
Fundamentos de Processamento de Imagens

— Prof. Vinícius de Oliveira —

Brasília, 07 de Outubro de 2019

Imagens Digitais

•O que é uma imagem?

- É a representação visual de uma função $f(x, y)$, em que f está relacionado com o brilho ou cor na posição (x, y) ;
- Em geral, imagens são representadas de forma retangular;
- Imagens são contínuas na amplitude e no espaço;



Figura: Albrecht Drer

Imagens Digitais



FIGURE 1.1 A digital picture produced in 1921 from a coded tape by a telegraph printer with special type faces. (McFarlane.¹)

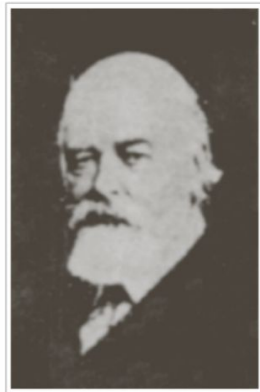


FIGURE 1.2 A digital picture made in 1922 from a tape punched after the signals had crossed the Atlantic twice. (McFarlane.)



FIGURE 1.3 Unretouched cable picture of Generals Pershing and Foch, transmitted in 1929 from London to New York by 15-tone equipment. (McFarlane.)

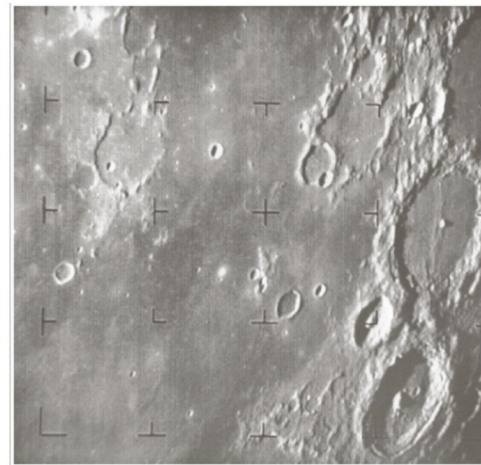


FIGURE 1.4 The first picture of the moon by a U.S. spacecraft. *Ranger 7* took this image on July 31, 1964 at 9:09 A.M. EDT, about 17 minutes before impacting the lunar surface. (Courtesy of NASA.)

Imagens Digitais

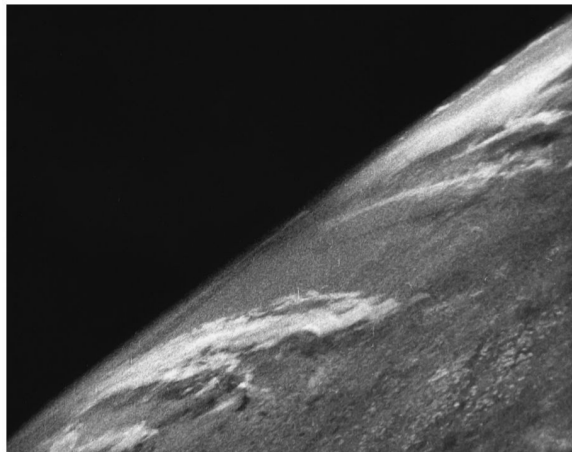


Figura: As primeiras imagens do espaço foram tiradas no foguete sub-orbital V-2 voo lançado pelos EUA em 24 de outubro de 1946.



Figura: Outubro de 2013, nave espacial Juno da NASA.



Figura: Imagem digital da Terra

Imagens Digitais

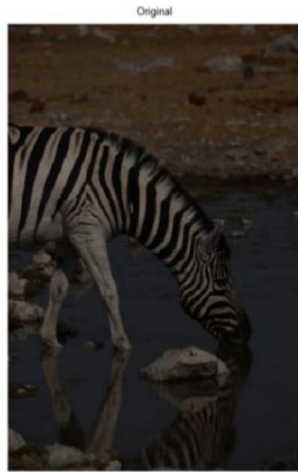
•O que é Processamento de imagens?

- **É enriquecer e restaurar imagens:**
 - Removendo “arranhões” de filmes antigos;
 - Melhorando a visibilidade em imagens médicas;
- **Extrair informações (semântica) das imagens:**
 - Ler CEP em uma carta;
 - “OCRzação” de documentos; (OCR = Reconhecimento Ótico de Caracteres)
 - Medir poluição da água através de imagens aéreas;
- **Simplemente produzir imagens bonitas;**
- **Entre outras coisas;**

Tratamento de Imagens



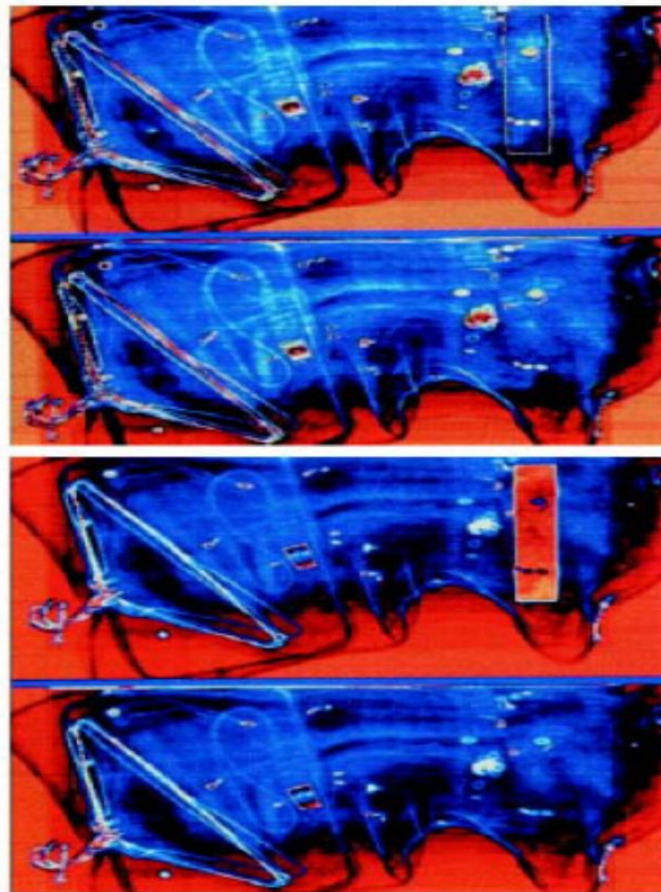
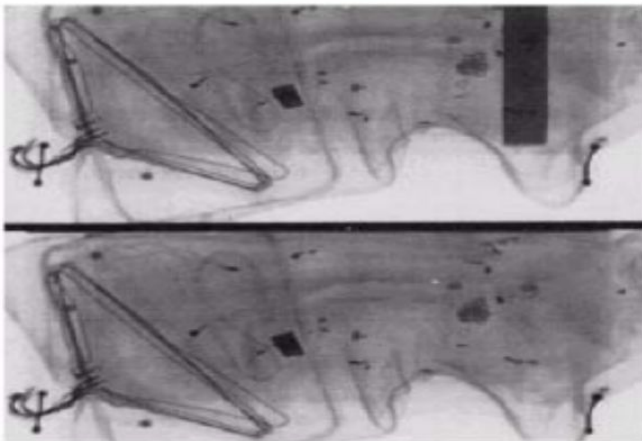
Tratamento de Imagens



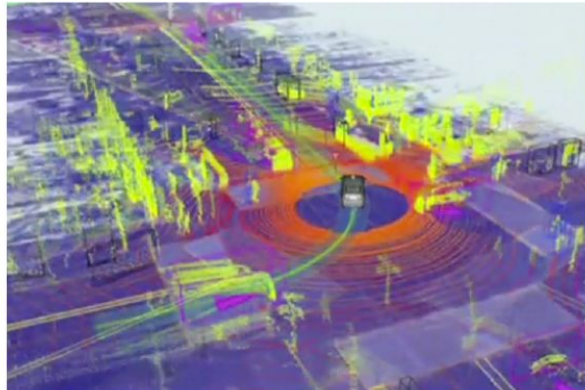
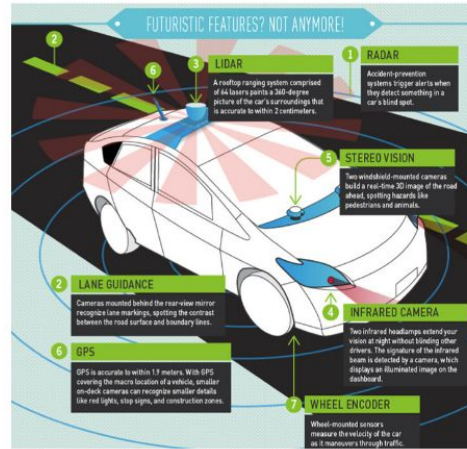
Arte



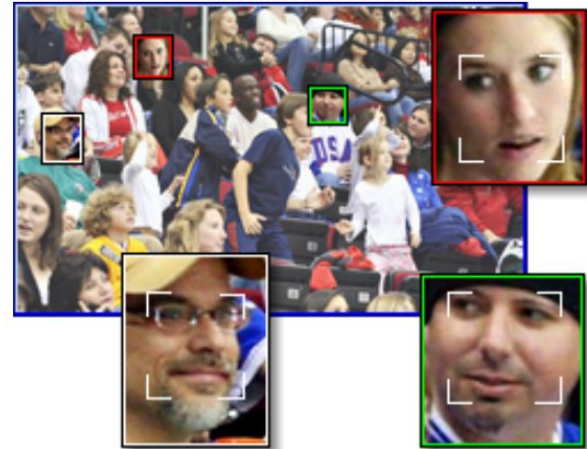
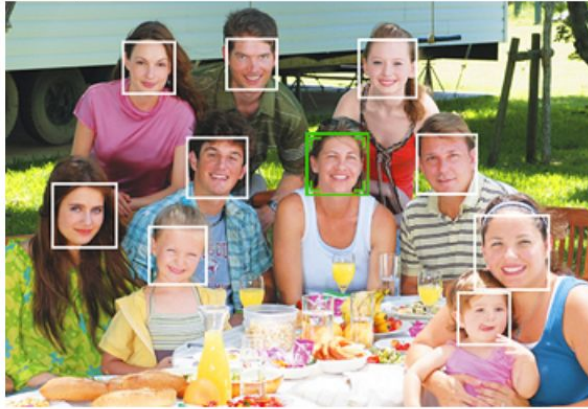
Segurança



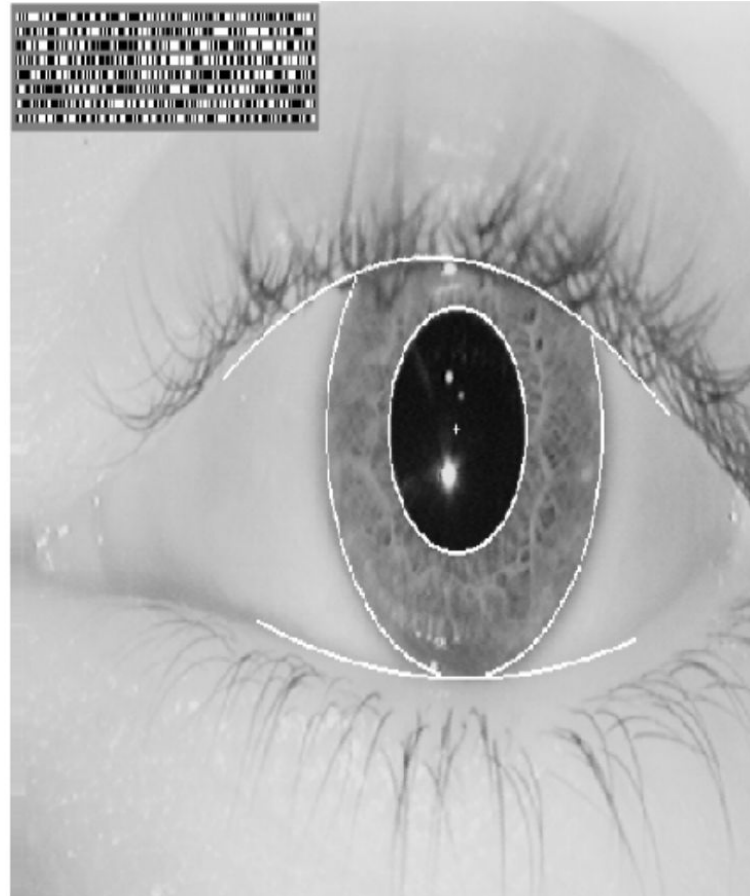
Veículos Autônomos



Detecção de Faces



Biometria



Sistema Visual Humano

Ilusões

**QUAL A COR
DO TÊNIS?**

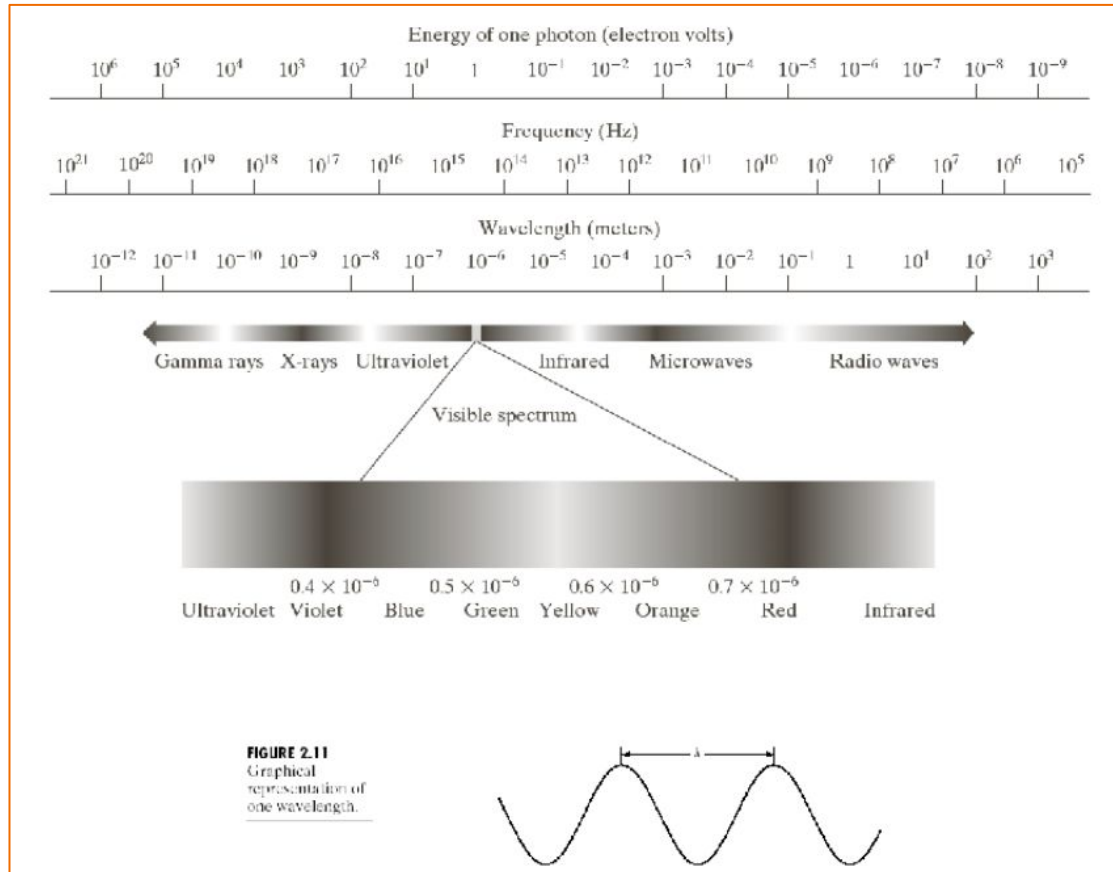
CINZA E
VERDE

BRANCO
E ROSA



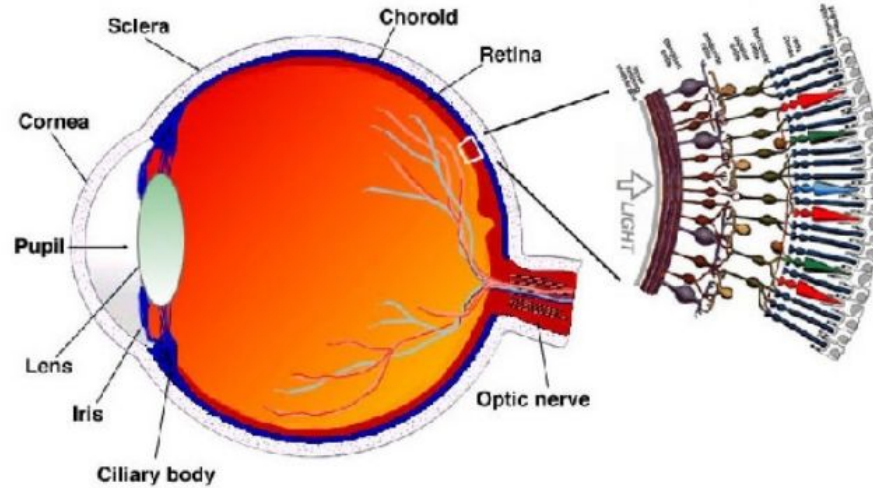
Percepção

•Espectro Visível :



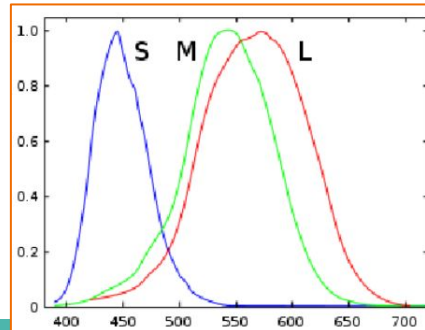
Percepção

•Foto-receptores:



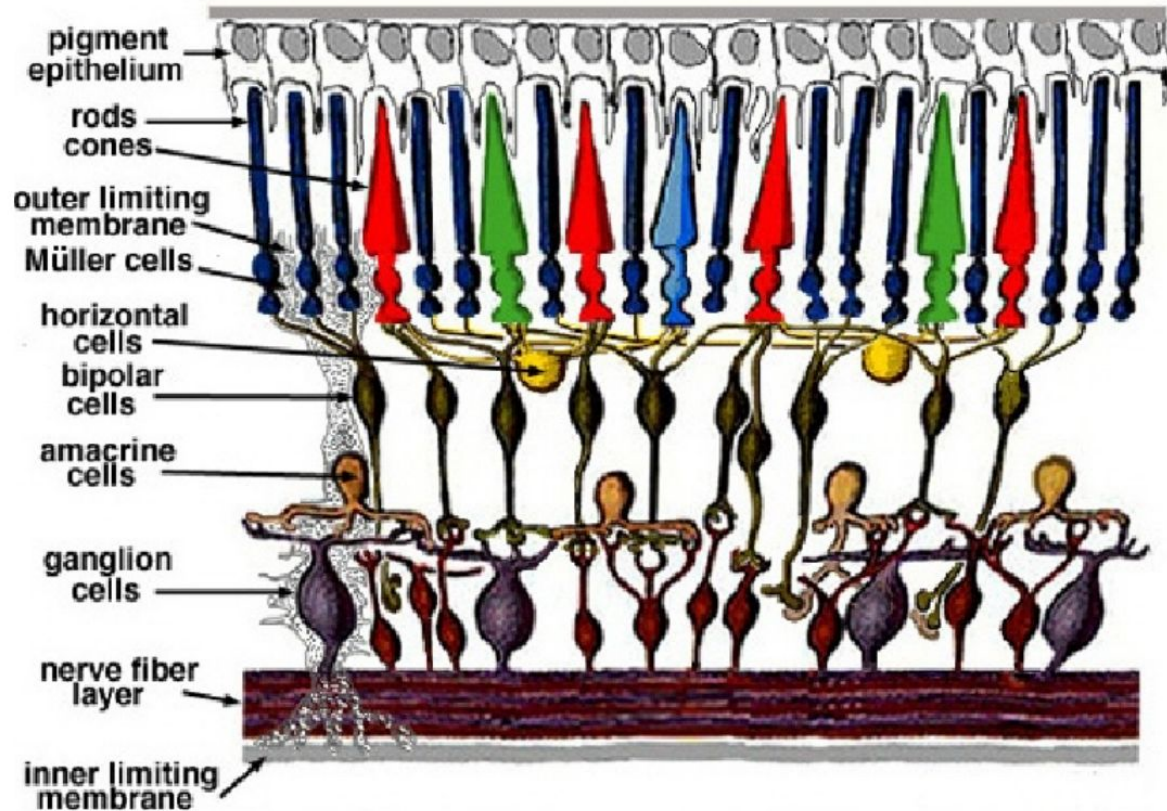
Cones e bastonetes:

- Cones: (S, M, L) - 5 milhões:
 - Níveis "normais" de luz;
 - Permitem a percepção da luz;
 - Localizados no centro da retina (detalhes da imagem);
- Bastonetes - 100 milhões:
 - Distribuídos na retina;
 - Níveis baixos de luz;



Percepção

- Foto-receptores:



Percepção

- Distribuição de foto-receptores:



Figura: Daltonismo vermelho-verde e visão normal

Percepção

•Intensidade:

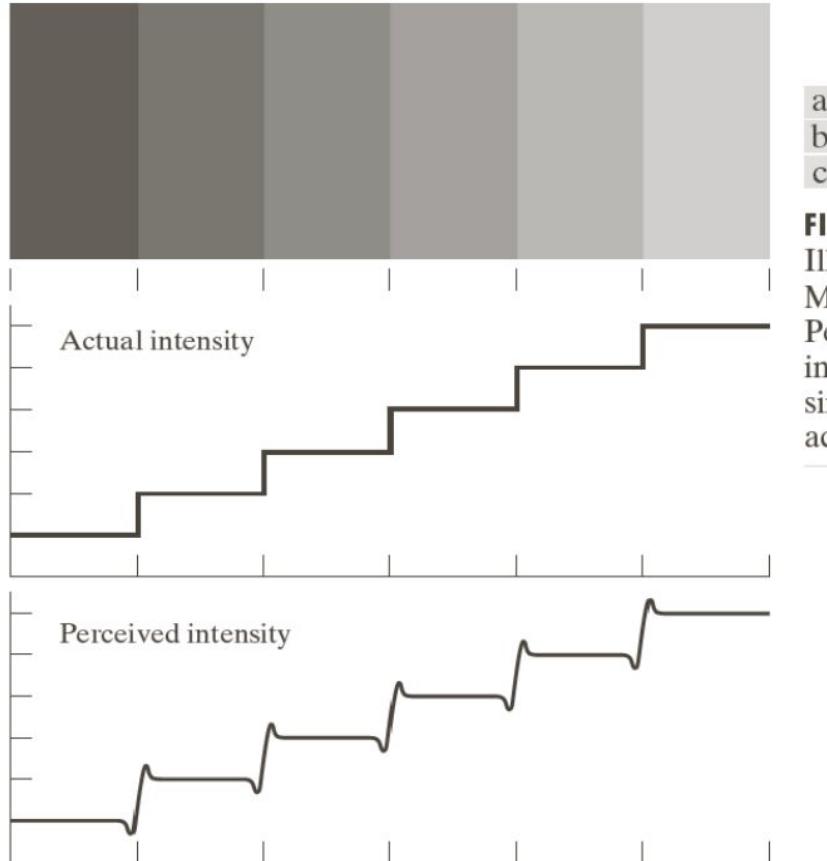
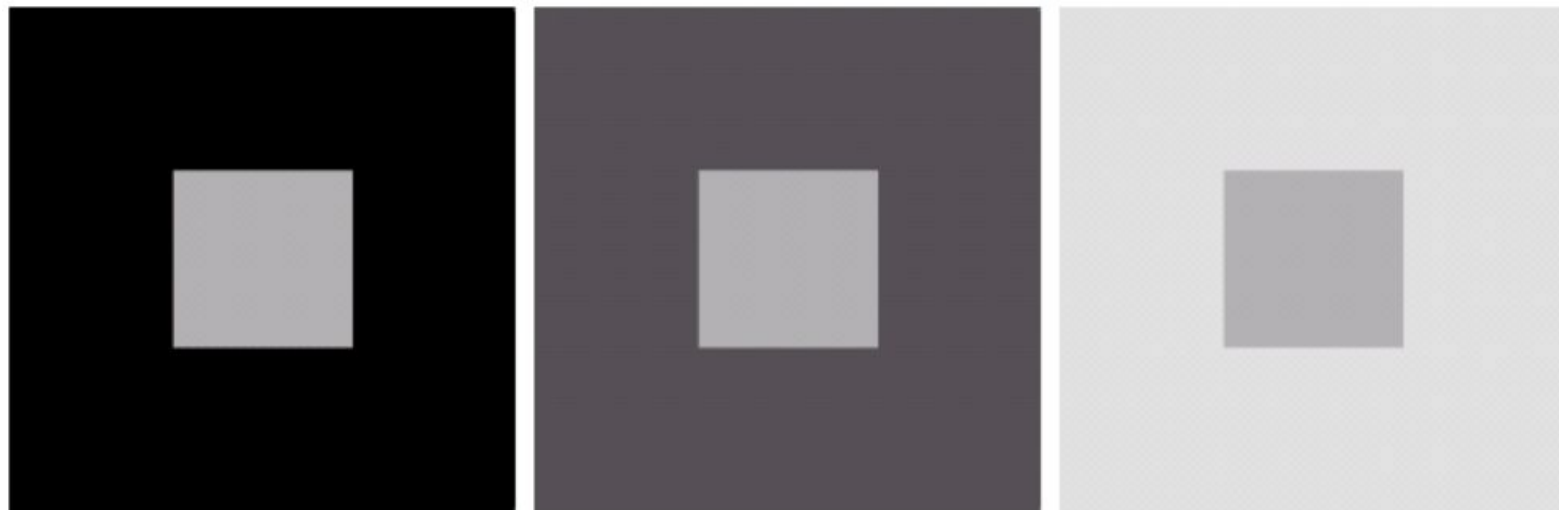


FIGURE 2.7
Illustration of the
Mach band effect.
Perceived
intensity is not a
simple function of
actual intensity.

Percepção

- Contraste:



a b c

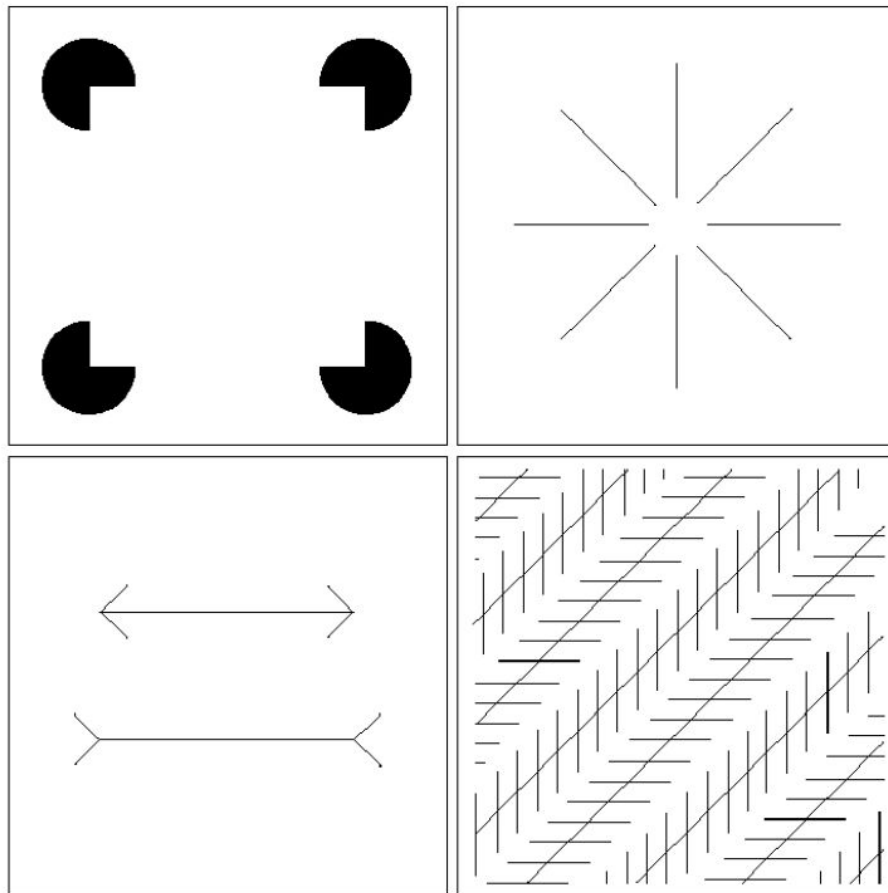
FIGURE 2.8 Examples of simultaneous contrast. All the inner squares have the same intensity, but they appear progressively darker as the background becomes lighter.

•Ilusões:

Percepção

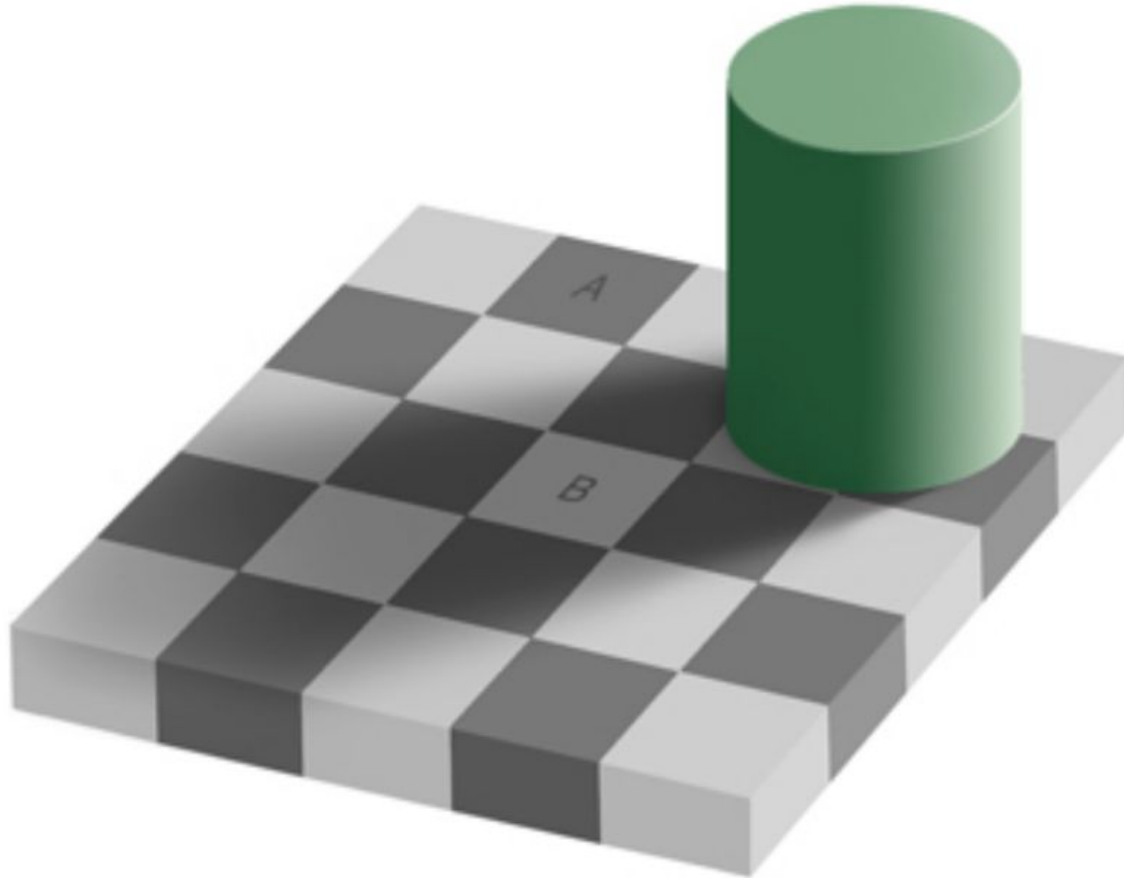
a b
c d

FIGURE 2.9 Some well-known optical illusions.



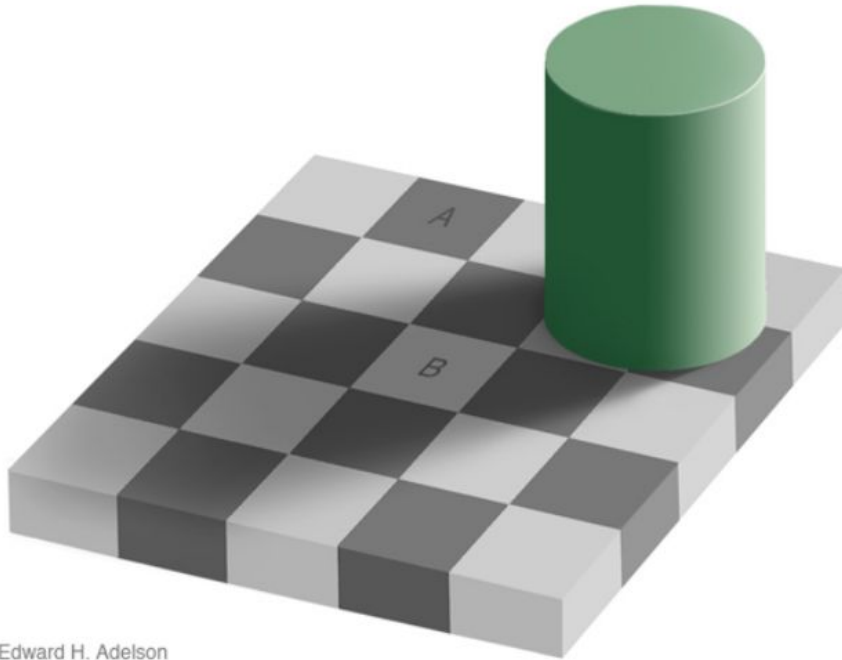
Percepção

• Ilusões:

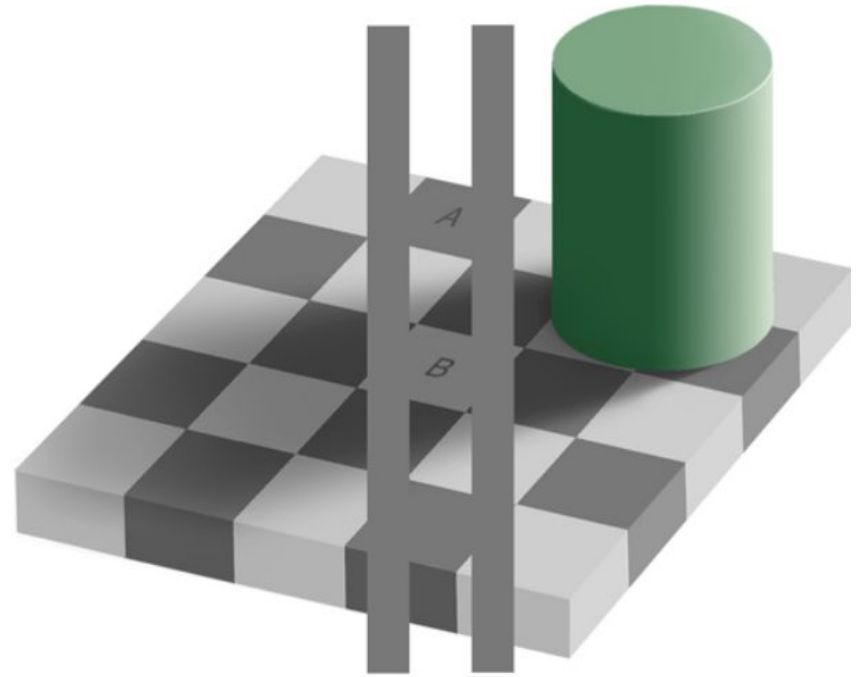


Percepção

- Ilusões:

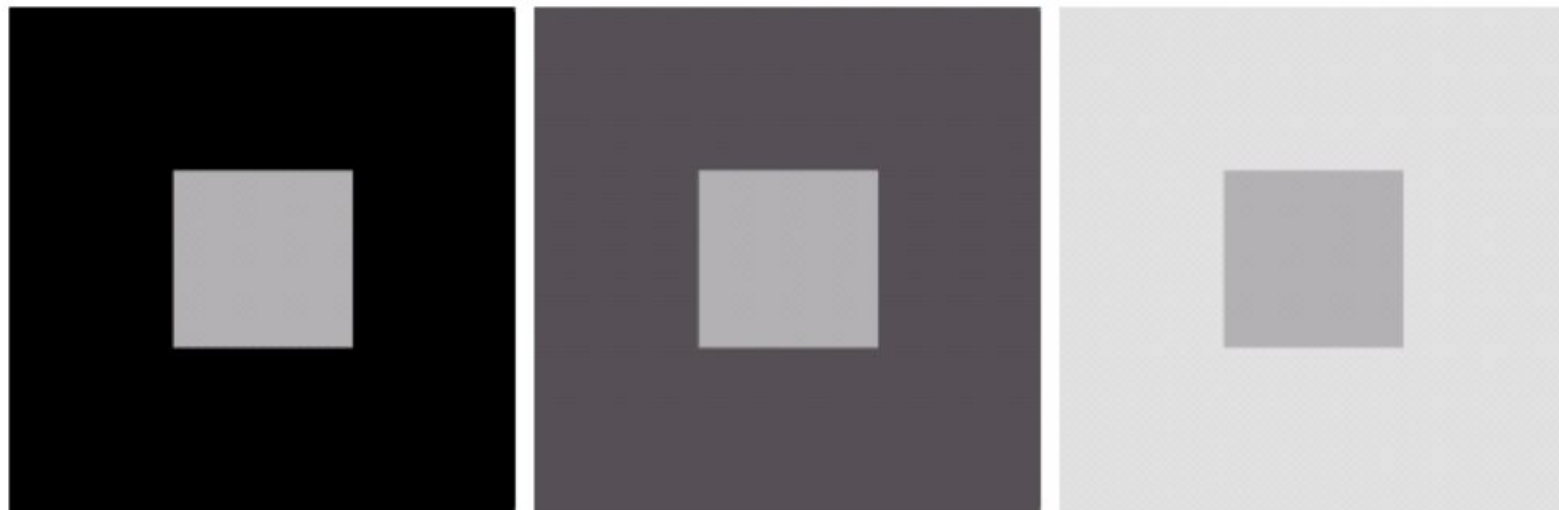


Edward H. Adelson



Percepção

- Contraste:



a b c

FIGURE 2.8 Examples of simultaneous contrast. All the inner squares have the same intensity, but they appear progressively darker as the background becomes lighter.

Então?

**QUAL A COR
DO TÊNIS?**

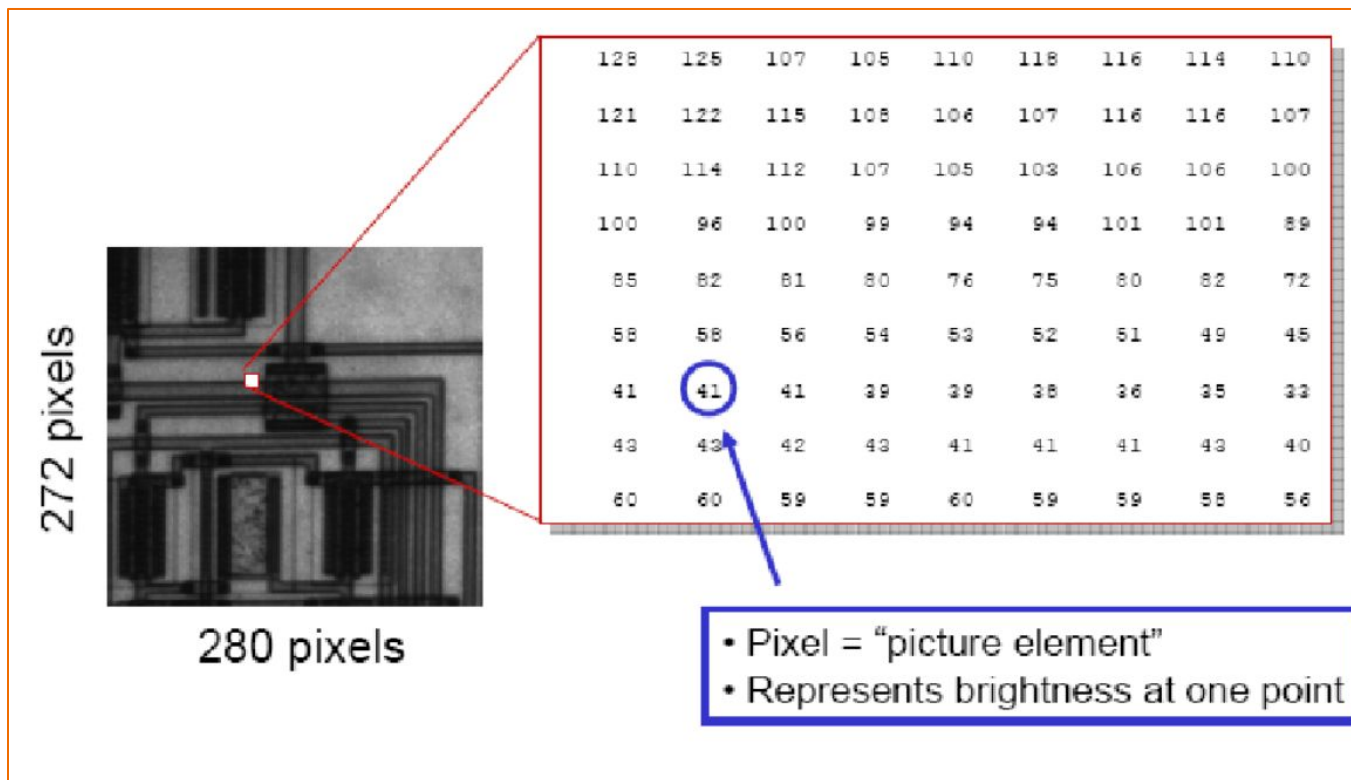
CINZA E
VERDE

BRANCO
E ROSA

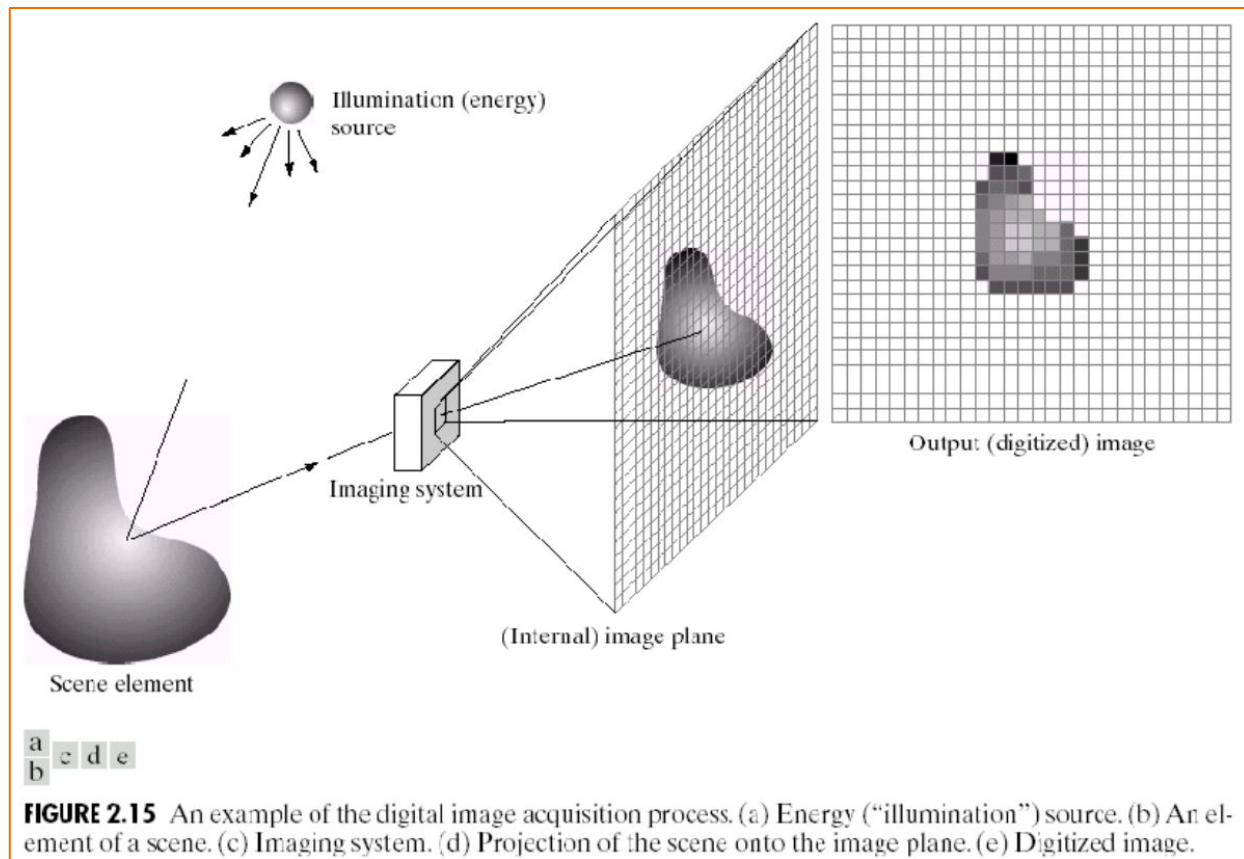


Imagem Digital

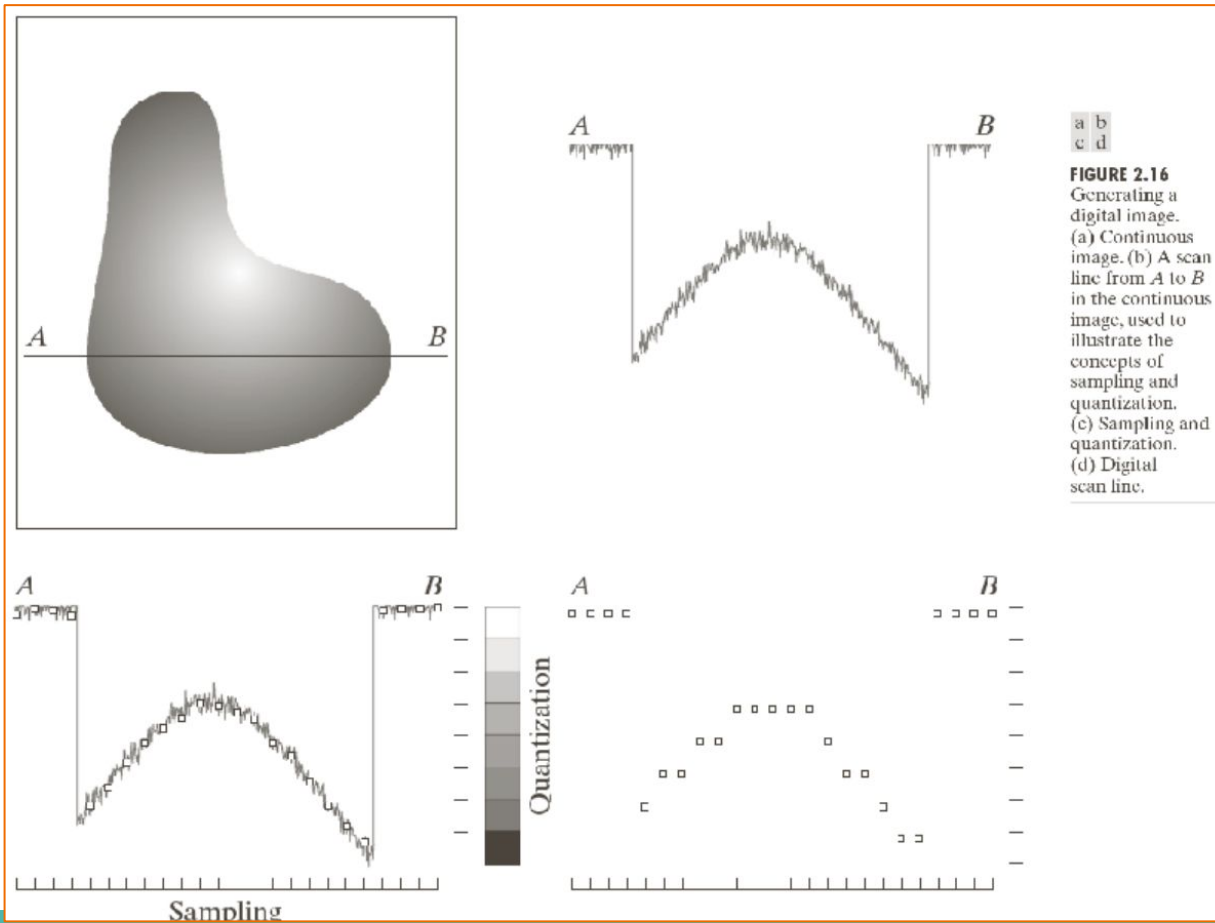
Imagens Digitais



Imagens Digitais



Imagens Digitais



Amostragem e Quantização

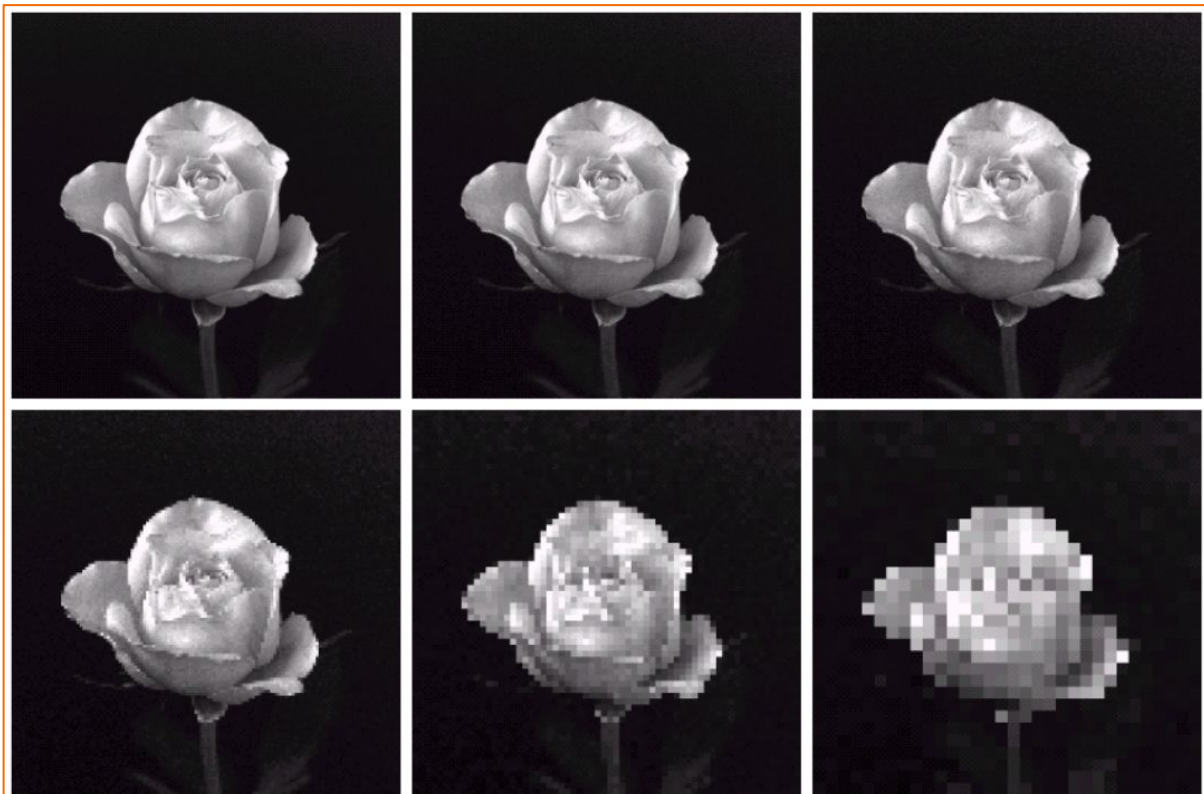
- **Resolução espacial (amostragem):**
 - Determina o menor detalhe percebido em uma imagem;
- **Resolução em Níveis de cinza/cores (quantização):**
 - A menor mudança no valor do nível de cinza que pode ser percebida/diferenciada;

Resolução Espacial



FIGURE 2.19 A 1024×1024 , 8-bit image subsampled down to size 32×32 pixels. The number of allowable gray levels was kept at 256.

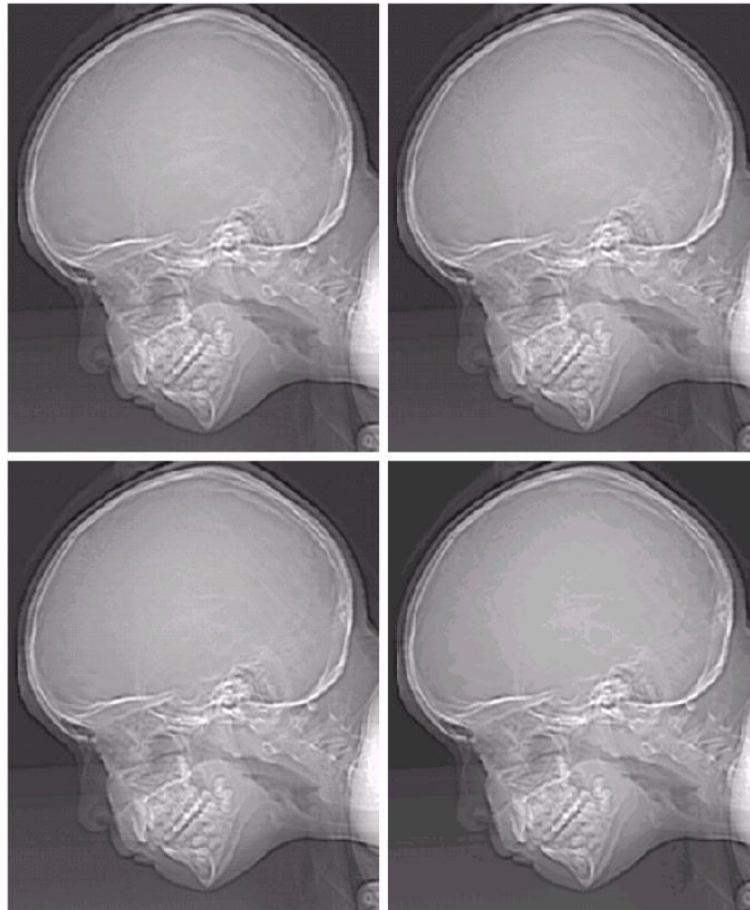
Resolução Espacial



a	b	c
d	e	f

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

Níveis de Cinza



a b
c d

FIGURE 2.21

(a) 452×374 ,
256-level image.
(b)–(d) Image
displayed in 128,
64, and 32 gray
levels, while
keeping the
spatial resolution
constant.

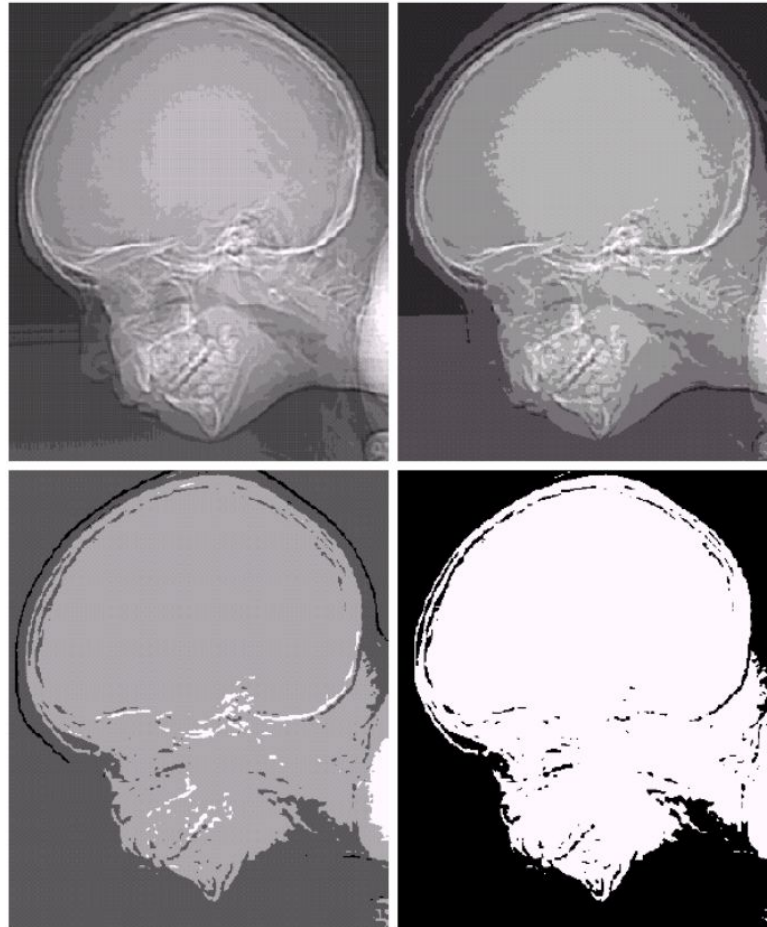
Resolução de Intensidade/Cor

$$L=2^k$$

Níveis de Cinza

e f
g h

FIGURE 2.21
(Continued)
(e)–(h) Image
displayed in 16, 8,
4, and 2 gray
levels. (Original
courtesy of
Dr. David
R. Pickens,
Department of
Radiology &
Radiological
Sciences,
Vanderbilt
University
Medical Center.)



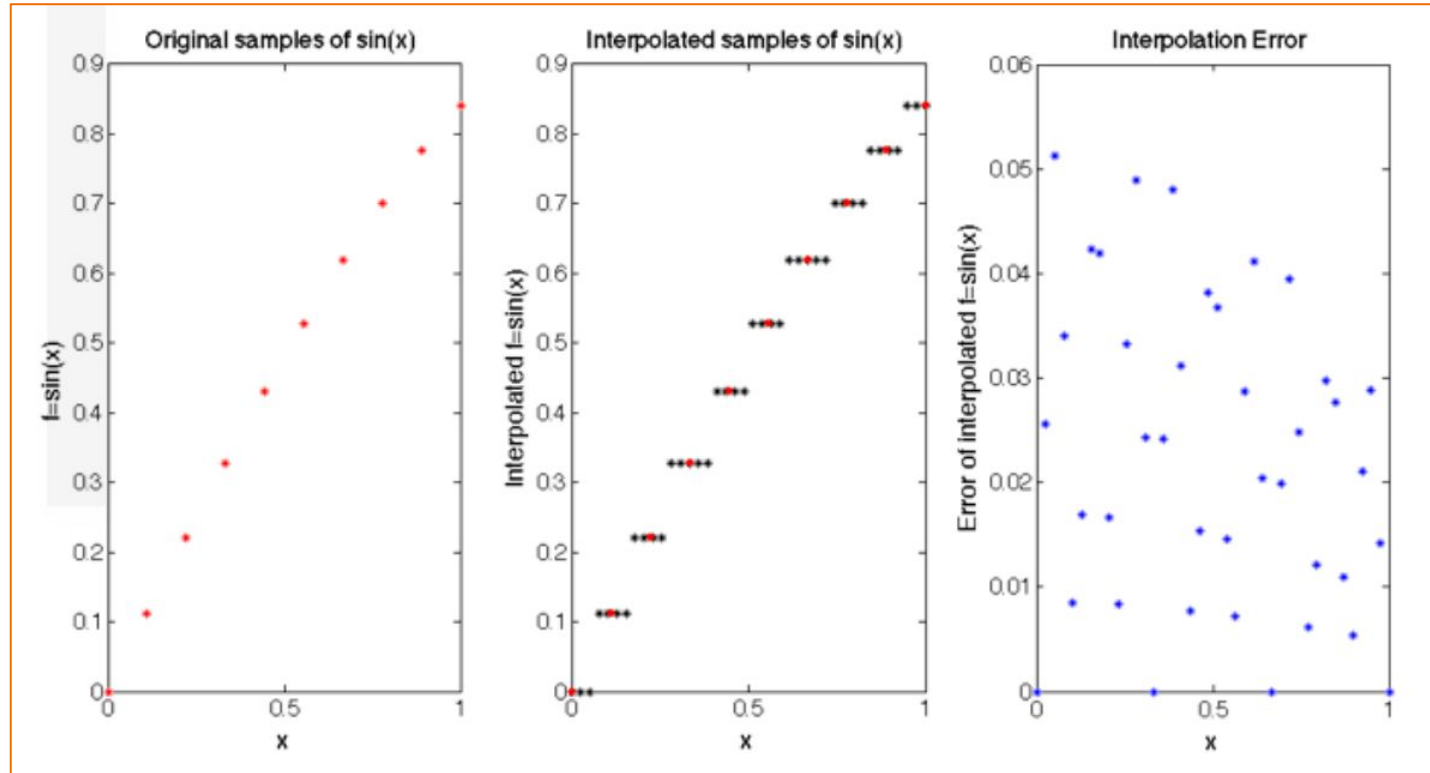
Resolução de
Intensidade/Cor

Interpolação

- A interpolação ou reamostragem de imagens é bastante usada em processamento de imagens e vídeos;
- Serve para ampliar, reduzir e rotacionar imagens;
- Também serve para corrigir distorção da lente, fazer interpolação de cores em dispositivos para aquisição de imagens, estabilizar tremor da câmera, corrigir a movimentação do paciente, normalizar imagens médicas que envolvem vários sujeitos;
- Em processamento de imagens interpolação é basicamente um processo no qual valores conhecidos são usados para estimar valores desconhecidos;**

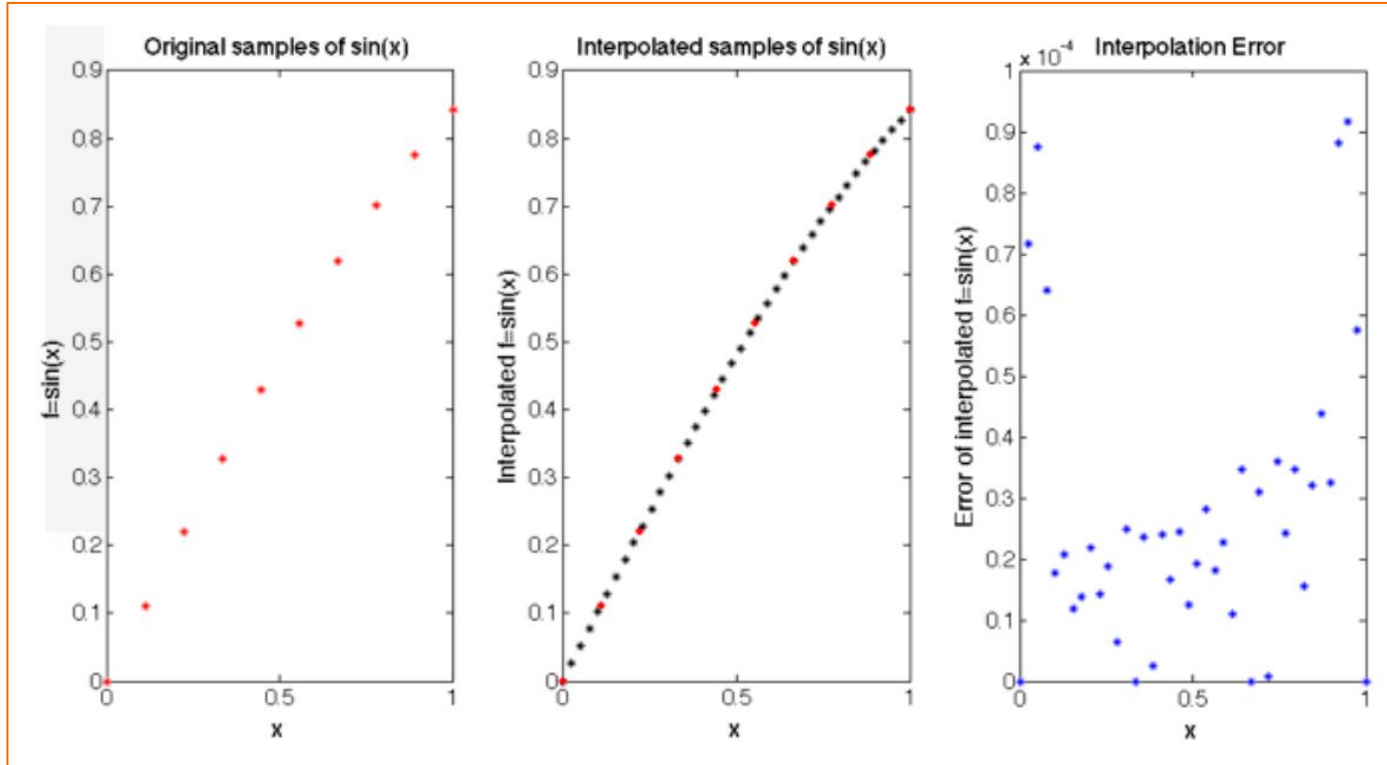
Interpolação - 1D

- Vizinho mais próximo:



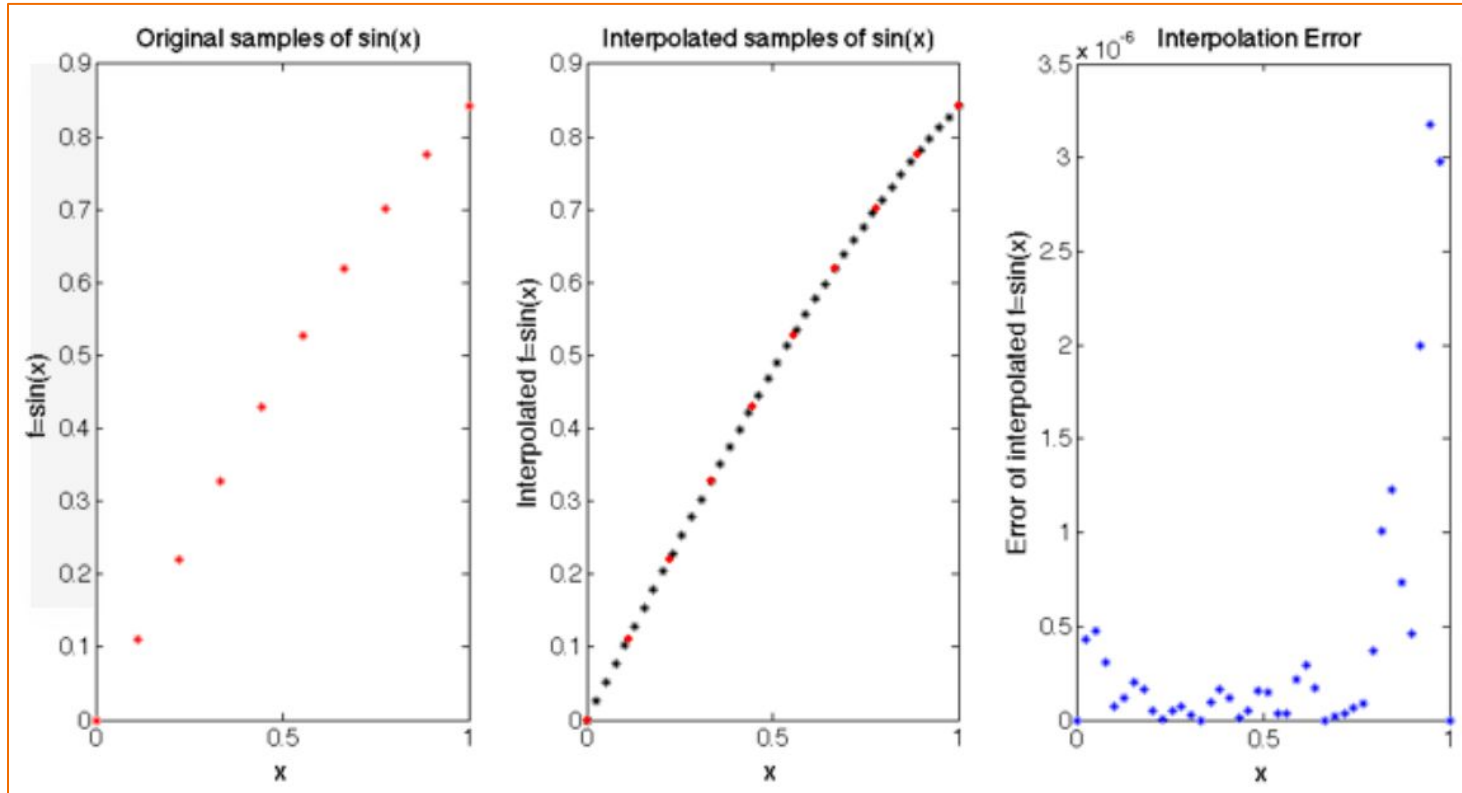
Interpolação - 1D

- **Bilinear:** $v(x, y) = a.x + b.y + c.x.y + d$



Interpolação - 1D

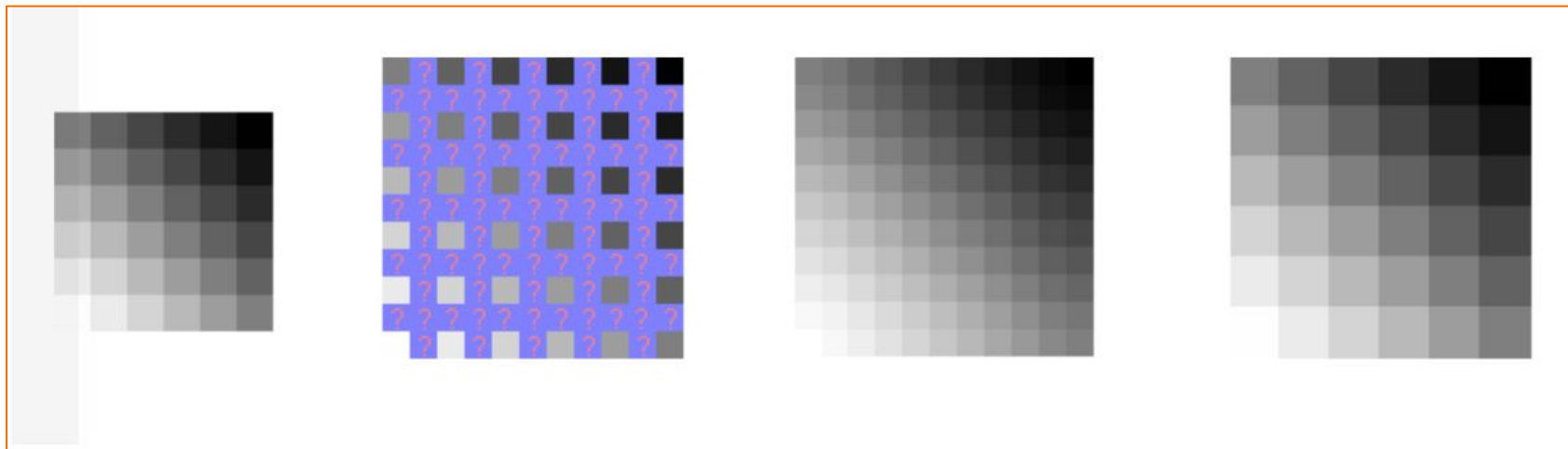
•Cúbica: $v(x) = a.x^3 + b.x^2 + c.x + d$



Interpolação Vizinho mais próximo 2D

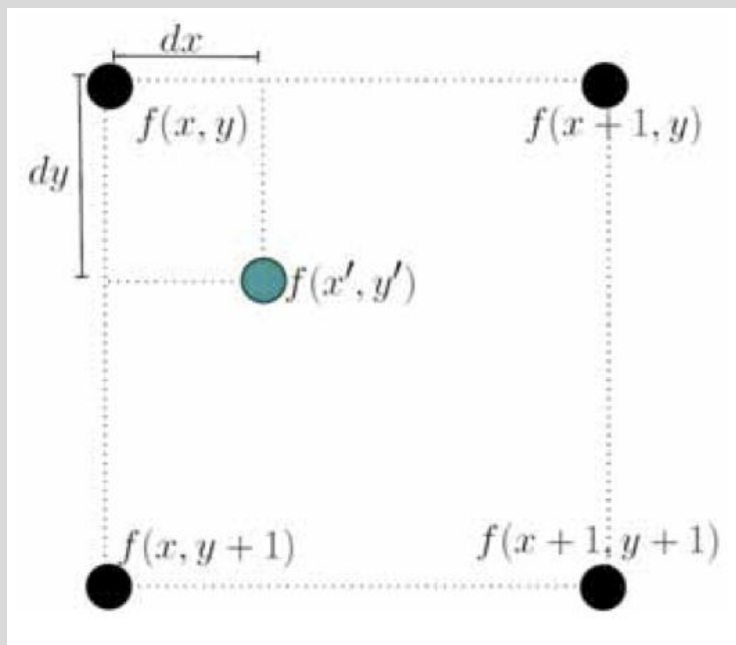
•Ampliação da imagem baseada no Método do Vizinho mais próximo (*Nearest Neighbour*):

- Atribui a cada nova posição o valor do pixel do seu vizinho mais próximo na imagem original;
- Replicação de pixels - caso específico em que a ampliação é por um faor inteiro



Interpolação Vizinho mais próximo 2D

- Efeito de blocos;
- Processamento rápido;
- Não cria novos valores (mantém estatísticas da imagem original);



$$f(x', y') = \begin{cases} f(x, y) & \text{para } dx < 0.5 \text{ e } dy < 0.5 \\ f(x + 1, y) & \text{para } dx \geq 0.5 \text{ e } dy < 0.5 \\ f(x, y + 1) & \text{para } dx < 0.5 \text{ e } dy \geq 0.5 \\ f(x + 1, y + 1) & \text{para } dx \geq 0.5 \text{ e } dy \geq 0.5 \end{cases}$$

Interpolação Vizinho mais próximo 2D

- **Método vizinho mais próximo:**

- Exemplo com uma imagem:

$$\begin{array}{cccc} \dots & f(i,j) & f(i,j+1) & \dots \\ \dots & f(i+1,j) & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

- Acrescentando linhas e colunas com zeros:

$$\begin{array}{ccccc} \dots & f(i,j) & 0 & f(i,j+1) & \dots \\ \dots & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \dots & f(i+1,j) & 0 & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

- Após a interpolação, usando o MVP:

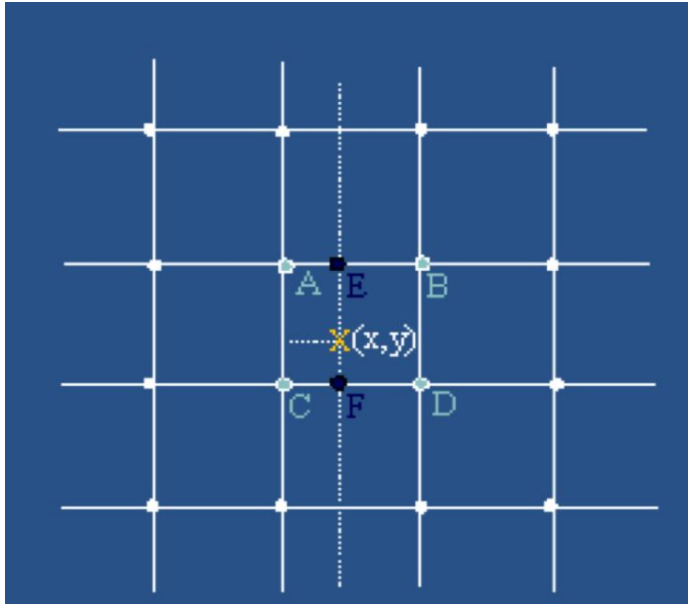
$$\begin{array}{cccc} \dots & f(i,j) & f(i,j) & f(i,j+1) & \dots \\ \dots & f(i,j) & f(i,j) & f(i,j+1) & \dots \\ \dots & f(i+1,j) & f(i+1,j) & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

Interpolação Vizinho mais próximo 2D



Interpolação Bilinear 2D

- O valor obtido pela média ponderada dos valores dos pixels E e F são transferidos para a posição X;
- Efeito de suavização devido à operação de média;



•Bilinear:

$$\begin{array}{ccccc} \dots & f(i,j) & & f(i,j+1) & \dots \\ \dots & f(i+1,j) & & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

- Acrescentando linhas e colunas com zeros:

$$\begin{array}{ccccccc} \dots & f(i,j) & a & f(i,j+1) & \dots \\ \dots & b & c & d & \dots \\ \dots & f(i+1,j) & e & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

$$a = (f(i,j) + f(i,j+1)) / 2$$

$$e = (f(i+1,j) + f(i+1,j+1)) / 2$$

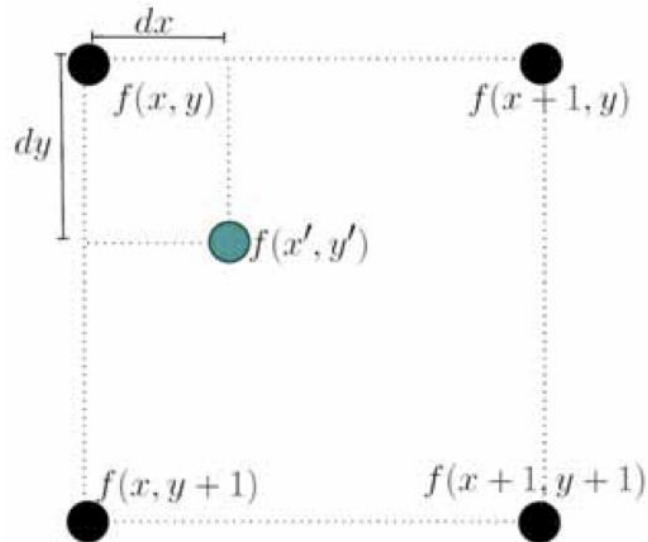
$$b = (f(i,j) + f(i+1,j)) / 2$$

$$d = (f(i,j+1) + f(i+1,j+1)) / 2$$

$$c = (f(i,j) + f(i,j+1) + f(i+1,j) + f(i+1,j+1)) / 4$$

Interpolação Bilinear 2D

$$f(x', y') = (1 - dx) \cdot (1 - dy) \cdot f(x, y) + dx \cdot (1 - dy) \cdot f(x + 1, y) + (1 - dx) \cdot dy \cdot f(x, y + 1) + dx \cdot dy \cdot f(x + 1, y + 1)$$

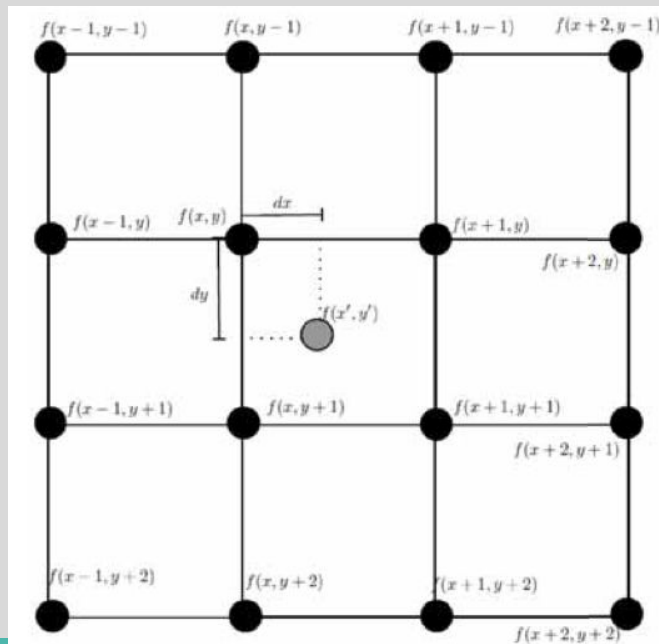


Interpolação Bilinear 2D

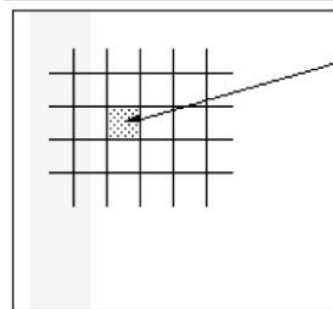


Interpolação Bicúbica 2D

- 16 vizinhos: $p(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x_i y_j$
- Em geral, a interpolação bicúbica realiza um papel melhor de preservar detalhes do que a bilinear;
- A bicúbica é a adotada como padrão por *softwares* comerciais como Adobe Photoshop e Corel;



Interpolação Bicúbica 2D

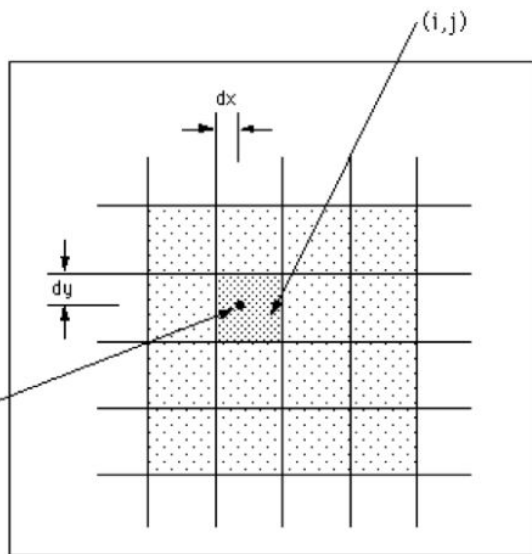


Final image

$$F(i',j') = \sum_{m=-1}^2 \sum_{n=-1}^2 F(i+m, j+n) R(m-dx) R(dy-n)$$

$$R(x) = \frac{1}{6} [P(x+2)^3 - 4P(x+1)^3 + 6P(x)^3 - 4P(x-1)^3]$$

$$P(x) = \begin{cases} x & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases}$$



Original image

Interpolação Bicúbica 2D



Fim!

Referências

- [1] GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. Image processing. Digital image processing, v. 2, p. 1, 2007.
- [2] Al Bovik, Handbook of Image and Video Processing, Academic Press.