A decorative graphic consisting of three colored circles (dark teal, light teal, and grey) and a vertical line to their right.

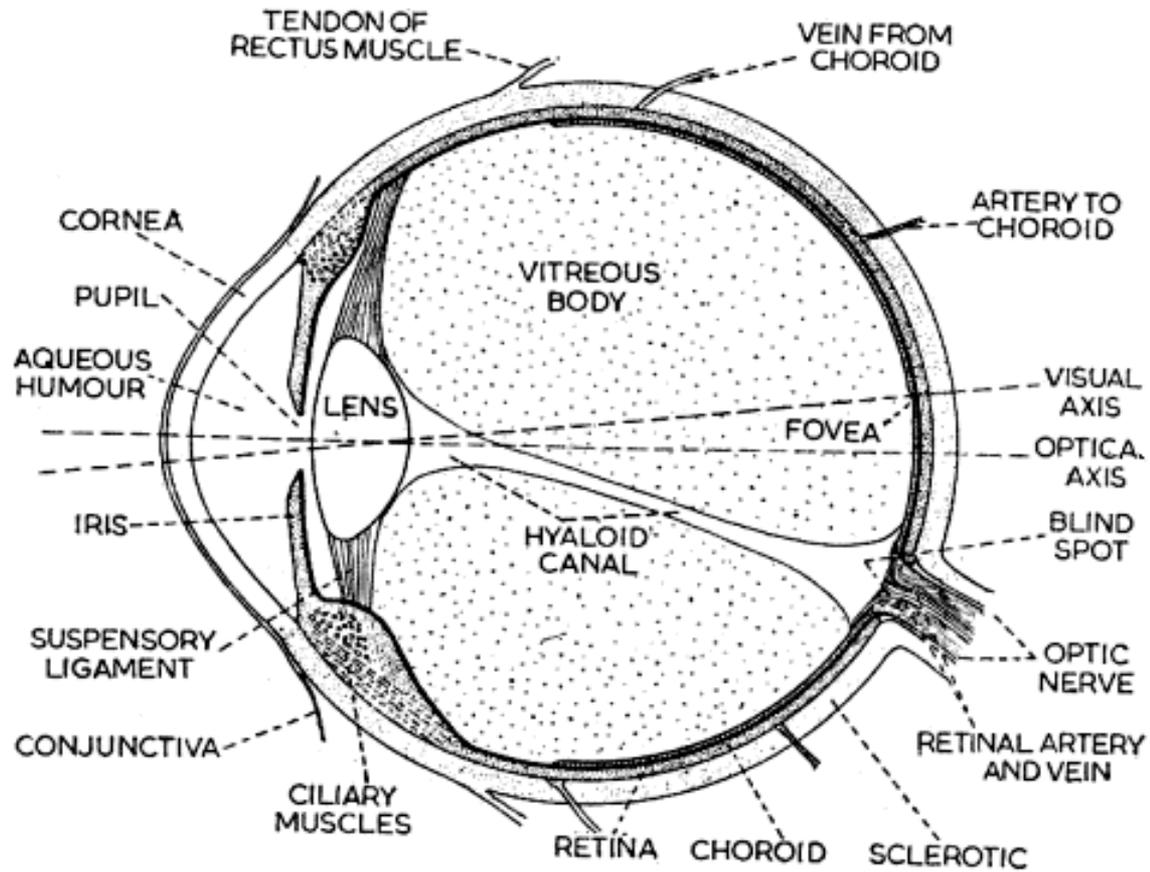
Formação e Representação de Imagens

35M34 – Sala 3E1

Bruno Motta de Carvalho

DIMAp – Sala 15 – Ramal 227

O Olho Humano



Sistema Visual Humano

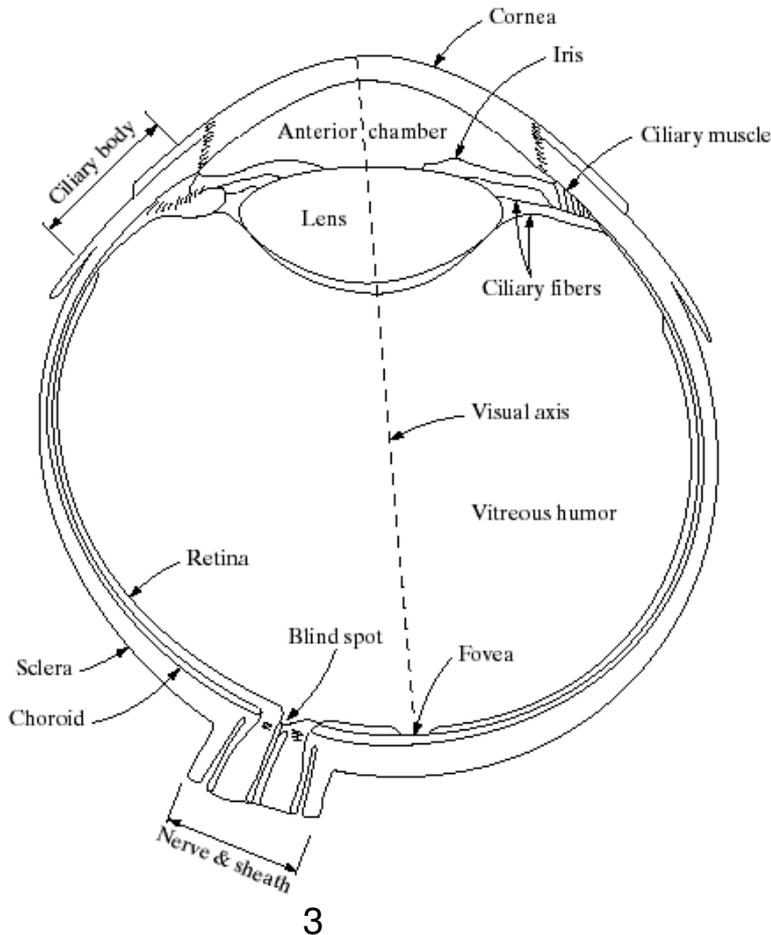


FIGURE 2.1
Simplified
diagram of a cross
section of the
human eye.

Sistema visual humano é constituído dos olhos, nervos óticos e cérebro
Formado por duas cavidades, a câmara anterior e a cavidade vítrea
Membranas (córnea/esclera, coróide e retina) envolvem o humor vítreo e o humor aquoso do olho

Sistema Visual Humano

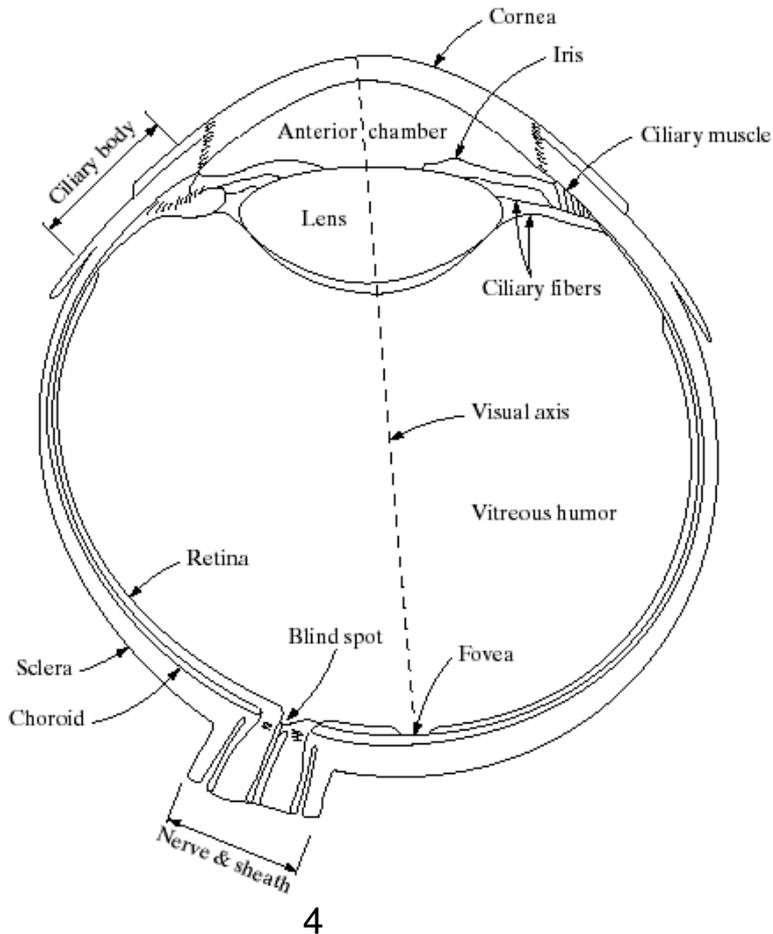


FIGURE 2.1
Simplified
diagram of a cross
section of the
human eye.

Coróide é dividida na frente do olho em corpo ciliar e diafragma da íris

A abertura da íris (pupila) controla quantidade de luz que entra no olho e varia entre 2 e 8mm

Lente (cristalino) é formada por células fibrosas, e sua forma pode ser alterada tensionando-se os músculos ciliares

Sistema Visual Humano

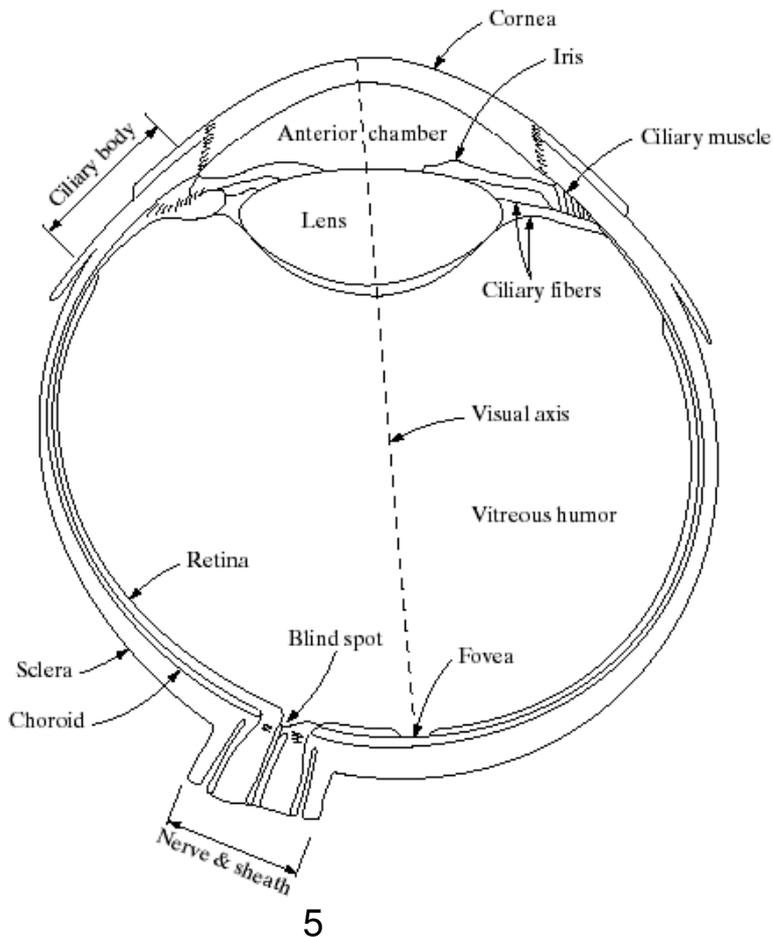


FIGURE 2.1
Simplified
diagram of a cross
section of the
human eye.

- Quando o olho focaliza corretamente, a luz de uma imagem é captada na retina
- Sinal é capturado na retina, pelos receptores (bastões e cones), convertido em sinais elétricos e transferido pelo nervo óptico para o cérebro (córtex visual), que processa os sinais

Percepção Visual Humana



- A luz emitida pelo objeto entra o olho pela córnea, passa pela pupila, que controla a quantidade de luz que entra, e atravessa o cristalino (lente)
- Os raios de luz são focados na retina, que possui uma camada de receptores sensíveis a luz
- Reações eletro-químicas convertem a luz em sinais elétricos e os enviam ao cérebro
- No centro da mácula esta a fóvea que possui a maior densidade de células receptoras

Receptores

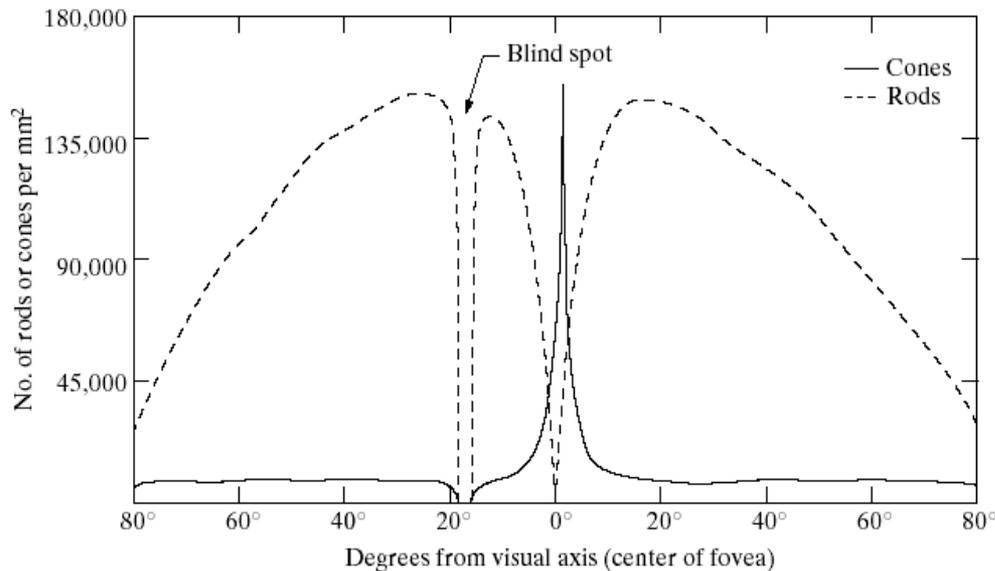
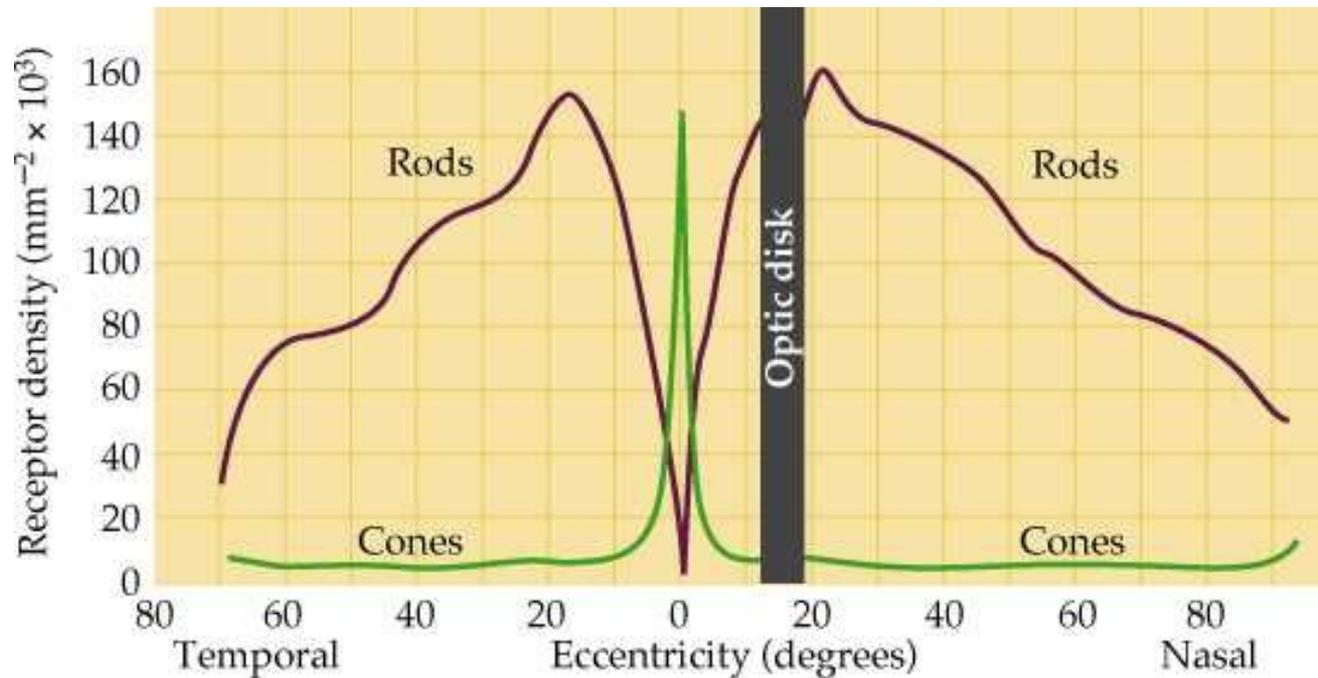


FIGURE 2.2
Distribution of rods and cones in the retina.

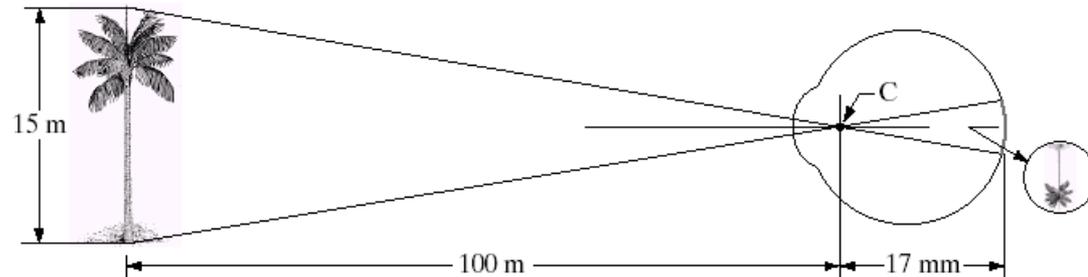
- Cones (entre 6 e 7 milhões) estão localizados principalmente na fóvea e são associados com a visão colorida
- Bastões (entre 75 e 150 milhões) estão mais distribuídos que os cones e são associados com a visão com baixa luminosidade

Percepção Visual Humana



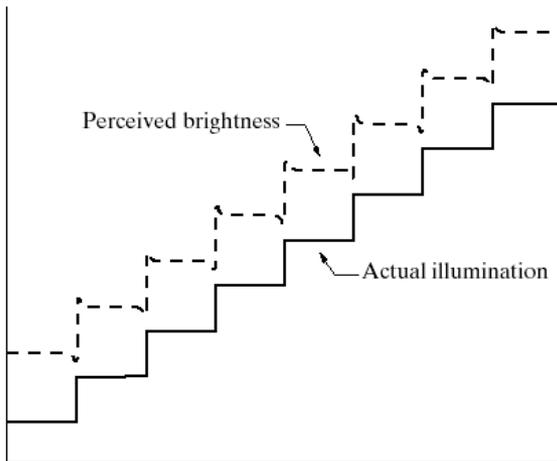
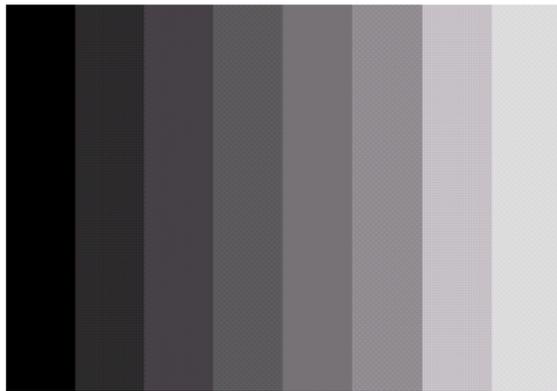
Formação de Imagens

FIGURE 2.3
Graphical representation of the eye looking at a palm tree. Point C is the optical center of the lens.



- Forma da lente é controlada pela tensão exercida pelos músculos ciliares, ficando ela mais achatada quando focalizamos objetos distantes e mais larga quando focalizamos objetos próximos
- Comprimento focal varia aproximadamente de 14 a 17mm, dependendo do tensionamento

Discriminação de Intensidades



a
b

FIGURE 2.7

(a) An example showing that perceived brightness is not a simple function of intensity. The relative vertical positions between the two profiles in (b) have no special significance; they were chosen for clarity.

- Brilho ou cor percebida não é somente uma função da intensidade
- Exemplo: Mach bands
- Brilho percebido depende das intensidades vizinhas, pois tendemos a super ou subestimar valores próximos de bordas

Discriminação de Intensidades



- Contraste simultâneo mostra que intensidades vizinhas afetam as intensidades percebidas



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.

O Espectro Visível



FIGURE 2.11
Graphical representation of one wavelength.

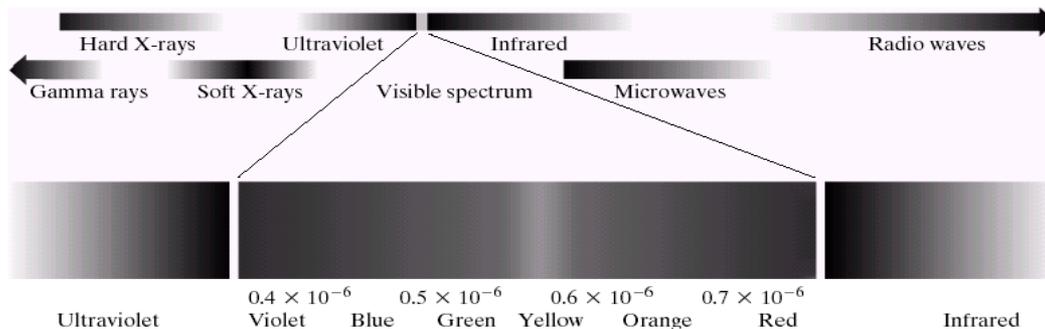
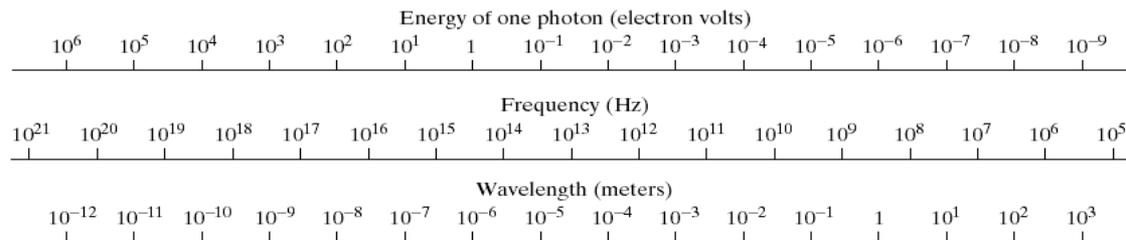
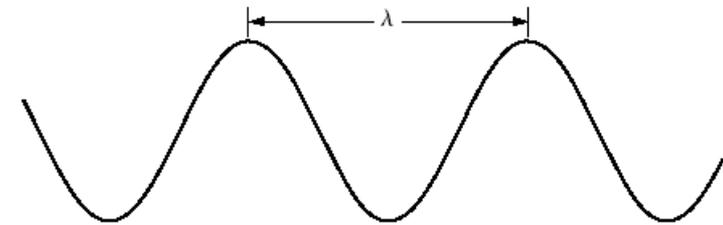
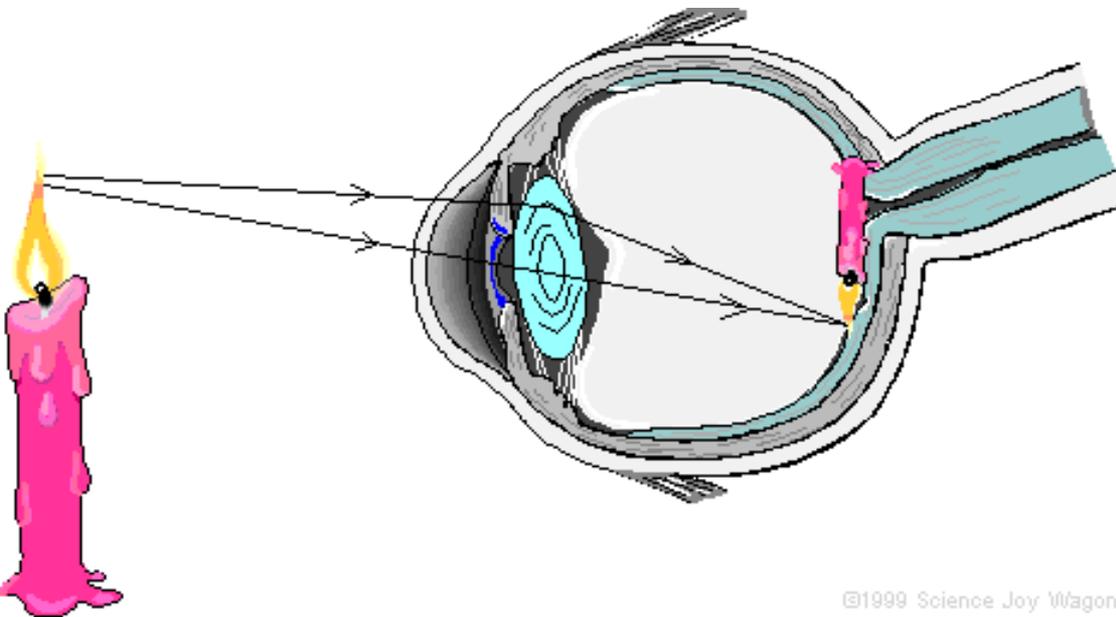


FIGURE 2.10 The electromagnetic spectrum. The visible spectrum is shown zoomed to facilitate explanation, but note that the visible spectrum is a rather narrow portion of the EM spectrum.

- O espectro visível consiste em uma pequena parte do espectro eletromagnético (400-700 nm)
- O espectro eletromagnético pode ser descrito em comprimento de ondas, frequência e energia

Formação de Imagens no Olho



- Lente do nosso sistema visual é flexível, com a forma da lente sendo controlada pela tensão dos músculos ciliares
- Músculos permitem que lente fique mais reta para focalizar em objetos distantes ou mais larga e curva para focalizar em objetos próximos

Definições de Imagens

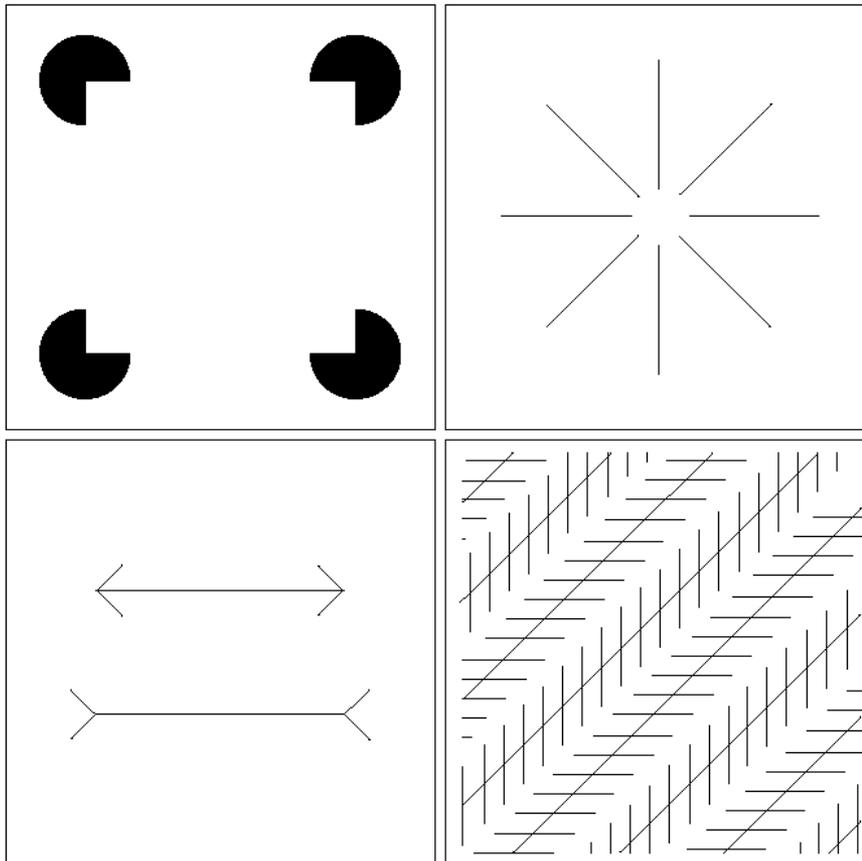


- Uma imagem contínua pode ser definida por $f: U \subset \mathbb{R}^2 \rightarrow C$ onde f é a função imagem, U é o suporte da imagem e C é o conjunto de cores da imagem ou gamute de cores
- Geralmente $C = \mathbb{R}^n$ com $n=1$ ou $n=3$, isto é, temos uma imagem monocromática ou tricromática
- Em uma imagem bidimensional $f(x,y)$ denota a intensidade da imagem f no ponto (x,y)

Ilusões de Ótica

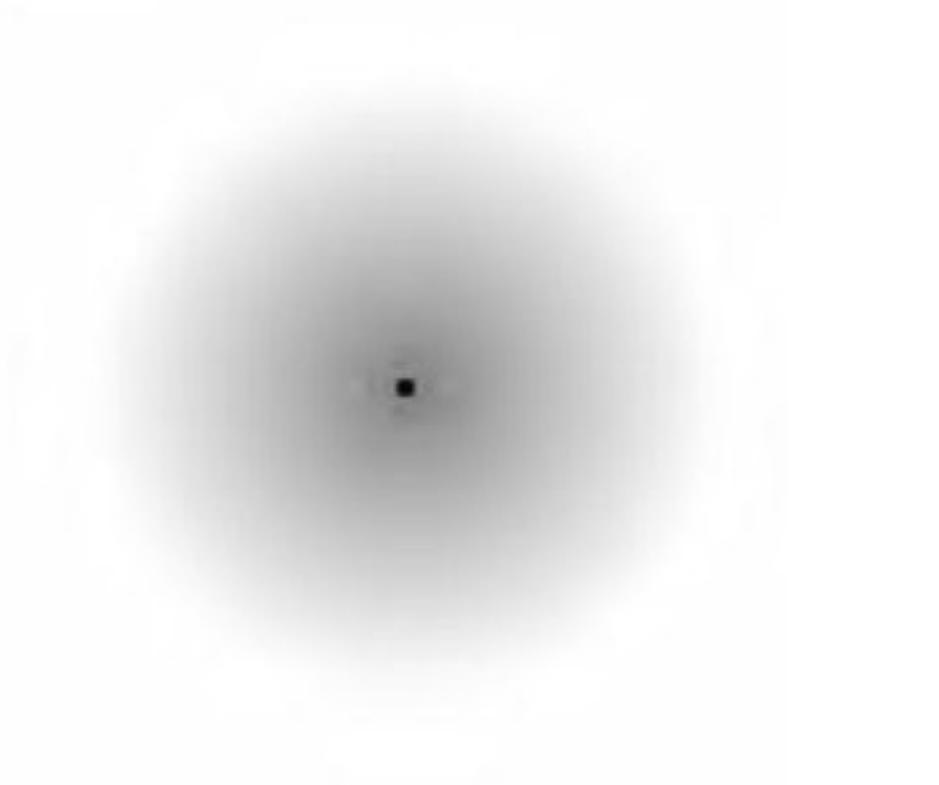
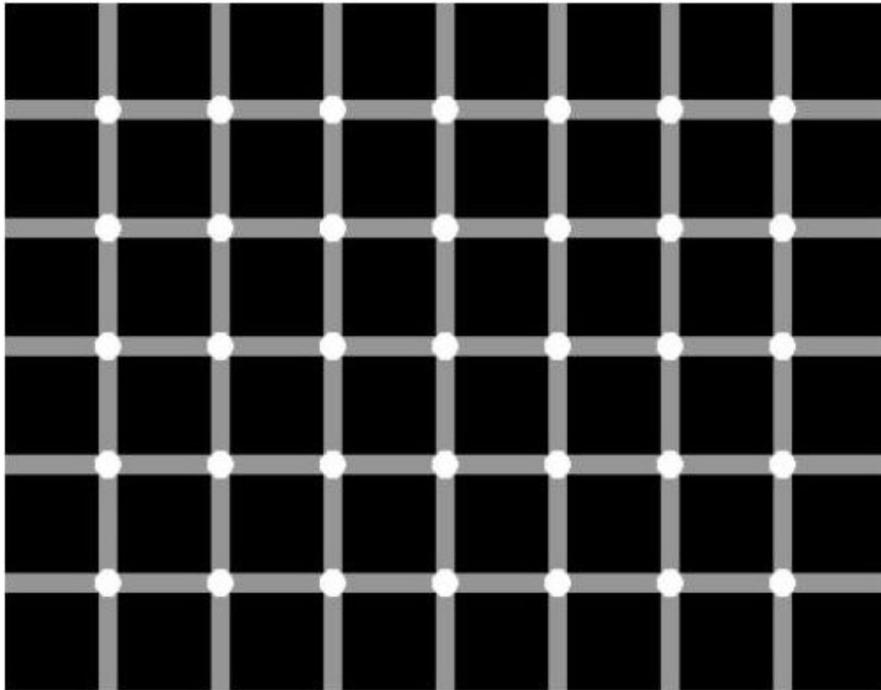
a b
c d

FIGURE 2.9 Some well-known optical illusions.

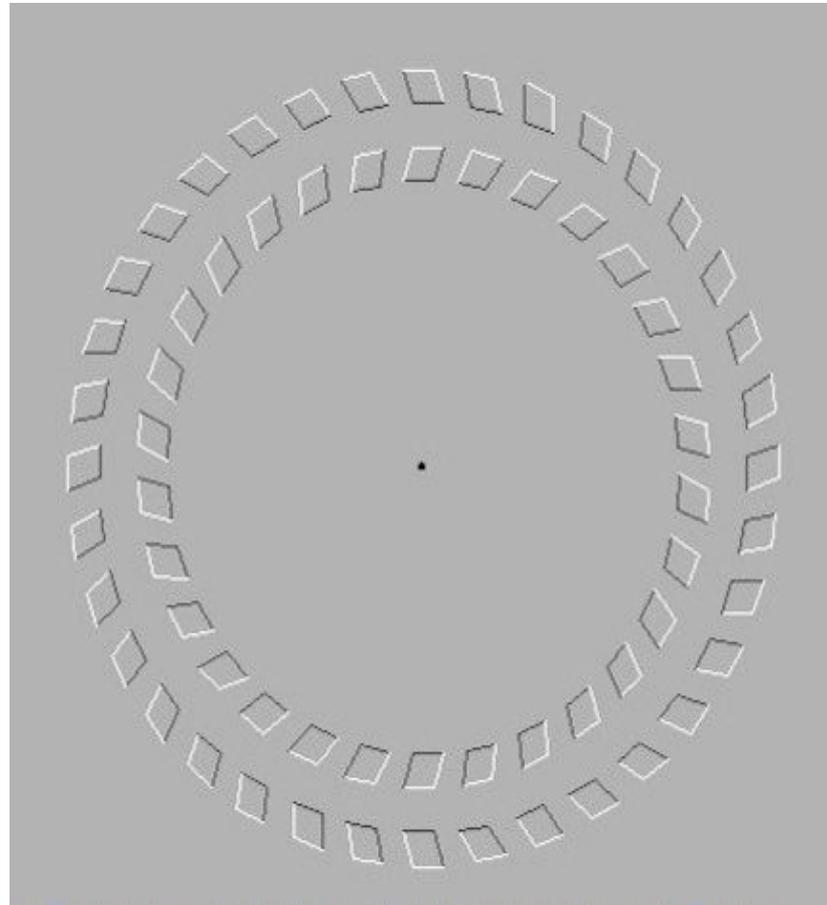


- Nas ilusões óticas, o sistema visual humano preenche informações não existentes ou é enganado quanto a propriedades geométricas ou visuais de objetos da cena

Ilusões de Ótica



Ilusões de Ótica



Resolução Espacial e de Cor



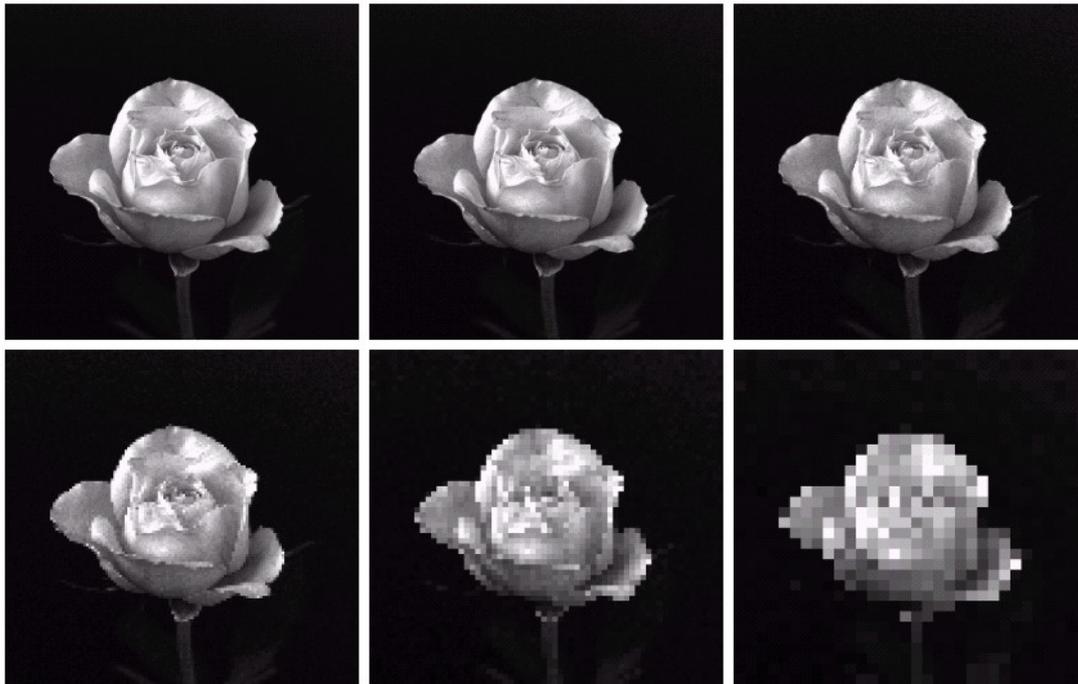
- Geralmente U é um retângulo discretizado uniformemente, por exemplo, $U=[a,b] \times [c,d]$
- Amostragem pontual ou por área
- Resolução geométrica ou espacial
- Resolução de cor determina quantos bits são utilizados na sua representação
- Discretização de cores é chamada de quantização
- Cada elemento da imagem discretizada é chamado de pixel (picture element)

Resolução



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.

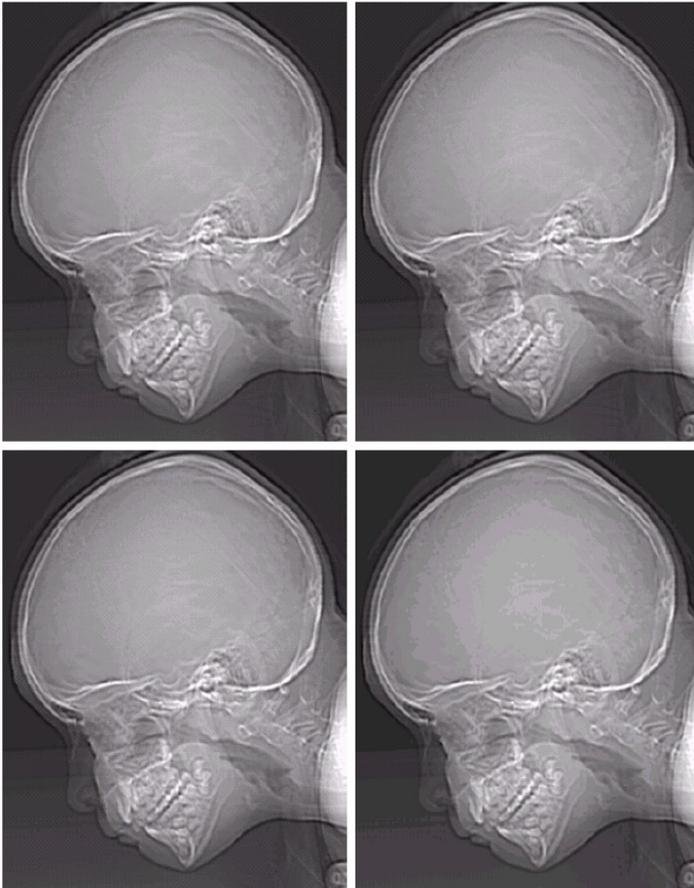
Resolução



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.

Quantizações

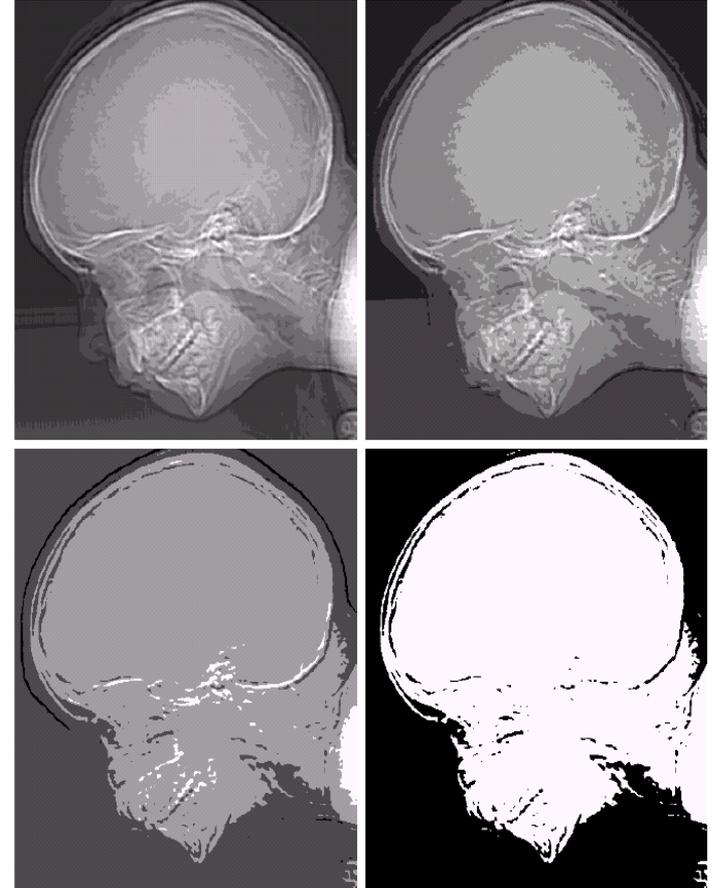


a b
c d

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.

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.)

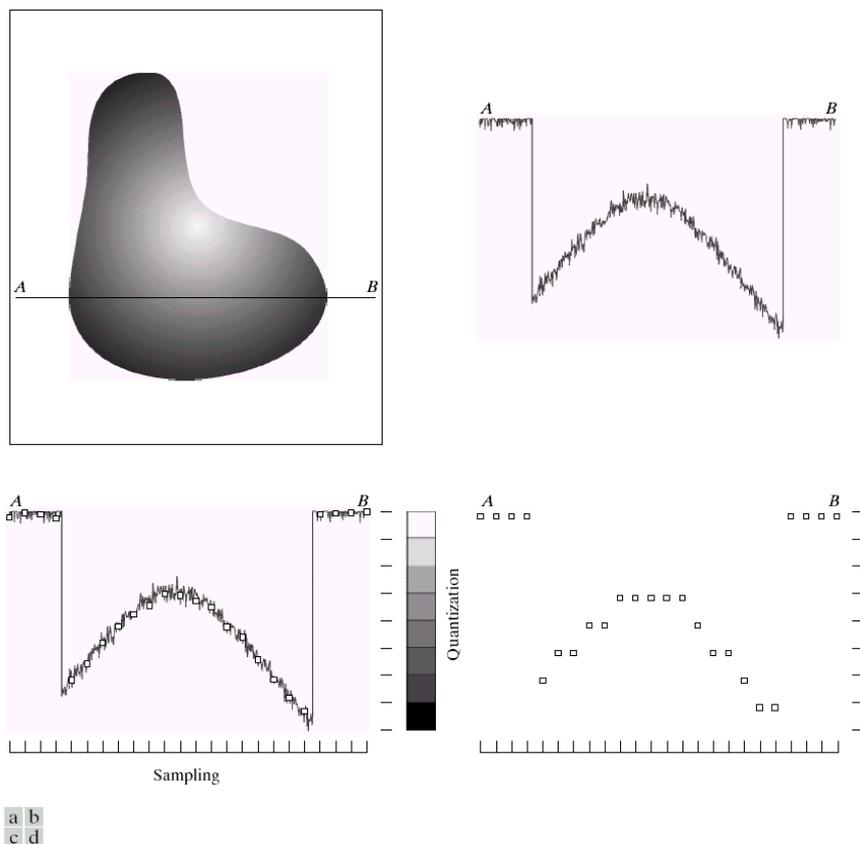


Modelo de Formação de Imagens



- Representamos a função $0 < f(x,y) < \infty$ usando os componentes $0 < i(x,y) < \infty$ e $0 < r(x,y) < 1$ que denotam os componentes de iluminação e reflectância na formação da imagem
- Na prática $i(x,y)$ pode variar de valores como 0.1 lm/m^2 (lua cheia) a 90.000 lm/m^2 (luz do sol)
- Alguns valores de $r(x,y)$ para materiais conhecidos são 0.01 (veludo preto), 0.65 (aço inox) e 0.93 (neve)

Amostragem e Quantização



a b
c d

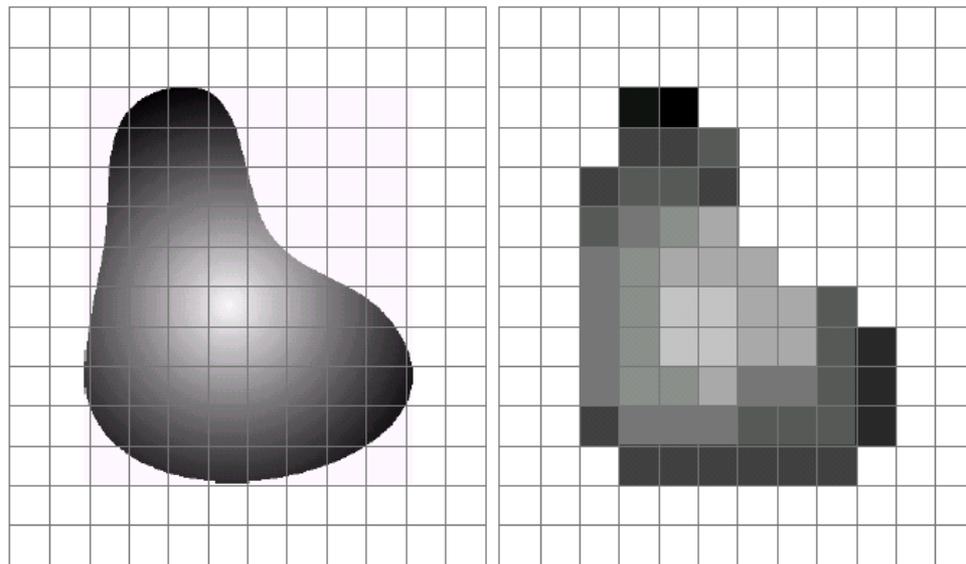
FIGURE 2.16 Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from A to B in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

- Amostragem consiste na coleta de amostras para criar uma função discreta a partir de uma função contínua
- Quantização é uma amostragem da amplitude do sinal, para criar uma variável discreta a partir de uma variável contínua

Amostragem e Quantização



- Limitações na amostragem podem ser impostas pelos sensores utilizados ou a organização espacial dos mesmos

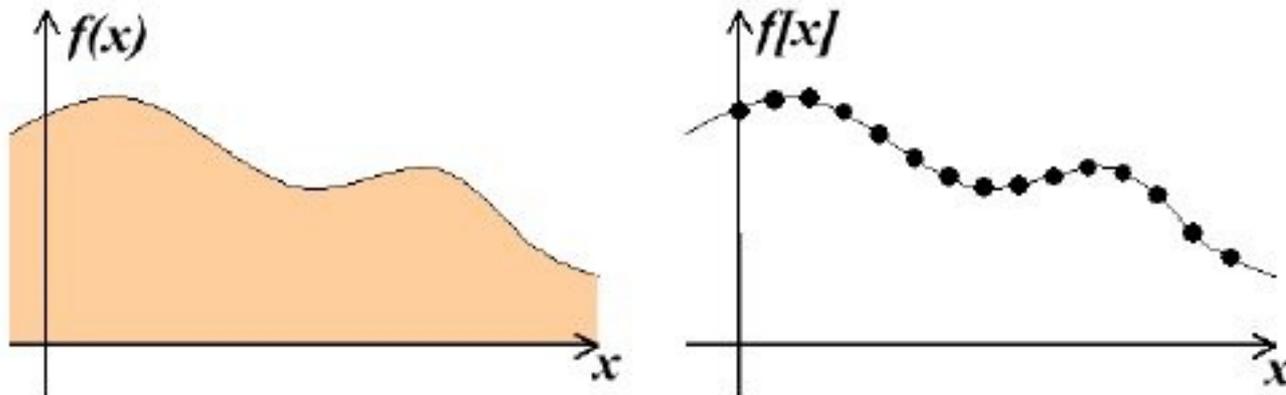


a b

FIGURE 2.17 (a) Continuous image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

Amostragem e quantização

- Processo de mapeamento de uma função contínua em uma discreta
- Processo de mapeamento de uma variável contínua em uma discreta



Amostragem e quantização

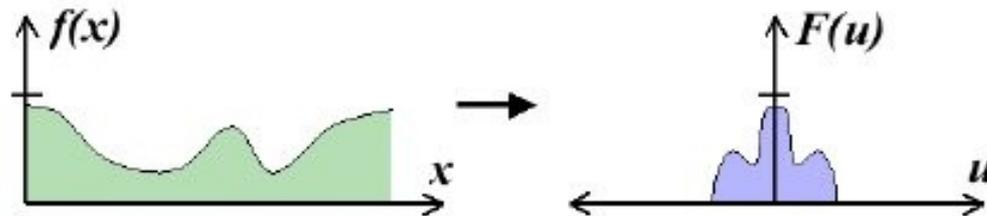
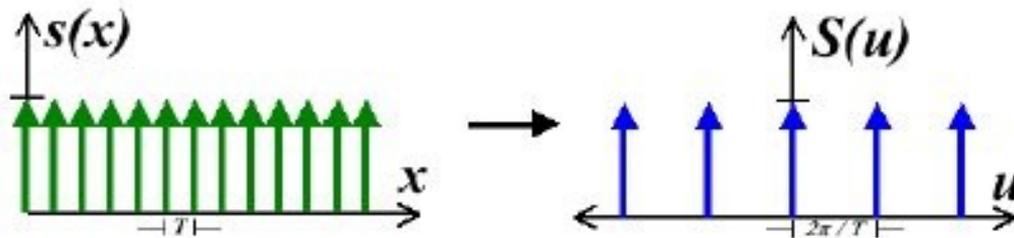


- Multiplicação da função da imagem com uma grade de amostragem que consiste de cópias de funções delta de Kronecker periodicamente espaçadas

$$\delta(x, y) = \begin{cases} 1, \text{ caso } (x, y) = (0, 0) \\ 0, \text{ caso contrario} \end{cases} \quad f(x, y) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n f \delta(x-m, y-n)$$

- Questão importante: Quão densa deve ser a nossa grade para que se capture as características da imagem?

Amostragem



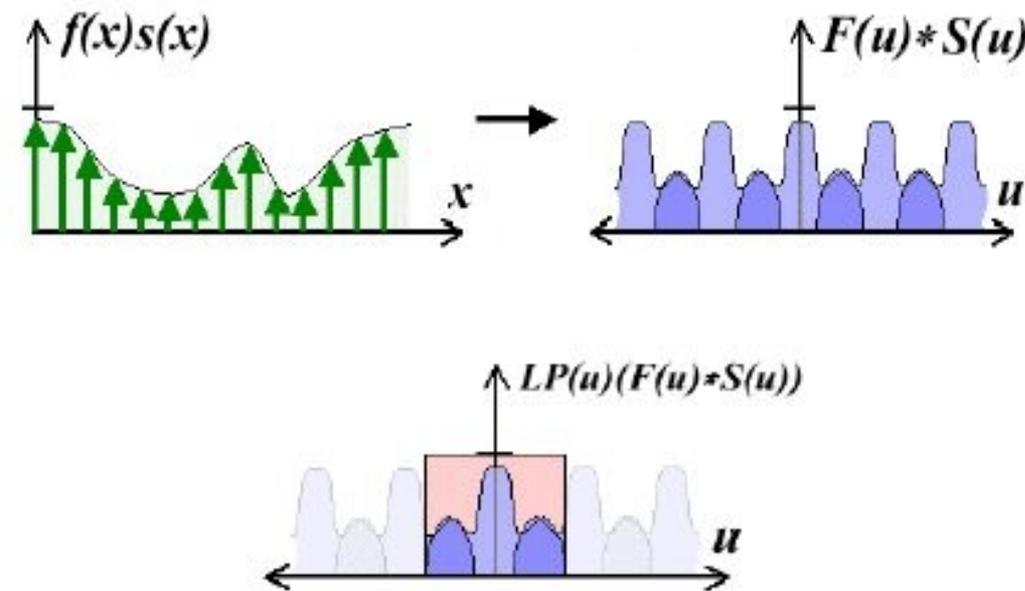
- Convolução descreve como um sistema com resposta de impulso reage a um sinal

$$f(x) * h(x) = \int_{-x}^x f(\lambda) h(x-\lambda) d\lambda$$

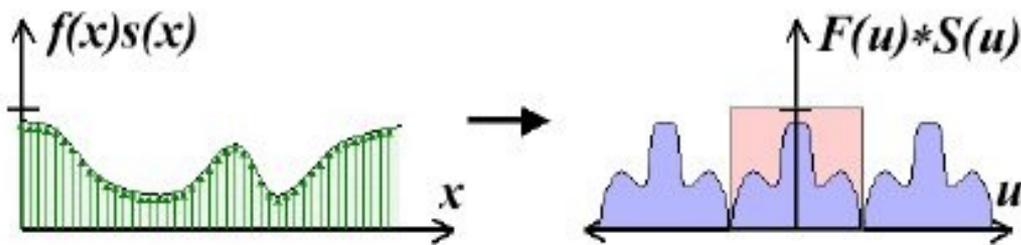
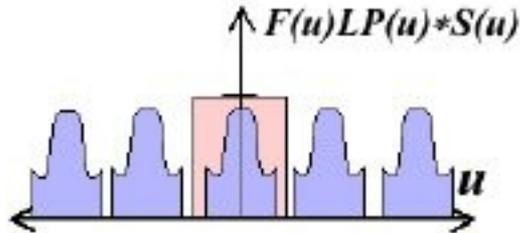
- Amostragem é definida como uma convolução no domínio espacial ou como uma multiplicação no domínio da frequência

Reconstrução da Função

- Reconstrução da função original equivale a acumular cópias do espectro da função original nas posições dos deltas do espectro da grade
- No caso da frequência da amostragem ser menor que a necessária, as altas freqüências do sinal contaminam as baixas freqüências



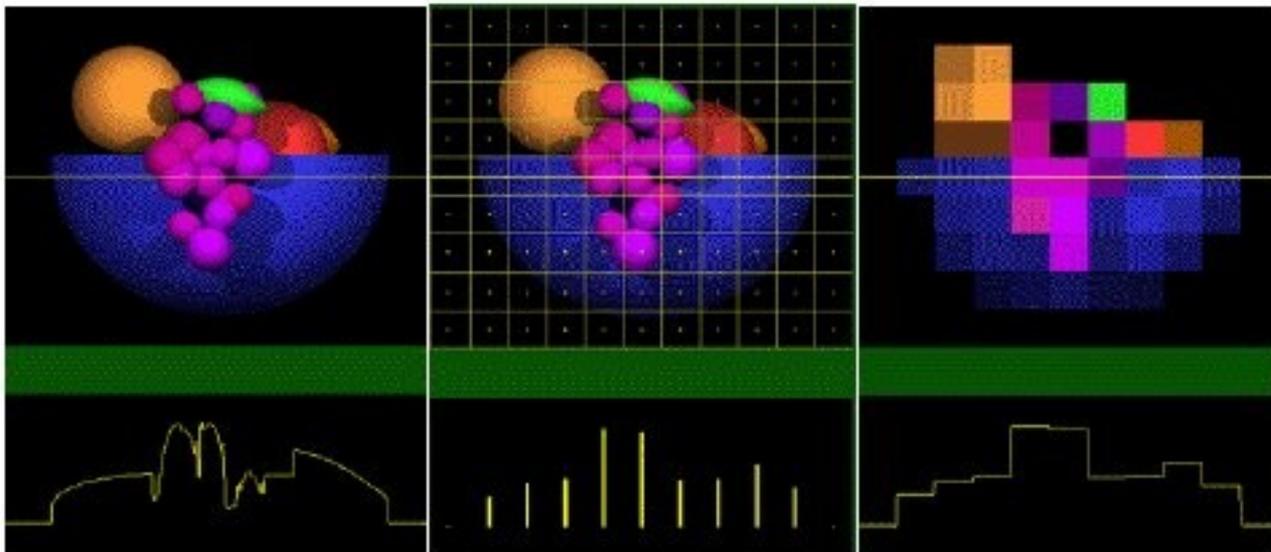
Frequência de Nyquist



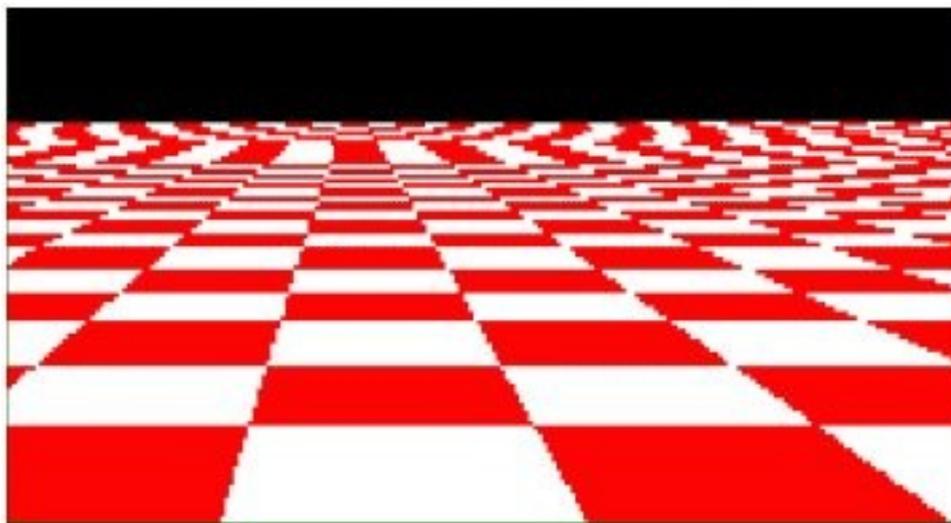
- A mistura de espectros é chamada de aliasing
- Usar um filtro passa-baixa antes de se efetuar a amostragem
- Aumentar a frequência de amostragem
- Frequência de Nyquist - Frequência mínima (teórica) de amostragem para reconstrução precisa de um sinal analógico de frequência limitada

$$F_N = 2f_{\max}$$

Aliasing Espacial



Aliasing Espacial



Aliasing Temporal

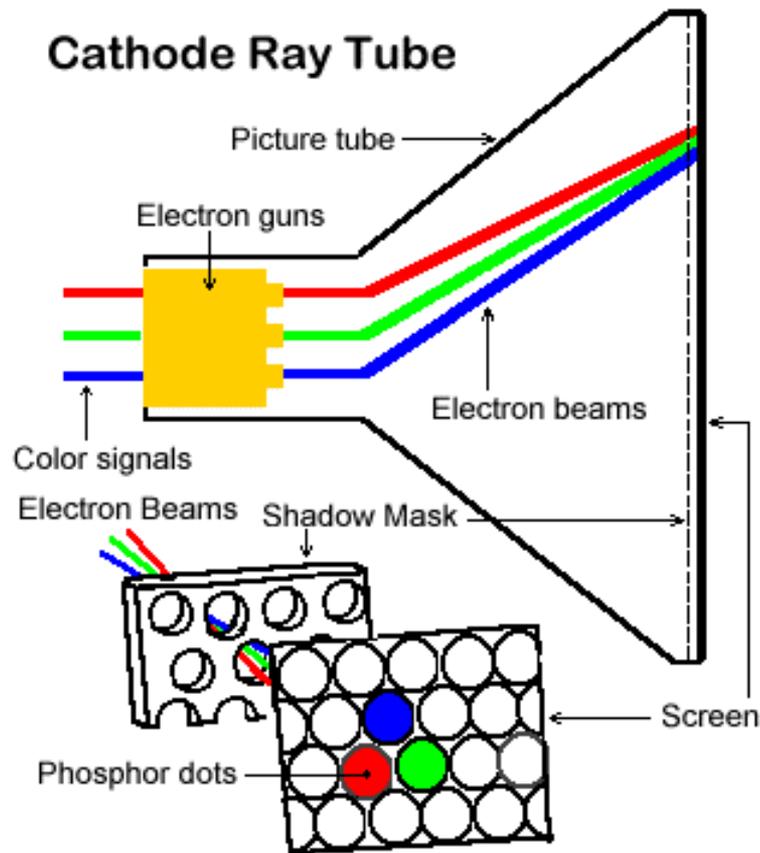
- Acontece quando a frequência de amostragem no tempo não é suficiente para capturar algum movimento em um vídeo
- Exemplo - quando as rodas de um carro aparentam estar rodando no sentido oposto ao movimento do carro

Formatos de Imagens



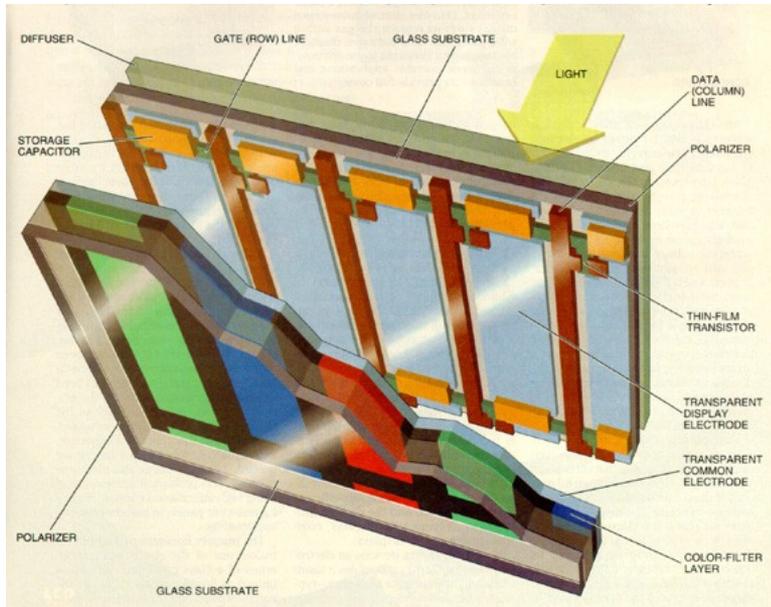
- Imagens monocromáticas ou tricromáticas
- Imagens quantizadas ou de ponto-flutuante
- Geralmente formatos de imagens implementam algum tipo de compressão, com ou sem perda, por exemplo, GIF usa algoritmo Lempel-Ziv, JPEG usa DCT, JPEG 2000 usa wavelets

Monitores CRT

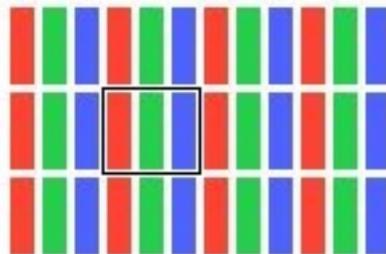


- Canhão de elétrons atira feixes em três cores que são refletidas para a posição do pixel que está sendo iluminado
- Máscara é utilizada para impedir que a luz ilumine pontos adjacentes
- Linhas ímpares são acesas em uma passada e as pares em outra

Monitores LCD



- Luz fluorescente (backlight) ilumina a tela, e correntes elétricas de intensidades diferentes fazem com que os cristais deixem passar mais ou menos luz



Correção Gamma (γ)



- A maioria dos monitores, especialmente CRTs, exibem uma função de resposta não-linear com respeito a voltagem de entrada
- Além disso, nossos olhos são sensíveis a mudanças de intensidade relativas, pois nós podemos perceber diferenças menores em áreas mais escuras

$$I(n) = k + (n/N)^\gamma$$

Correção Gamma (γ)

