Introdução ao Processamento de Imagens

Profa. Dra. Soraia Raupp Musse

Thanks to Prof. Dr. Cláudio Rosito Jung

Introdução

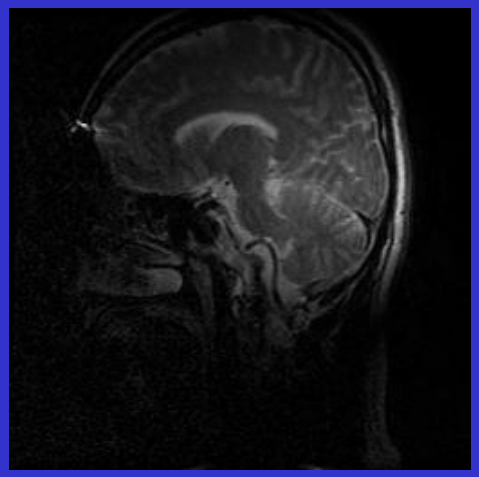
- **Processamento de Imagens:** processamento de sinais bidimensionais (ou *n*-dimensionais).

- **Aplicações:**
  - reconstrução de tomografias;
  - compressão (imagens e vídeos);
  - reconhecimento automático de impressões digitais;
  - identificação automática de estruturas em imagens aéreas;
  - quantificação de vegetacão e queimadas em images de satélite;
  - medição automatica de formas e tamanhos de órgãos (medicina);
  - detecção de falhas em cicuitos impressos;
  - outras.

Exemplos

Aérea

Satélite



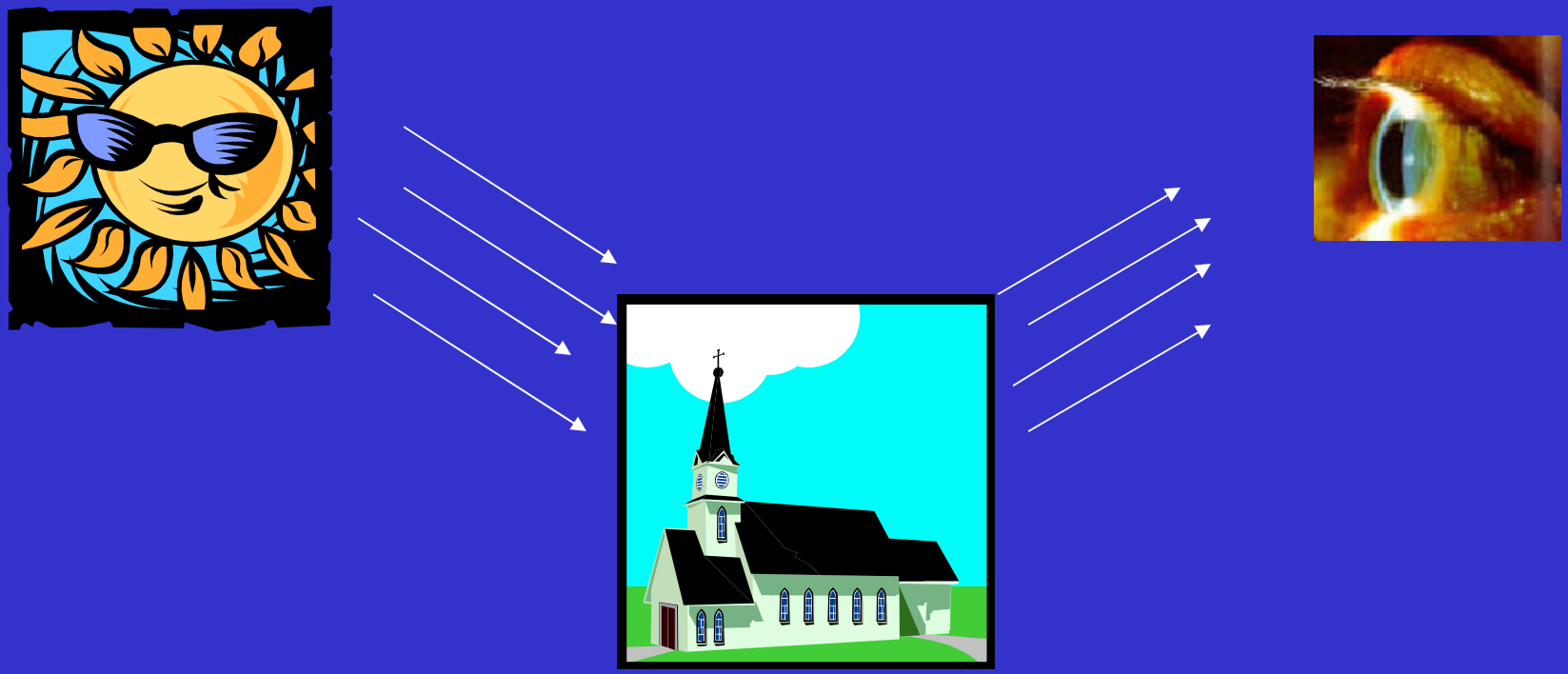
Ressonância Magnética

Câmera fotográfica

Sensor capacitivo

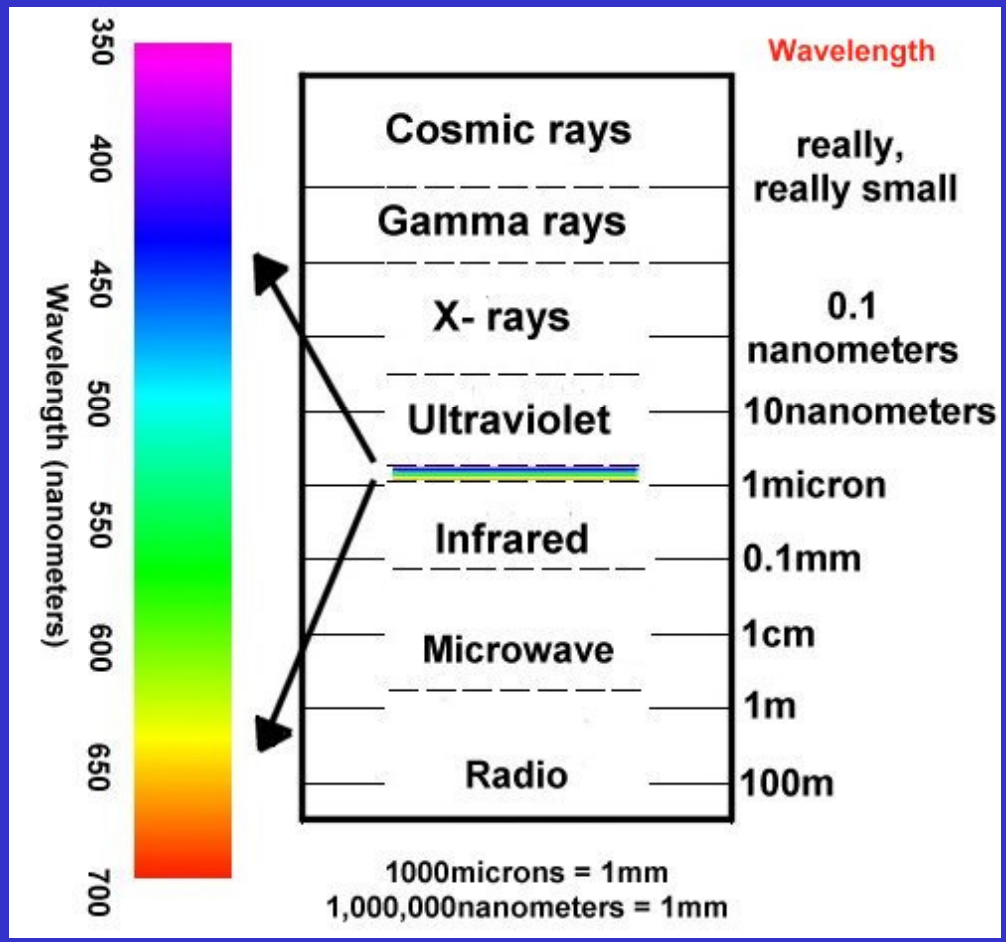
Formação das Imagens

1. Luz é emitida por uma fonte;
2. Luz é refletida pelos objetos
3. Luz é captada pelo olho humano ou sensor.



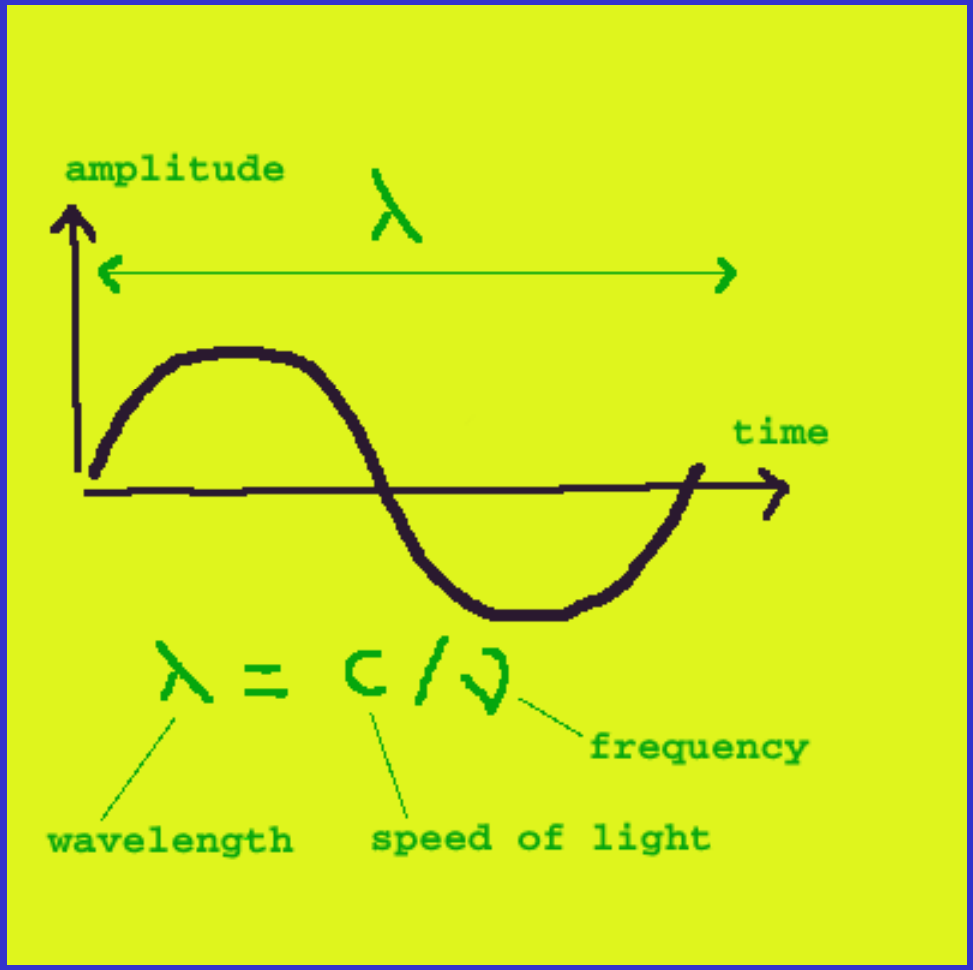
O que é Luz?

- Faixa de radiações eletromagnéticas que afetam o sentido humano de visão



O que é Cor?

- Uma cor pode ser definida pelo seu comprimento de onda
- Vermelho:700nm
- Violeta: 400nm

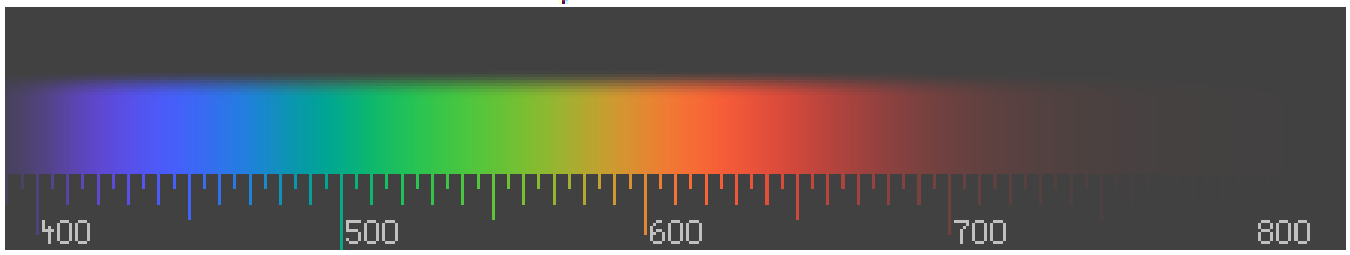


O que é Cor?

Cores do espectro visível

Cor	Comprimento de onda	Frequência
vermelho	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
laranja	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
amarelo	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
verde	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
ciano	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
azul	~ 440-485 nm	~ 680-620 THz
violeta	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

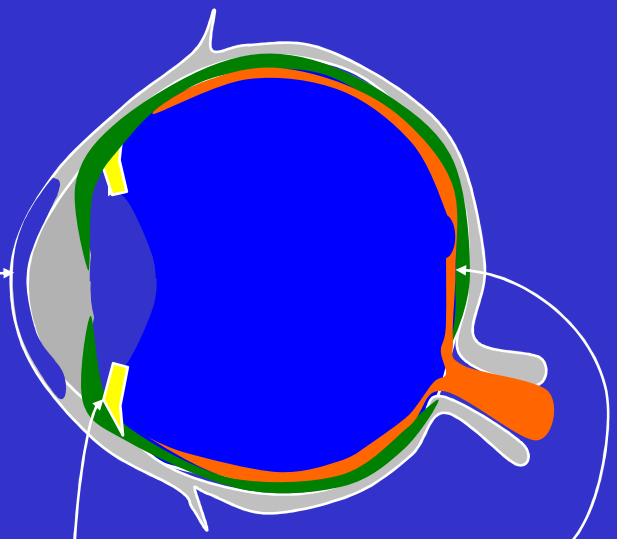
Espectro Contínuo



Sistema Visual Humano

- 70% da nossa informação é coletada pela visão
- A visão é o nosso sentido mais importante
  - Relativamente à audição, cheiro, tato e gosto

Sistema Visual Humano



Formação de Imagem

- Córnea
- lente

Controle de Exposição

- Íris/pupila
- Photoreceptor sensitivity

Detecção

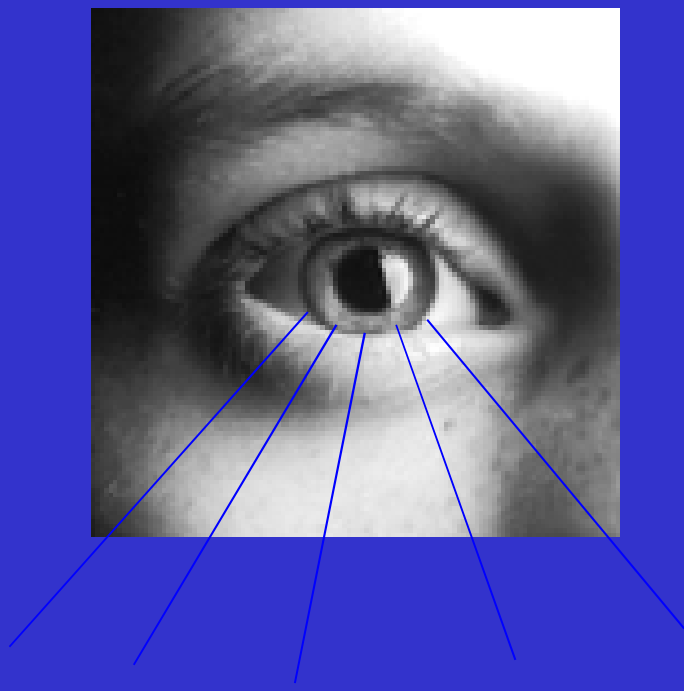
- Retina
- Bastonetes
- Cones

Processamento

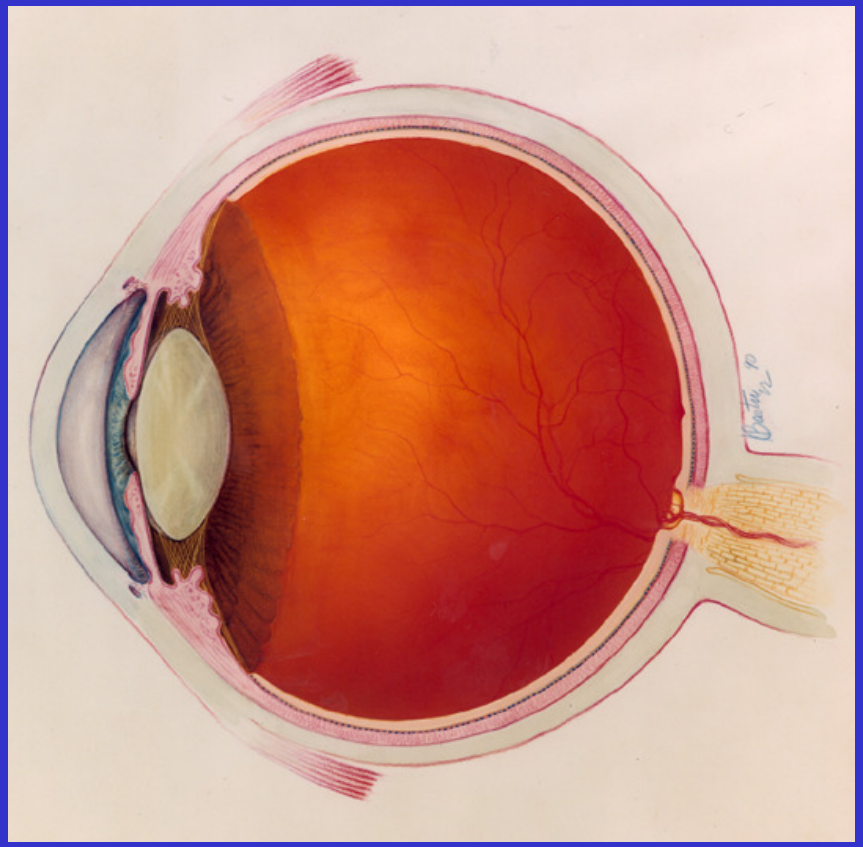
- Cérebro

Imagem

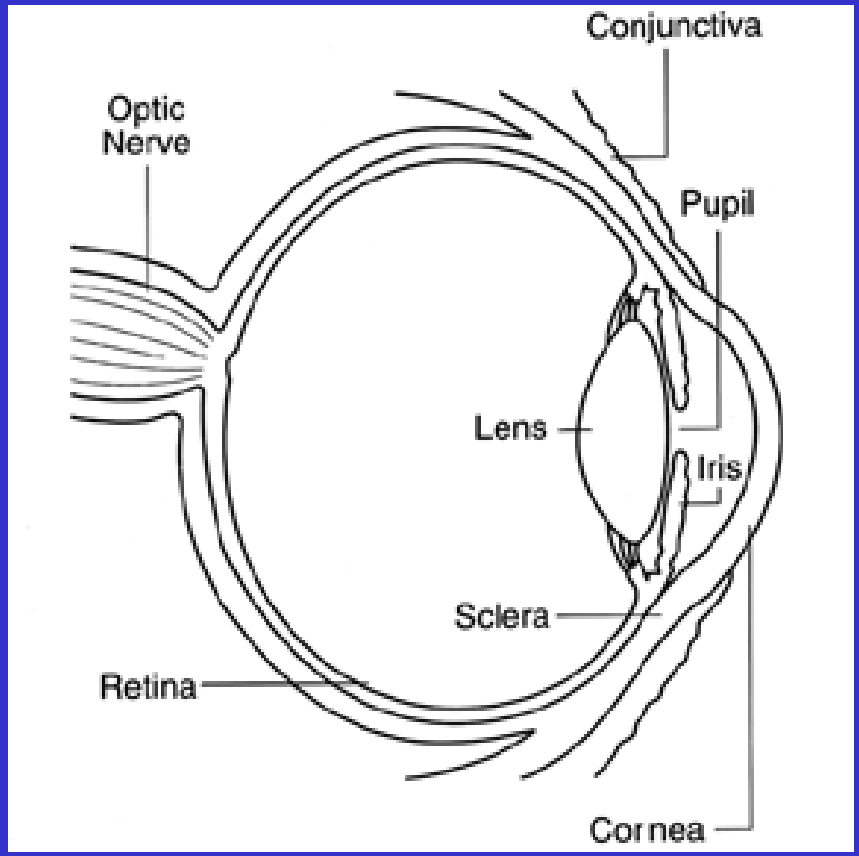
- Curiosidades:
  - Até por volta do ano 1000 pensavam que o olho emitia luz...
  - Em 1020, Alhazen sugere que o olho capta luz e não emite...



Visão Humana



Fisiologia do Olho Humano

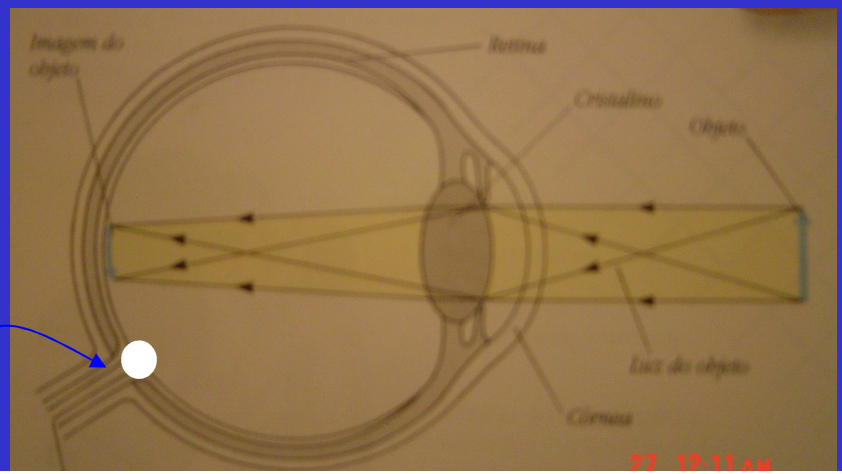


- Retina: parte sensível à luz (200º de cobertura) – conexão com o nervo ótico
- Íris: regula a quantidade de luz que entra no olho
- Lente (cristalino) permite foco

Funcionamento

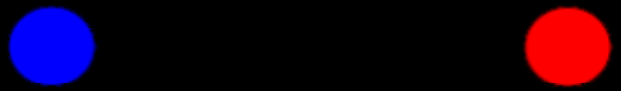
- Luz penetra no olho e atinge a retina
- Retina contém células foto-sensíveis
  - Enviam sinais elétricos para o cérebro

Blind spot



Elementos de percepção visual

- Descubra o ponto cego do seu olho:



http://www.vizibelli.com.br/web/content/view/103/36/

http://www.vizibelli.com.br/web/content/category/1/19/2/

Most people (even many who work on the brain) assume that what you see is pretty much what your eye sees and reports to your brain. In fact, your brain adds very substantially to the report it gets from your eye, so that a lot of what you see is actually "made up" by the brain.

http://serendip.brynmawr.edu/bb/blindspot1.html

Funcionamento

- Luz penetra no olho e atinge a retina
- Retina contém células foto-sensíveis
  - Enviam sinais elétricos para o cérebro
- 2 tipos de células
  - Bastões
  - Cones

Células na Retina

- Bastões
  - 120 milhões
  - Não detectam cor (somente intensidade de luz, não comprimento de onda)
  - Muito sensíveis
  - Maior concentração na periferia da retina
- CONES
  - Responsáveis pela visão colorida
  - 6 a 7 milhões
  - 3 tipos com receptores químicos
  - Comprimentos de onda grandes (vermelho), médios (verde) e curtos (azul)
  - Cones azuis MENOS receptivos do que os outros dois

Cones e Bastonetes

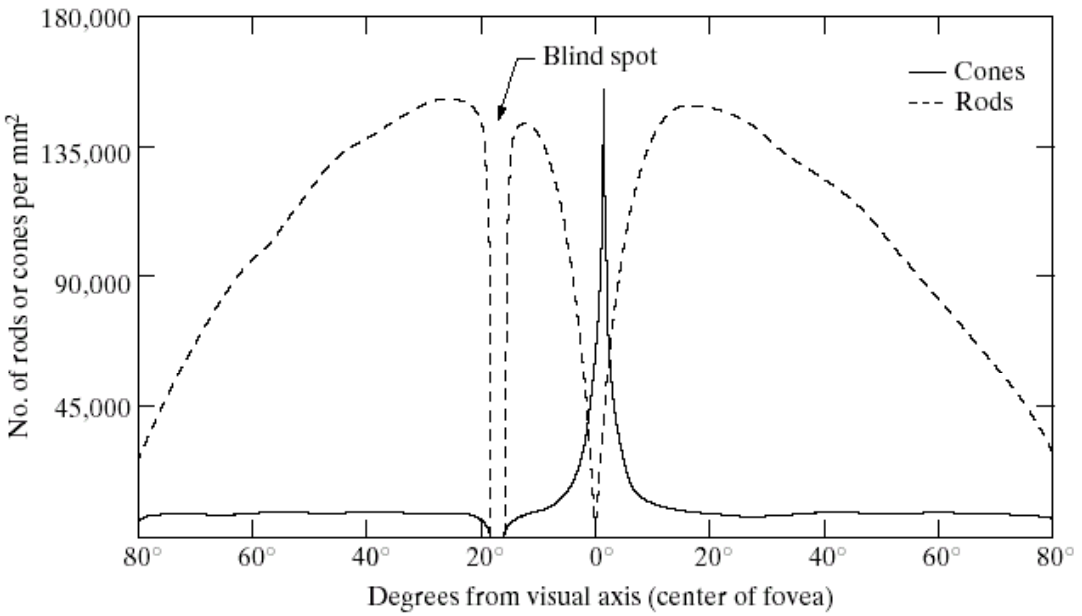
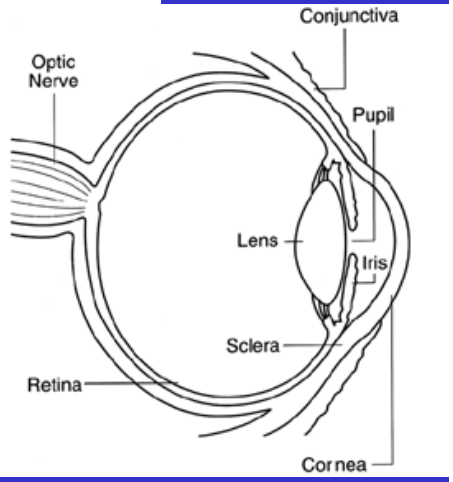


FIGURE 2.2
Distribution of rods and cones in the retina.

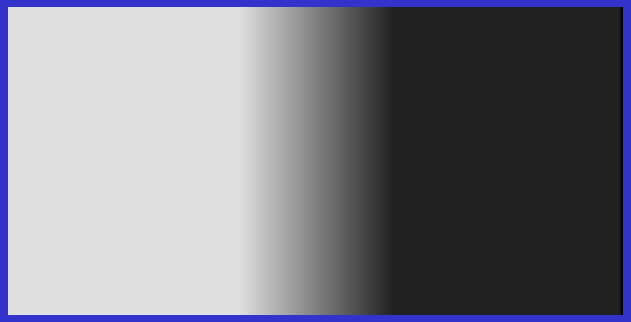


- **Quando a luz estimula um bastonete ou cone ocorre um transição fotoquímica produzindo um impulso no nervo**
- **Os cones são responsáveis pela visão da cor**

Percepção de Imagens

-Luminância: relação com intensidade de luz refletida.

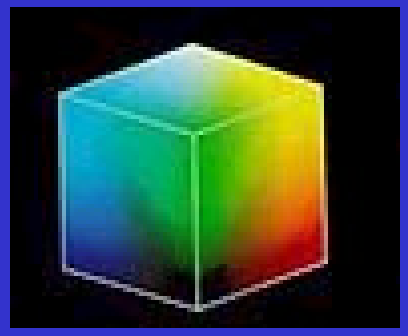
- Brilho: luminância percebida (com relação à vizinhança).



Efeito de Mach: relação luminância x brilho percebido

-Modelos para imagens a cores: RGB, CMY, HSV, etc.

-Problema: métrica para similaridade de cores.

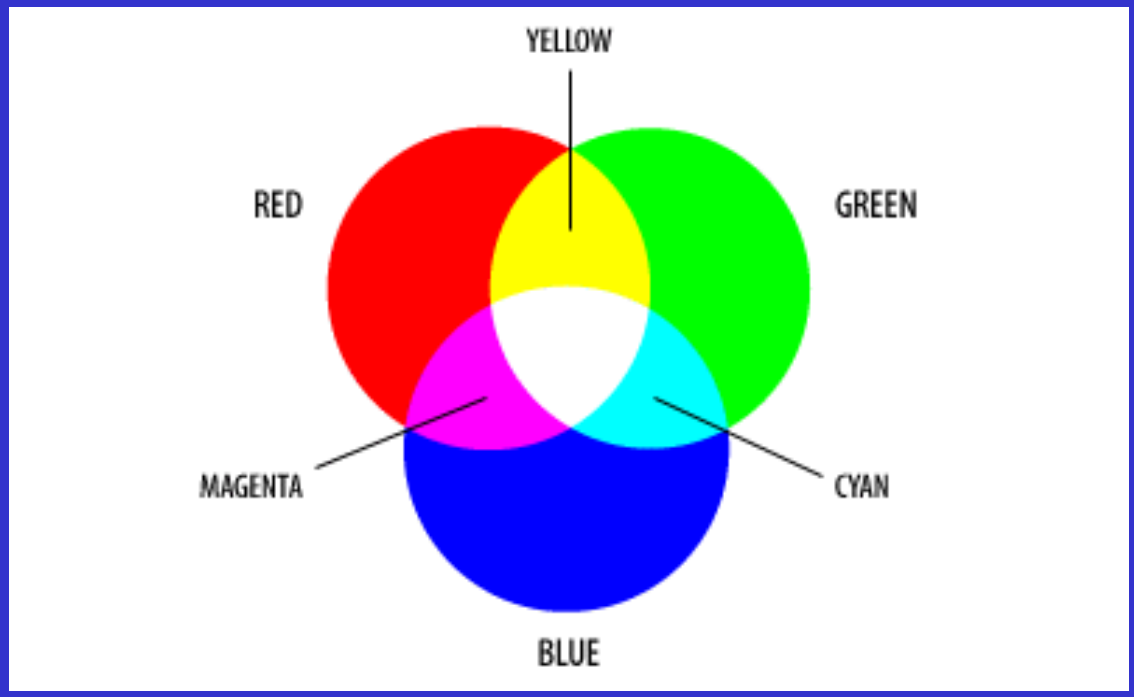


Cubo RGB

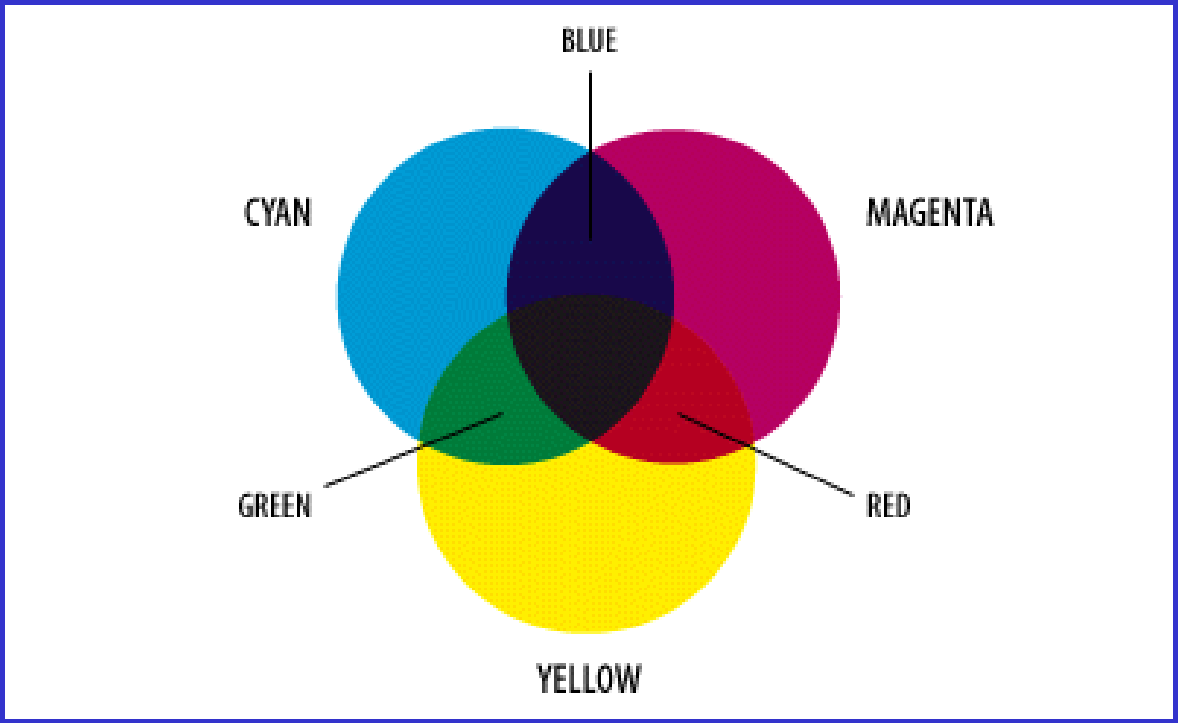
Modelos de Cor

- RGB
- CMY
- HSV/HLS

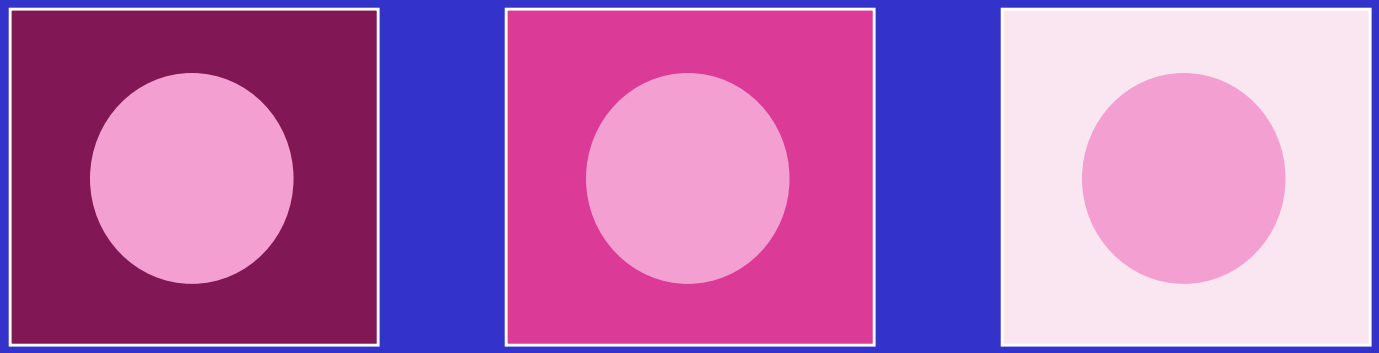
Modelo de Cor RGB



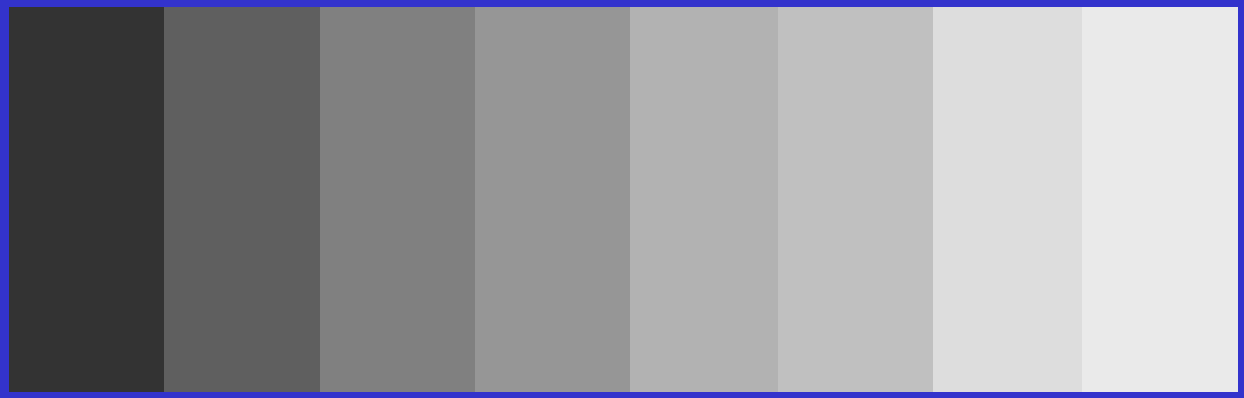
Modelo de Cor CMY

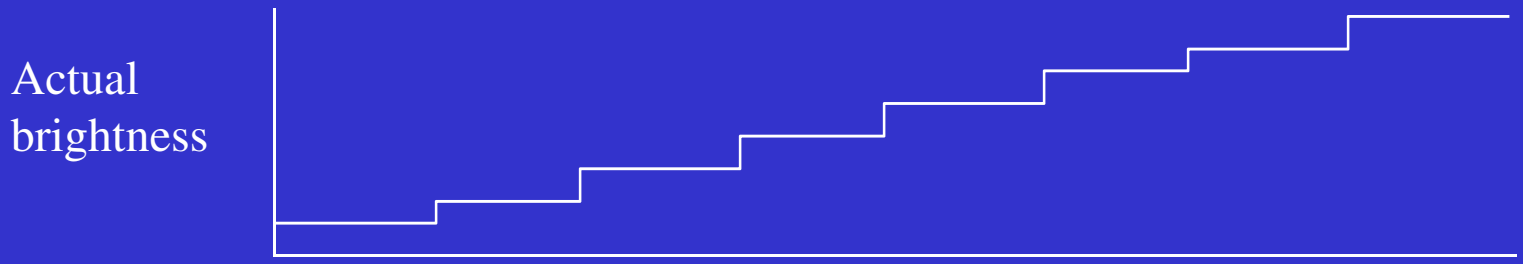


Contraste Simultâneo



Efeito de *mach band*





Outros efeitos:

- www.michaelbach.de/ot/index.html

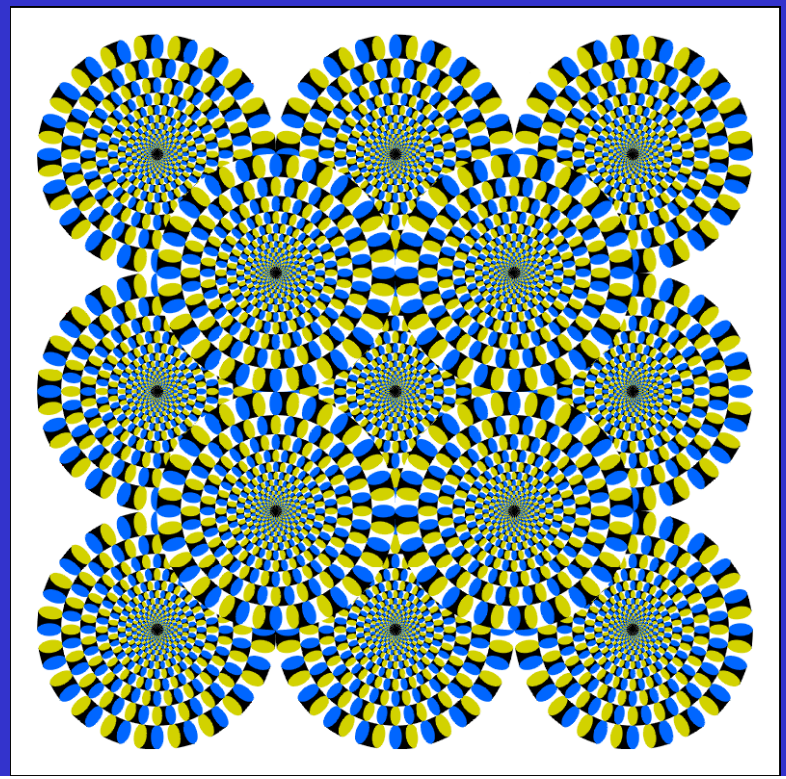


Imagem P&B

- Uma imagem monocromática pode ser descrita matematicamente por uma função *f(x,y)* da intensidade luminosa, equivalente ao nível de cinza da imagem naquele ponto num sistemas de coordenadas espaciais *(x,y)*. O valor de *f* no ponto *(x,y)*é proporcional ao brilho (ou nível de cinza*)* da imagem neste ponto.

Imagem P&B

- Uma imagem analógica (representação real da cena) para tomar o formato do processamento computacional deve sofrer uma discretização espacial (amostragem) e em amplitude (quantização). Para tanto é feita uma amostragem (normalmente uniforme) de $f(x,y)$ nas direções x e y, gerando uma matriz de $M \times N$ pontos seguida de uma quantização do valor de $f(x,y)$ em L níveis de cinza.
- A **amostragem** é a divisão do plano xy em uma grade onde x e y serão números inteiros não negativos. Os pontos da matriz de $M \times N$ são denominados pixels (PICTure Elements). Cada pixel representa uma certa parte da cena real, desta forma a resolução espacial da imagem é proporcional aos valores de M e N.
- A quantização faz com que cada pixel $f(x,y)$ assuma um valor inteiro não negativo de intensidade luminosa (nível de cinza).

Imagem colorida

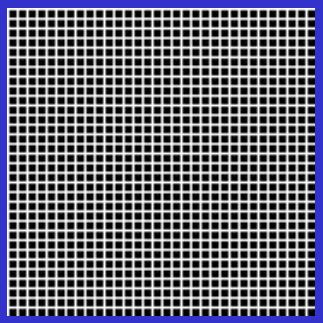
- Uma imagem colorida é uma imagem onde a cor em cada ponto *(x,y)* é definida através de três grandezas: **luminância, matiz e saturação**.
- A luminância está associada com o brilho da luz, a matiz com o comprimento de onda dominante e a saturação com o grau de pureza (ou intensidade) da matiz. A maioria das cores visíveis pelo olho humano pode ser representada como uma combinação de três cores primárias: vermelho (R), verde (G) e azul (B). Assim, uma representação comum para uma imagem colorida utiliza três bandas R, G, e B com profundidade de 1 byte por pixel (a profundidade será de 24 bits por pixel).

Imagem colorida

- Cada canal é representado por 8 bits, podendo representar 256 tonalidades. 256^3=mais de 16 milhões (16.777.216) de cores.
- A imagem colorida é composta das intensidades das 3 cores variando do 0 ao 255, o que permite a codificação de aproximadamente 17 milhões de cores diferentes, embora o olho humano não possa reconhecer mais que 350 000 cores simultaneamente.

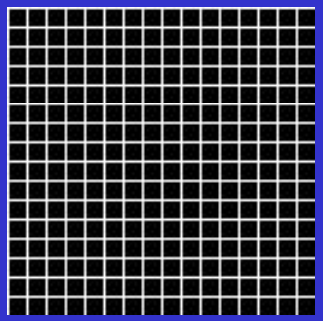
Amostragem e Quantização

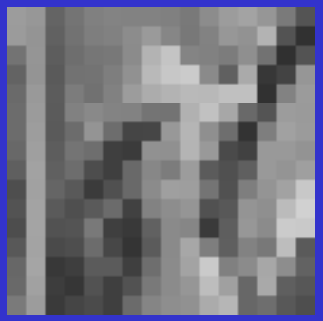
$f(x,y)$



$g_1[m,n]$

Amostragem





$g_2[m,n]$

4 tons de cinza

10 tons de cinza

Quantização

“Realce” de Imagens

Objetivo: Modificar características da imagem para melhorar sua visualização ou posterior análise.

Equalização de histograma:

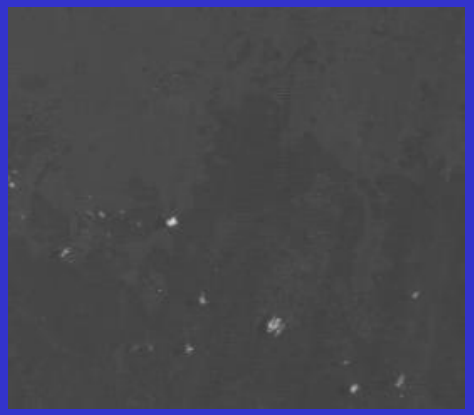
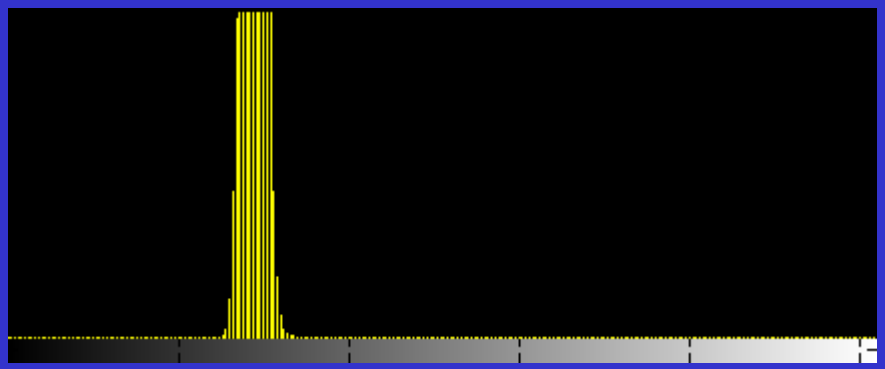


Image CBERS original

histograma



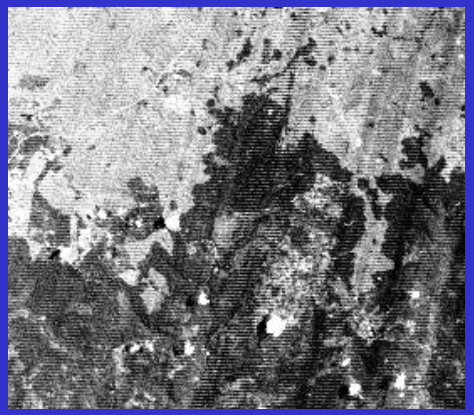
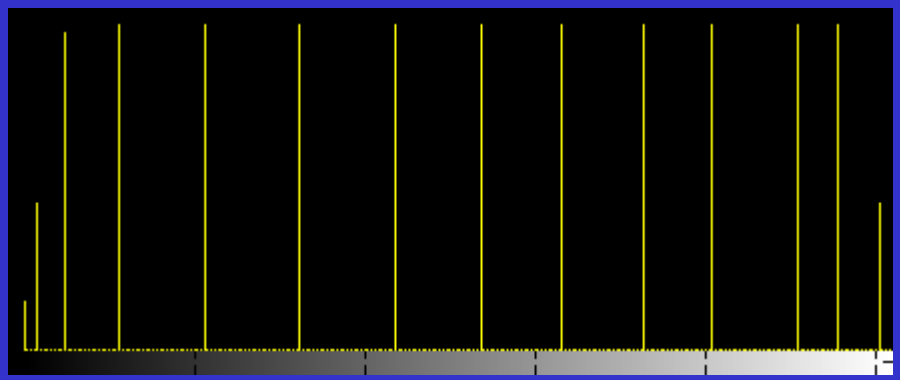


Imagem CBERS equalizada

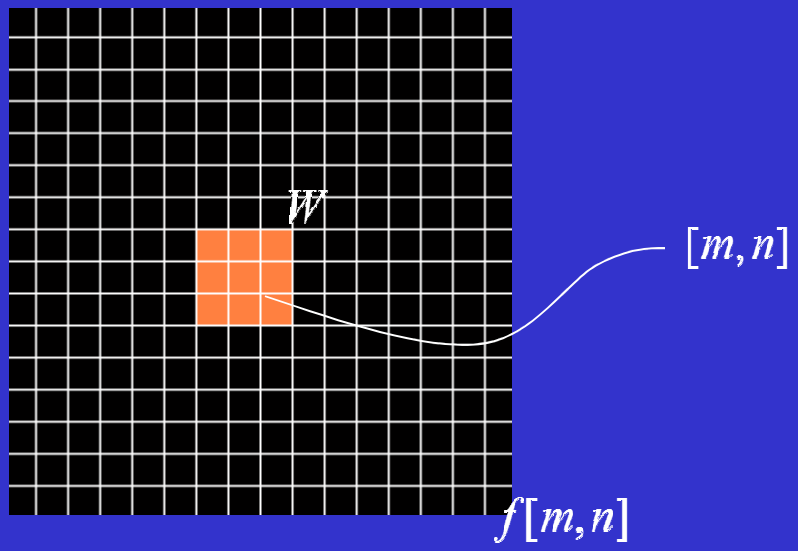
histograma



Filtragem Linear de Imagens:

- Convolução:

$$(f * g)[m,n] = \sum_{(k,l)\in W}\sum f[m-k,n-l]g[k,l]$$



Exemplo

$$g = \frac{1}{8}\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{3x3}$$

Filtros passa-baixa

- Filtro operado no domínio da freqüência
- Permite que "passem" apenas os componentes de baixa freqüência de uma imagem
- Retém os componentes de alta freqüência
- Conseqüência: a imagem tem seus contornos "suavizados", ou seja, fica menos nítida

Filtros passa-alta

- Filtro operado no domínio da freqüência
- Permite que "passem" apenas os componentes de alta freqüência de uma imagem
- Retém os componentes de baixa freqüência
- Conseqüência: a imagem tem seus contornos "realçados", ou seja, fica mais nítida

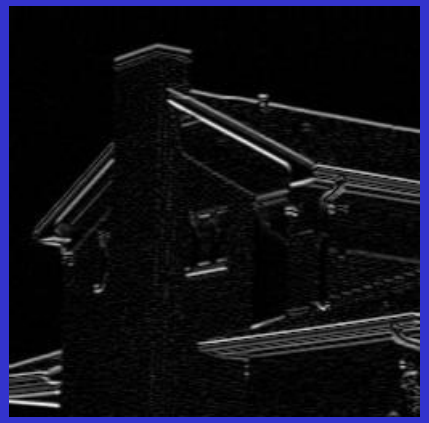
Segmentação de Imagens/ Detecção de Bordas

Objetivo: isolar os diferentes objetos que compõem uma cena. Equivalentemente, detectar as fronteiras entre os objetos (bordas);

Detecção de Bordas

- calculo do gradiente digital (diferenças nas direções *x* e *y)*;

Imagem *house* original



Diferenças verticais (Dx)

Diferenças horizontais (Dy)

Modulo do Gradiente

Imagem *cameraman* original

Módulo do Gradiente (T=.05)

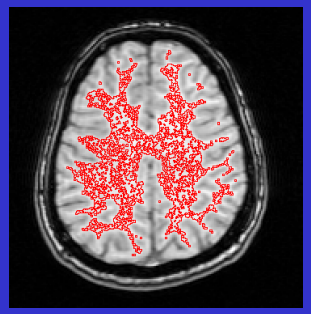
Watersheds

Imagem segmentada

Módulo do Gradiente (T=0.2)

Watersheds

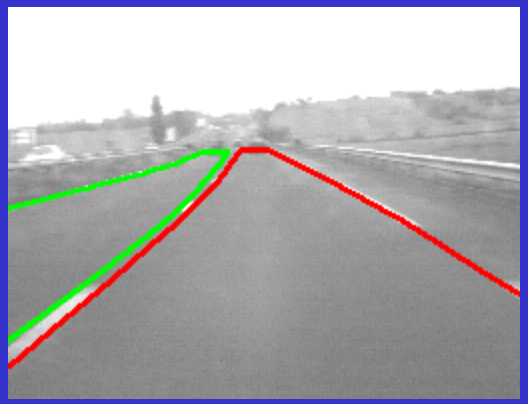
Imagem segmentada



Análise de Imagens (Visão Computacional)

Objetivo: extrair/interpretar características específicas da imagem.

Exemplo: *lane detection*



http://cmm.ensmp.fr/~beucher/prometheus.html

Exemplo: *reconhecimento de impressões digitais*

Imagem original | Imagem binarizada | Crest lines | Minuteae

http://www.intranet-acces.ro/fingerprint_en.html

Exemplo: *classificação de imagens de satélite*

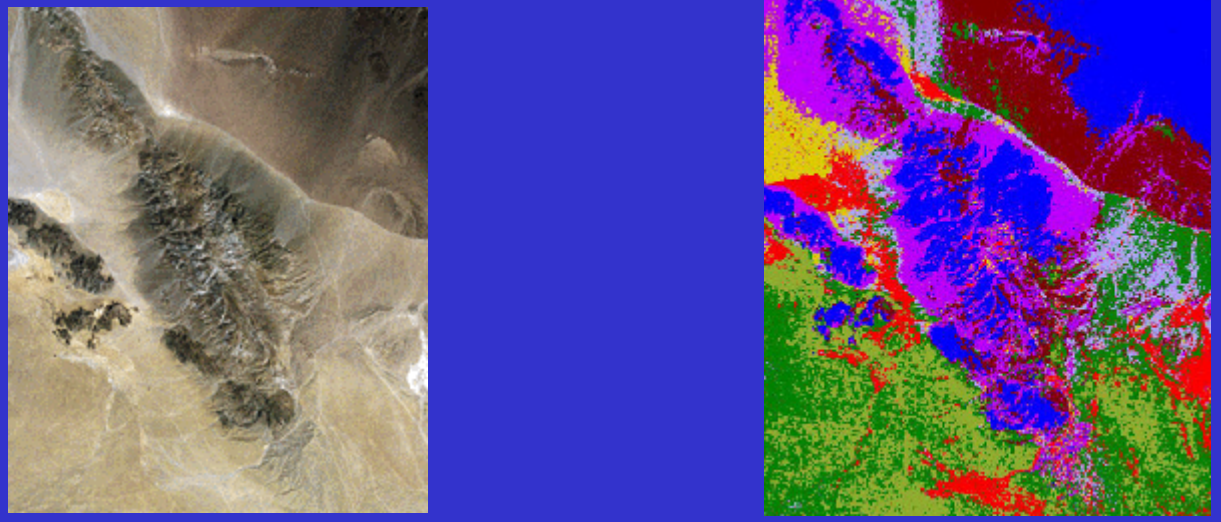


Imagem de satélite | Imagem classificada

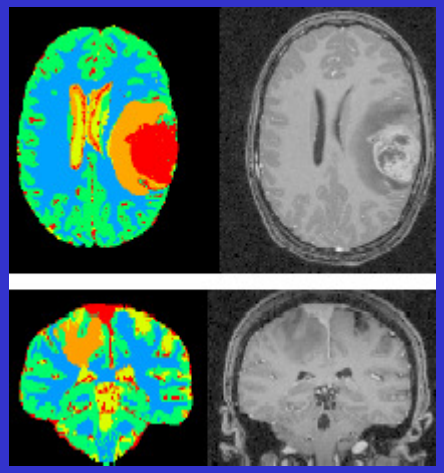
http://www.ag.unr.edu/serdp/mcagcc.htm

Exemplo: *reconstrução 3D automática de imagens aéreas*

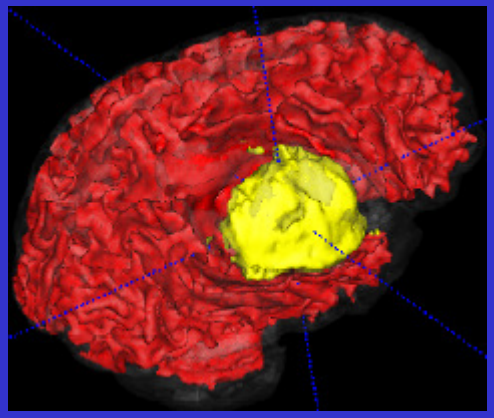
Imagem aérea e objetos 3D detectados

Huertas e Ascona, 1997.

Exemplo: *detecção automática de tumores*



MRI do cérebro



Tumor segmentado

Moon et al, 2002

Exemplo: *reconhecimento de caracteres*

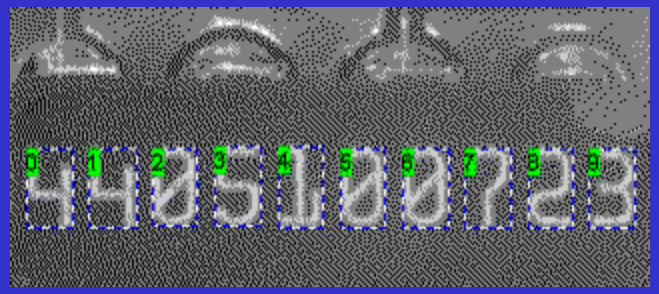


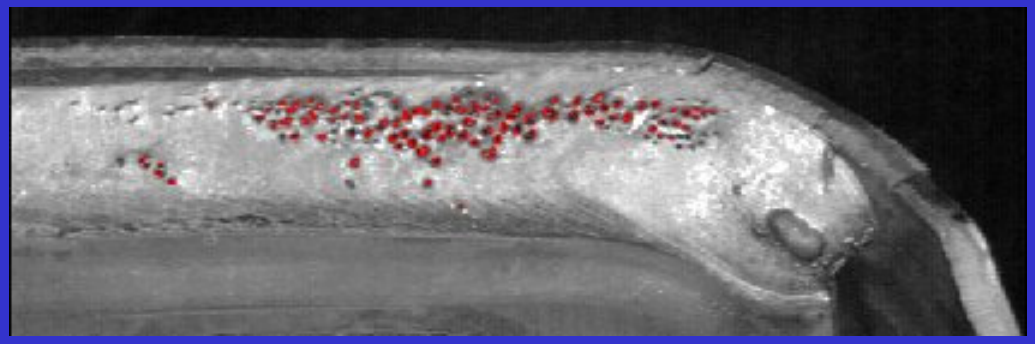
Imagem adquirida (caracteres segmentados)

✔ 0	4	0.95	
✔ 1	4	0.995	
✔ 2	0	0.914	
✔ 3	5	0.995	
✔ 4	1	0.993	
✔ 5	0	0.982	
✔ 6	0	0.958	
✔ 7	7	0.966	
✔ 8	2	0.914	
✔ 9	3	0.968	

Classificação

http://www.industrialvision.co.uk/case_studies/char_recognition.htm

Exemplo: *controle de qualidade*



Medição da porosidade em uma solda

http://www.swri.org/4org/d10/autoeng/mvision/example.htm

Comentários Finais

- Processamento de imagens pode ser utilizado em qualquer aplicação que envolva sinais com duas ou mais dimensões.
- Tarefas triviais para o olho humano podem ser extremamente difíceis para a máquina.
- Muita matemática e computação envolvidas (*real-time*).
- Muitos problemas em aberto.