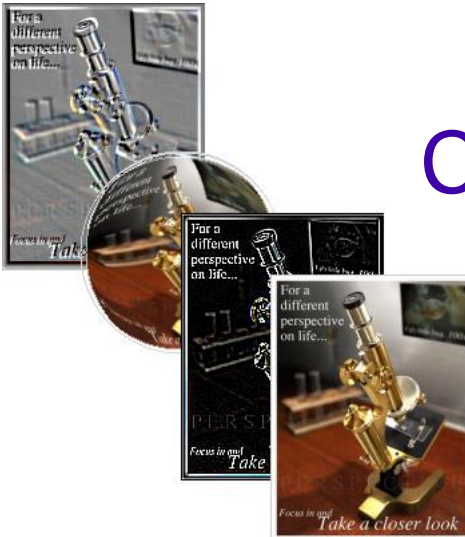
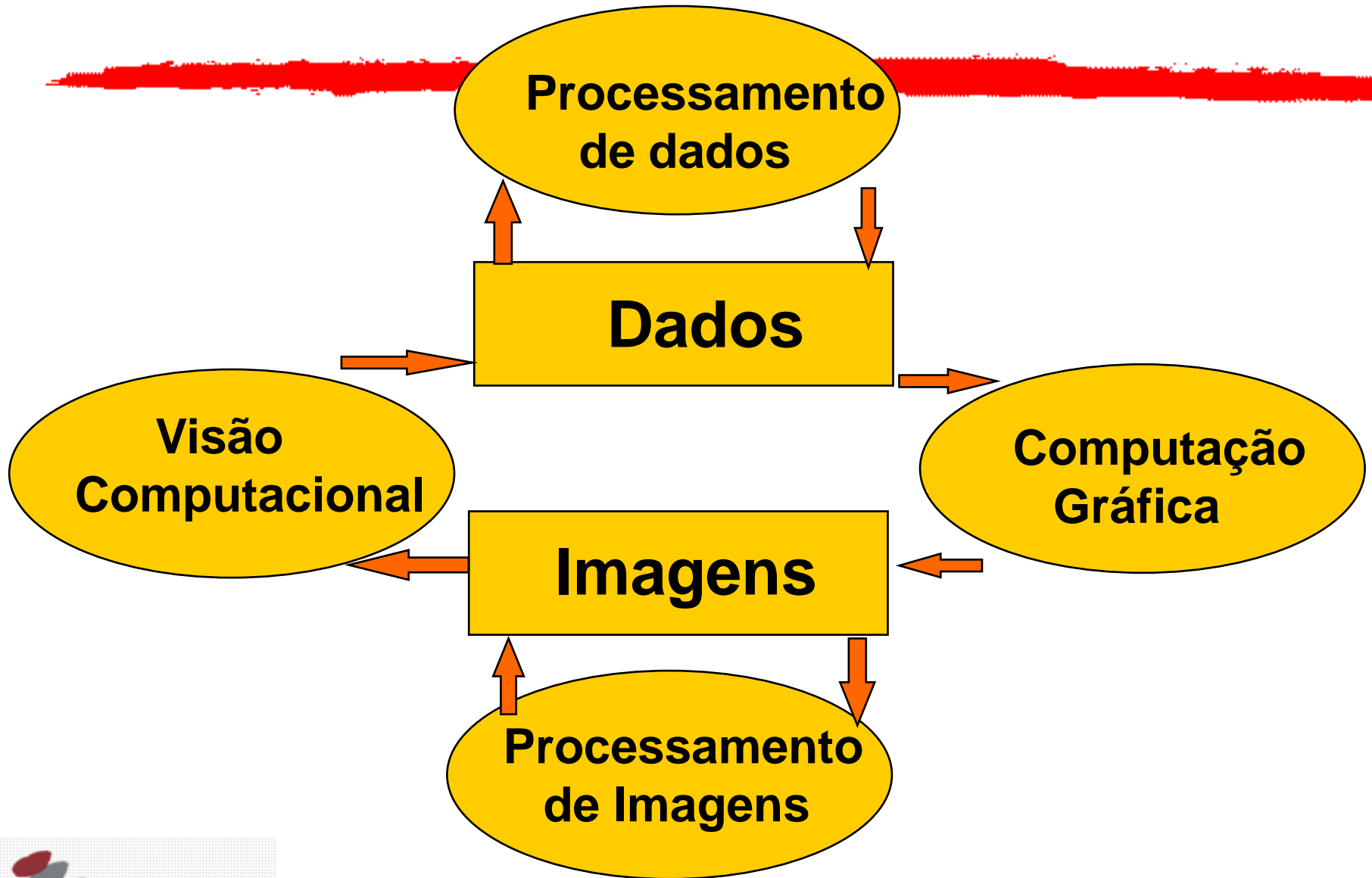


Processamento de Imagens

Carlos Alexandre Barros de Mello
CIn/UFPE

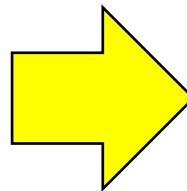


Áreas Correlatas



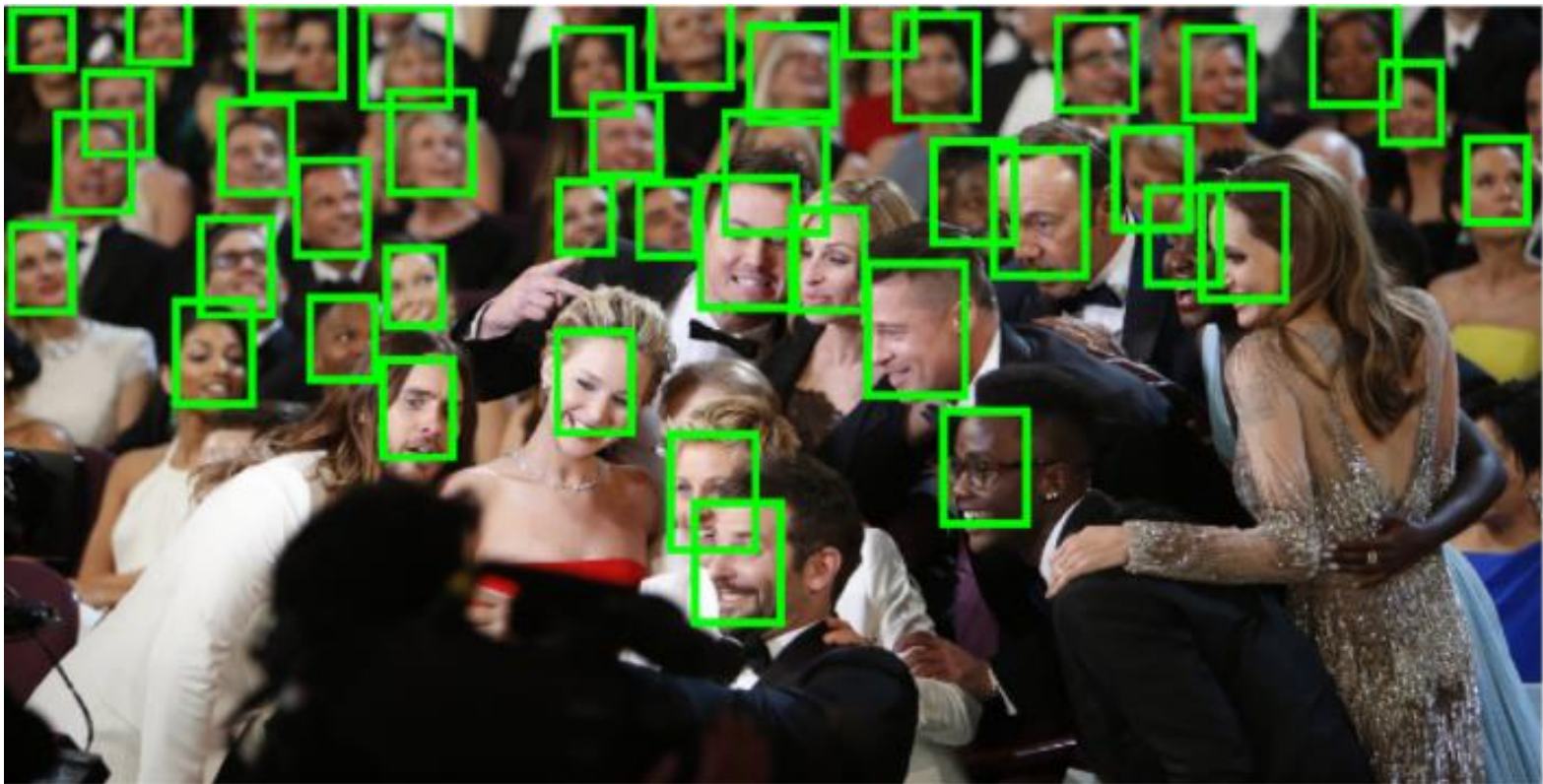
Áreas Correlatas

- Processamento de Imagens



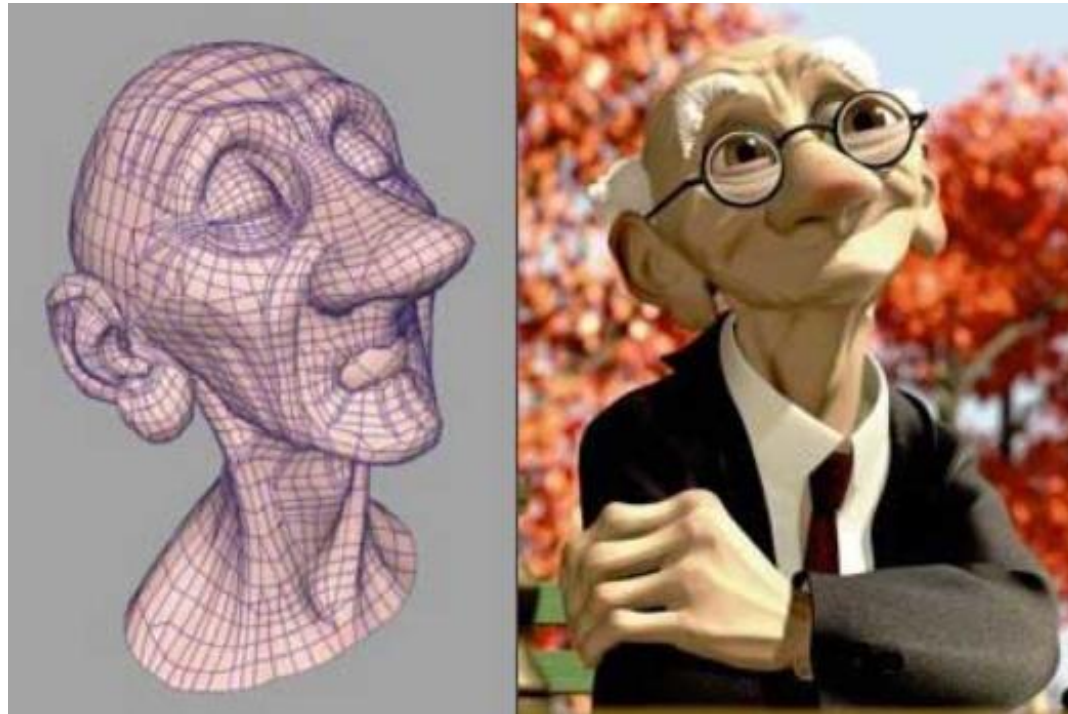
Áreas Correlatas

- Visão Computacional



Áreas Correlatas

- Computação Gráfica



Processamento de Imagens

- Objetivos

- Melhoria da informação visual para interpretação humana/máquina
- Armazenamento/Transmissão
- Efeitos Digitais

Processamento Digital de Imagens

Melhoria da Informação Visual

- Exemplo:
 - Observe a imagem a seguir... O que está escrito nela ?



- O fato do olho humano não perceber a diferença entre tons próximos não quer dizer que eles não existam...

Processamento Digital de Imagens

Melhoria da Informação Visual

- Mesma imagem com aumento de brilho (143%) e contraste (79%)....



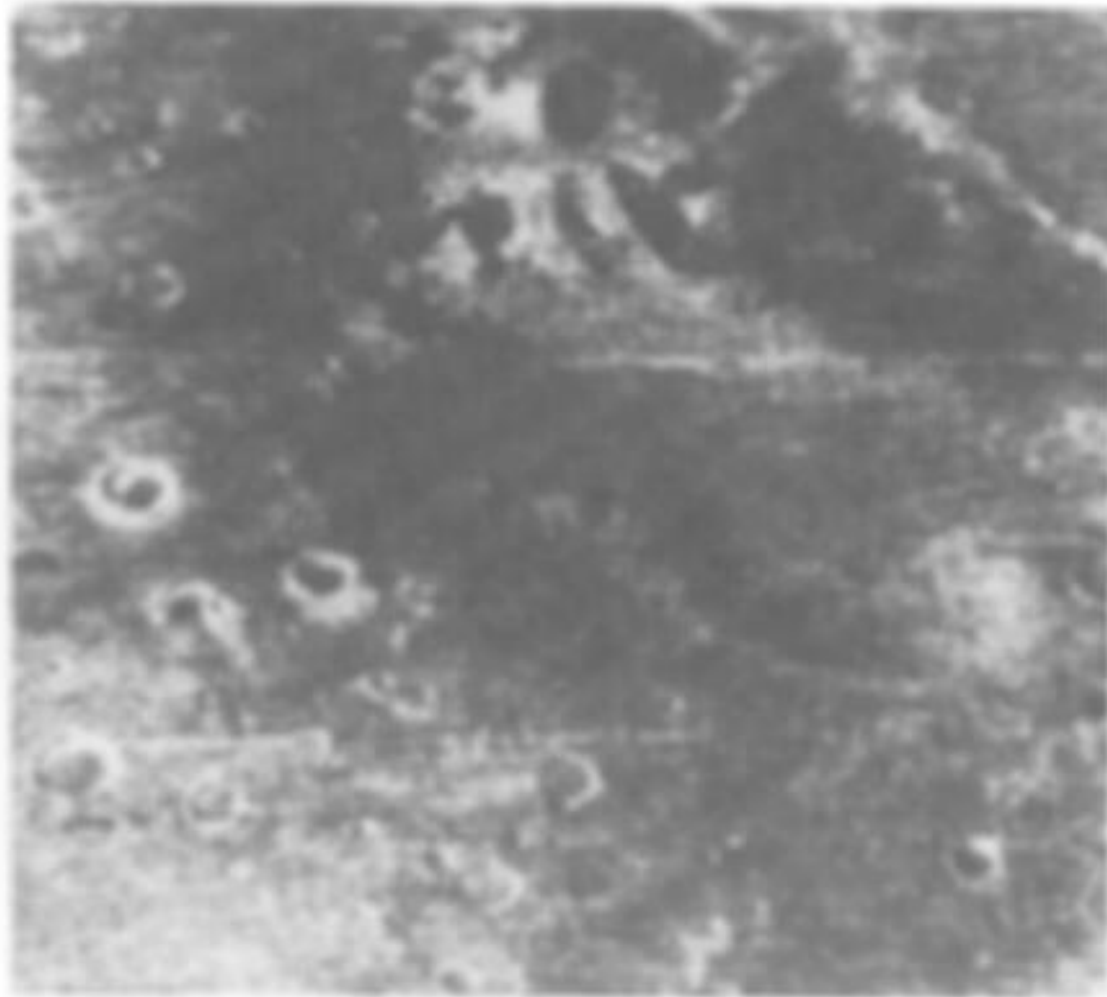
- A mensagem já estava presente; apenas intensificamos as diferenças entre os tons....

Processamento de Imagens

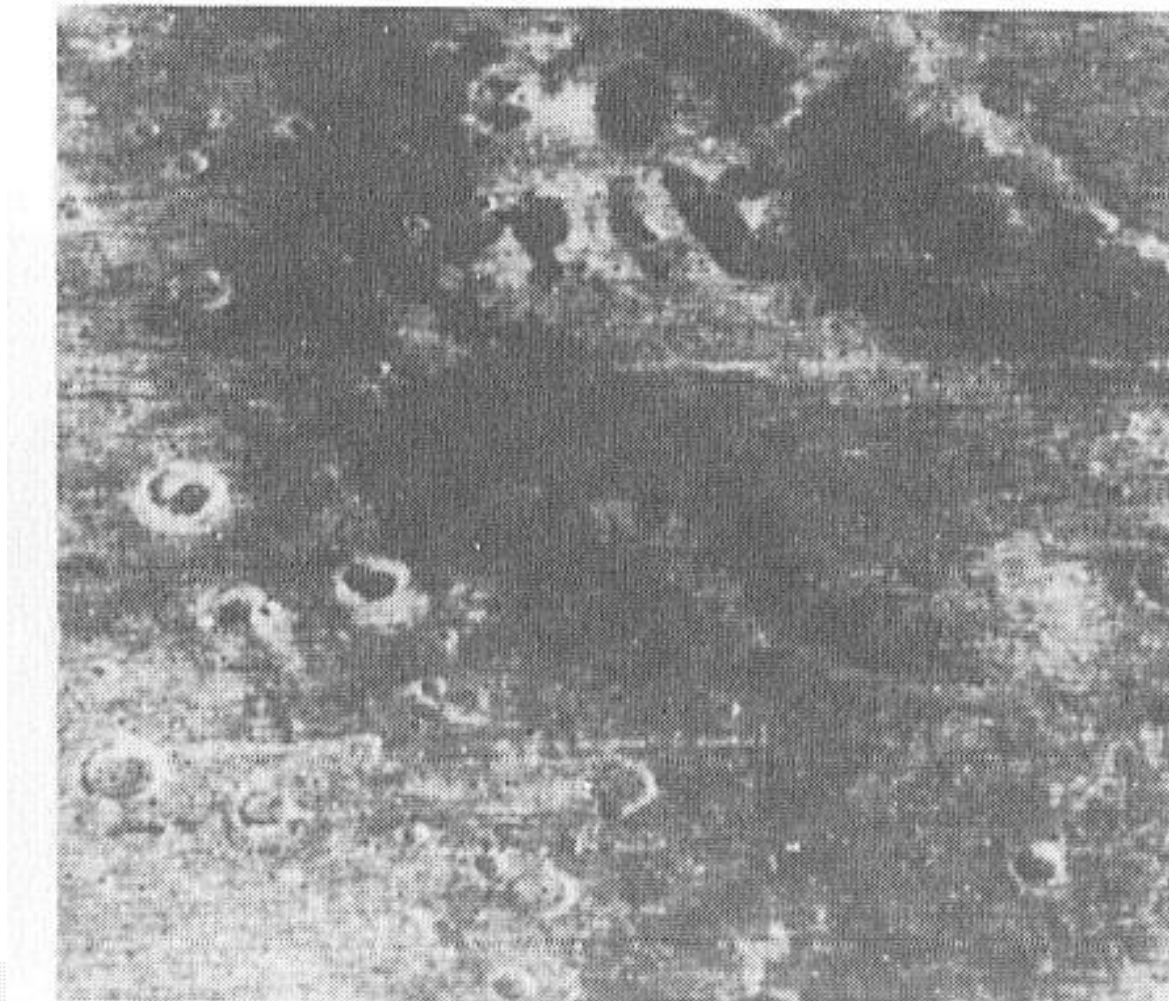
Software

- MatLab
- SciLab
- Wolfram Alpha
- Octave
- Ferramentas Comerciais
 - Photoshop
 - PaintShop Pro
- Python, Java, OpenCV

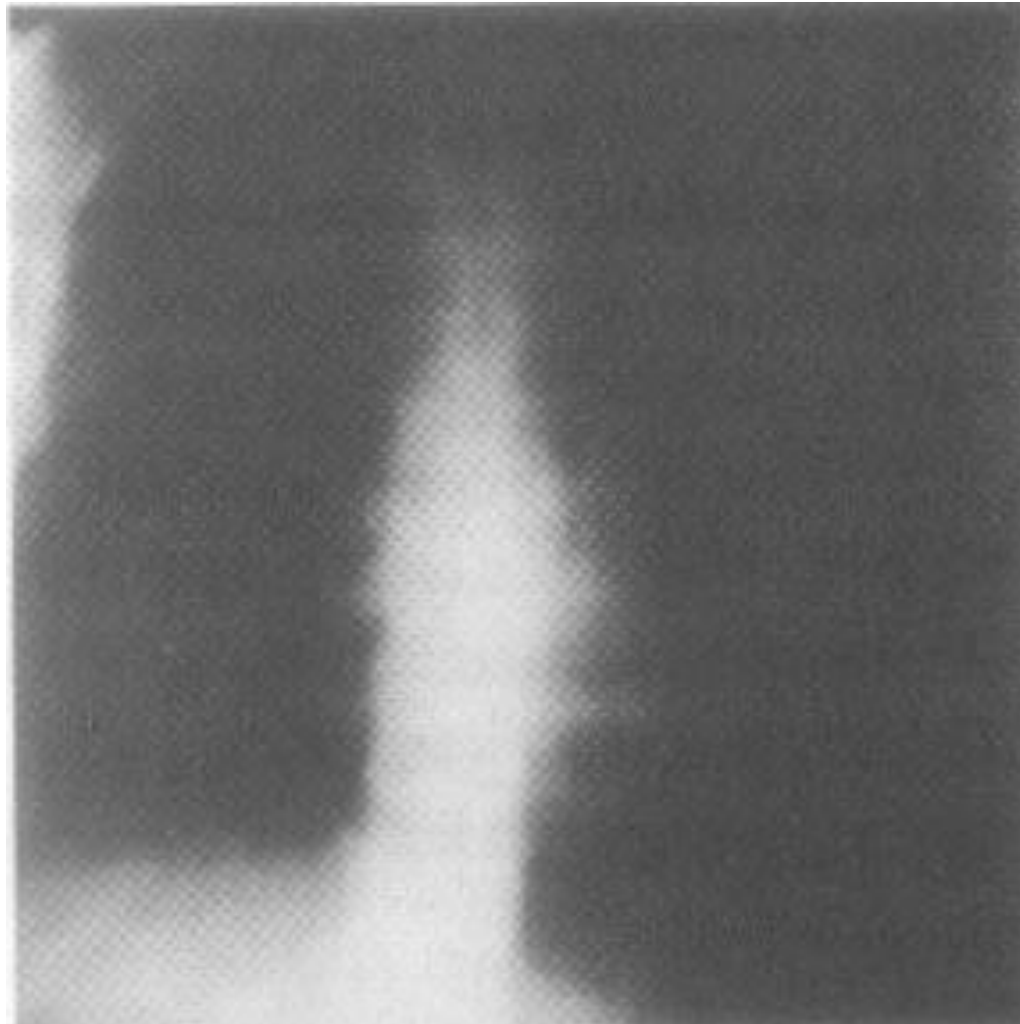
Imagens Espaciais: superfície de Marte



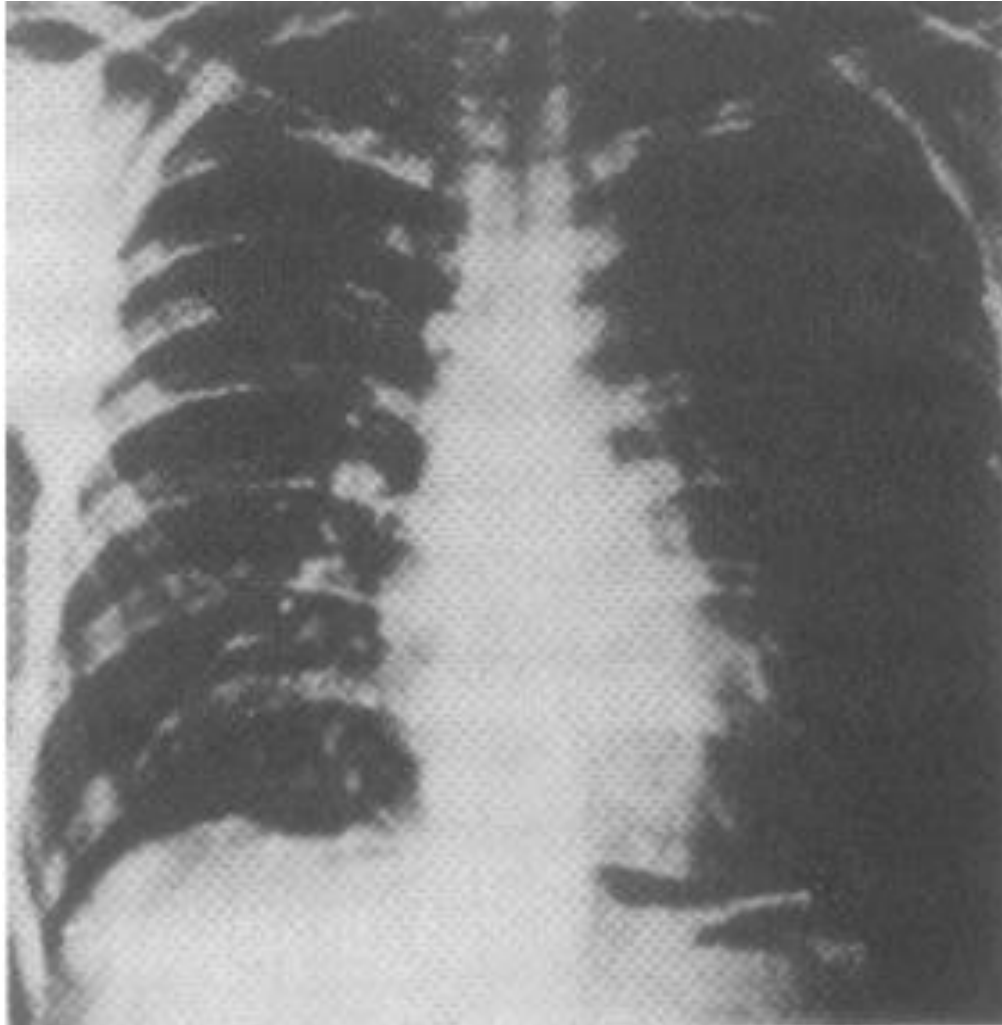
Imagens Espaciais: Filtragem reduz ruídos de transmissão



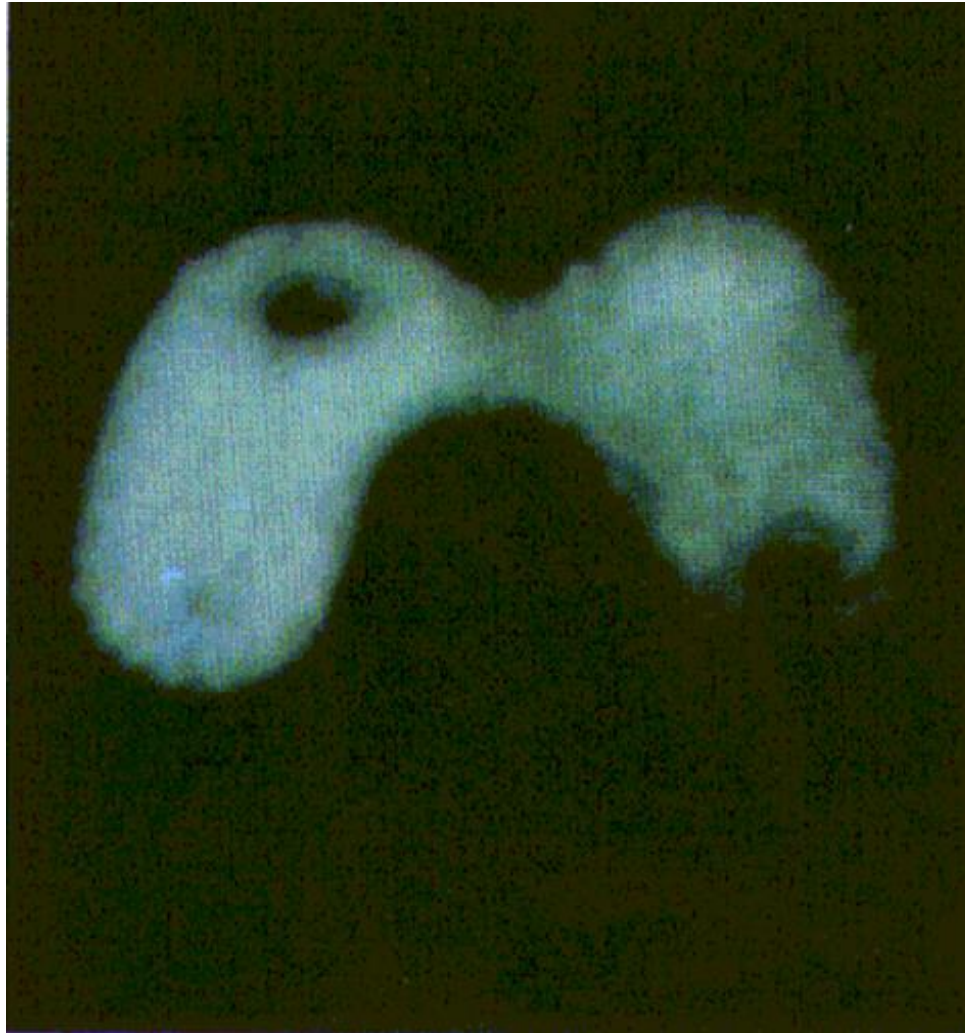
Imagens Médicas: Raio-X de tórax



Imagens Médicas: contraste e contorno melhorados



Imagens Médicas: imagem tomográfica monocromática



Imagens Médicas: imagem tomográfica colorizada

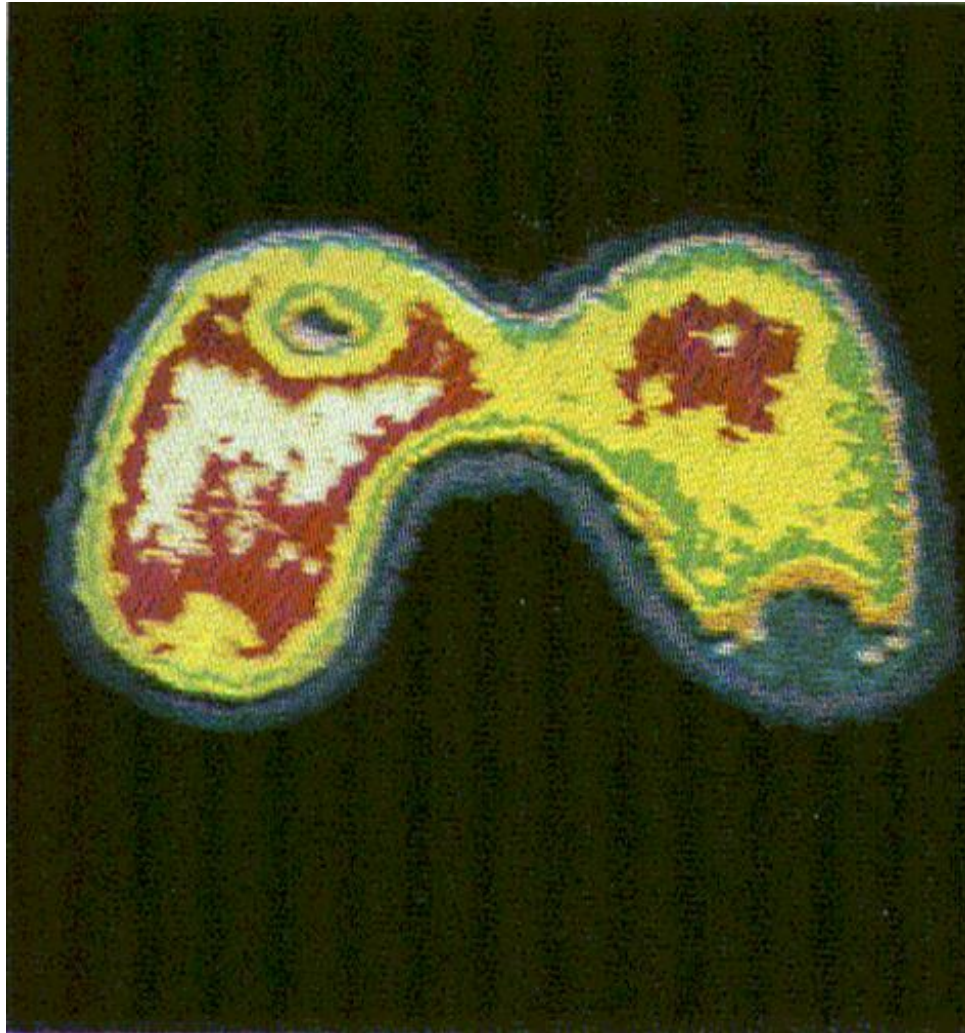


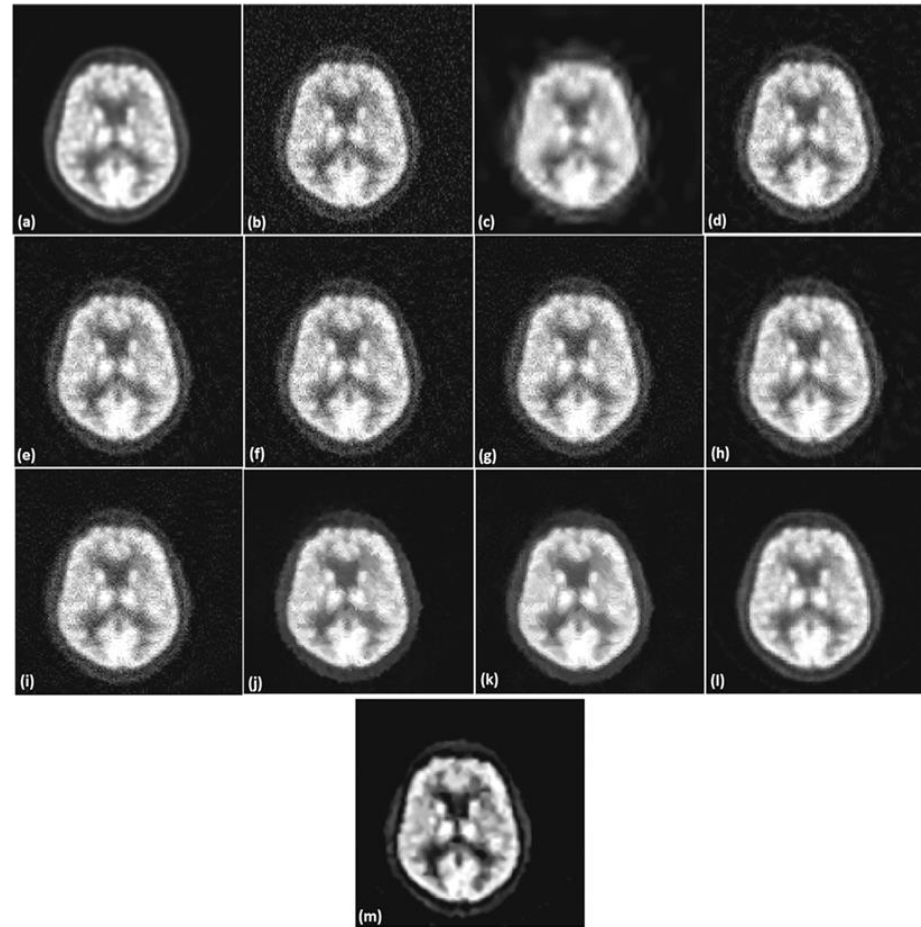
Imagem sobreposta e deslocada



Imagem filtrada



Image Denoising



Fonte: “An efficient method for PET image denoising by combining multi-scale transform and non-local means”
Multimedia Tools and Applications volume 79, pages 29087–29120 (August 2020)
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-020-08936-0>

Image Denoising and Super-Resolution



(a) Input ($\sigma = 2.9$)



(b) RCAN [63]



(c) ESRGAN [54]



(d) IKC [22]



(e) Ground-truth



(f) RCAN + SFM



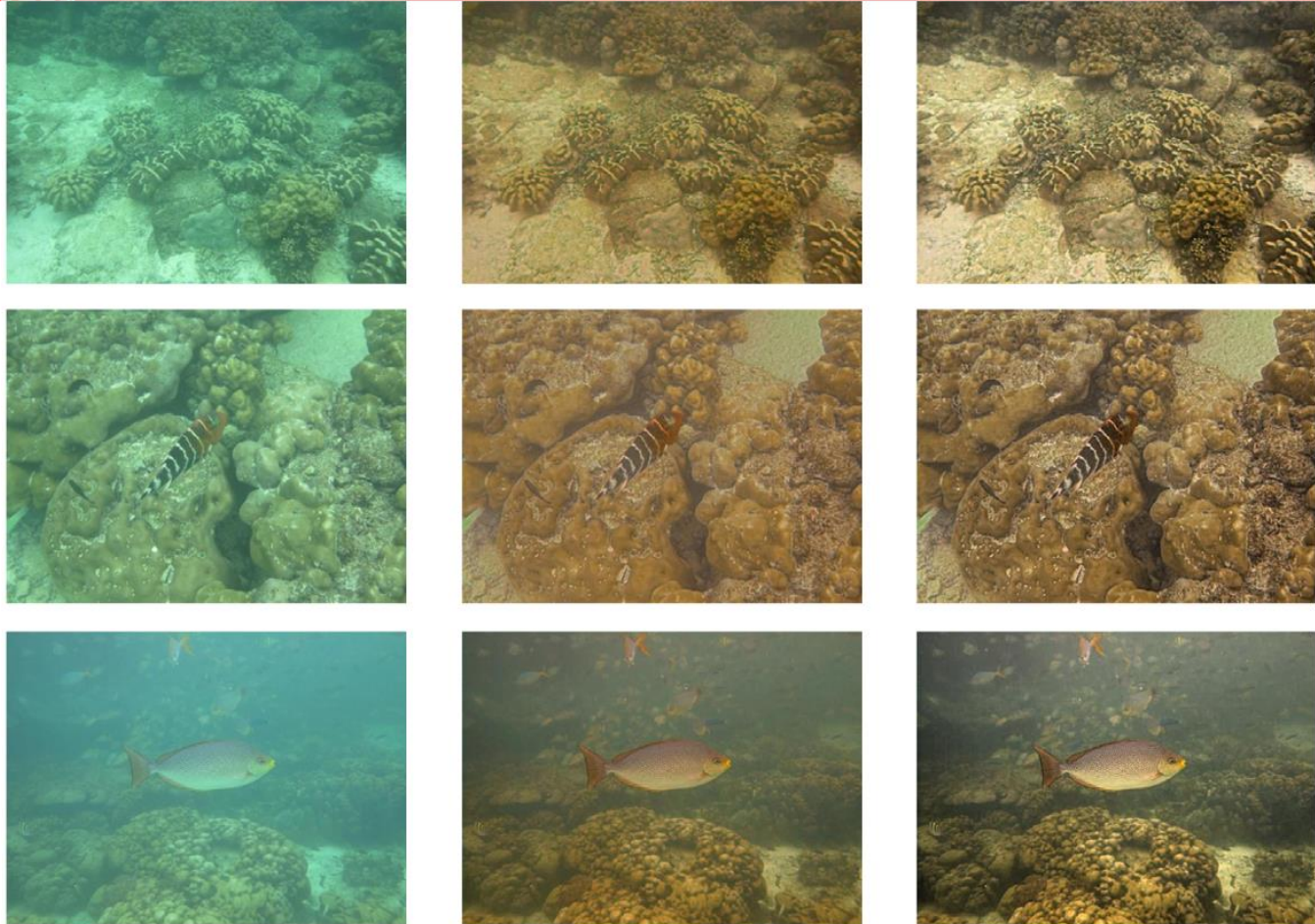
(g) ESRGAN + SFM



(h) IKC + SFM

Fonte: "Stochastic Frequency Masking to Improve Super-Resolution and Denoising Networks"
ECCV 2020, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-58517-4_44

Contrast Enhancement



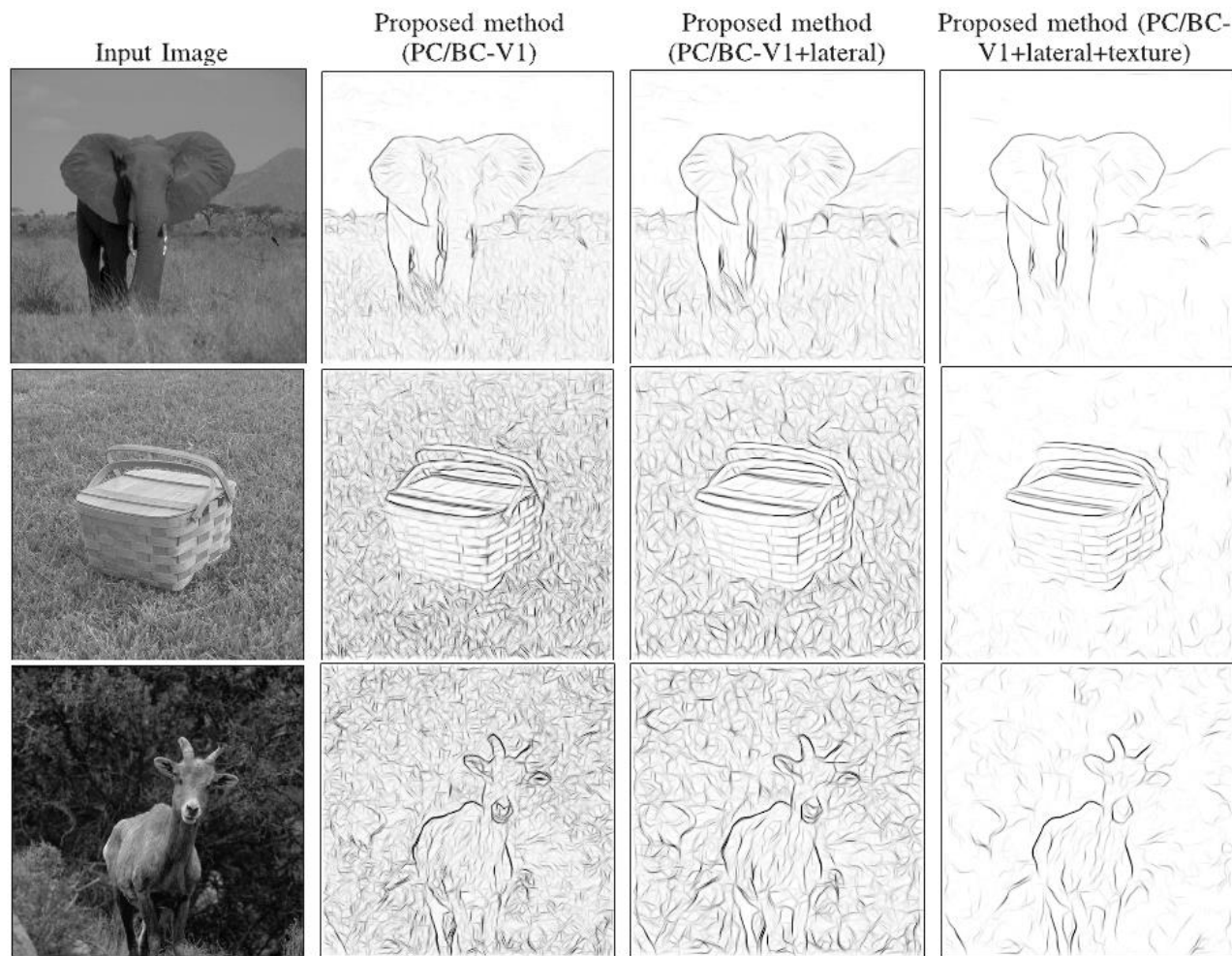
Fonte: "Underwater scene prior inspired deep underwater image and video enhancement"
Pattern Recognition, 2020
<https://doi.org/10.1016/j.patcog.2019.107038>

Edge Detection by Saliency Map



Fonte: "Saliency-Driven Active Contour Model for Image Segmentation"
IEEE Access, 2020
<http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3038945>

Saliency Map for Image Segmentation



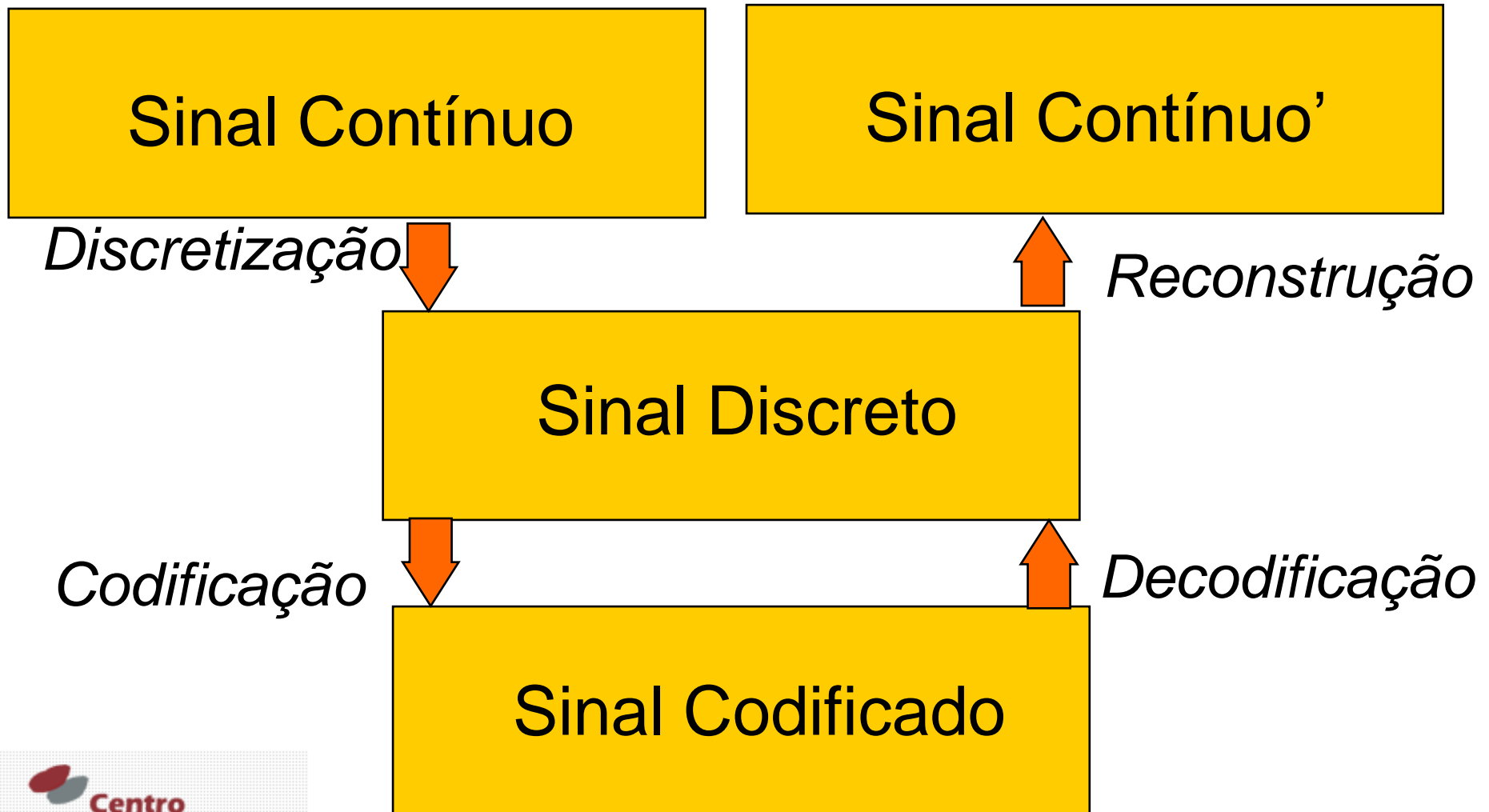
Fonte: Michael W. Spratling, "Image Segmentation Using a Sparse Coding Model of Cortical Area V1", IEEE Trans.on Image Processing, V.22, No.4, Abril 2013

Imagem Digital

Carlos Alexandre Barros de Mello
CIn/UFPE

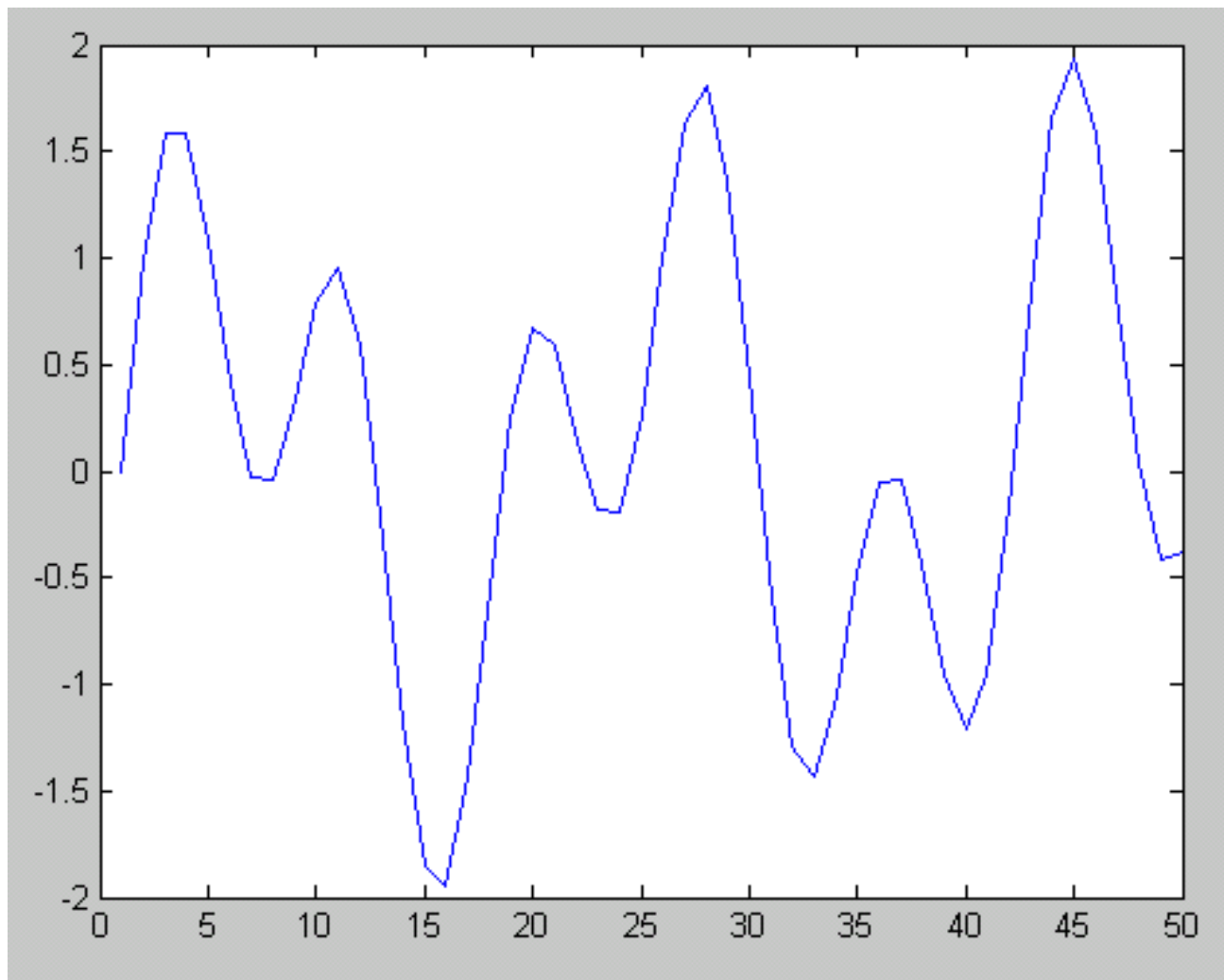


Representação da Informação



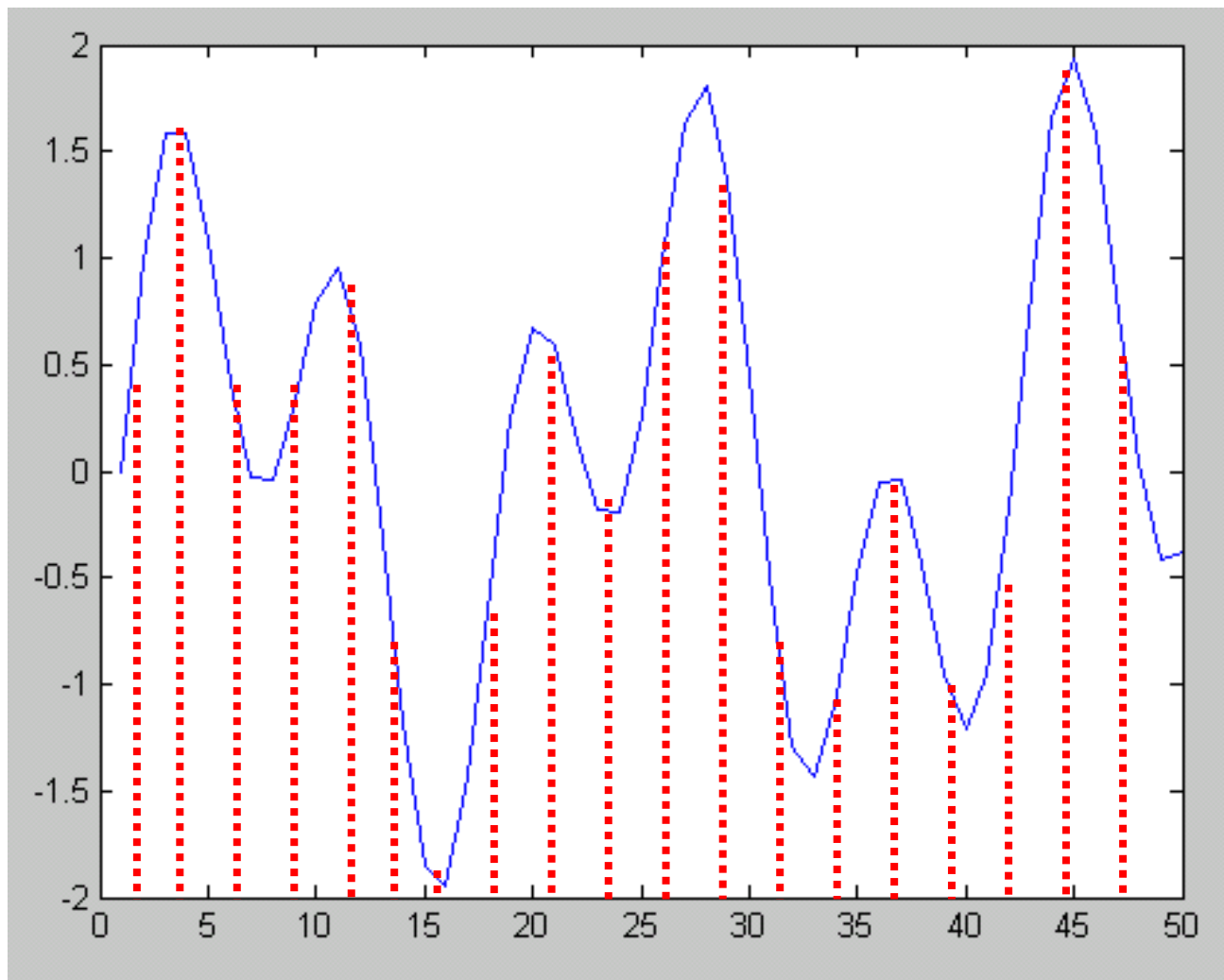
Amostragem e Quantização

**Sinal
Original**



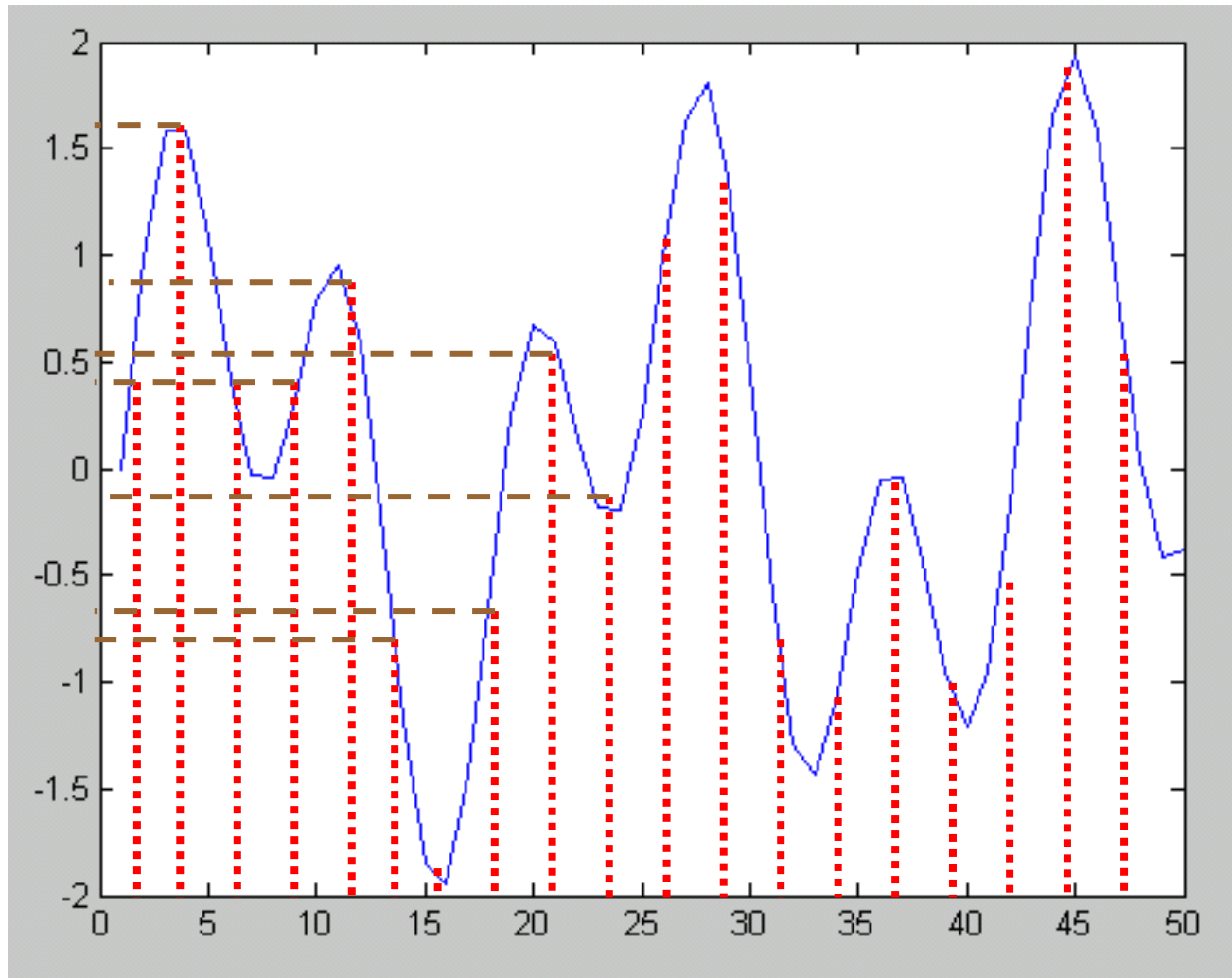
Amostragem e Quantização

Amostragem



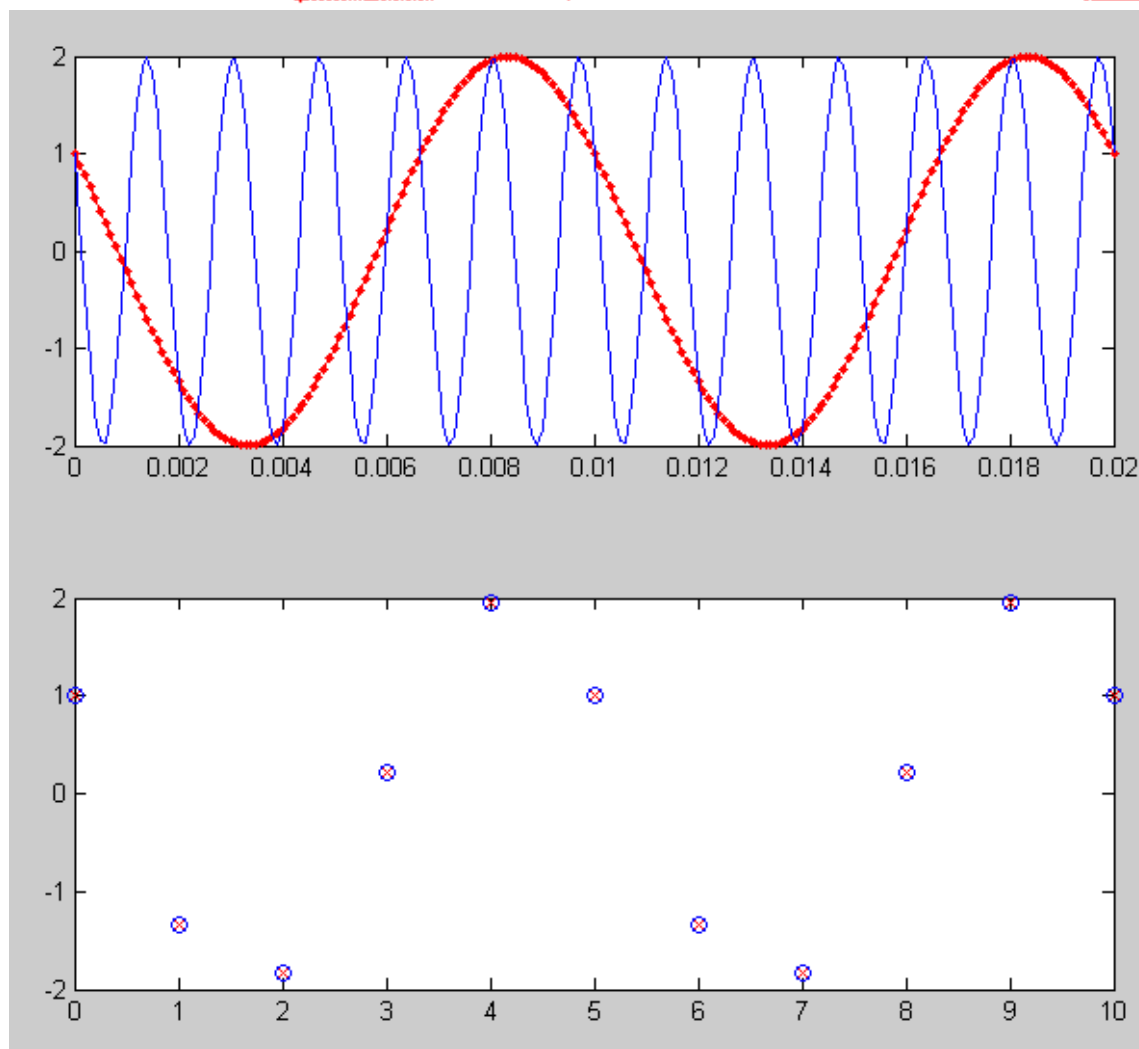
Amostragem e Quantização

Quantização



Amostragem e Quantização

Cuidados na Amostragem



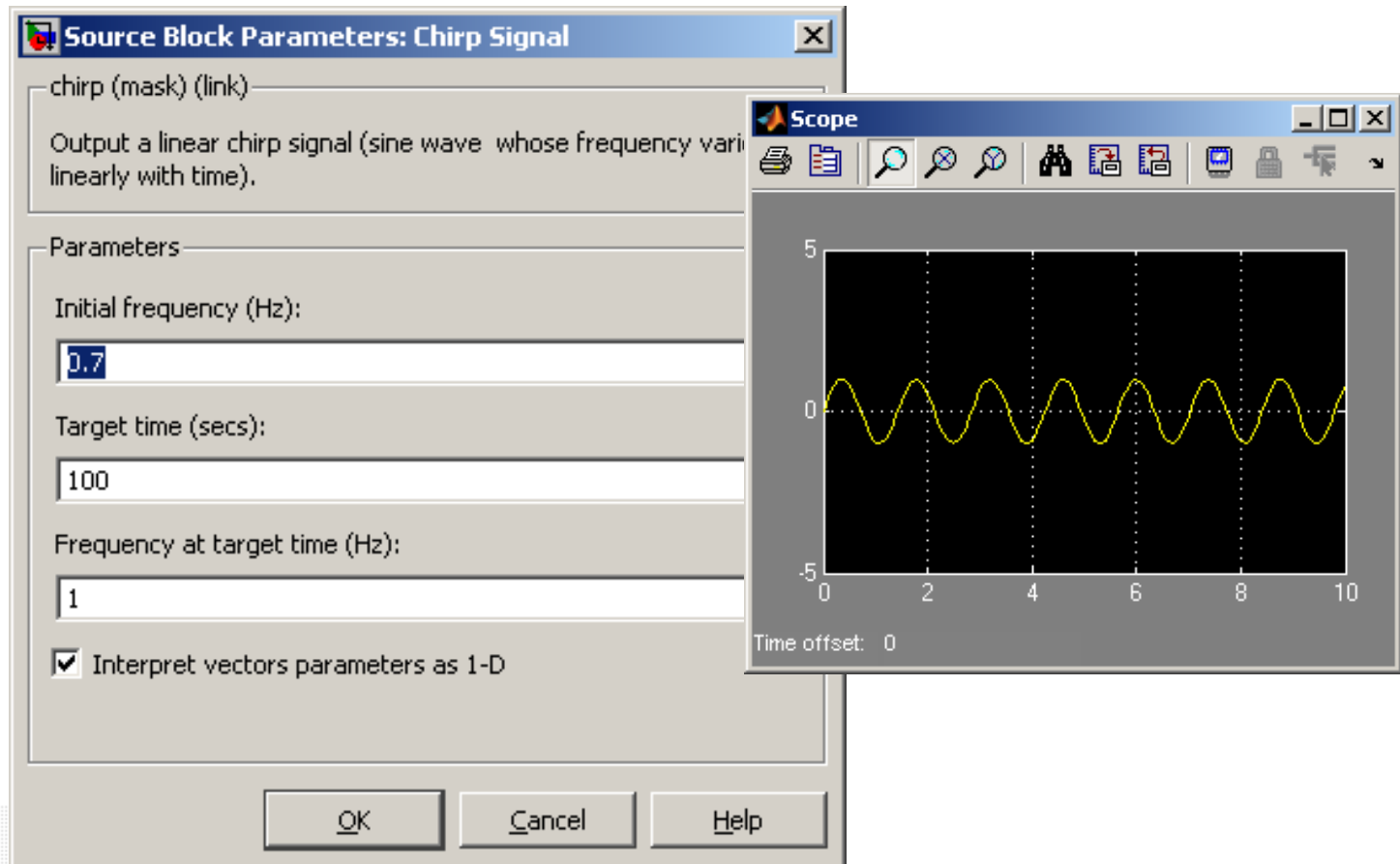
Amostragem e Quantização

- Em termos de imagem, a amostragem cria a matriz referente à imagem (define as dimensões da matriz – medido em dpi) e a quantização define resolução de cor da imagem

Amostragem de um Sinal

- Circuito *sample-and-hold* no MatLab

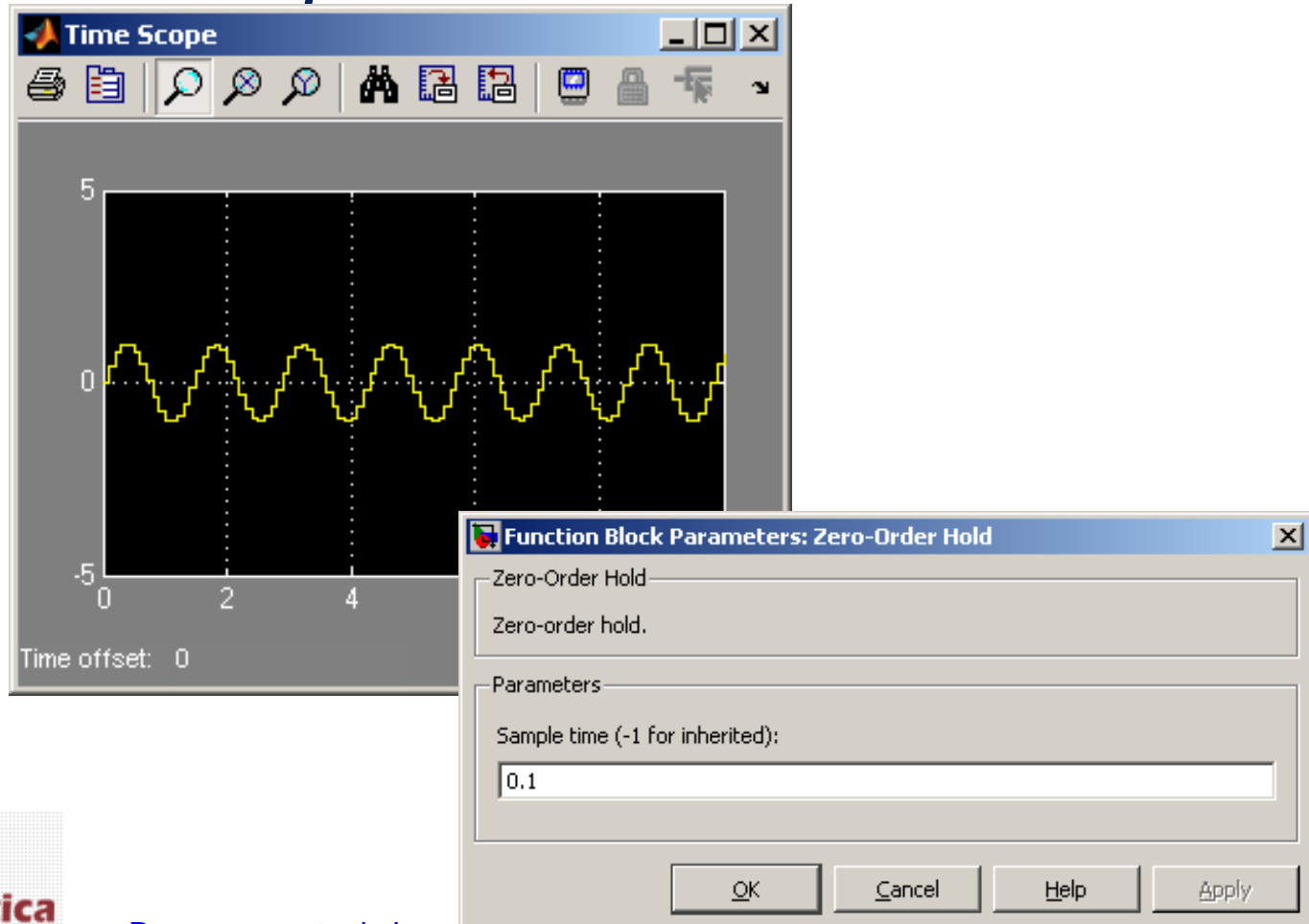
Entrada



Amostragem de um Sinal

- Circuito *sample-and-hold* no MatLab

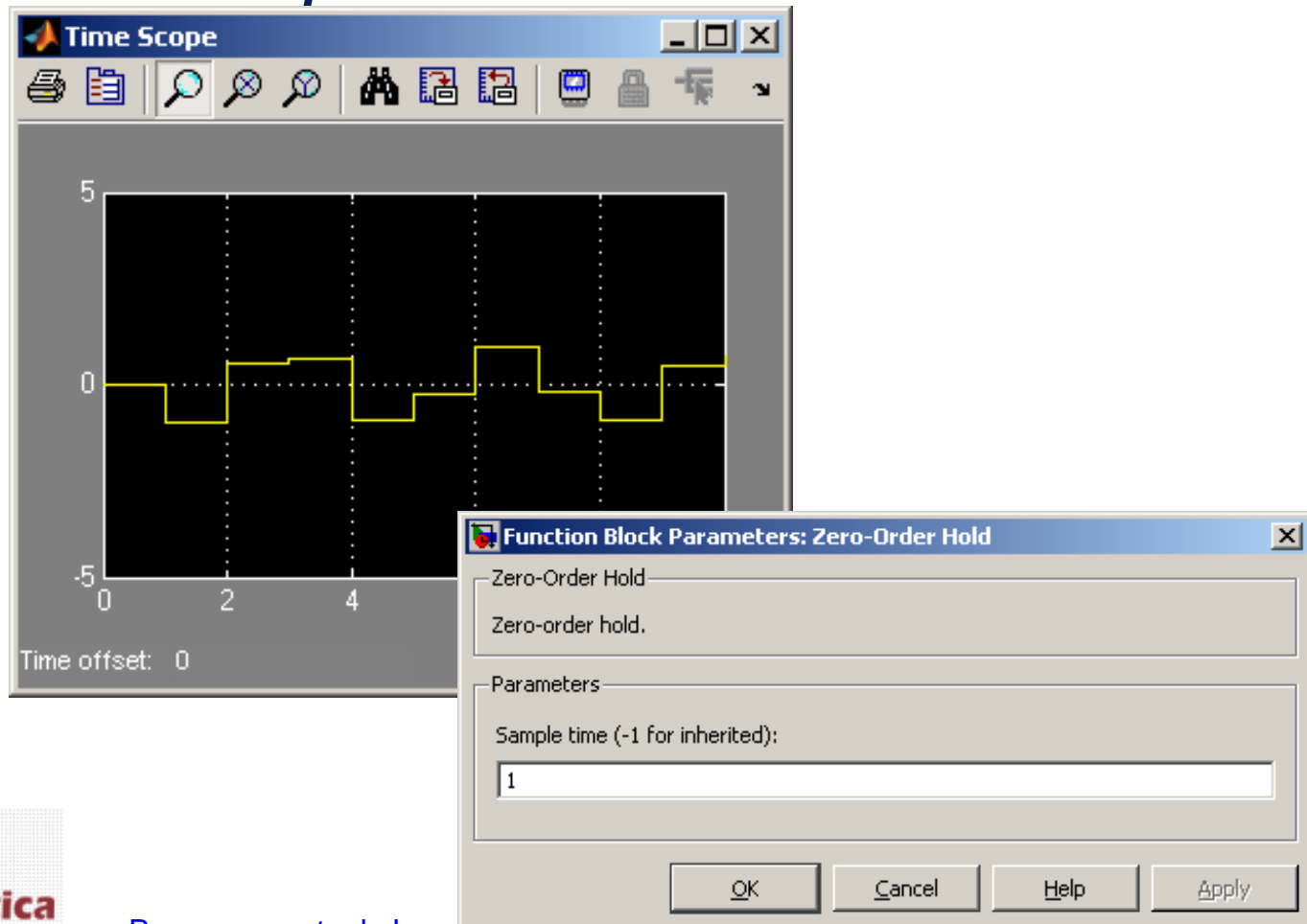
Saída



Amostragem de um Sinal

- Circuito *sample-and-hold* no MatLab

Saída



Amostragem de um Sinal

- Circuito *sample-and-hold* no MatLab

Saída

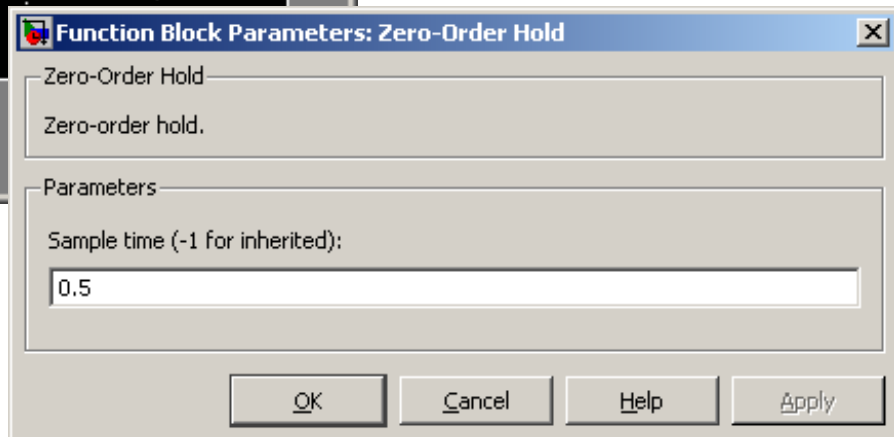
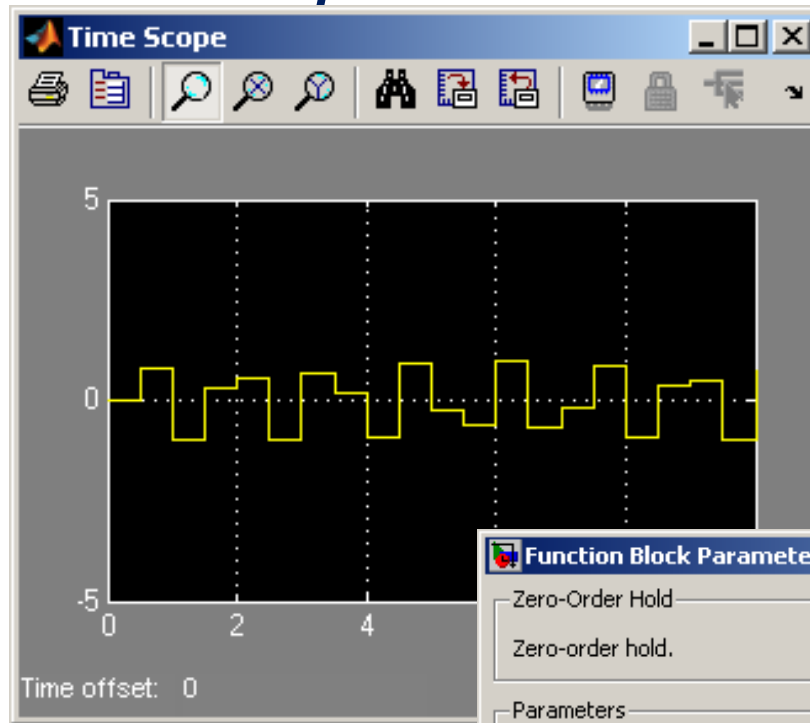


Imagem Digital

- O Pixel



Imagem Digital

- **Elementos da Imagem Digital**
 - **Coordenadas dos Pixels**
 - **Cor de cada pixel**

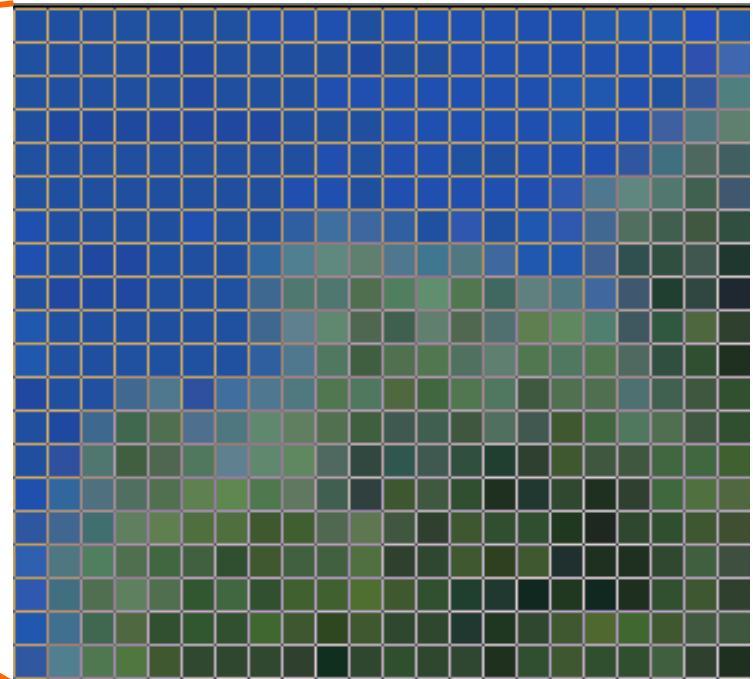


Imagem Digital

- O Pixel

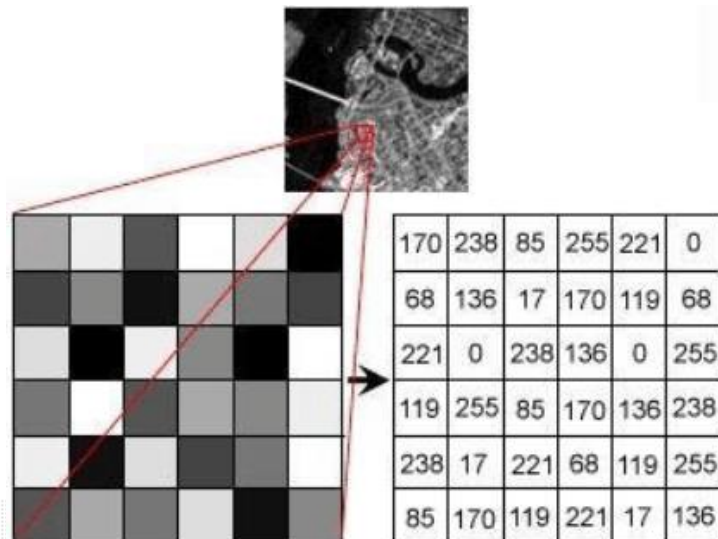
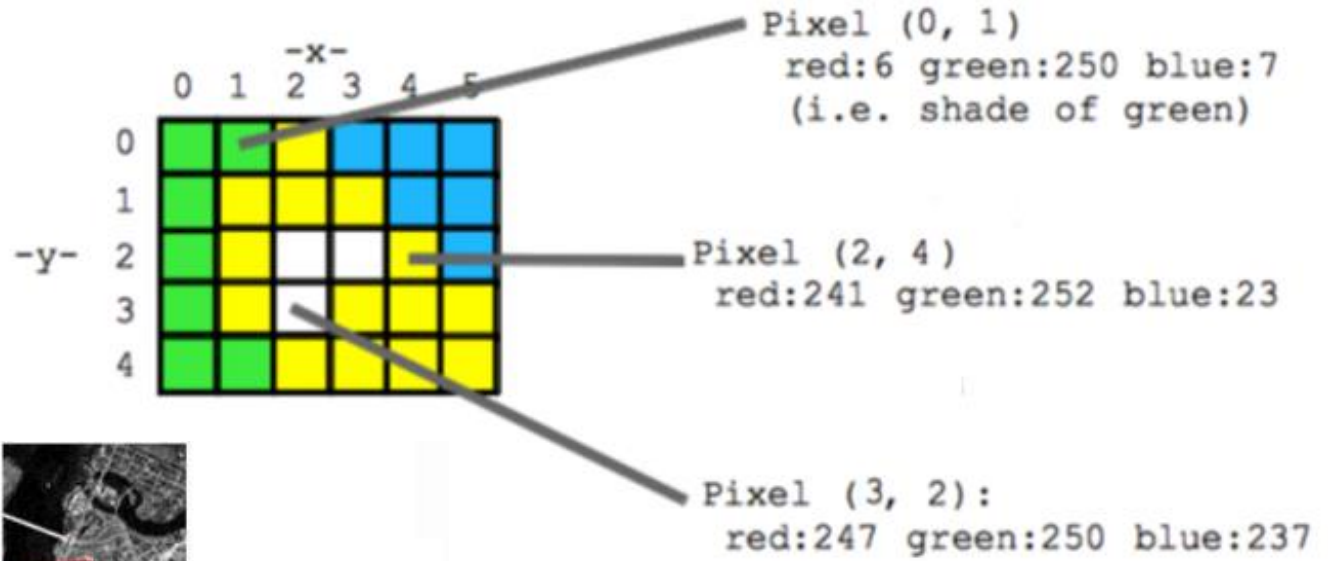
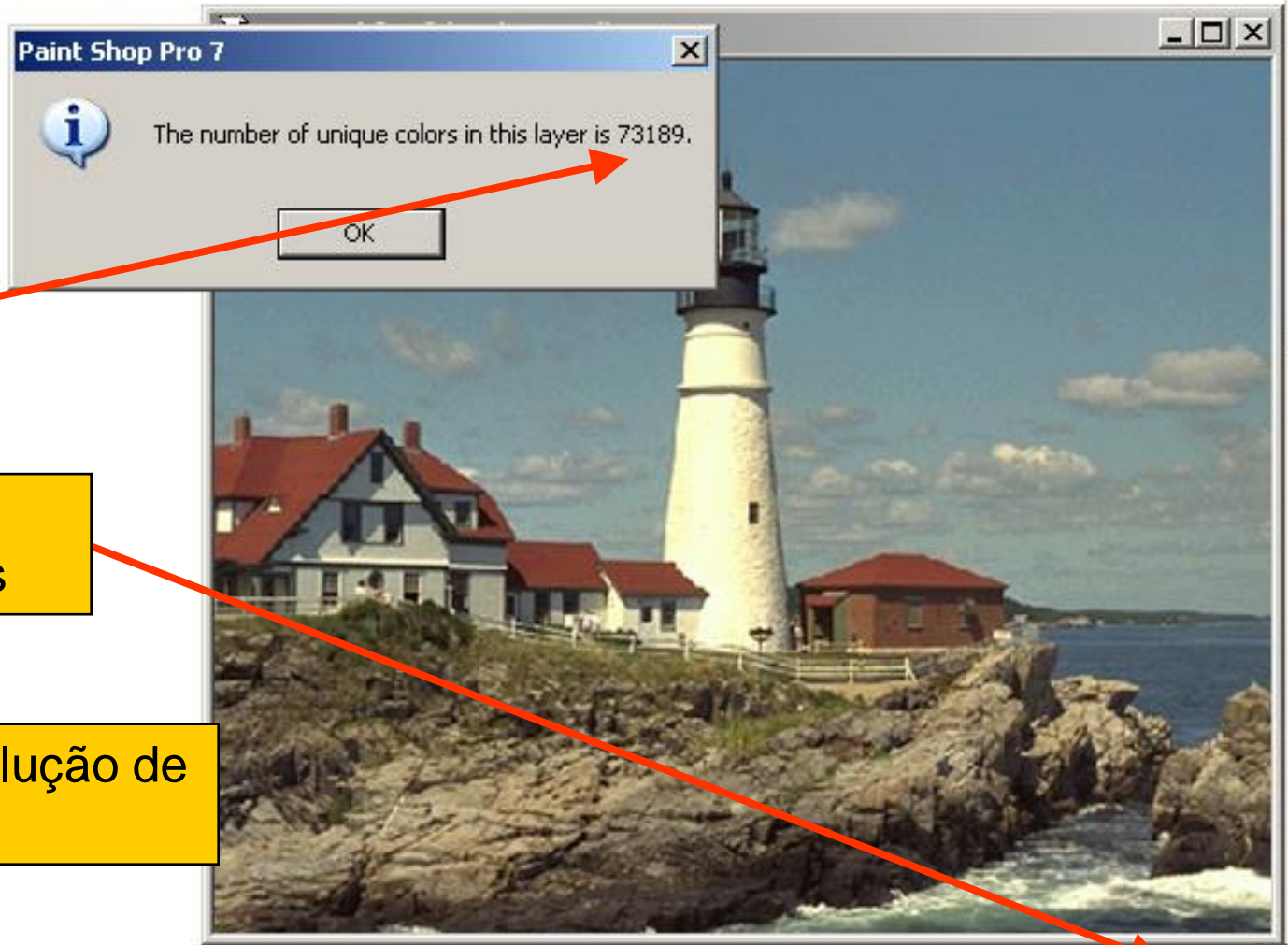


Imagem Digital



Gamute

No. de
Componentes

Armazenados
em 24 bits

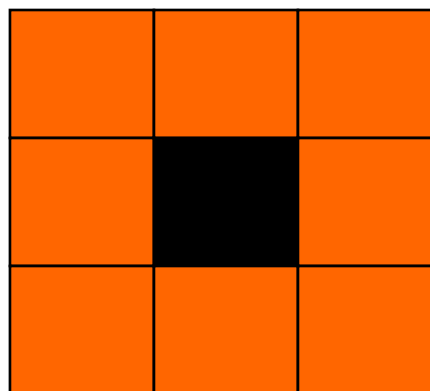
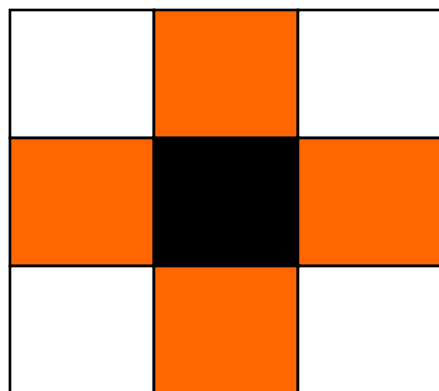
Resolução de
Cor

Imagem Digital

- O *número de bits* utilizado para representar a cor do pixel é chamado resolução de cor da imagem
 - 1, 4, 8, 24 bits
- O *número de componentes* do pixel é a dimensão do espaço de cor utilizado
 - 2, 16, 256, 16 milhões de cores
- O *gamute* de uma imagem digital é o conjunto de todas as cores *presentes* em uma imagem
 - Uma imagem pode estar armazenada em 16 milhões de cores, mas só usar 3 cores (gamute = 3)....

Topologia Digital e Representação Matricial

- Uma topologia para o domínio da imagem é definida de acordo com 2 tipos de vizinhança discreta
 - vizinhança 4-conectada
 - vizinhança 8-conectada



Topologia Digital e Representação Matricial

● Relacionamento entre Pixels

■ Vizinhos de um Pixel

- Dado o pixel $p(x,y)$:
- Vizinhos verticais e horizontais
 - $(x + 1, y)$, $(x - 1, y)$, $(x, y + 1)$, $(x, y - 1)$
- Vizinhos diagonais
 - $(x + 1, y + 1)$, $(x + 1, y - 1)$, $(x - 1, y + 1)$, $(x - 1, y - 1)$
- Em separado, temos cada conjunto acima formando uma vizinhança 4-conectada
- Juntos, temos a vizinhança 8-conectada

Pixel

- A resolução espacial de uma imagem é medida pelo número de pixels necessário para representar uma polegada
 - dpi - *dots per inch* (pontos por polegada)
- Há também a resolução de cor
 - Define o número máximo de cores que uma imagem pode ter

Pixel

- Grande dificuldade:
 - Balanceamento da equação:

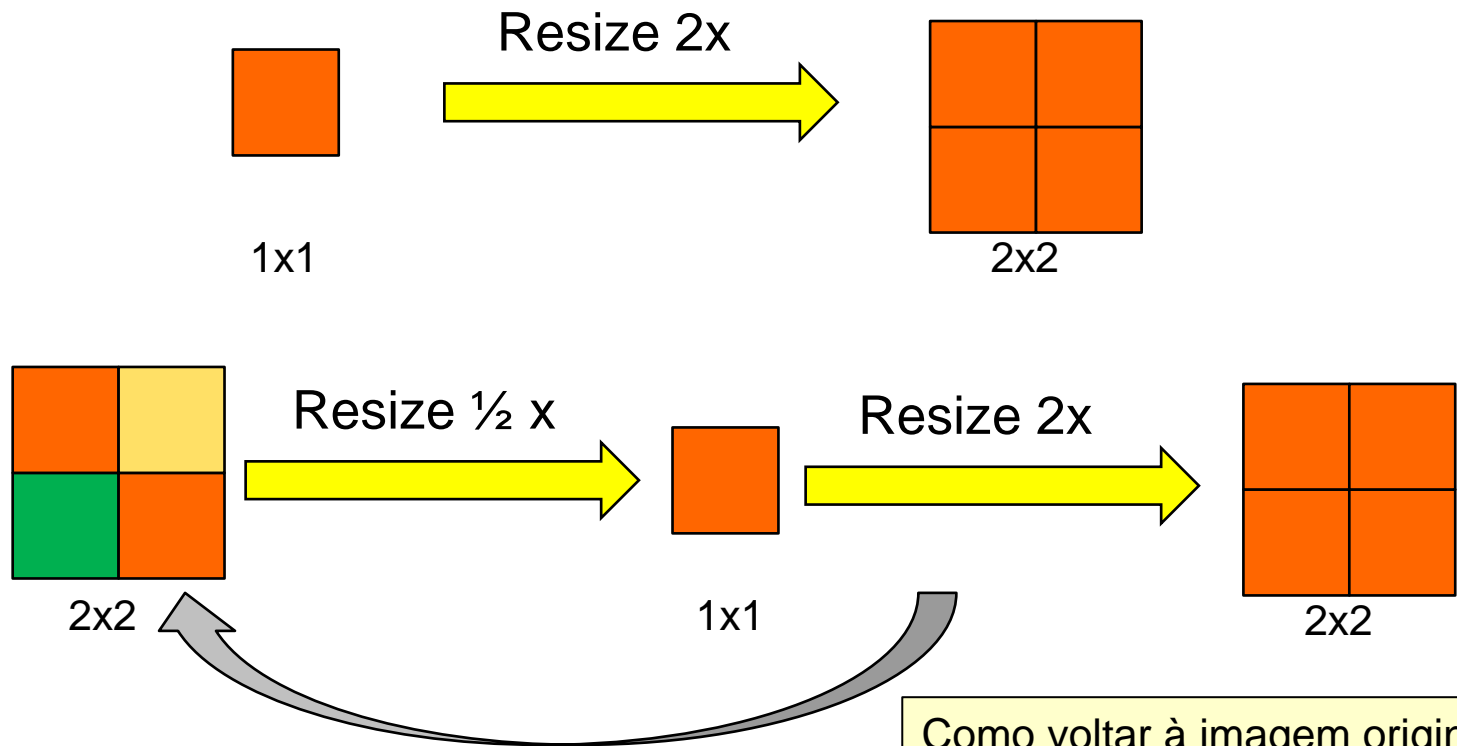
$$\begin{array}{c} \text{Qualidade da Imagem} \\ \\ \text{X} \\ \\ \text{Tempo de Processamento} \\ \\ \text{X} \\ \\ \text{Espaço de Armazenamento} \end{array}$$

Resolução Espacial da Imagem

- Definida na Digitalização da Imagem
 - Scanner, por exemplo....
- Normalmente, não pode ser alterada após a digitalização
- Mudança de resolução não é mudança de dimensões da imagem
 - Embora a mudança de resolução provoque uma mudança em dimensões

Resolução Espacial da Imagem

- Exemplo:



Como voltar à imagem original com a informação de apenas um pixel com uma única cor?

Resolução Espacial da Imagem



original image
(taken from flickr commons)



subsampled image

Discretização: Variação do Número de Amostras



420 x 348 pixels
16 M cores
856 Kb

Tamanho Original

Discretização: Variação do Número de Amostras



305 x 253 pixels
16M cores
452 Kb
(apresentada
em *zoom*)

Tamanho Original



Discretização: Variação do Número de Amostras



210 x 174 pixels
16M cores
214 Kb
(apresentada
em zoom)

Tamanho Original



Discretização: Variação do Número de Amostras

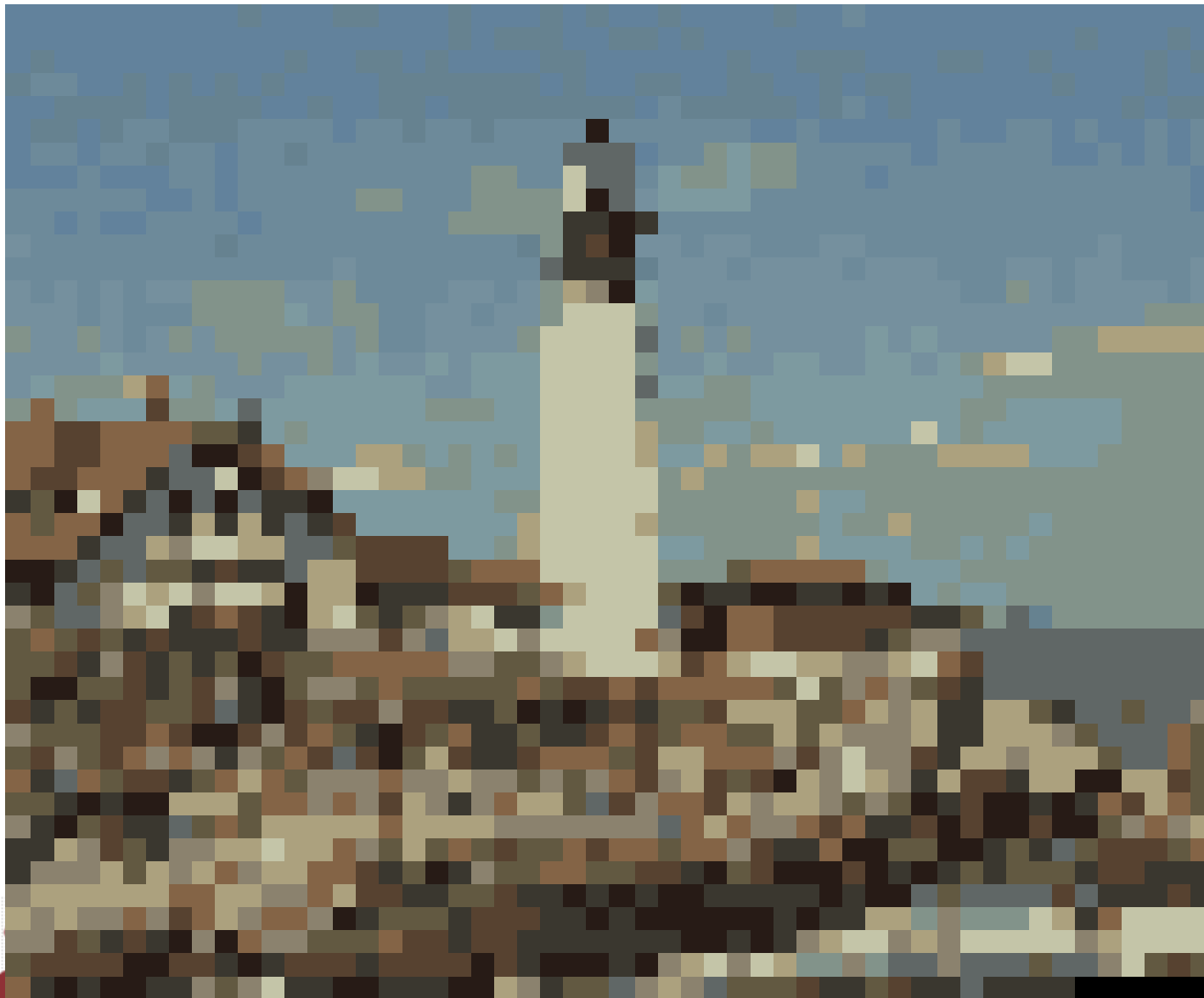


105 x 87 pixels
16M cores
53 Kb
(apresentada em zoom)

Tamanho Original



Discretização: Variação do Número de Amostras



57 x 47 pixels
16M cores
15 Kb
(apresentada em zoom)

Tamanho Original



Quantização: Variação do Número de Cores



420 x 348 pixels
16 M cores
856 Kb

Quantização : Variação do Número de Cores



420 x 348 pixels

256 cores

285 Kb

Quantização : Variação do Número de Cores



420 x 348 pixels

16 cores

145 Kb

Quantização : Variação do Número de Cores



420 x 348 pixels

2 cores

38 Kb

Quantização : Variação do Número de Tons de Cinza



420 x 348 pixels
256 níveis
285 Kb

Quantização : Variação do Número de Tons de Cinza



420 x 348 pixels

16 níveis

145 Kb

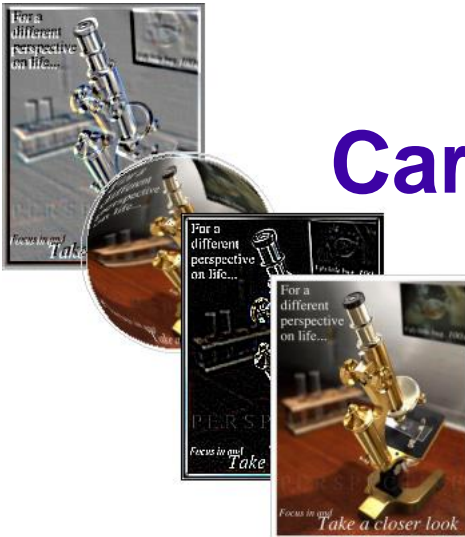
Quantização : Variação do Número de Tons de Cinza



420 x 348 pixels
2 níveis (P&B)
38 Kb

Sistema Visual Humano

Carlos Alexandre Barros de Mello
CIn/UFPE

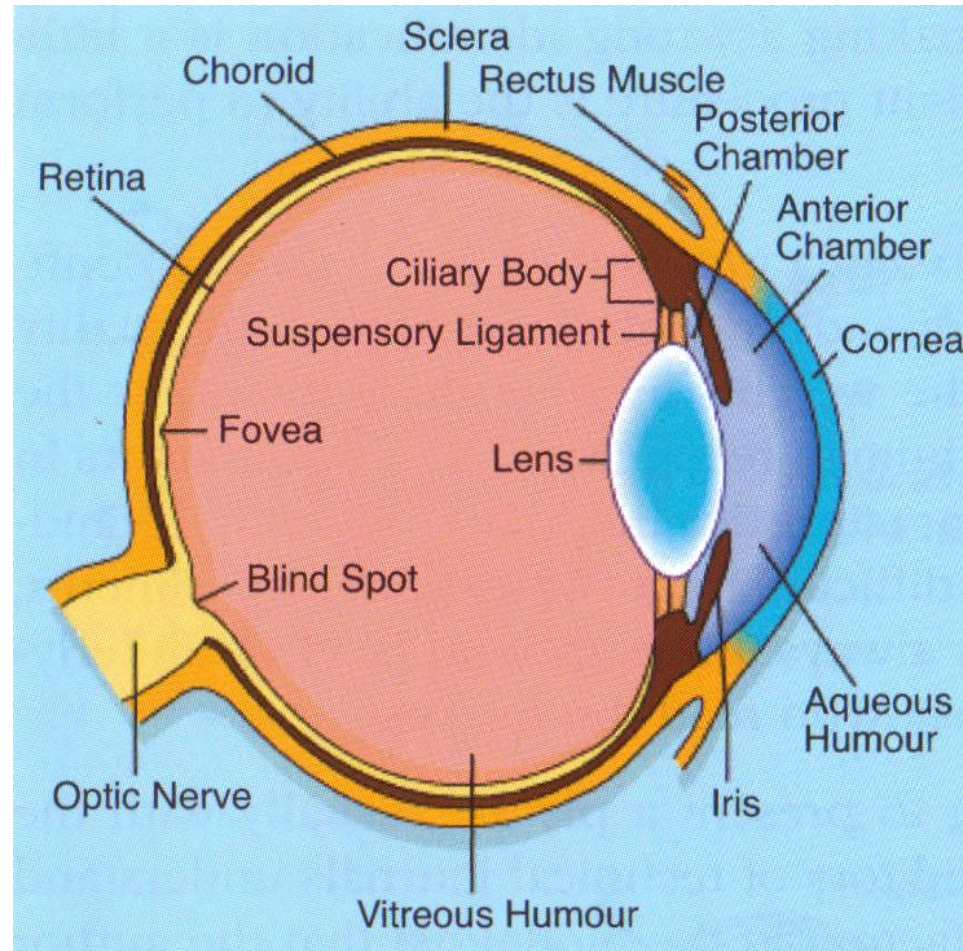


Sistema Visual Humano

- Como vemos?
- O sistema visual humano é apenas o olho?
- Como a imagem é formada?
 - Questões relacionadas
- Problemas

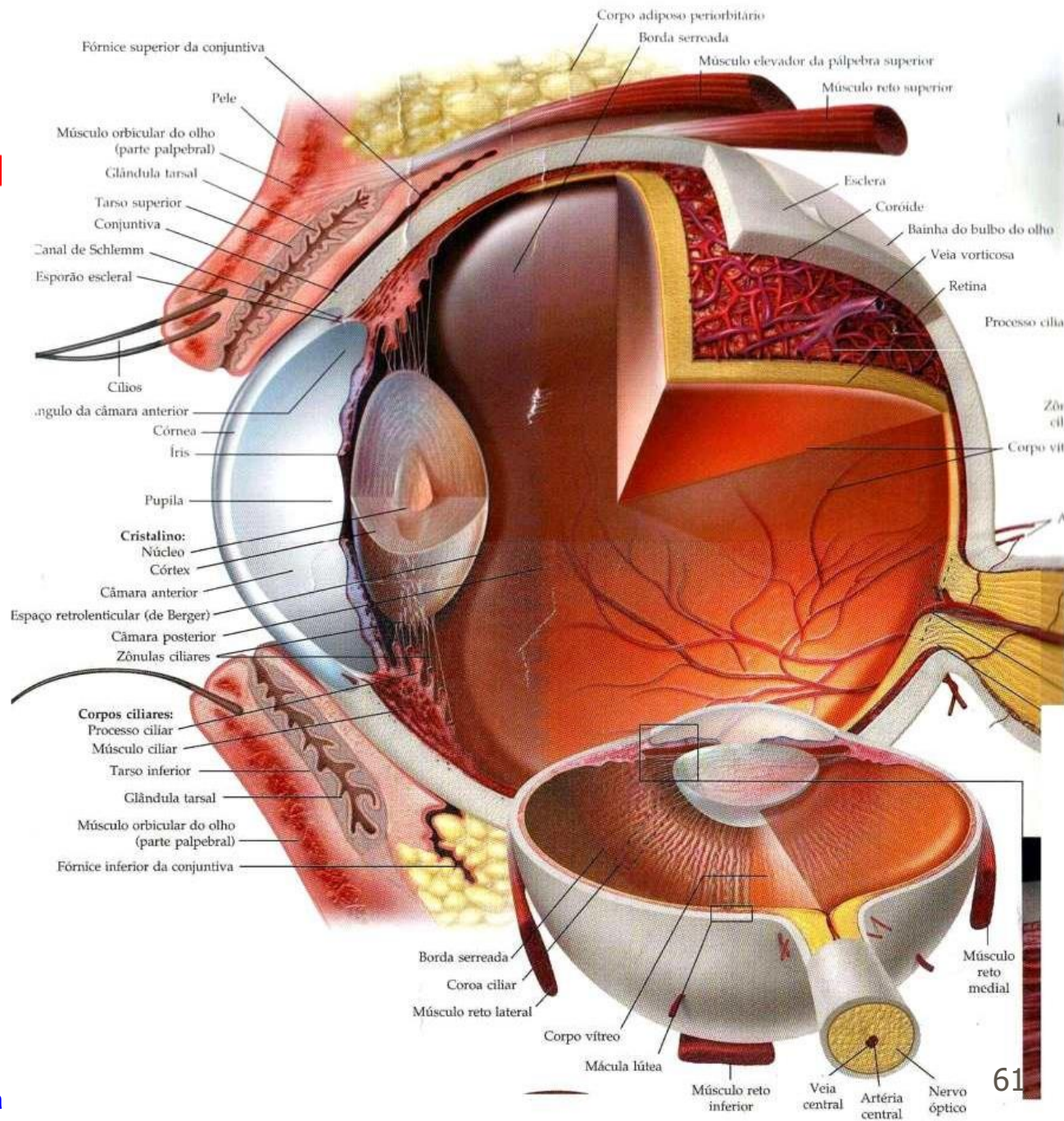
O Olho Humano

- Estrutura (versão simplificada)



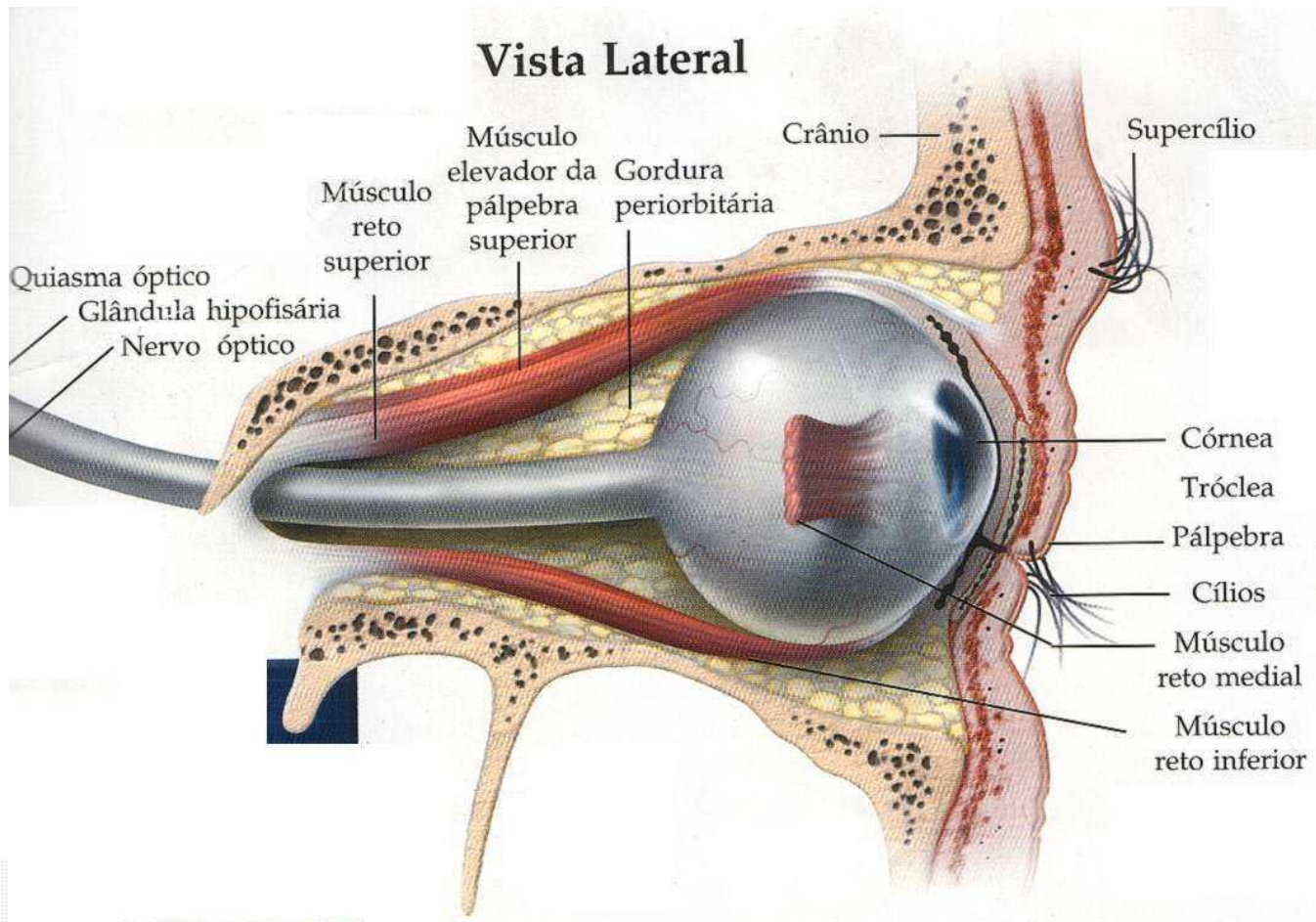
O Olho Humano

- Estrutura (versão completa)



O Olho Humano

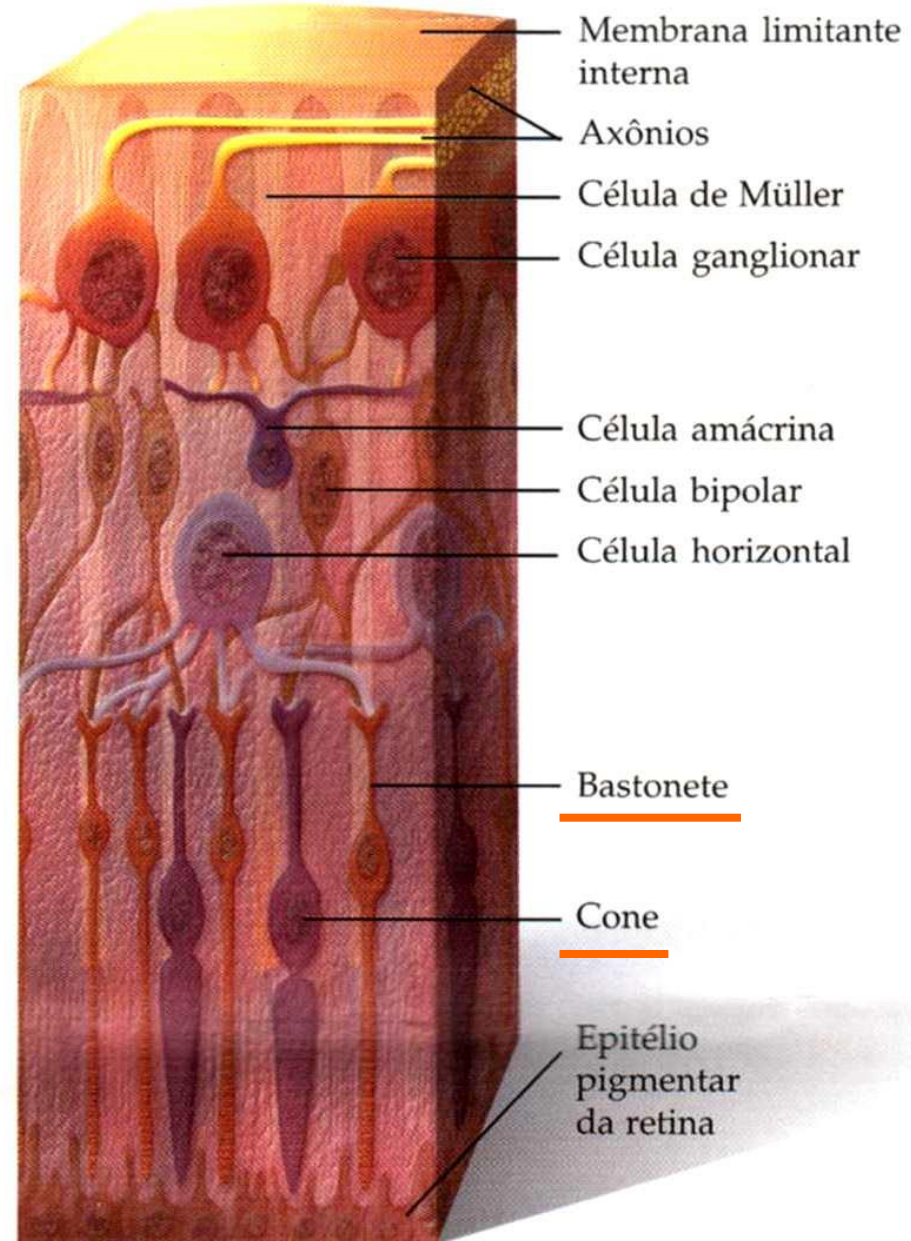
- Estrutura (versão completa)



O Olho Humano

- Estrutura (versão completa)

A Retina



O Olho Humano

● Estrutura

■ Lentes

- Suspensas por músculos cuja contração permite que a lente mude o foco
- São convexas;
- Sua cor é amarelada, e se acentua com a idade;
- Absorve 8% da luz visível do espectro
- É composta de 60% a 70% de água, 6% de gordura e proteínas (que absorve luz ultravioleta e infravermelho)

O Olho Humano

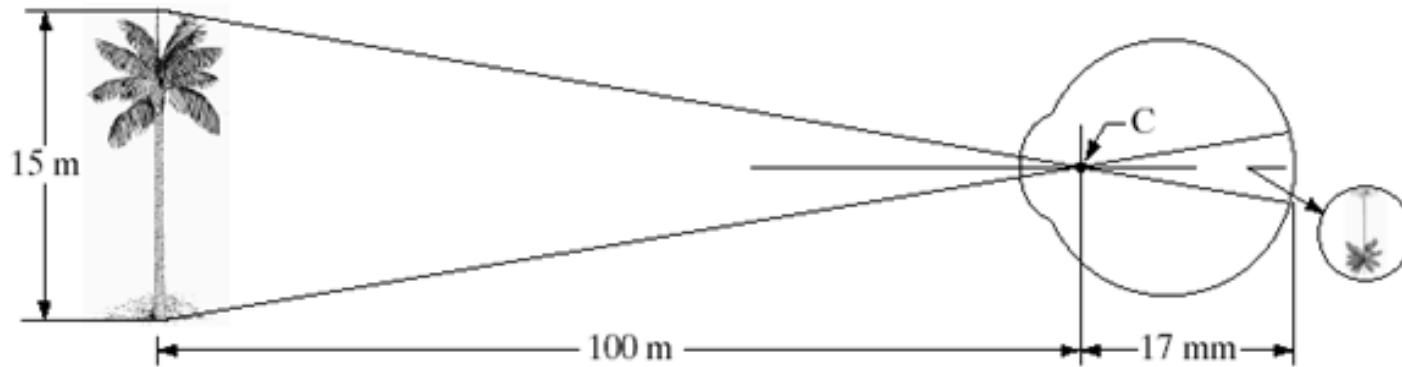
- Estrutura

- Retina

- Membrana que reveste a parede mais interna do olho;
 - É responsável por perceber a imagem projetada e decodificar as informações em sinais neurais para transmiti-las para o cérebro;
 - A imagem de um objeto sendo observado é projetada na parte central da retina onde fica a fóvea

O Olho Humano

- Formação da imagem na retina



- O sistema visual humano usa lentes convexas para produzir uma imagem no fundo do olho
- Se um objeto é colocado longe de uma lente convexa, esta produzirá a imagem do objeto do lado oposto da lente, de tamanho inversamente proporcional à distância entre o objeto e o olho e de forma invertida

O Olho Humano

- Estrutura

- Retina

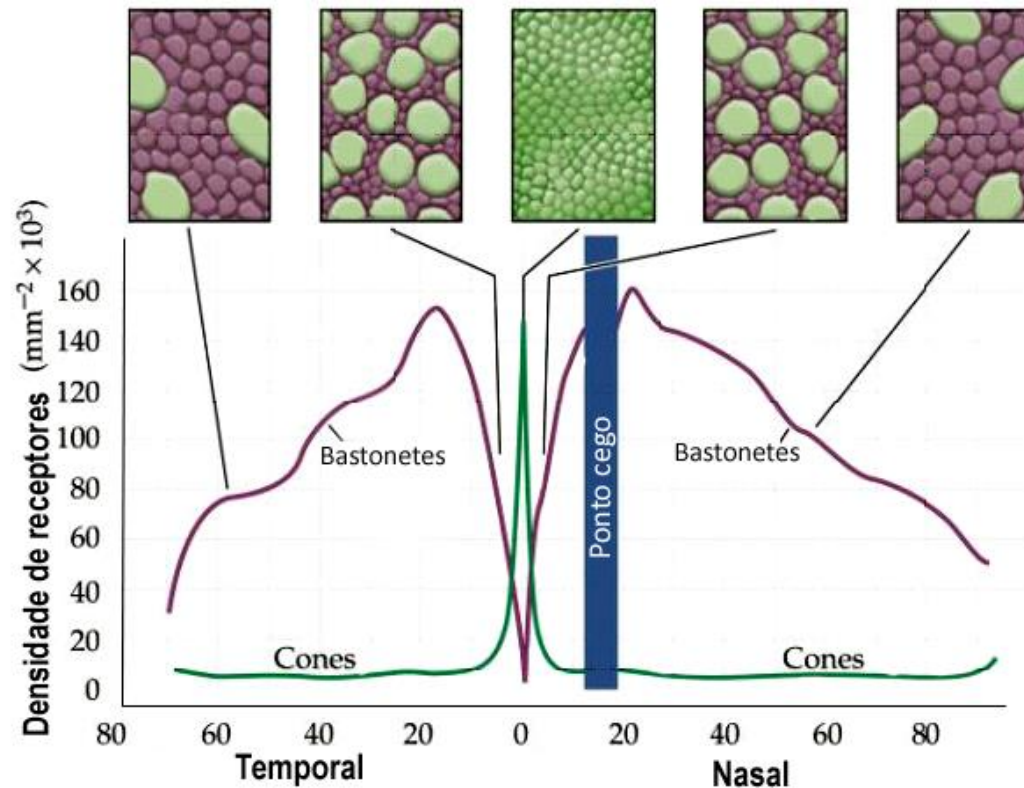
- Receptores de luz distribuídos pela superfície da retina:

- **Cones:** de 6 a 7 milhões, estão localizados na fóvea, sensíveis a luz, cada cone está conectado ao seu nervo final (discriminação de detalhes finos).
 - **Bastonetes:** de 75 a 150 milhões, distribuídas sobre a superfície da retina, vários bastonetes são conectados a um único nervo (reduz discriminação de detalhes). Serve para dar uma visão geral da imagem, são sensíveis a baixos níveis de iluminação.

O Olho Humano

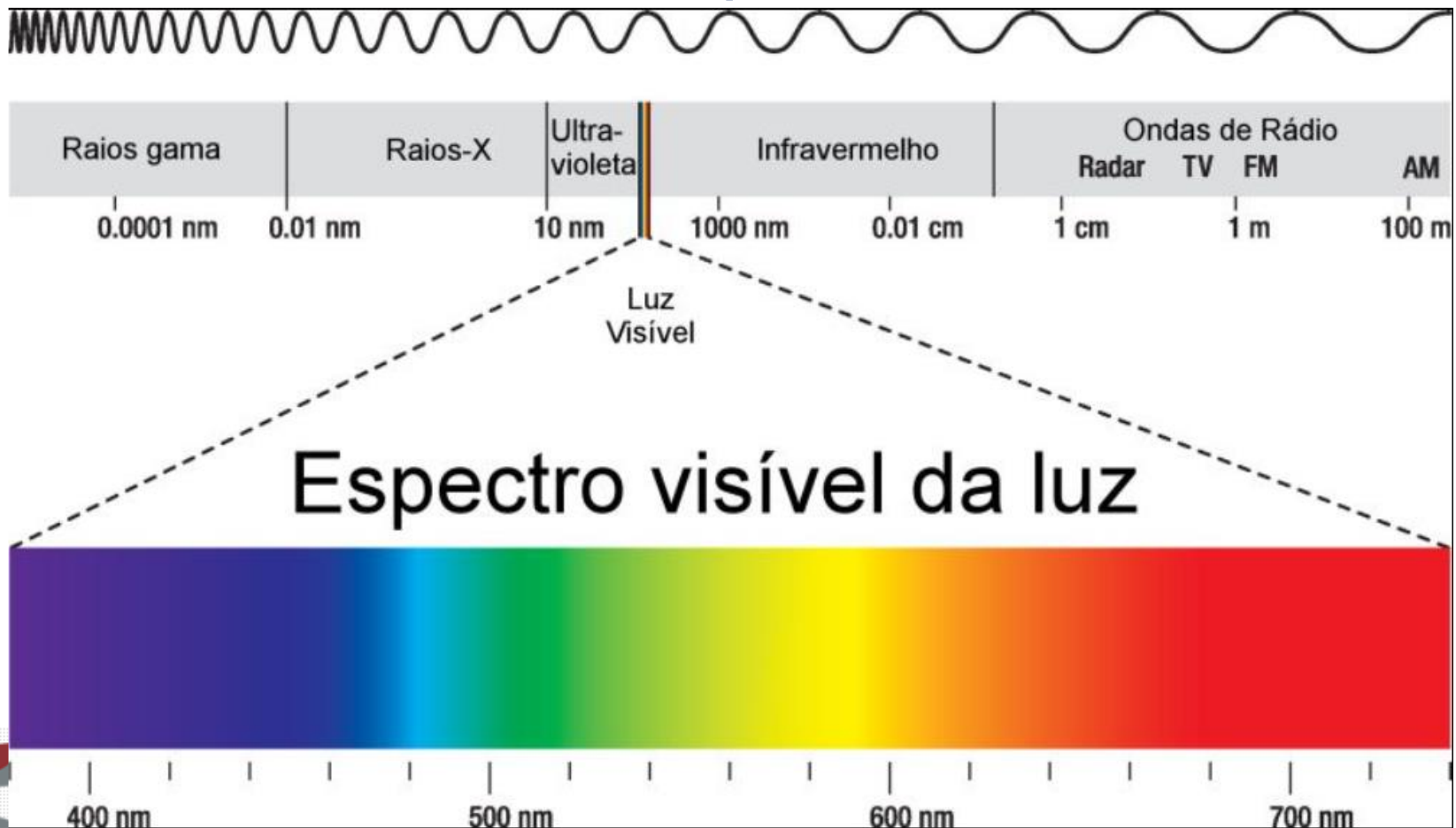
- Estrutura

- Distribuição dos cones e bastonetes na retina



O Olho Humano

- Faixa Visível do Espectro



O Olho Humano

- Sobre as cores preto e branco:
 - <https://www.adobe.com/creativecloud/design/discover/is-black-a-color.html>



O Olho Humano

- O olho humano é mais sensível ao verde, depois ao vermelho e por último ao azul
- Pode-se representar a imagem em outros padrões que explorem essas características, como em termos de luminância e cromaticância
 - **Luminância** está relacionada ao brilho da imagem e é proporcional à energia emitida pela fonte
 - **Cromaticância** está associada à percepção de saturação e matiz

Imagem Tridimensional

- Como percebemos profundidade?
 - Visão Estereoscópica

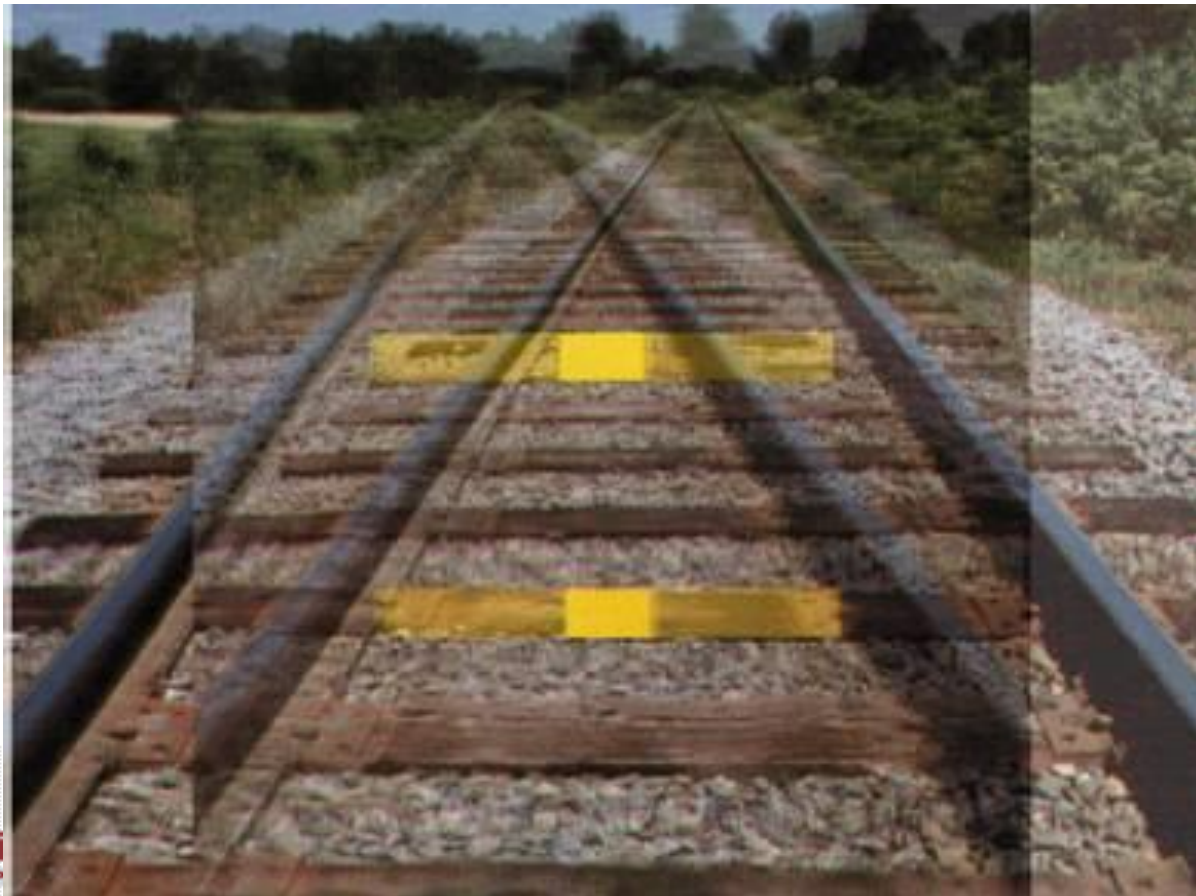


Imagem Tridimensional

- Visão Tridimensional
 - Exemplo:

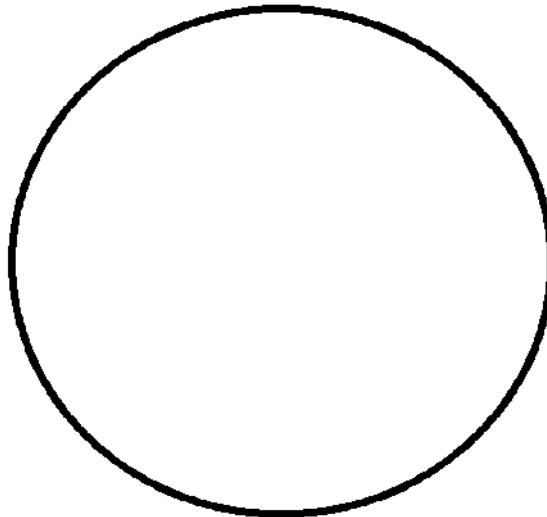


Imagem Tridimensional

- Visão Tridimensional
 - Exemplo:

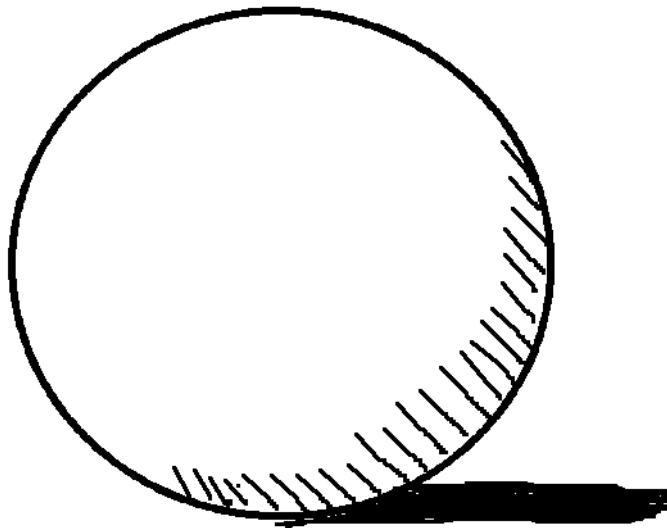
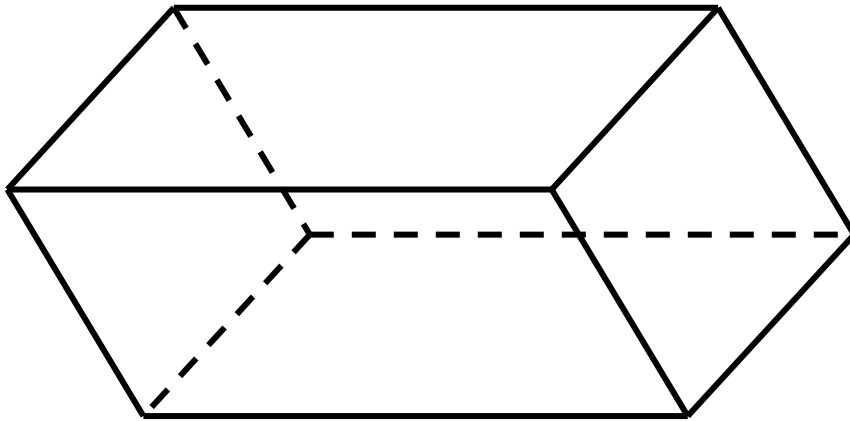


Imagem Tridimensional

- Como percebemos profundidade?
 - Outras pistas



Percepção Visual

- Modelagem do que nosso sistema visual percebe
 - Visão Computacional

Percepção Visual

- Percepção de cores
 - A identificação de uma cor está associada à comparação daquela cor percebida com um referencial em nosso cérebro
 - Geralmente a cor branca é o “padrão”
 - Temos na mente uma expectativa de “constância de cor”
 - Funciona sempre??

Percepção Visual

- Percepção de cores
 - Exemplo: observe essa imagem...

Você acha que as paredes dessa casa são da mesma cor? Por quê?



Percepção Visual

- Percepção de cores
 - Exemplo: observe essa imagem...

Na verdade, o lado mais “escuro” é pintado com tinta mais clara do que a tinta da frente (que aparenta ser mais clara).



Percepção Visual

- Questões....



Referências

- Processamento de Imagens em Colab:
 - <https://colab.research.google.com/drive/16RtUqYRNKeIL4ySDKQFysmuZM0nViarj#scrollTo=wXoOISLWBoYf&uniqifier=1>