

Fundamentos da imagem digital

Computação Gráfica

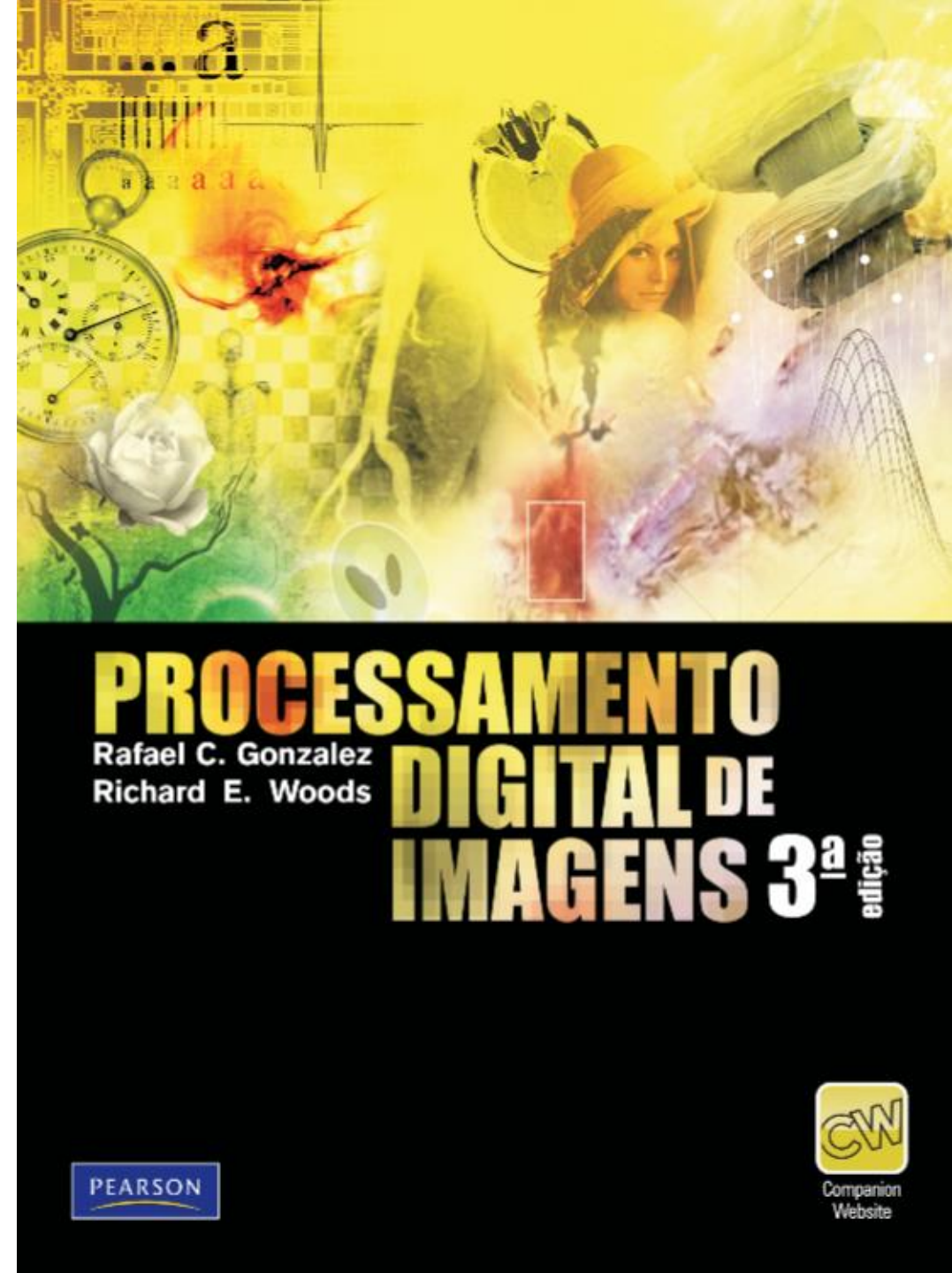
Prof. Jackson Gomes de Souza

jackson.souza@ulbra.br



Livro-texto

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento digital de imagens**. 3. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2009. *E-book*. Disponível em:
<https://plataforma.bvirtual.com.br>.
Acesso em: 07 ago. 2025.



Elementos da percepção visual

A estrutura do olho humano

Uma esfera com diâmetro médio de aproximadamente 20mm

Revestido por três membranas

- Córnea
- Coroide
- Retina

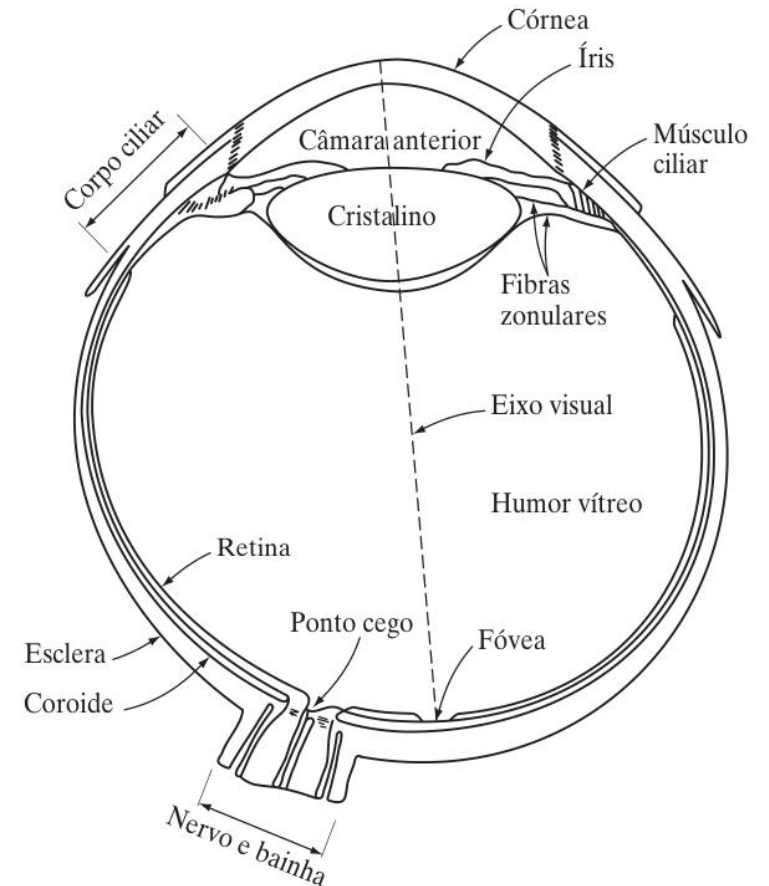


Figura 2.1 Diagrama simplificado de um corte transversal do olho humano.

Elementos da percepção visual

A estrutura do olho humano

Quando o olho está adequadamente focalizado, a luz de um objeto externo ao olho forma uma imagem na retina

Os receptores responsáveis pela captação de luz são os cones e os bastonetes

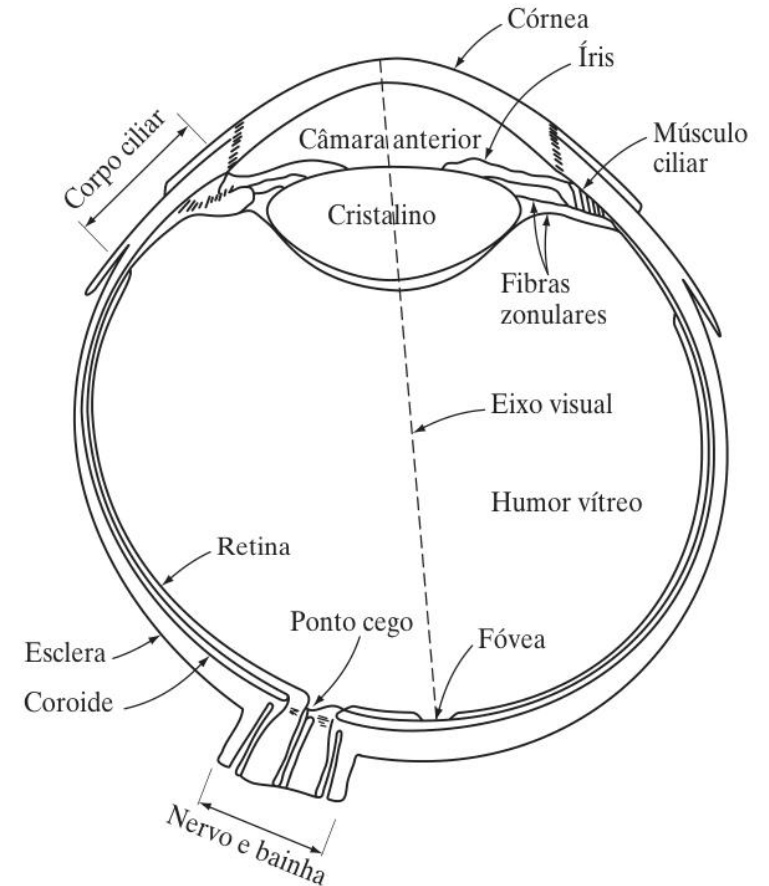


Figura 2.1 Diagrama simplificado de um corte transversal do olho humano.

Elementos da percepção visual

Formação da imagem no olho

A distância entre a lente e o plano-imagem (a retina) é fixa e a distância focal necessária para atingir uma focalização adequada é obtida variando o formato do cristalino

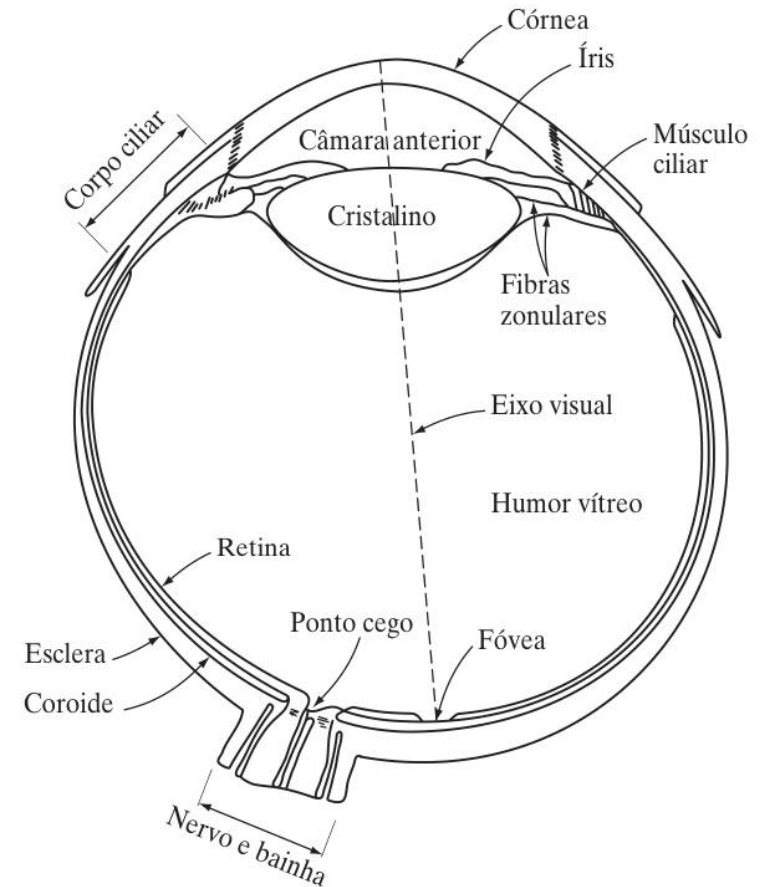


Figura 2.1 Diagrama simplificado de um corte transversal do olho humano.

Elementos da percepção visual

Formação da imagem no olho

Supondo que uma pessoa esteja olhando para uma árvore de 15 *m* de altura a uma distância de 100 *m*, se *h* for a altura do objeto na imagem formada na retina, $\frac{15}{100} = \frac{h}{17}$ ou seja $h = 2,55 \text{ m}$

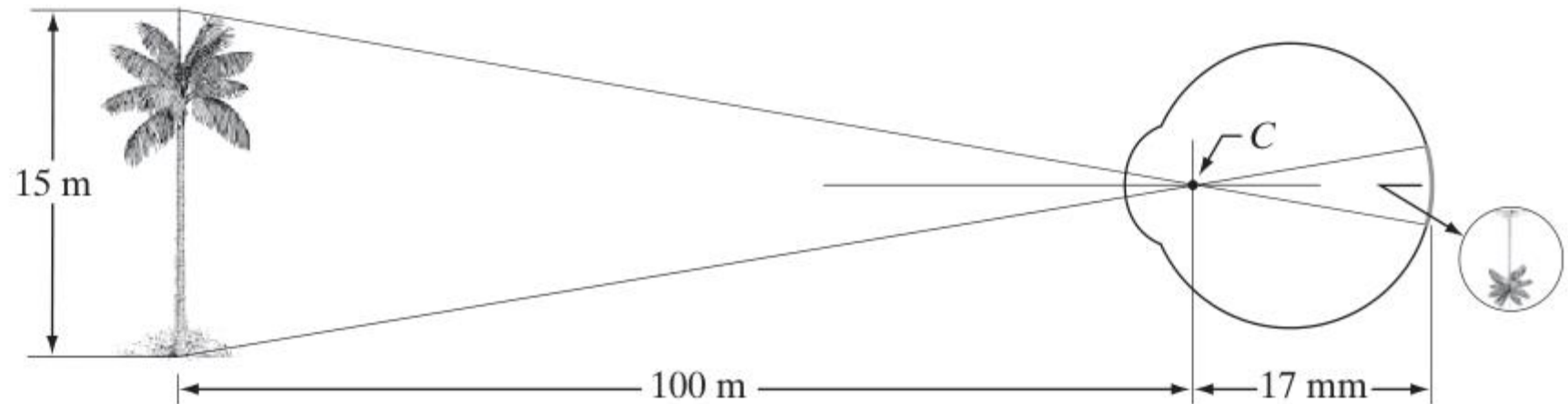


Figura 2.3 Representação gráfica do olho focalizando uma árvore. O ponto C é o centro óptico do cristalino.

Elementos da percepção visual

Adaptação ao brilho e discriminação

A escala de níveis de intensidade luminosa aos quais o sistema visual humano pode se adaptar é da ordem de 10^{10}

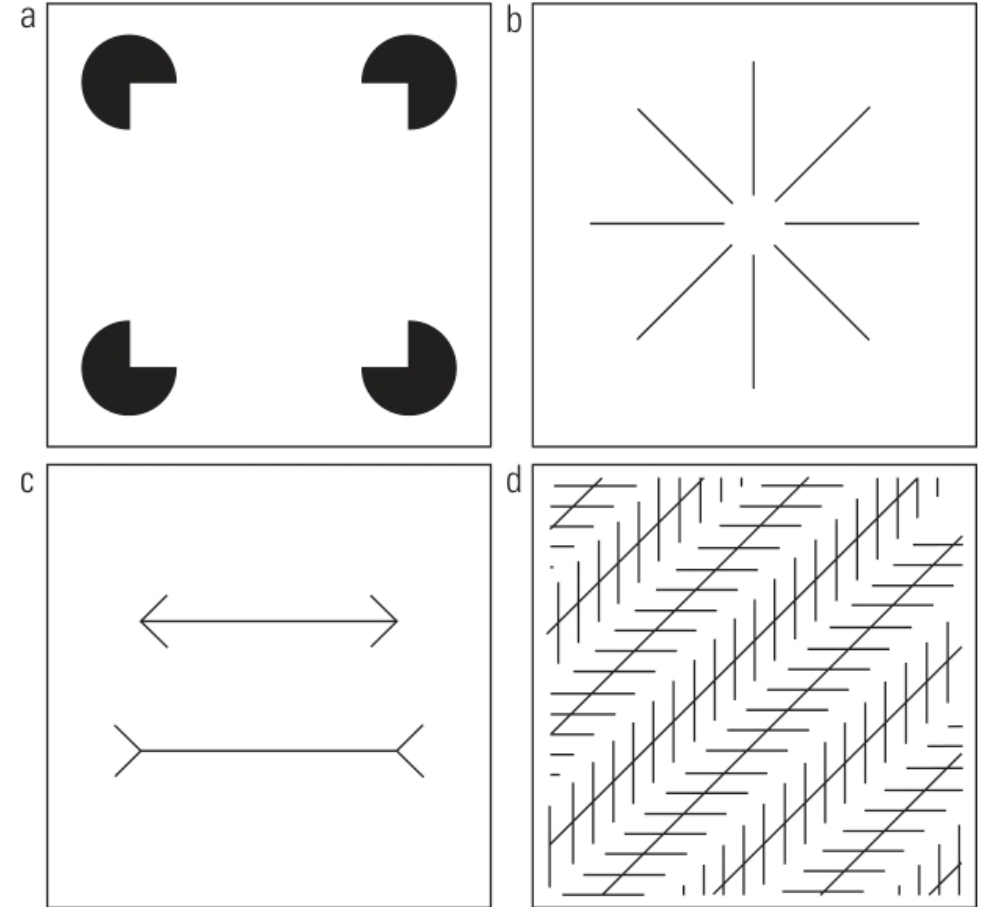
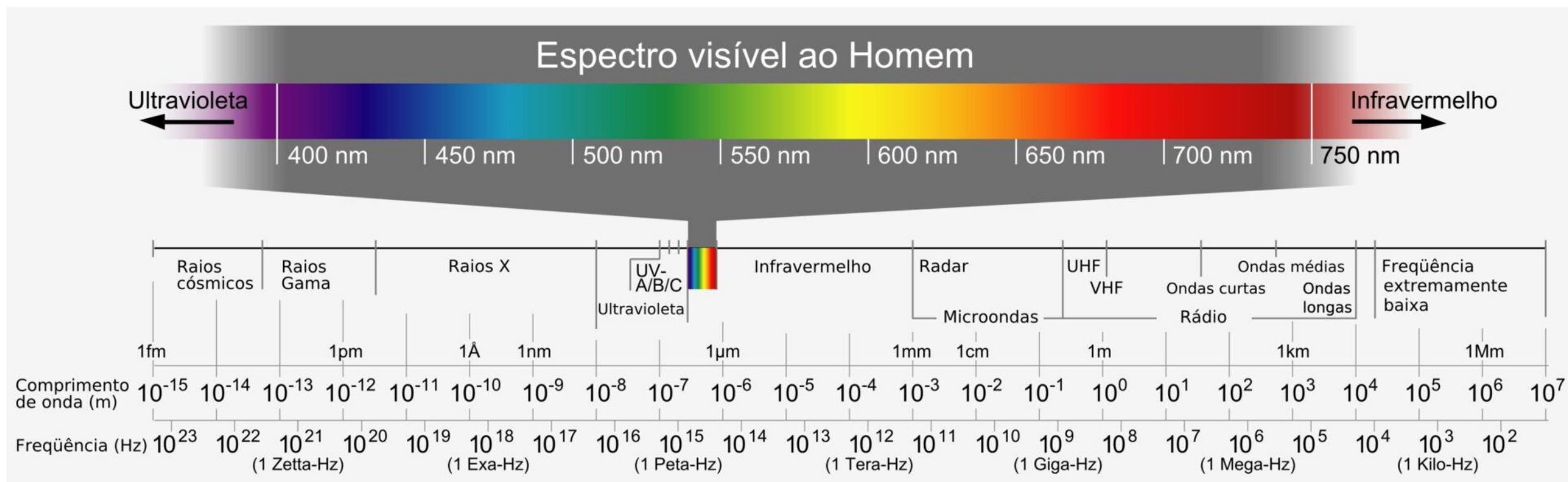


Figura 2.9 Algumas ilusões de ótica conhecidas.

A luz e o espectro eletromagnético

- Em 1666, Sir Isaac Newton descobriu que, quando um feixe de luz solar passa através de um prisma de vidro, o feixe de luz emergente não é branco, mas consiste de um espectro contínuo de cores, que varia do violeta ao vermelho
- A luz é um tipo particular de radiação eletromagnética que pode ser percebida pelo olho humano
- Por conveniência, o espectro de cores é dividido em seis grandes regiões: violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho



A luz e o espectro eletromagnético

- As cores percebidas pelos humanos em um objeto são determinadas pela natureza da **luz refletida** pelo objeto
- A luz sem cor é chamada de **luz monocromática**
 - Intensidade
 - Nível de cinza
- A luz colorida é chamada de **luz cromática**
 - Radiância: quantidade total de energia emitida pela fonte de luz (W)
 - Luminância: quantidade de energia quem um observador percebe (lm)
 - Brilho: incorpora noção acromática de intensidade

Sensores e aquisição de imagens

A maioria das imagens nas quais estamos interessados é gerada pela combinação de uma **fonte de iluminação** e a **reflexão** (ou absorção de energia) dessa fonte pelos elementos da cena cuja imagem está sendo gerada

Aquisição de imagens utilizando sensores matriciais

- Sensores CCD (*Charge Coupled Device*) são usados em câmeras digitais e outros instrumentos que utilizam sensores de luz
- A imagem completa é obtida projetando o padrão de energia na superfície da matriz

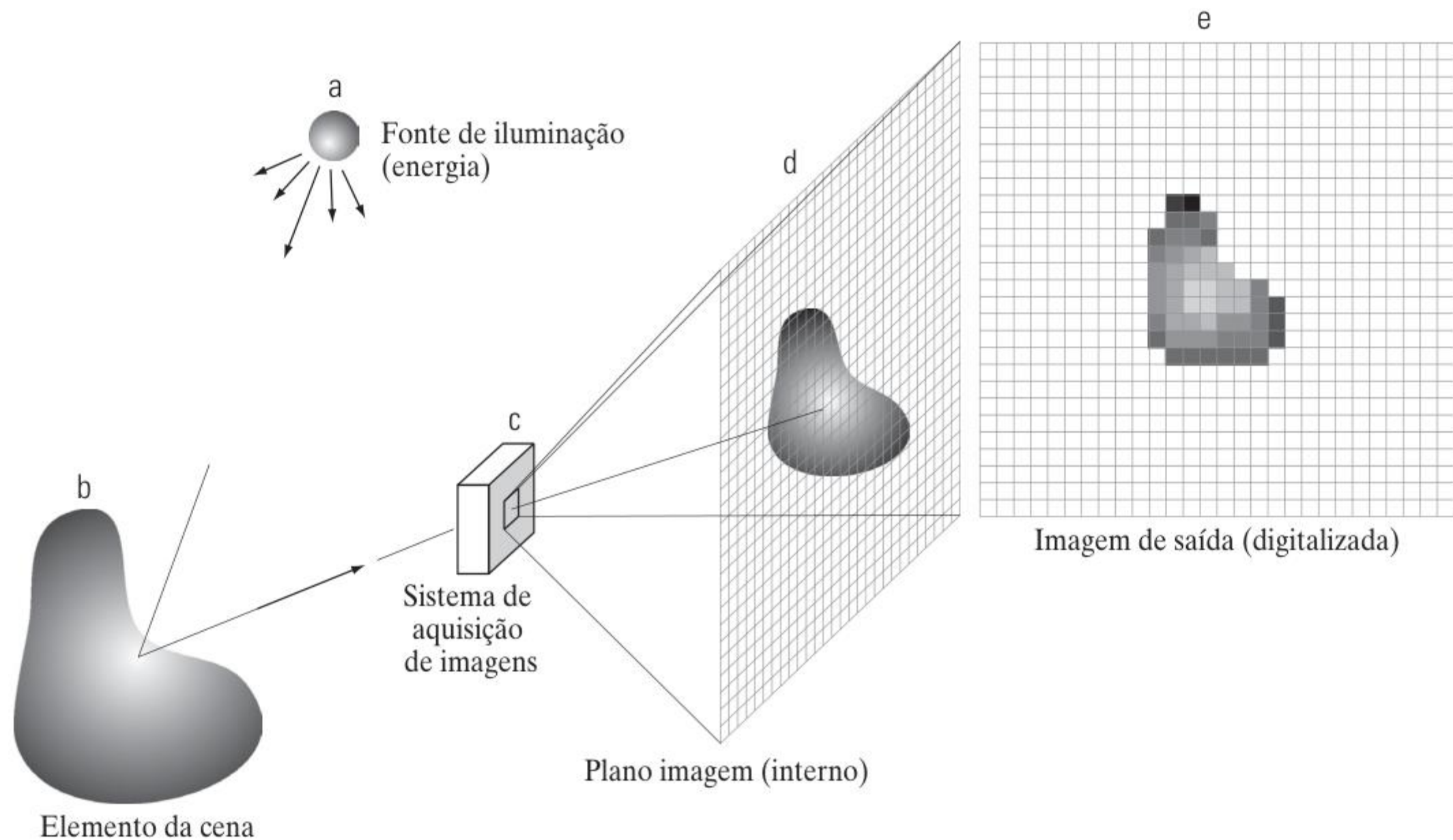


Figura 2.15 Exemplo do processo de aquisição de uma imagem digital (a) Fonte de energia ("iluminação"). (b) Um elemento de uma cena. (c) Sistema de aquisição de imagens. (d) Projecção da cena no plano imagem. (e) Imagem digitalizada.

Um modelo simples de formação de imagem

- Imagens são expressadas como funções bidimensionais na forma $f(x, y)$
- O valor (amplitude) de f nas coordenadas (x, y) é uma **quantidade escalar positiva**
- A função f é caracterizada por dois componentes
 - **Iluminação:** Quantidade de iluminação da fonte que incide na cena: $i(x, y)$
 - **Reflectância:** Quantidade de iluminação refletida pelos objetos da cena: $r(x, y)$
- $0 < f(x, y) < \infty$
- $f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$
- $0 < i(x, y) < \infty$
- $0 < r(x, y) < 1$

Um modelo simples de formação de imagem

- **Iluminação**

- Em um dia claro, o Sol pode produzir mais do que 90.000 lm/m^2
- Em uma noite clara, a Lua cheia gera uma iluminação de cerca de $0,1 \text{ lm/m}^2$
- O nível típico de iluminação em um escritório comercial é cerca de 1.000 lm/m^2

- **Refletância**

- Veludo preto: 0,01
- Aço inoxidável: 0,8
- Neve: 0,93

Um modelo simples de formação de imagem

- A intensidade (nível de cinza) de uma imagem monocromática é definida por $l = f(x_0, y_0)$
- $L_{min} \leq l \leq L_{max}$
- O intervalo $[L_{min}, L_{max}]$ é chamado de escala (ou intensidade) de cinza
- Geralmente
 - Preto: $l = 0$
 - Branco: $l = L - 1$

Amostragem e quantização de imagens

Conceitos básicos da amostragem e da quantização

- Uma imagem pode ser contínua em relação às coordenadas (x, y) e também em relação à amplitude
- A conversão para o formato digital envolve fazer a amostragem da função em ambas as coordenadas e na amplitude
- A digitalização dos valores de coordenada é chamada **amostragem**
- A digitalização dos valores de amplitude é chamada **quantização**

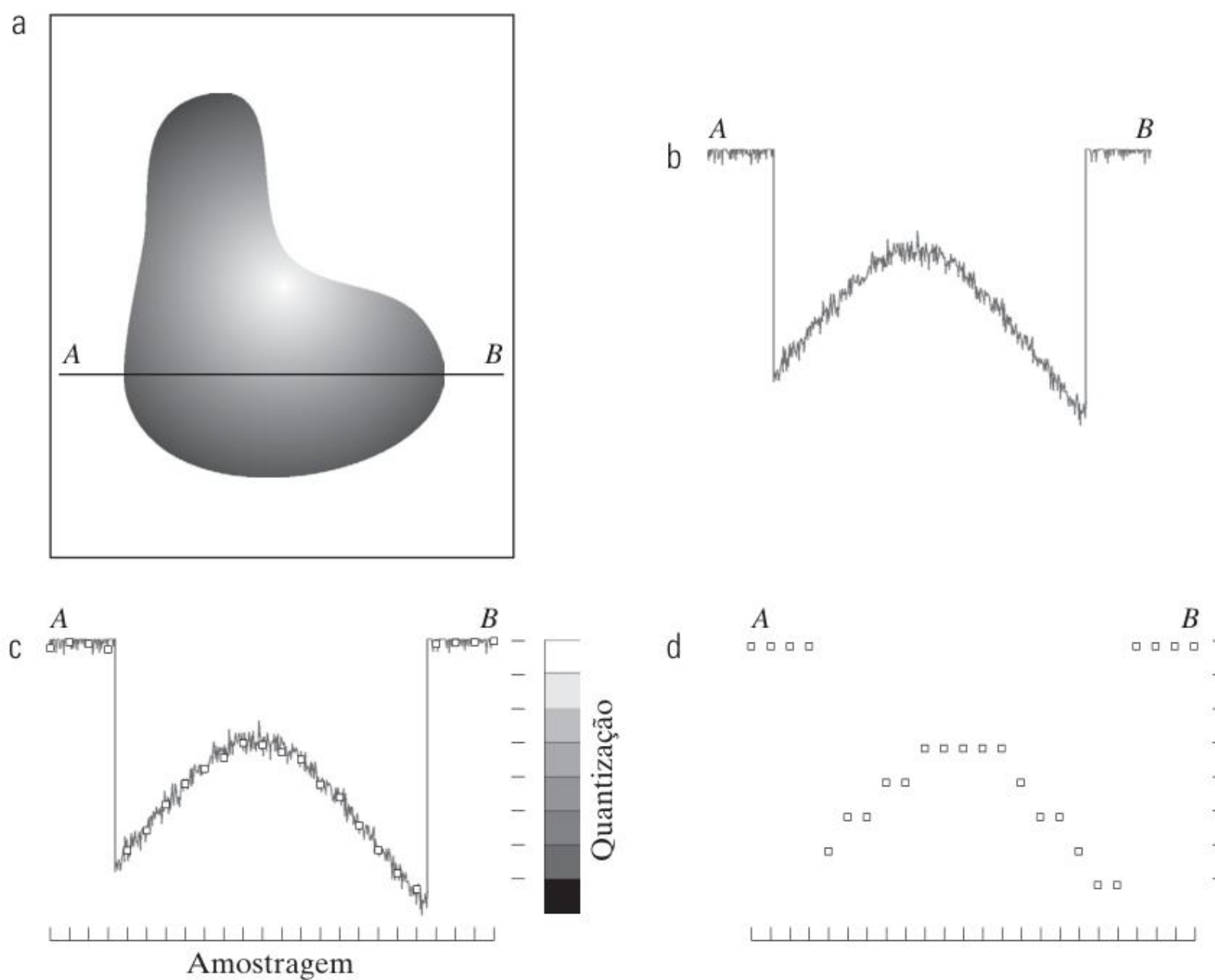


Figura 2.16 Produzindo uma imagem digital. (a) Imagem contínua. (b) Linha de varredura de *A* a *B* na imagem contínua utilizada para ilustrar os conceitos de amostragem e quantização. (c) Amostragem e quantização. (d) Linha de varredura digital.

Amostragem e quantização de imagens

Conceitos básicos da amostragem e da quantização

- **Amostragem**

- Coletar amostras igualmente espaçadas ao longo da linha

- **Quantização**

- Converter os valores de intensidade em quantidades discretas

- A formação da imagem digital é realizada com a conclusão da varredura que começa na parte superior e vai até a parte inferior da imagem

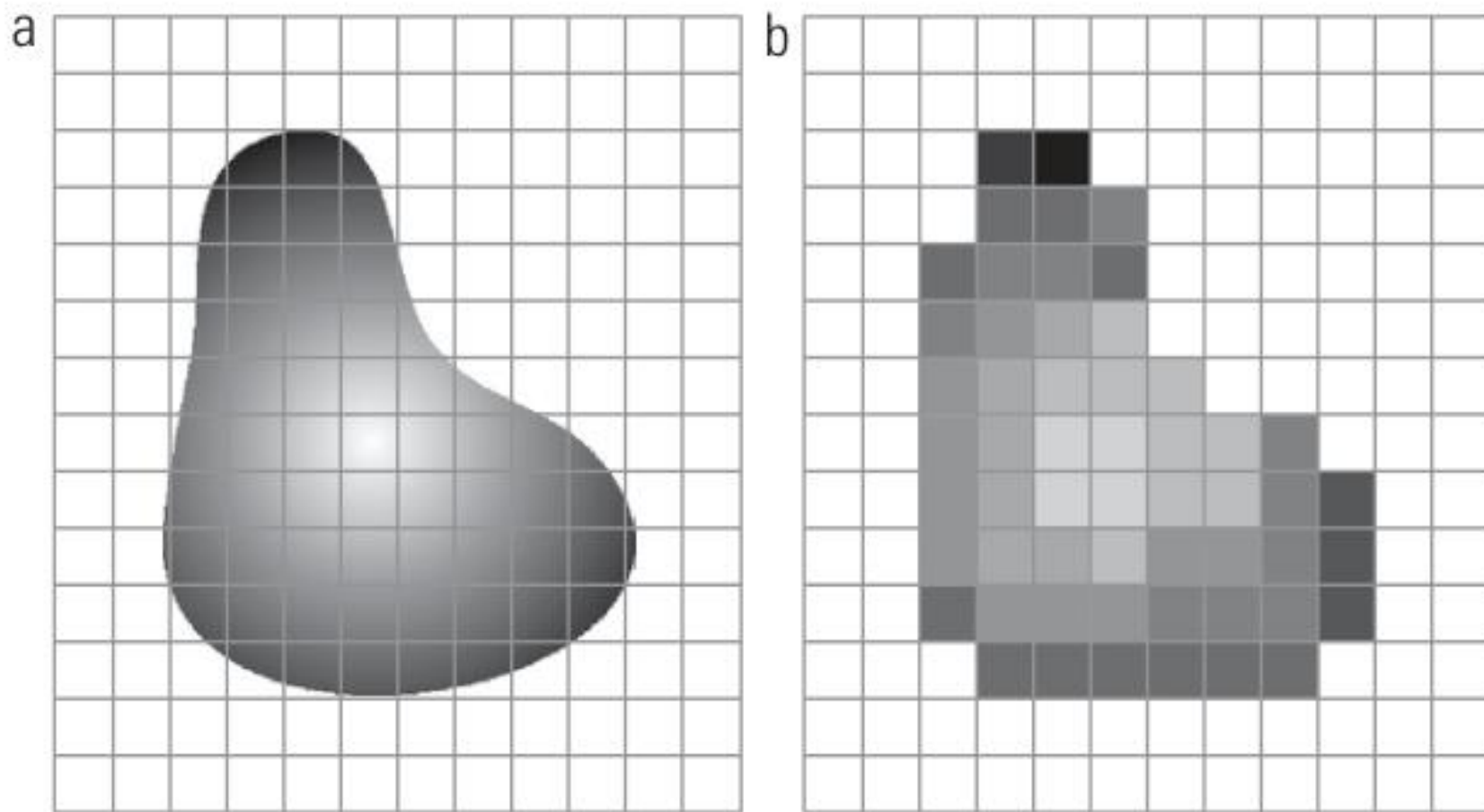


Figura 2.17 (a) Imagem contínua projetada em uma matriz de sensores. (b) Resultado da amostragem e quantização da imagem.

Amostragem e quantização de imagens

Representação de imagens digitais

- A imagem contínua é convertida em uma imagem digital por meio de amostragem e quantização
- A imagem digital é uma matriz 2D (linha x coluna) contendo M linhas e N colunas
 - $x = 0, 1, 2, \dots, M - 1$
 - $y = 0, 1, 2, \dots, N - 1$
- A origem está em $f(0,0)$ e $f(0,1)$ representa a segunda amostra ao longo da primeira linha (linha=0, coluna=1)

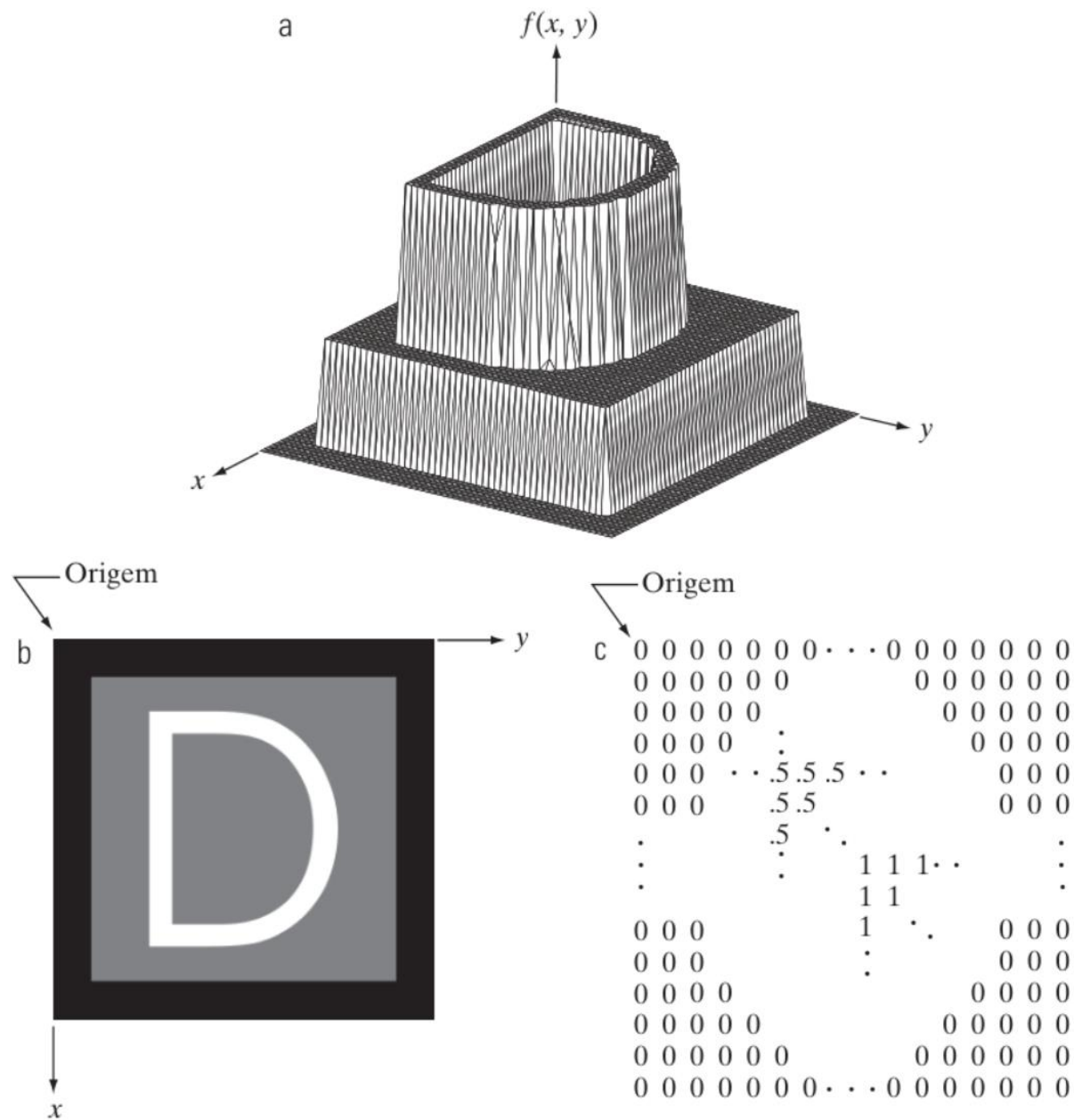


Figura 2.18 (a) Imagem representada graficamente como uma superfície. (b) Imagem representada como uma matriz de intensidade visual. (c) Imagem representada como uma matriz numérica 2-D (0, .5 e 1 correspondem ao preto, cinza e branco, respectivamente).

Amostragem e quantização de imagens

Representação de imagens digitais

Matematicamente, a matriz numérica $M \times N$ é definida por:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix}$$

Amostragem e quantização de imagens

Representação de imagens digitais

- O processo de digitalização requer definir o número L de níveis discretos de intensidade
- Geralmente, é uma potência inteira de 2:
 - $L = 2^k$
- O número b de bits necessários para armazenar a imagem digitalizada é dado por
 - $b = M \times N \times k$

Formatos de imagens bitmap

Os formatos bitmap mais comuns incluem:

- **BMP (Bitmap)**: Formato simples e sem compressão, frequentemente usado em aplicações Windows antigas.
- **JPEG (Joint Photographic Experts Group)**: Formato comprimido com perdas, ideal para fotografias e imagens complexas.
- **PNG (Portable Network Graphics)**: Formato comprimido sem perdas, suporta transparência e é amplamente usado para gráficos web.

Formatos de imagens bitmap

Os formatos bitmap mais comuns incluem:

- **GIF (Graphics Interchange Format):** Formato comprimido limitado a 256 cores, usado principalmente para animações simples.
- **TIFF (Tagged Image File Format):** Formato versátil e amplamente utilizado para impressão e arquivos profissionais, pode ser comprimido sem perdas.

Atividade prática

- Cada formato de imagem realiza codificações de informações da imagem no cabeçalho do arquivo
- Crie um programa que abre um arquivo de imagem e extrai informações do seu cabeçalho

Fundamentos da imagem digital

Computação Gráfica

Prof. Jackson Gomes de Souza

jackson.souza@ulbra.br

