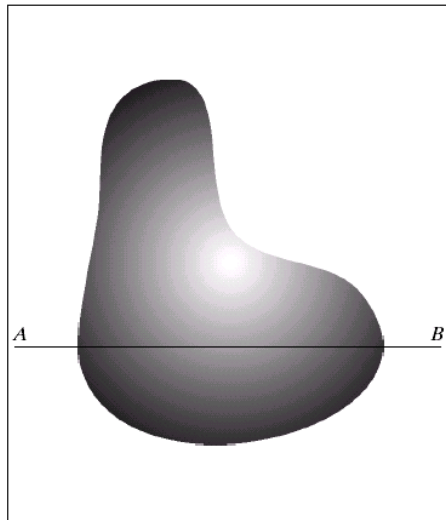
- Portanto, a digitalização envolve dois processos:
  - ▣ Amostragem
    - consiste em discretizar o domínio da imagem nas direções  $x$  e  $y$ , gerando uma matriz de  $M \times N$  amostras;
  - ▣ Quantização
    - consiste em escolher o número  $L$  de níveis de cinza (em imagens monocromáticas) permitidos para cada imagem, ( $L = 2^k$ ).

# Amostragem

- Na prática o método de amostragem é determinado pelo tipo de sensor usado para gerar a imagem;

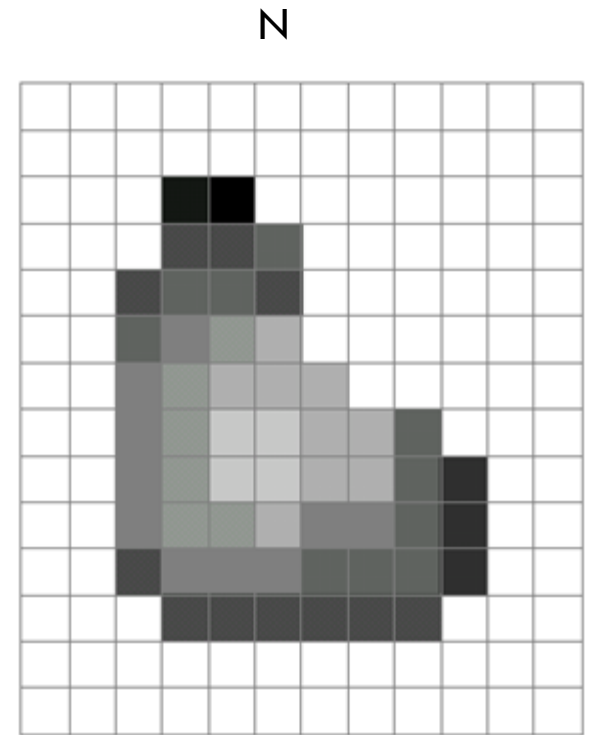


# Quantização

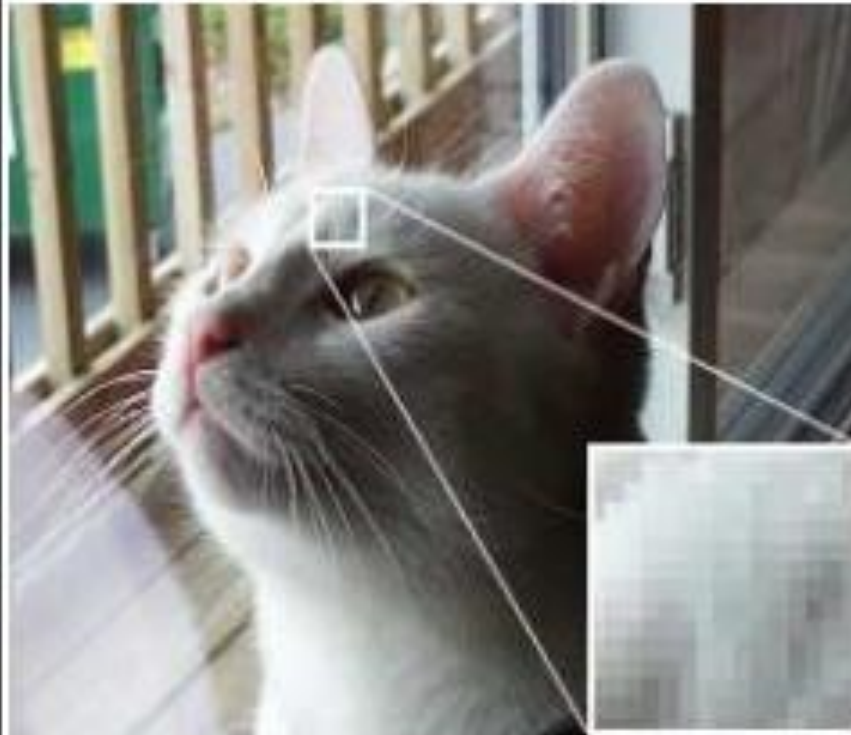


a b  
c d

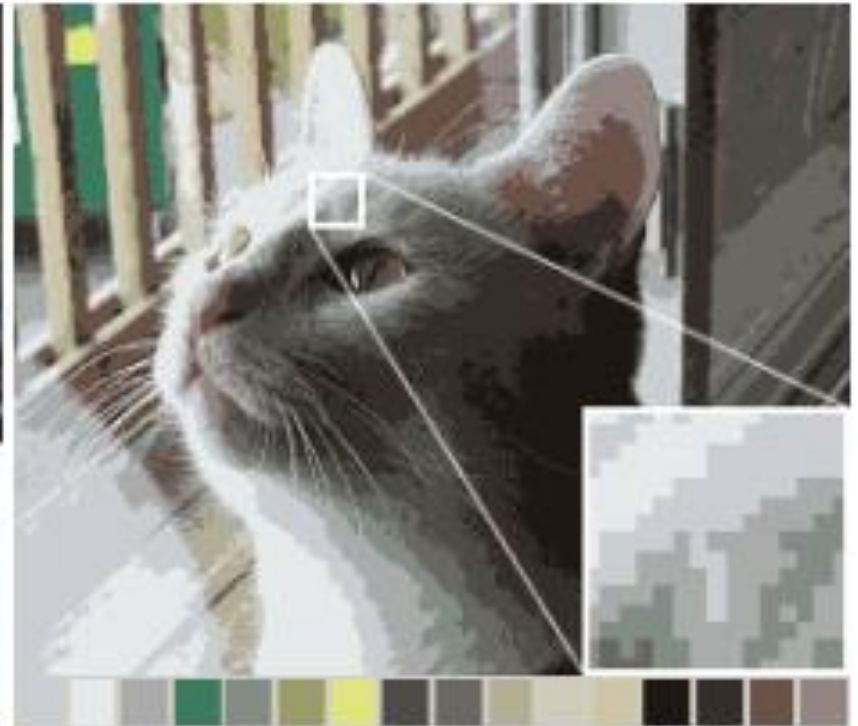
M



# Quantização



24 bits = Paleta de  $2^{24}$  cores



4 bits = Paleta de 16 cores



# Quantização



2 níveis



4 níveis

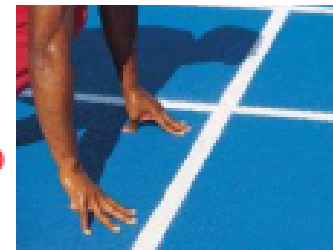


256 níveis

# Quantização

## Procedimento

- Analisar as amostras de cores na imagem
- Definir um conjunto de **níveis de quantização**
- **Associar** cada amostra a um nível
- Gerar nova imagem



Análise e  
definição



Correspon  
dência



# Quantização

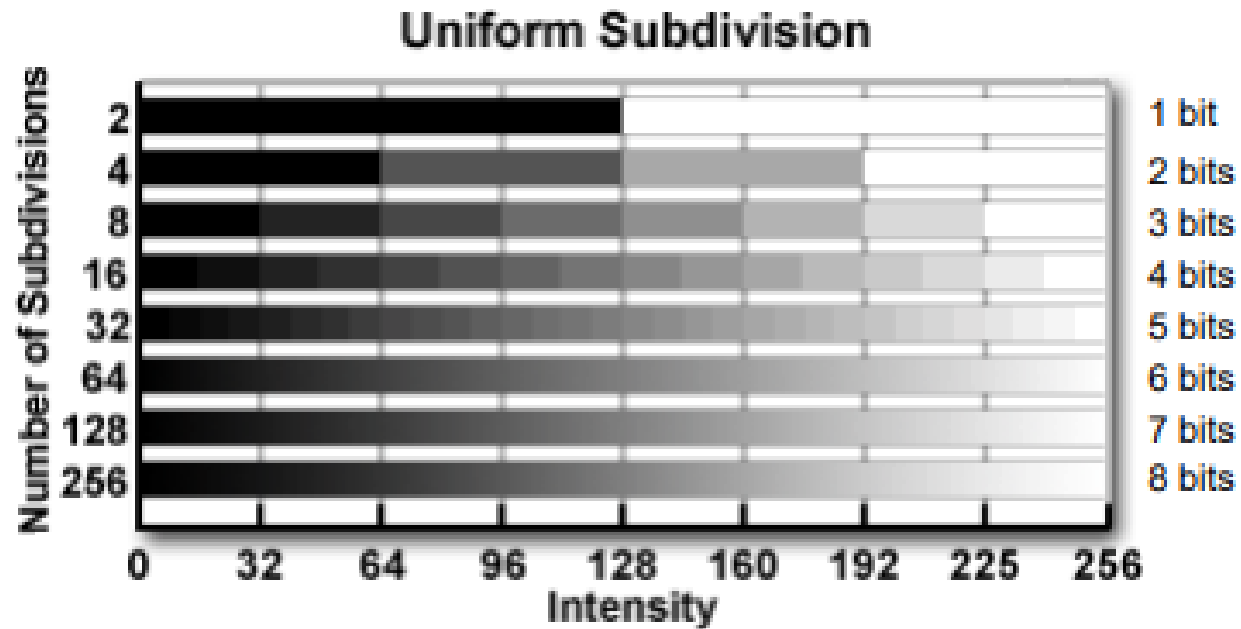


Figure 1

# Digitalização da imagem

- Cada elemento da matriz de amostras  $f(x,y)$  é denominado como pixel (*picture element*),

$$0 < x < M-1 \text{ e } 0 < y < N-1$$

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

# Digitalização da imagem

- O espaço necessário para armazenar uma imagem é dado por:
  - ▣  $M \times N \times k$  bits ou  $N^2 \times k$  bits para matrizes quadradas

**TABLE 2.1**

Number of storage bits for various values of  $N$  and  $k$ .

$N/k$	1 ( $L = 2$ )	2 ( $L = 4$ )	3 ( $L = 8$ )	4 ( $L = 16$ )	5 ( $L = 32$ )	6 ( $L = 64$ )	7 ( $L = 128$ )	8 ( $L = 256$ )
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608
2048	4,194,304	8,388,608	12,582,912	16,777,216	20,971,520	25,165,824	29,369,128	33,554,432
4096	16,777,216	33,554,432	50,331,648	67,108,864	83,886,080	100,663,296	117,440,512	134,217,728
8192	67,108,864	134,217,728	201,326,592	268,435,456	335,544,320	402,653,184	469,762,048	536,870,912

# Exemplos na literatura

## NON-INVASIVE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF DENTAL PERIAPICAL LESIONS IN CONE-BEAM CT

*Arturo Flores<sup>1</sup>, Steven Rysavy<sup>1</sup>, Reyes Enciso<sup>2</sup>, and Kazunori Okada<sup>1</sup>*

~~This study was approved by the Institutional Review Board.~~  
Each 0.2mm axial slice is a  $512 \times 512$  image with a 12 bit intensity range (4,096 grayscale). An ROI of 100 cubic vox-

# Digitalização da imagem

## □ NOTA:

- ▣ O tamanho de uma imagem não diz tudo sobre a sua resolução;
- ▣ A qualidade de uma imagem 1024x1024 pixels não pode ser avaliada sem conhecer a dimensão espacial capturada na imagem.

# Digitalização da imagem

- Resolução espacial
  - ▣ Intuitivamente, é uma medida do menor detalhe discernível em uma imagem;
- A resolução espacial pode ser medida por:
  - ▣ pares de linhas por unidade de distância (100/mm largura da linha = 0.02 mm);
  - ▣ pontos (pixels) por unidade de distância – dpi (usada em indústria publicitária e de impressão).
- Exemplos:
  - ▣ jornal – 75 dpi,
  - ▣ revista – 133 dpi,
  - ▣ livros – 2400 dpi



# Efeitos da amostragem

Tamanho da  
imagem original  
2.96 x 2.25  
polegadas

1250 dpi  
3692 x 2812



As imagens foram  
zoom out para  
facilitar a  
comparação

300 dpi  
? pixels



72 dpi  
213x162

$$\text{dpi} = \frac{p}{x} \times \frac{444}{2.96} = 150$$

? dpi

444 x 337

$$p_x = \text{dpi} \cdot p_x$$

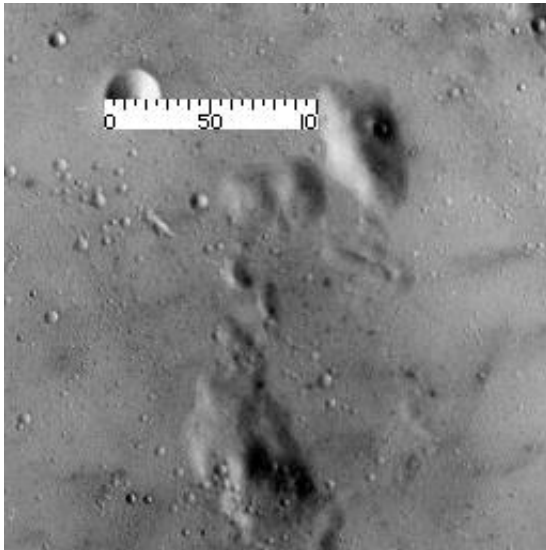
$$888 \times 675$$

$$296.300 = 888$$

# Resolução Espacial

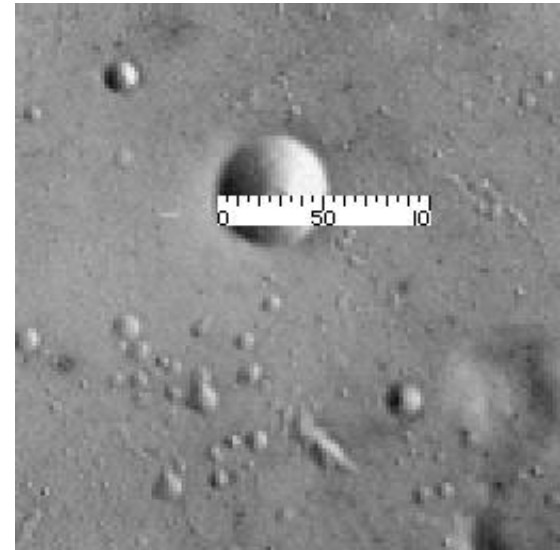
## (a) Menor Resolução

- 27 pixels no diâmetro da cratera.



## (b) Maior Resolução

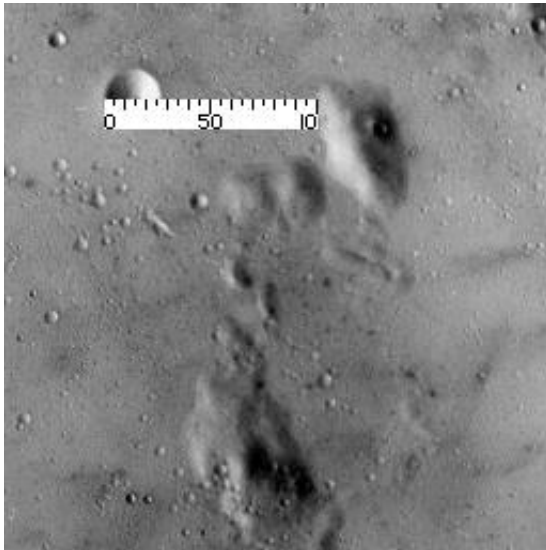
- 55 pixels no diâmetro da cratera.



# Resolução Espacial

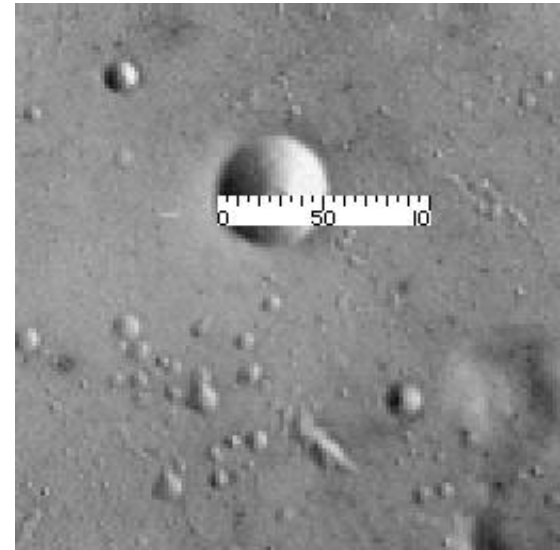
## (a) Menor Resolução

- 27 pixels no diâmetro da cratera.



## (b) Maior Resolução

- 55 pixels no diâmetro da cratera.



Se a cratera tiver 550 Km de diâmetro: a) 20 Km/pixel; b) 10 Km/pixel  
É possível medir as características em b) com maior precisão.

# Digitalização da imagem

- Resolução de intensidade
  - ▣ refere-se à menor alteração discernível nos níveis de intensidade;
  - ▣ em geral o número de níveis de intensidades é representado por um inteiro, potência de 2.
  - ▣ o número mais comum de bits é 8 ou 16 bits (256 ou 65536 níveis de intensidade)

# Efeitos da quantização

