

Introdução ao Processamento de Imagens

Profa. Dra. Soraia Raupp Musse

Thanks to Prof. Dr. Cláudio Rosito Jung

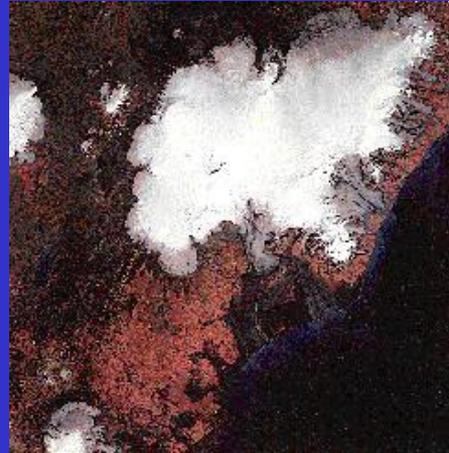
Introdução

- **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 vegetação e queimadas em imagens de satélite;
 - medição automática de formas e tamanhos de órgãos (medicina);
 - detecção de falhas em circuitos impressos;
 - outras.

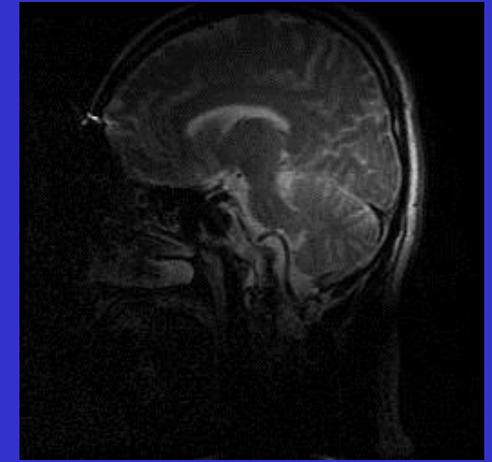
Exemplos



Aérea



Satélite



Ressonância Magnética



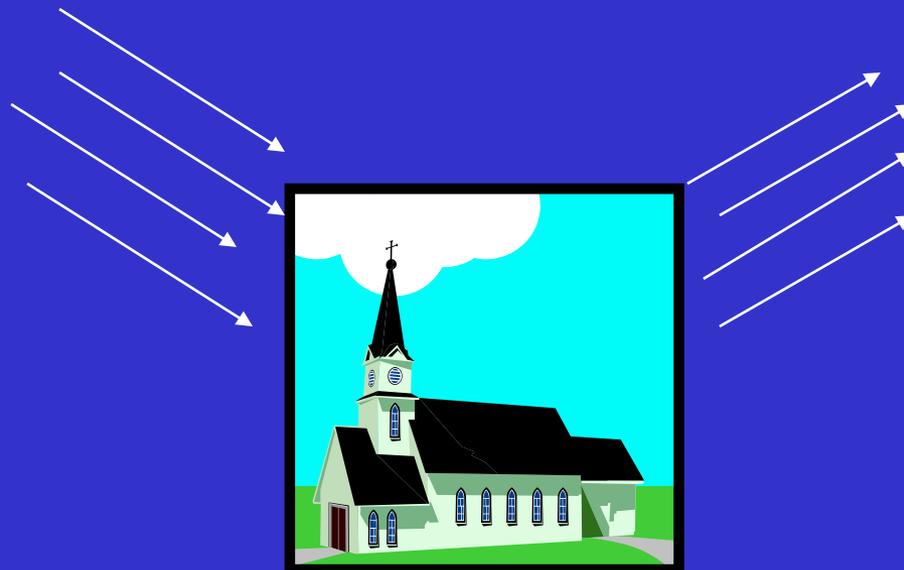
Câmera fotográfica



Sensor capacitivo

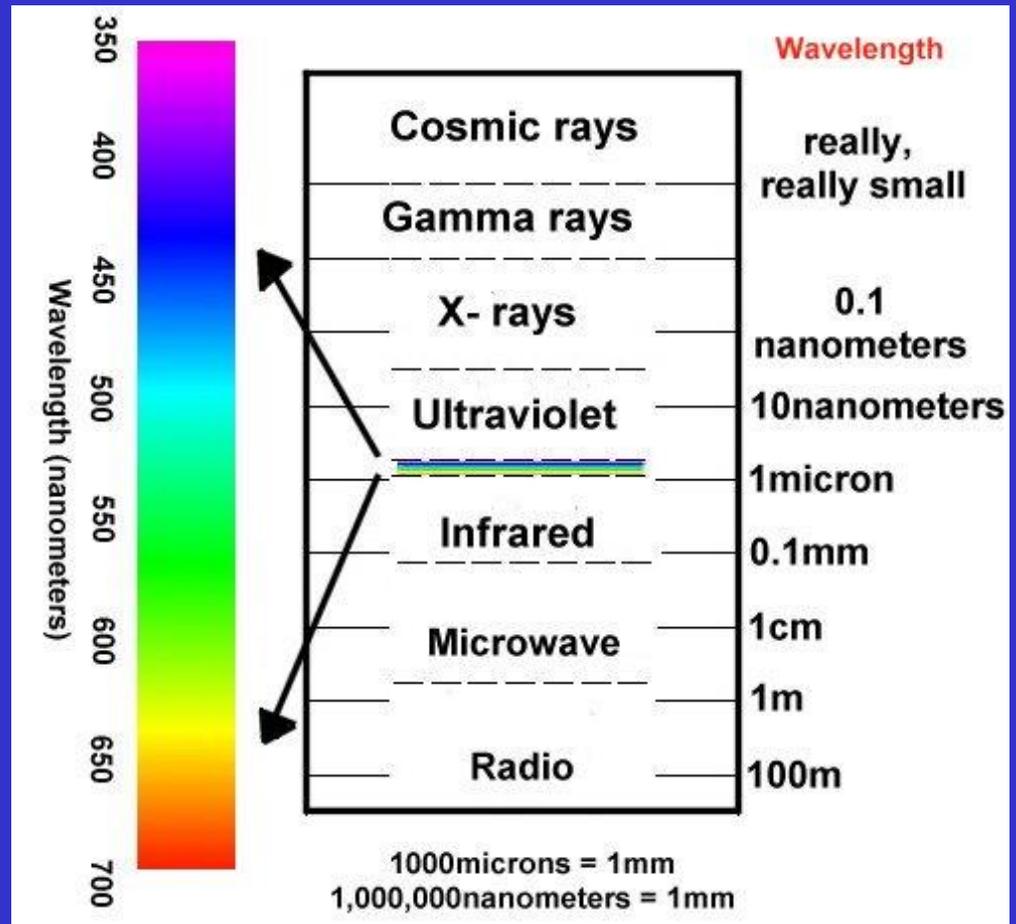
Formação das Imagens

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



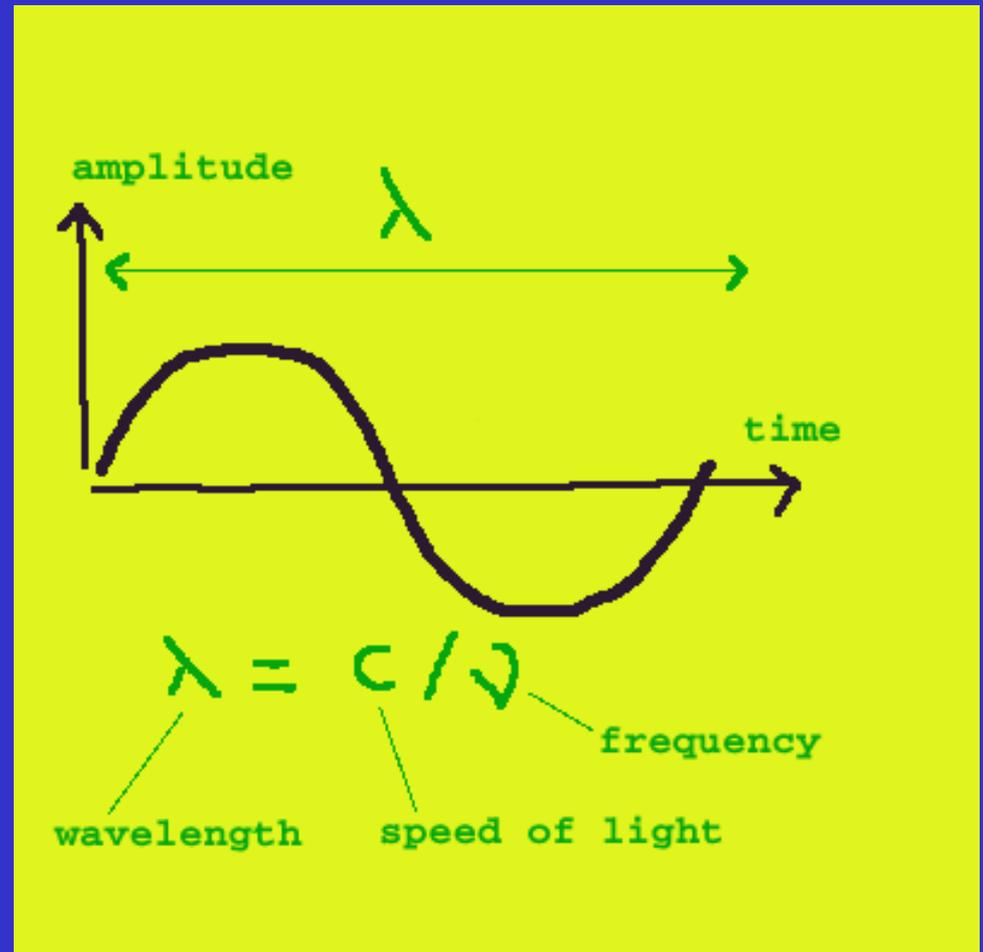
O que é Luz?

- Faixa de radiações eletromagnéticas (comprimento de onda) 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

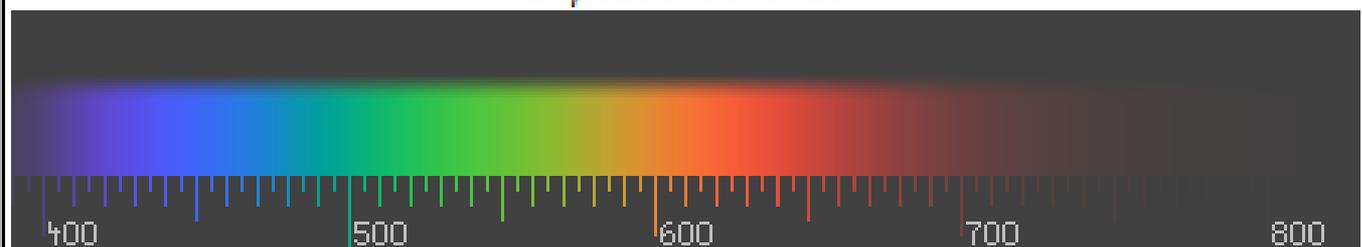


O que é Cor?

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

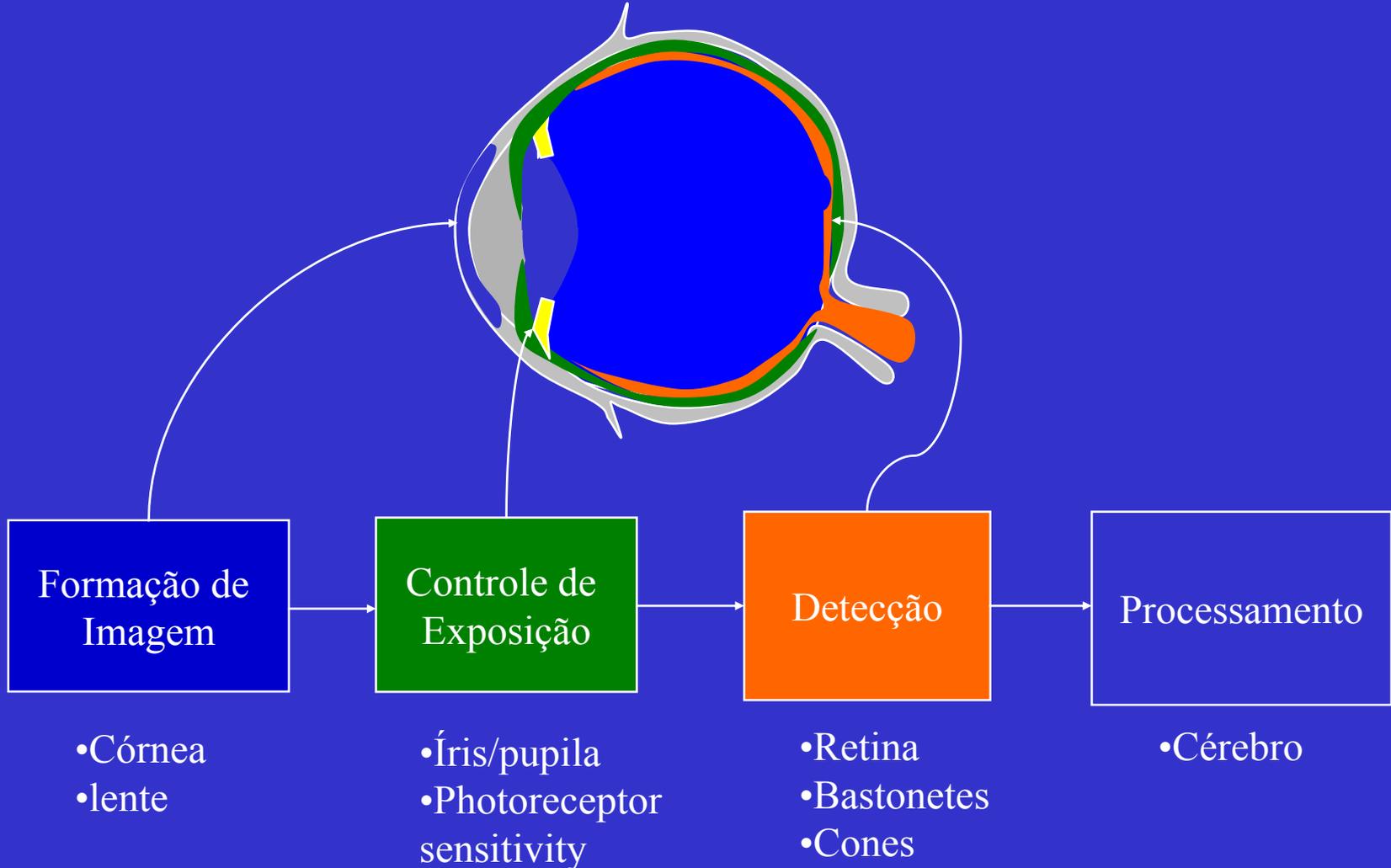
Espectro Contínuo



Sistema Visual Humano

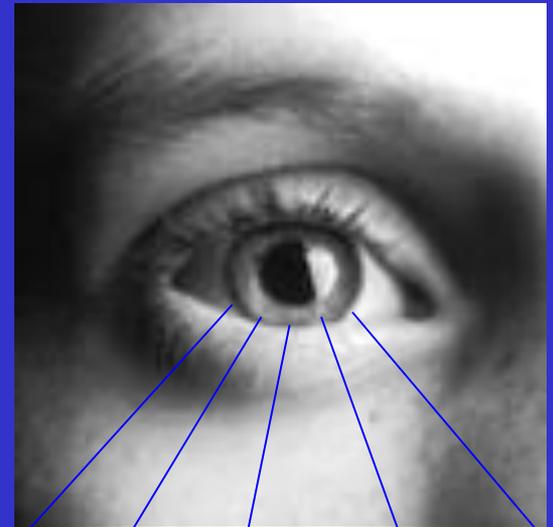
- 70% da nossa informação é coletada pela visão
- A visão é o nosso sentido mais importante
 - Relativamente à audição, cheiro, tato e gosto

Sistema Visual Humano



Imagem

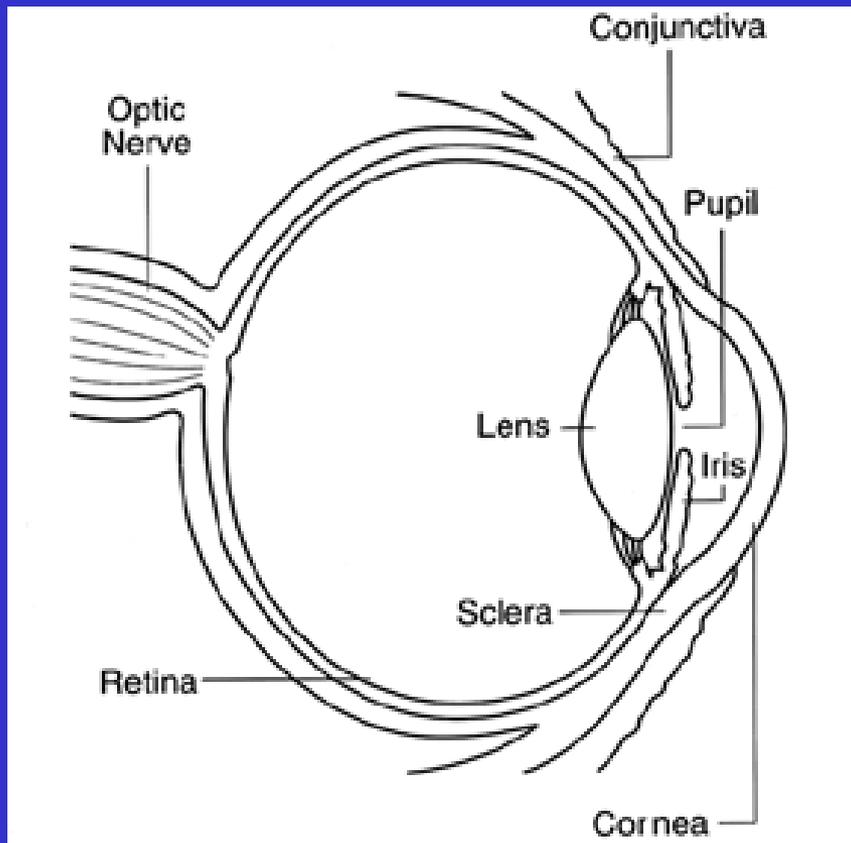
- Curiosidades:
 - Até por volta do ano 1000 pensavam que o olho emitia luz...
 - Em 1020, Alhazen sugere que o olho capta luz e não emite...



Visão Humana



Fisiologia do Olho Humano

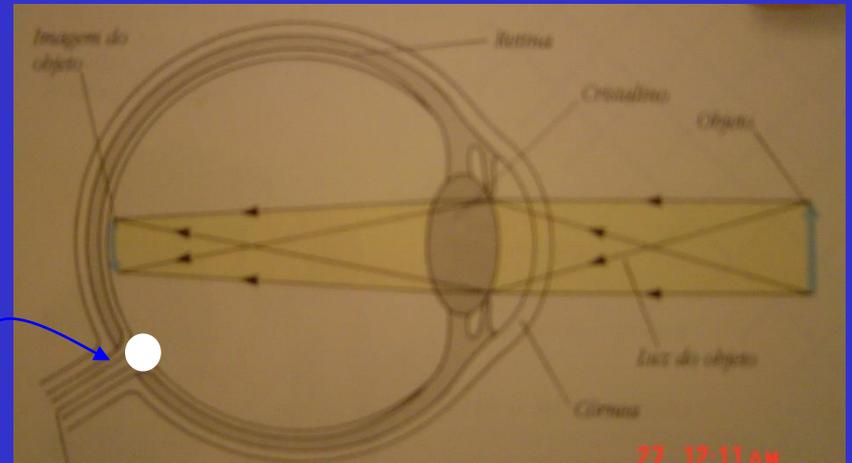


- Retina: parte sensível à luz (200° de cobertura) – conexão com o nervo ótico
- Íris: regula a quantidade de luz que entra no olho
- Lente (cristalino) permite foco

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:



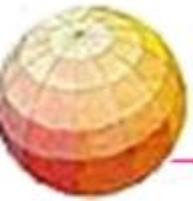
Most people (even many who work on the brain) assume that what you see is pretty much what your eye sees and reports to your brain. In fact, your brain adds very substantially to the report it gets from your eye, so that a lot of what you see is actually "made up" by the brain.

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

<https://youtu.be/kRIxqyubB5Y>

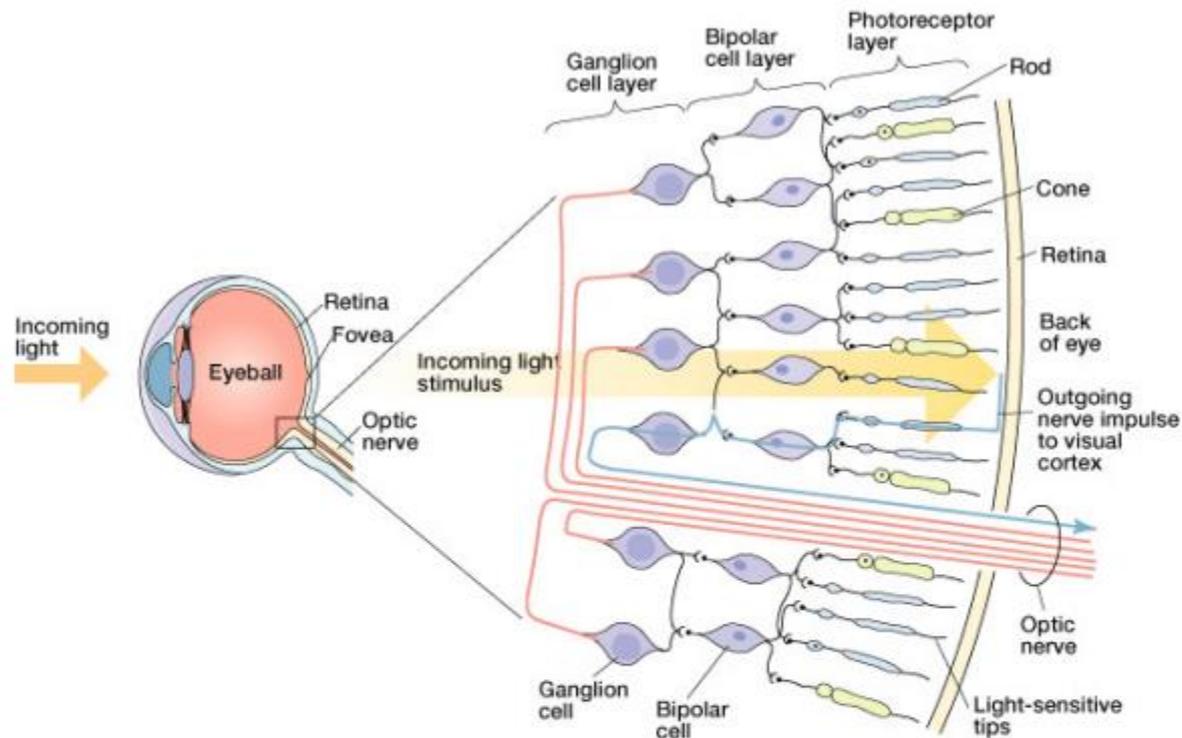
Funcionamento

- 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



Sistema Visual Humano

- O olho humano é um mecanismo complexo composto basicamente por uma lente e uma superfície foto-sensível, a retina



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

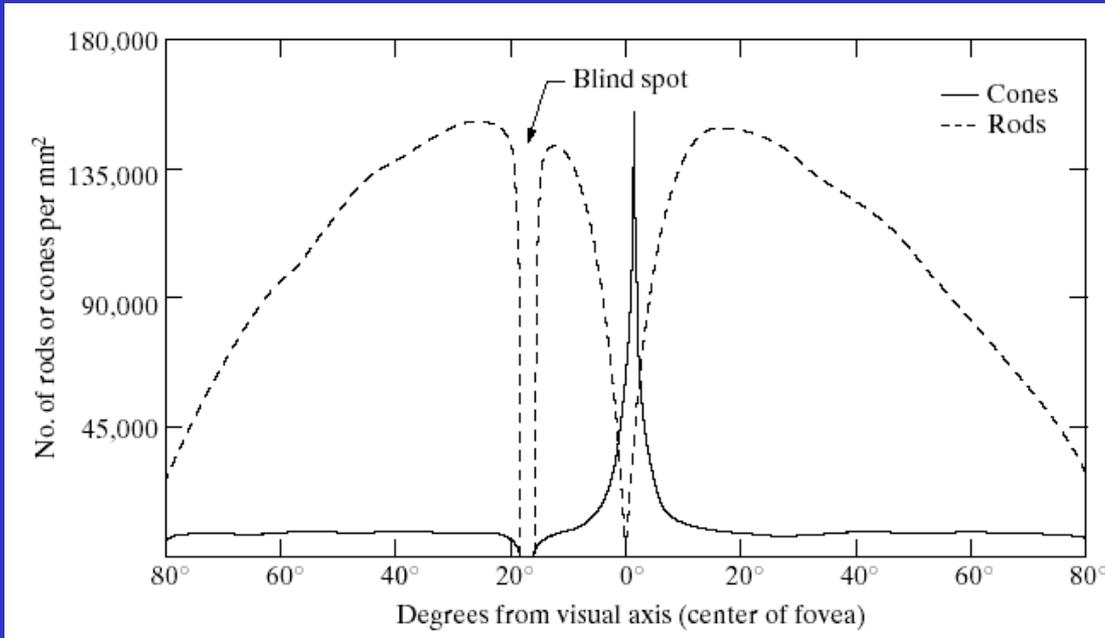
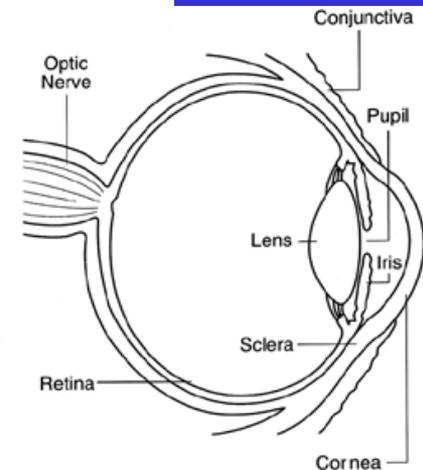


FIGURE 2.2
Distribution of rods and cones in the retina.

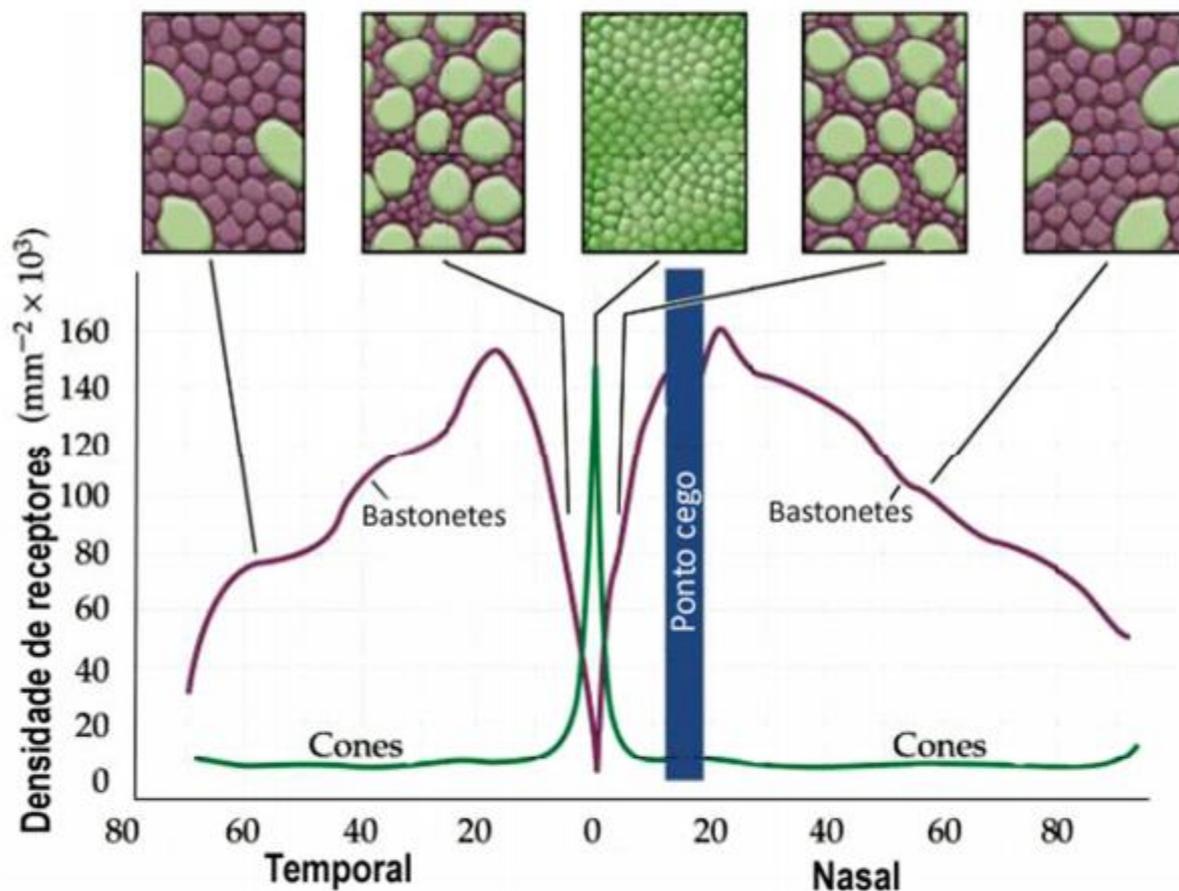


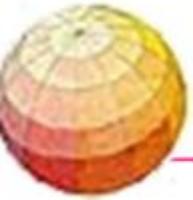
- Quando a luz estimula um bastonete ou cone ocorre uma transição fotoquímica produzindo um impulso no nervo
- Os cones são responsáveis pela visão da cor



Distribuição de Cones e Bastonetes

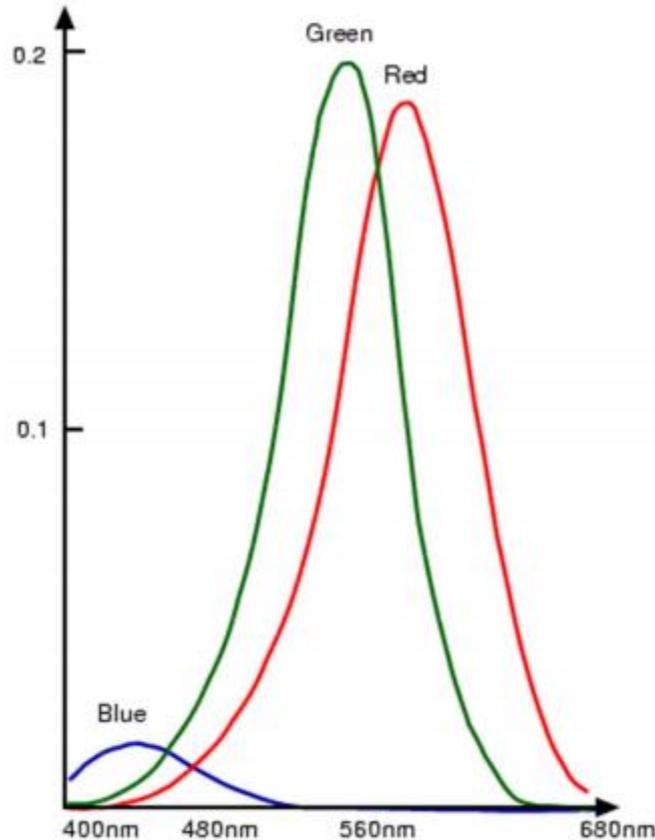
- A distribuição de fotorreceptores na retina não é uniforme





Percepção das Cores

- Curvas de absorção da luz de acordo com o tipo de cone





Considerando o Sistema Visual Humano

- Utilizar informações de como percebemos as cores
 - 30% vermelho
 - 59% verde
 - 11% azul

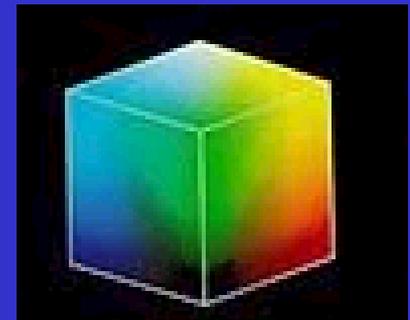
Percepção de Imagens

- 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.

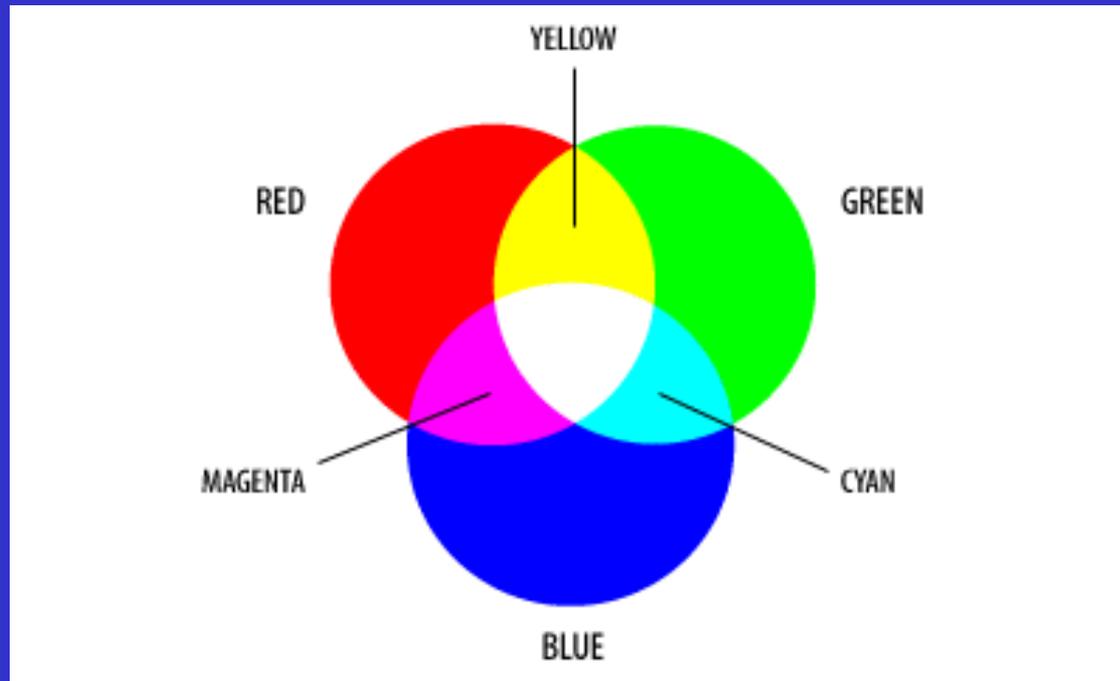


Cubo RGB

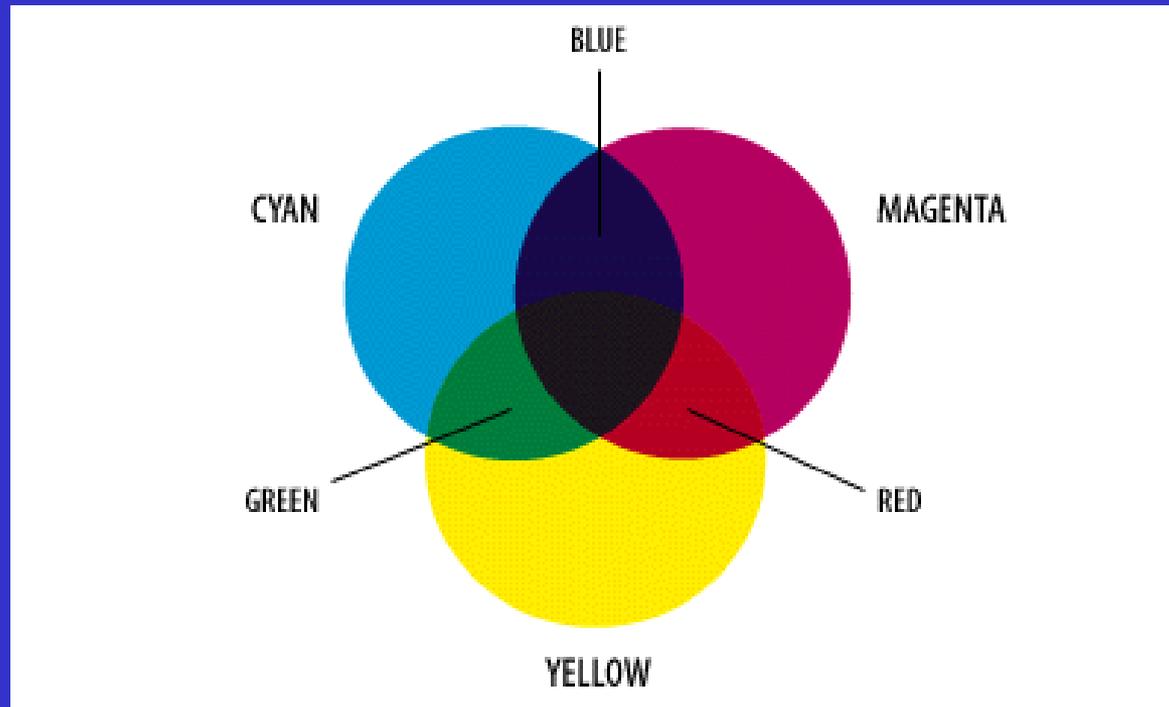
Modelos de Cor

- RGB
- CMY
- HSV/HLS

Modelo de Cor RGB

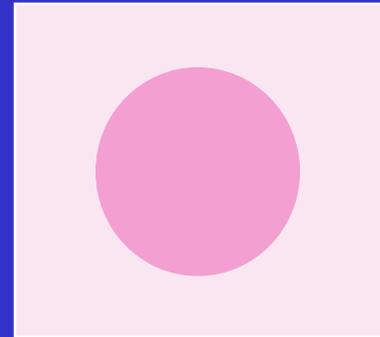
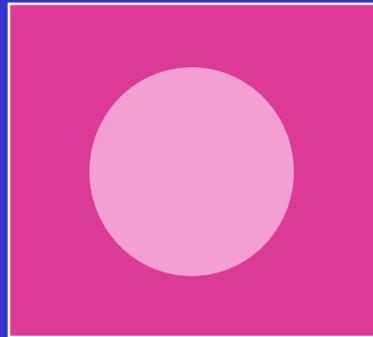
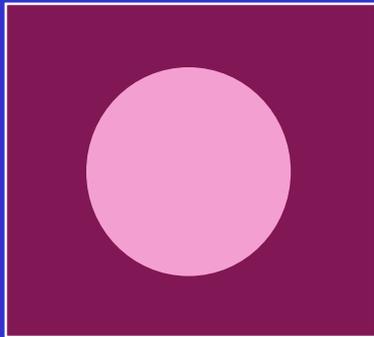


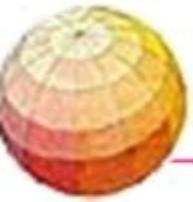
Modelo de Cor CMY



Efeitos

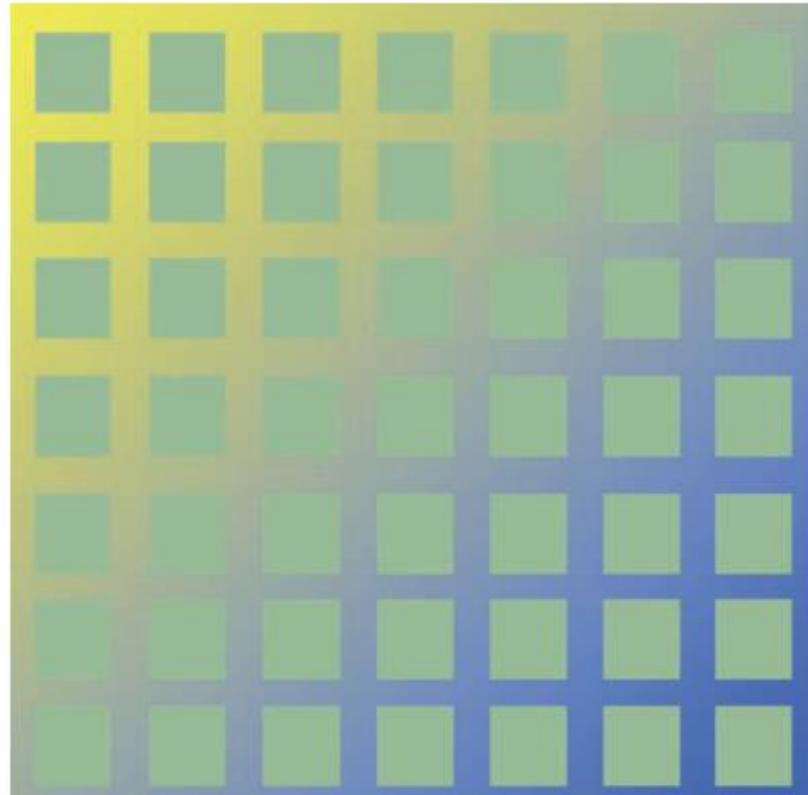
Contraste Simultâneo





Fenômeno de Aparência da Cor

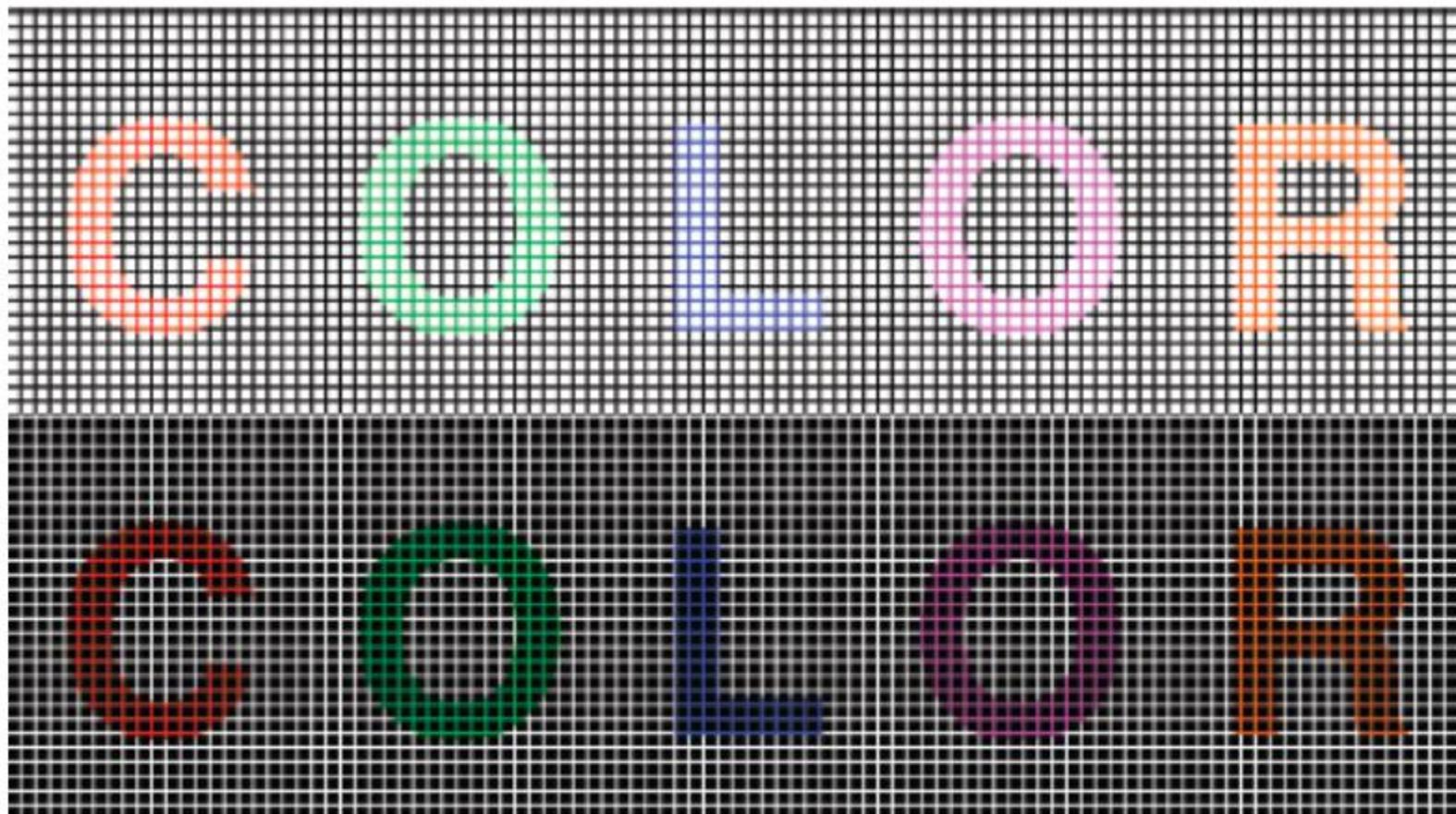
- A cor dos quadrados parece diferente para diferentes cores do fundo

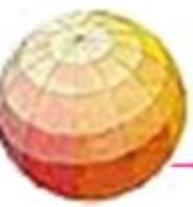




Espalhamento das Cores

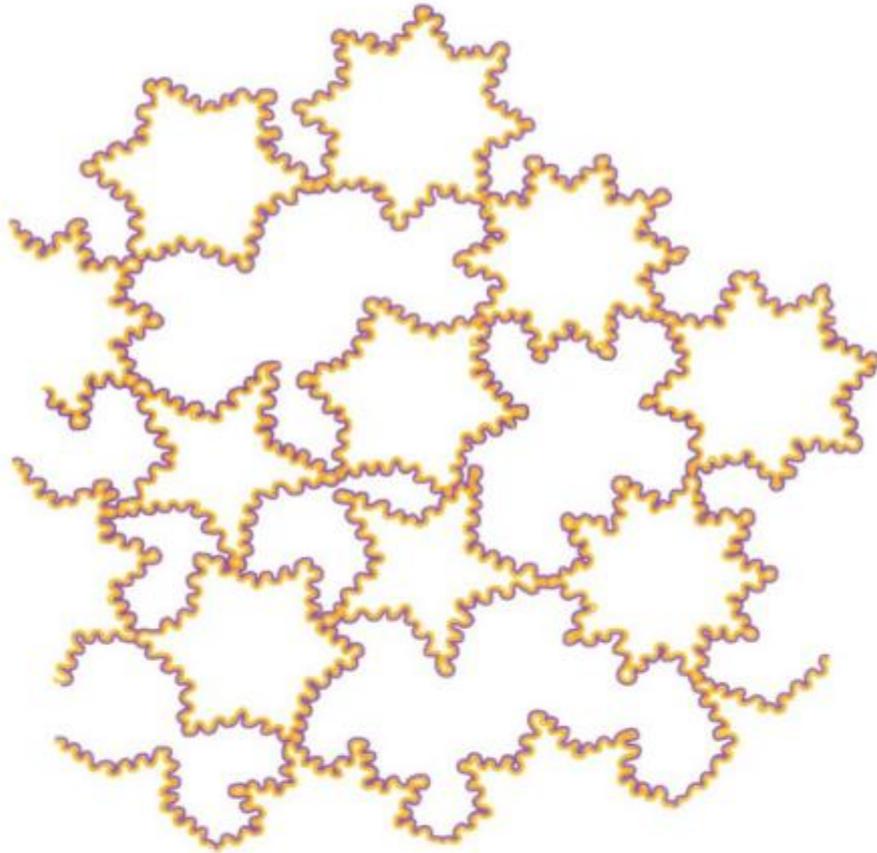
- Apenas as linhas contêm cor





Efeito Aquarela

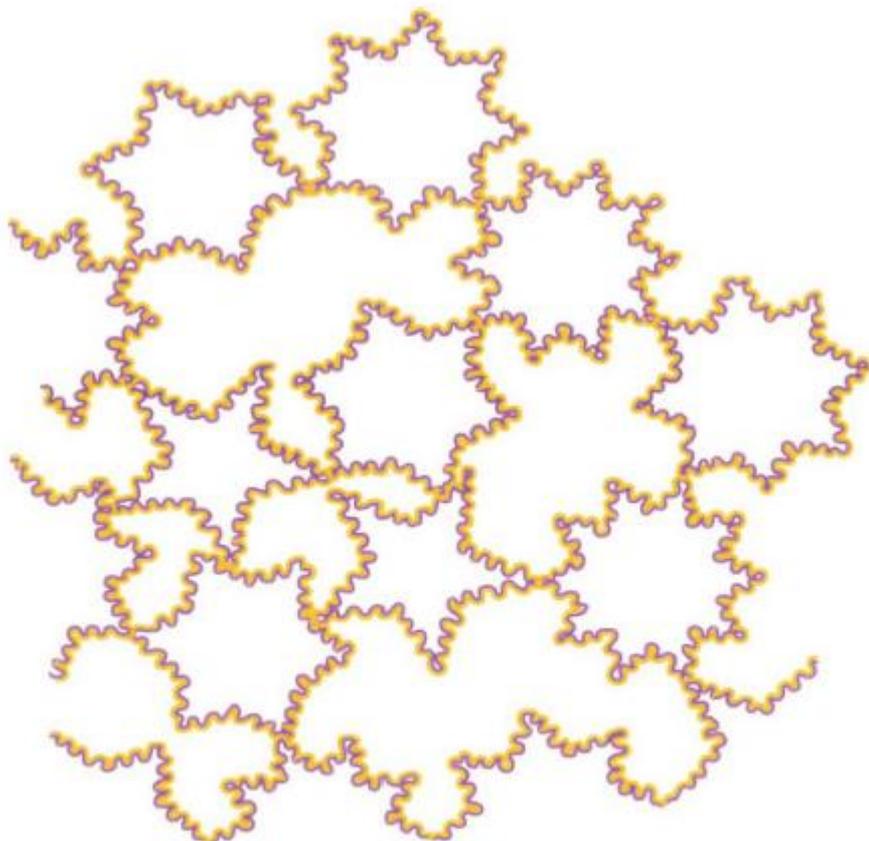
- Estrelas preenchidas?





Efeito Aquarela

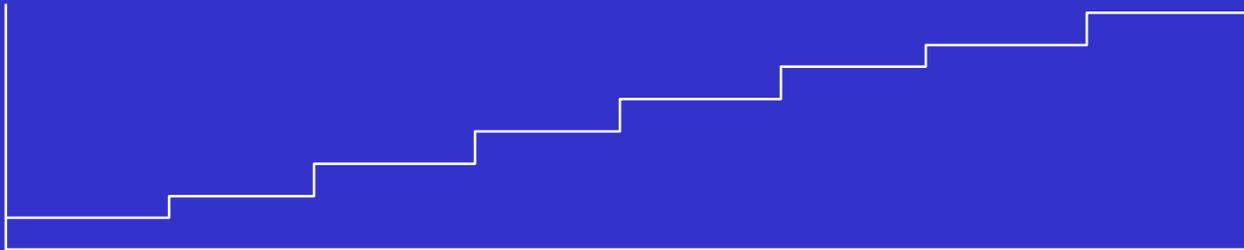
- Invertendo os contornos



Efeito de *mach band*



Actual
brightness



Perceived
by you



Outros efeitos:

- www.michaelbach.de/ot/index.html
- <http://graphics.csie.ncku.edu.tw/SAI/>

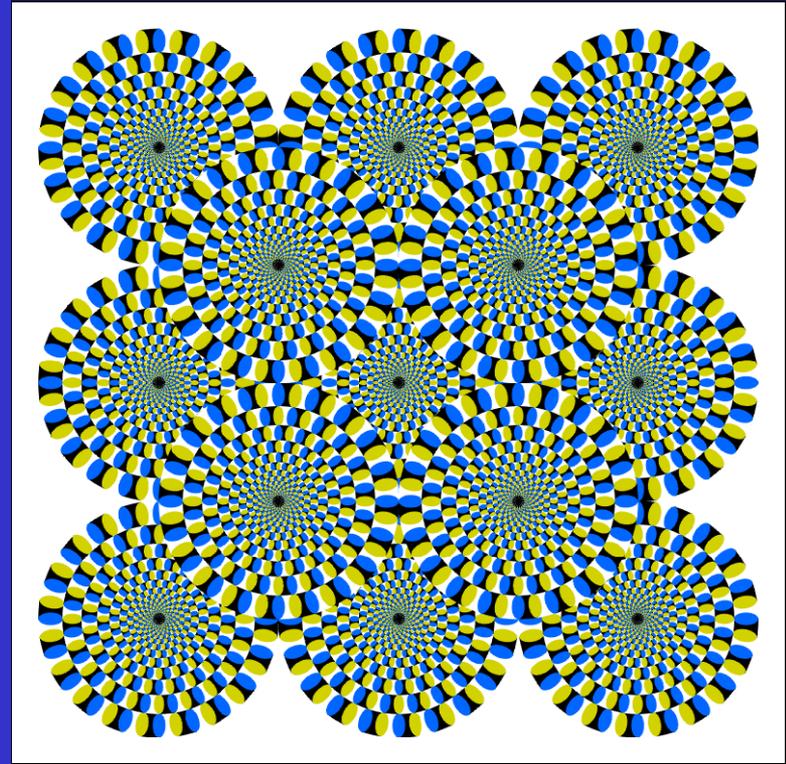




Imagem P&B

- 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 $f(x,y)$ assumira 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.



Considerando o Sistema Visual Humano

- Tons de cinza como média $Gr = (R + G + B) / 3$



Original



Média

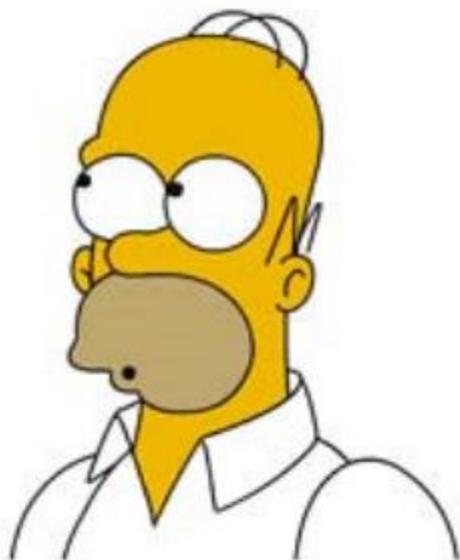


Pesos



Considerando o Sistema Visual Humano

- Diferença mais perceptível em alguns casos



Original

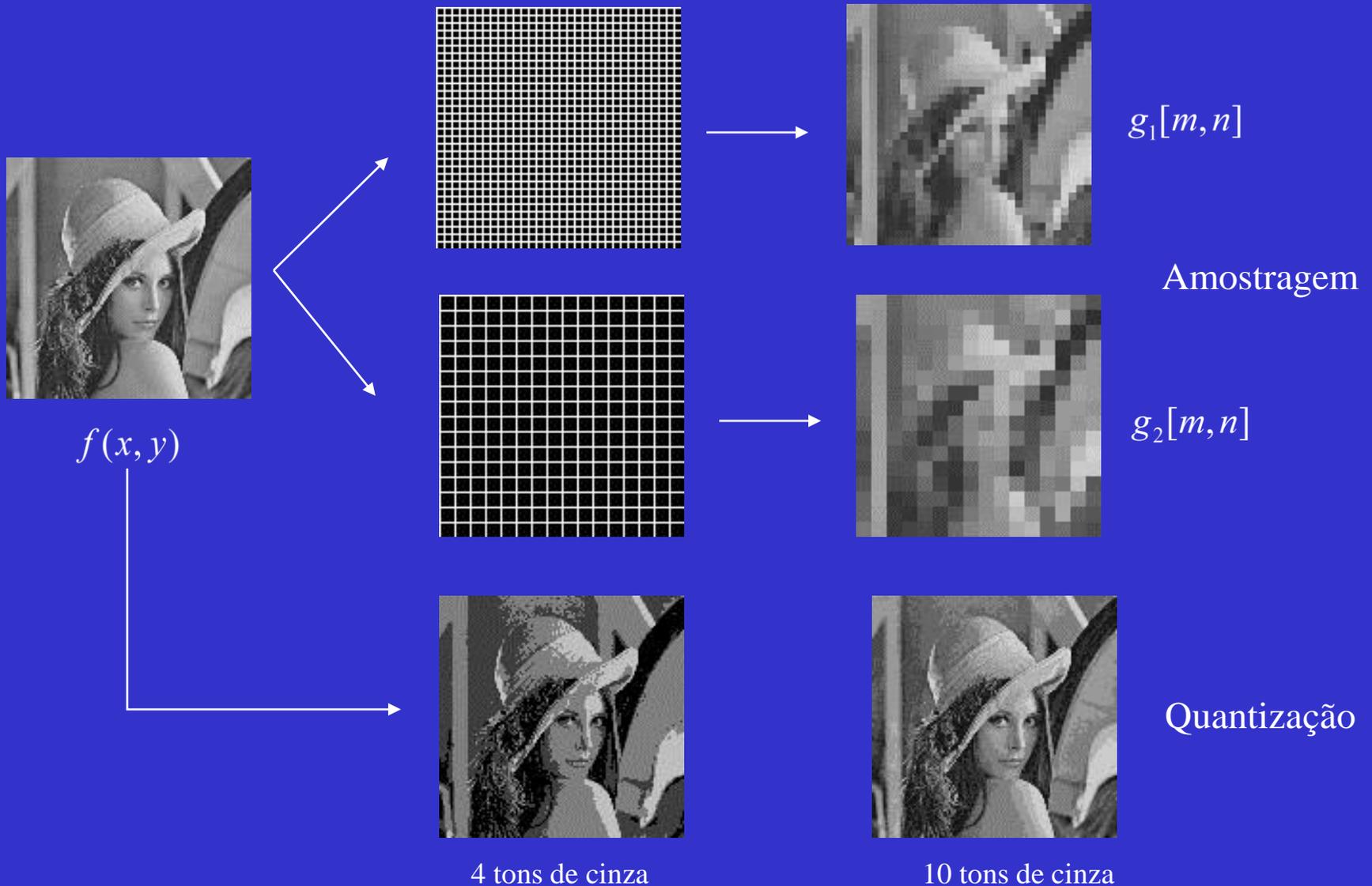


Média



Pesos

Amostragem e Quantização



“Realce” de Imagens

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

Equalização de histograma:

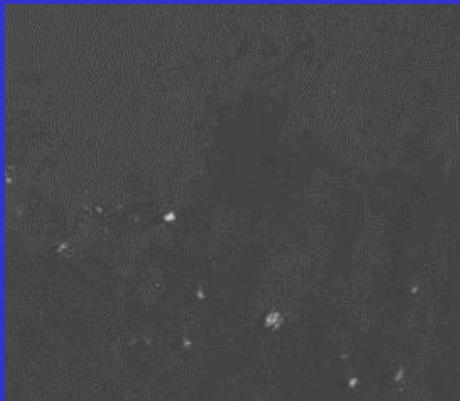


Image CBERS original



histograma

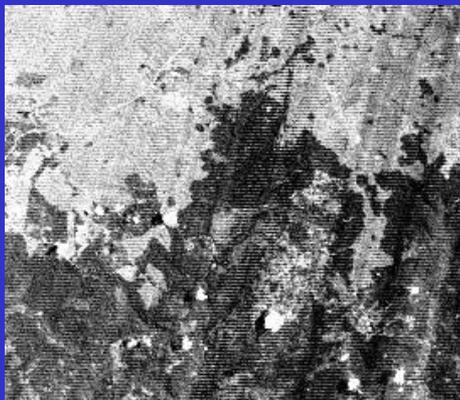
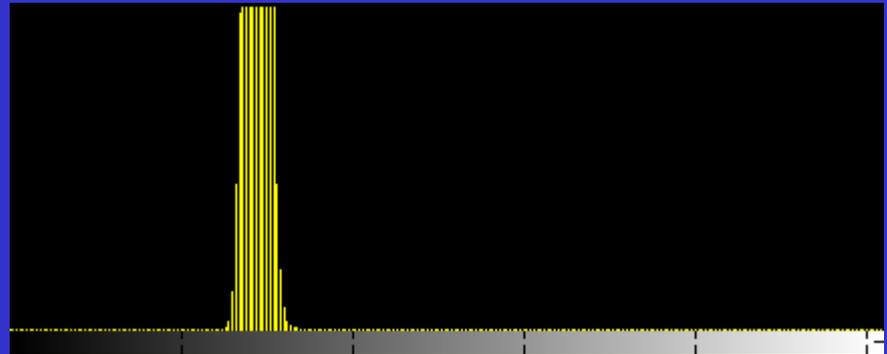
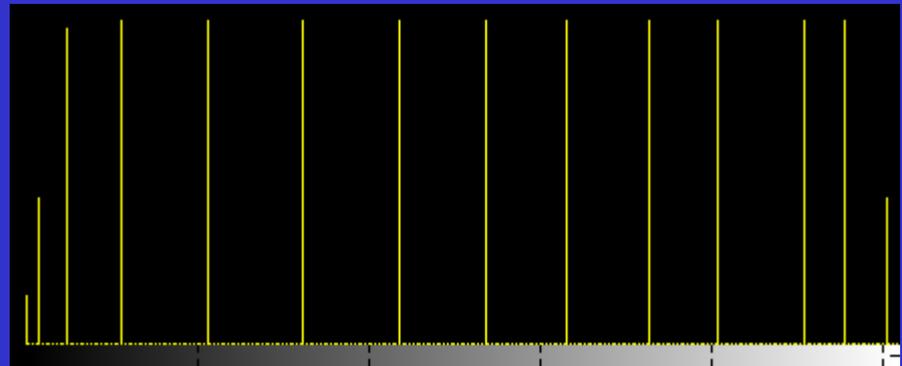


Imagem CBERS equalizada



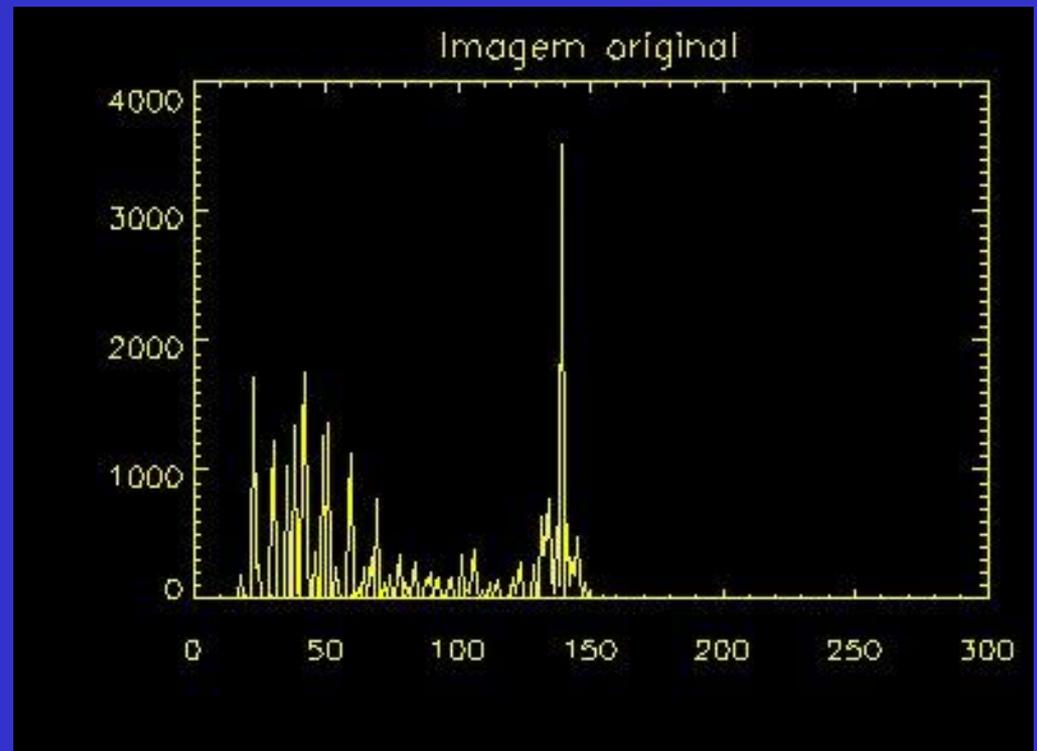
histograma



Equalização



Figura 1 - Imagem Original



Equalização

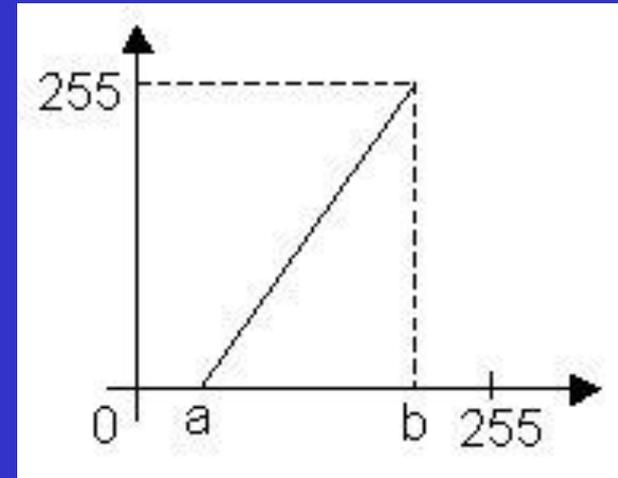
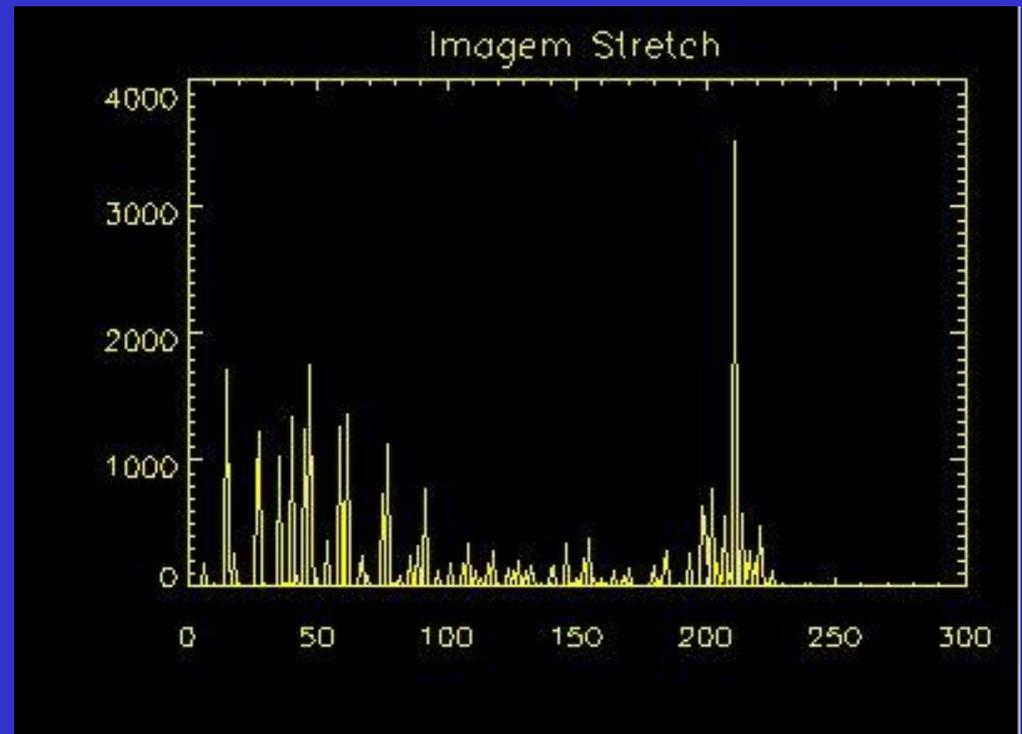


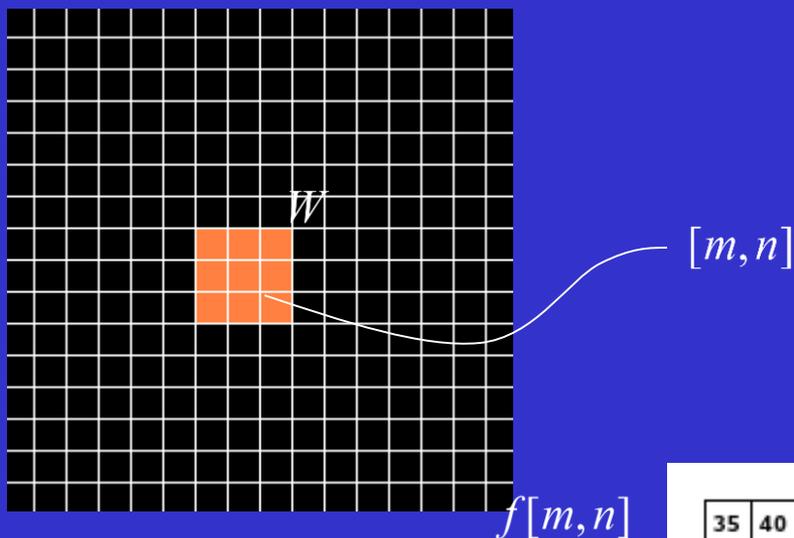
Figura 1.1 - Operação de stretch



Filtragem Linear de Imagens:

- Convolução:

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



Exemplo

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

35	40	41	45	50
40	40	42	46	52
42	46	50	55	55
48	52	56	58	60
56	60	65	70	75

×

	0	1	0	
	0	0	0	
	0	0	0	

=

		42		

Filtros passa-baixa

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



Filtragem Linear de Imagens:

- Suaviza, borra a imagem:



0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

Filtros passa-alta

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



Filtragem Linear de Imagens:

- Realce:



0	0	0	0	0
0	0	-1	0	0
0	-1	5	-1	0
0	0	-1	0	0
0	0	0	0	0

Segmentação de Imagens/ Detecção de Bordas

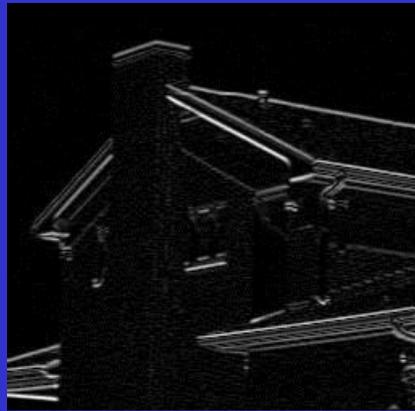
Objetivo: isolar os diferentes objetos que compõem uma cena. Equivalentemente, detectar as fronteiras entre os objetos (bordas);

Detecção de Bordas

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



Imagem *house* original



Diferenças verticais (D_x)
 $dx > Th_v$



Diferenças horizontais (D_y)
 $dy > Th_h$



Modulo do Gradiente
 $G = (dx, dy)$



Imagem *cameraman* original



Módulo do Gradiente ($T=0.05$)

Watersheds



Imagem segmentada

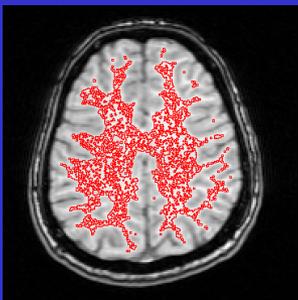


Módulo do Gradiente ($T=0.2$)

Watersheds



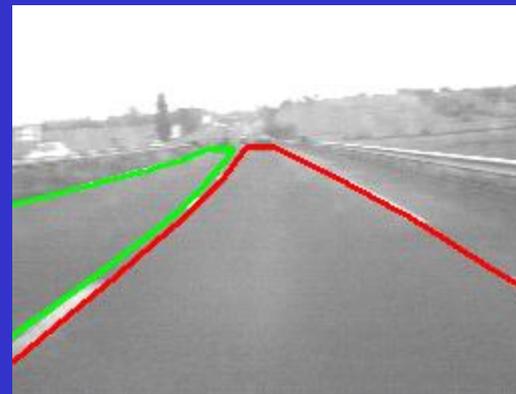
Imagem segmentada



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



Minutiae

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

Exemplo: *classificação de imagens de satélite*



Imagem de satélite

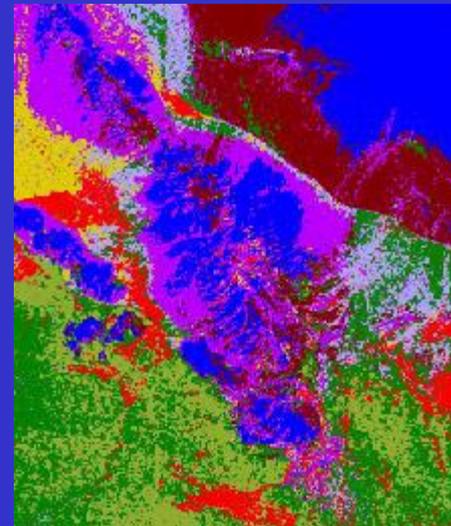


Imagem classificada

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

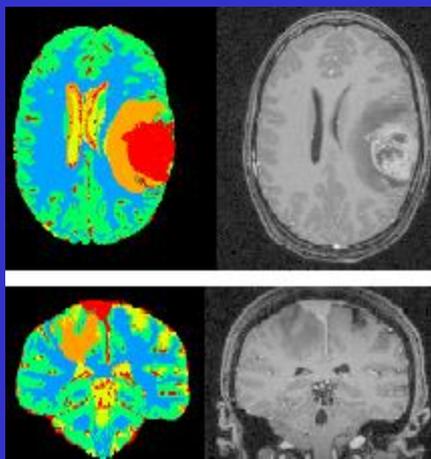
Exemplo: *reconstrução 3D automática de imagens aéreas*



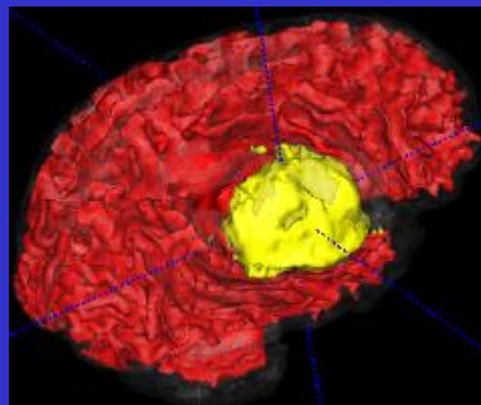
Huertas e Ascona, 1997.

Imagem aérea e objetos 3D detectados

Exemplo: *detecção automática de tumores*



MRI do cérebro



Moon et al, 2002

Tumor segmentado

Exemplo: reconhecimento de caracteres

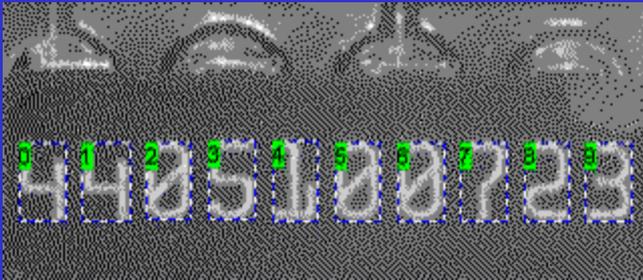


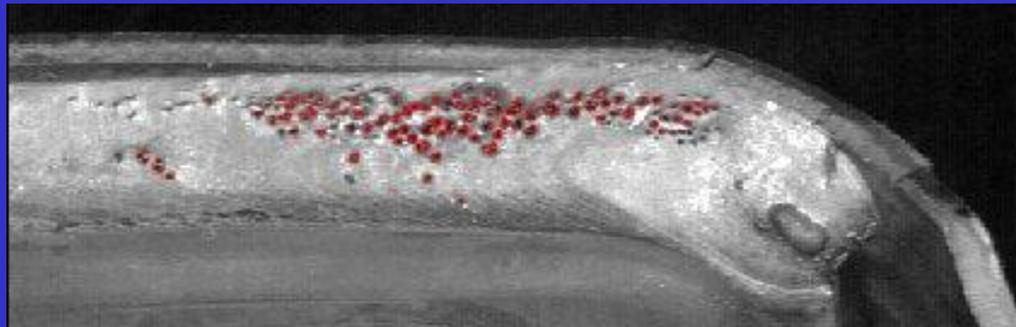
Imagem adquirida (caracteres segmentados)

✓ 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
- Muitos problemas em aberto.