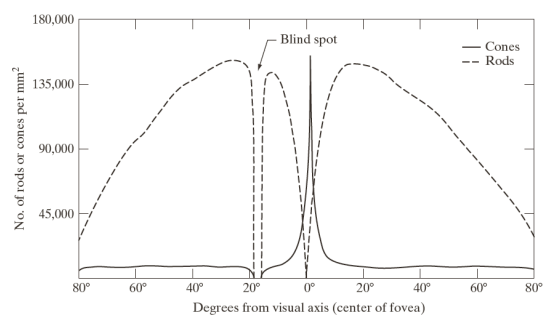
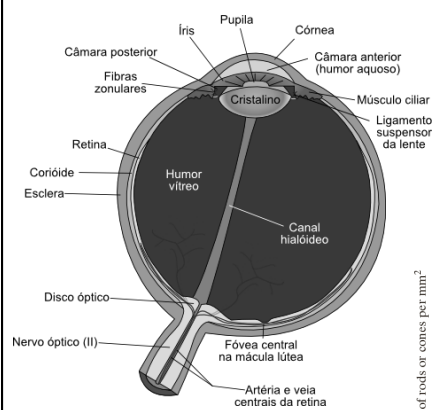


Carlos A. Silva

PROCESSAMENTO DE IMAGEM

Fisiologia do olho, percepção e formação da imagem

Olho humano: Estrutura



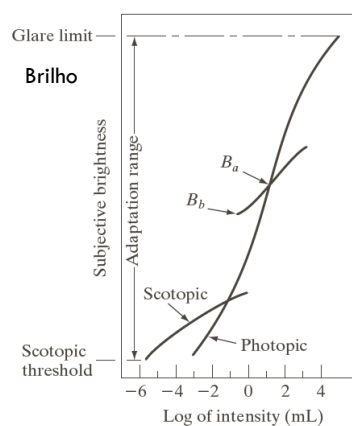
PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Fotoreceptores

- Bastonetes
 - Comprido e fino
 - Grande quantidade (~ 120 milhões, http://www.retinaportugal.org.pt/dist_retina/como_fun_olho.htm)
 - Provê a visão escotópica (i.e., ambientes com pouca luz)
 - Apenas extrai informação e provê uma visão geral do ambiente
- Cones
 - Curtos e finos, povoam densamente a fóvea (centro da retina)
 - Em menor número (~ 6.5 milhões) e menos sensíveis à luz do que as bastonetes
 - Provê visão fotópica (i.e., visão em ambientes claros ou muito iluminados)
 - Ajudam a resolver os detalhes, visto que cada cone está ligado ao seu próprio nervo
 - Responsável pela visão das cores
- Visão Mesópica
 - Visão em ambientes de iluminação intermédia, sendo garantida tanto pelos cones como pelos bastonetes

PI, Carlos A. Silva

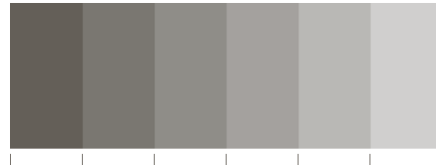
Olho humano: Fotoreceptores



PI, Carlos A. Silva

- Gama de adaptação de intensidades de luz do sistema visual humano é 10^{10} .
- Brilho (percepção dos níveis de luz) é uma função logarítmica da intensidade da luz.
- Adaptação ao brilho: o sistema de visão não consegue operar em toda a gama simultaneamente.

Olho humano: Percepção de objectos

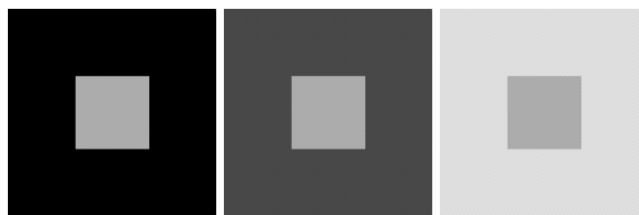


a
b
c

FIGURE 2.7 Illustration of the Mach band effect. Perceived intensity is not a simple function of actual intensity.

PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Percepção de objectos



a b c

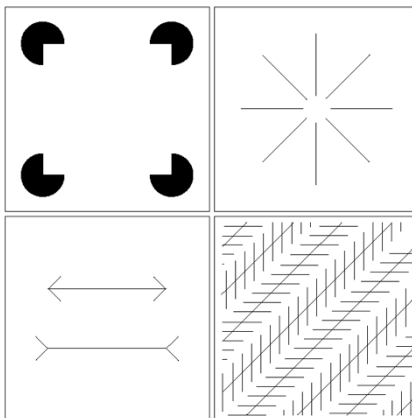
FIGURE 2.8 Examples of simultaneous contrast. All the inner squares have the same intensity, but they appear progressively darker as the background becomes lighter.

PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Percepção de objectos

a b
c d

FIGURE 2.9 Some well-known optical illusions.



PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Percepção da cor

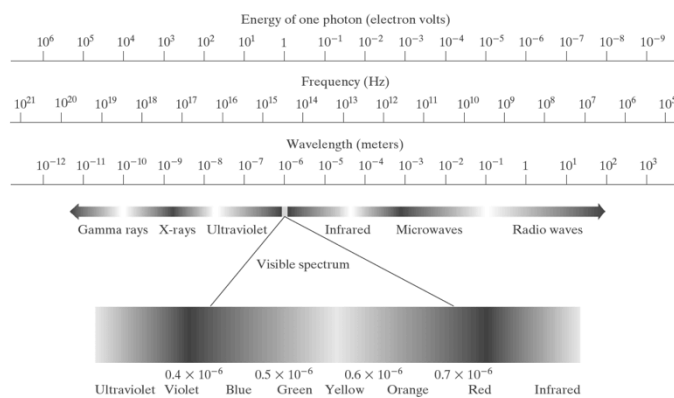
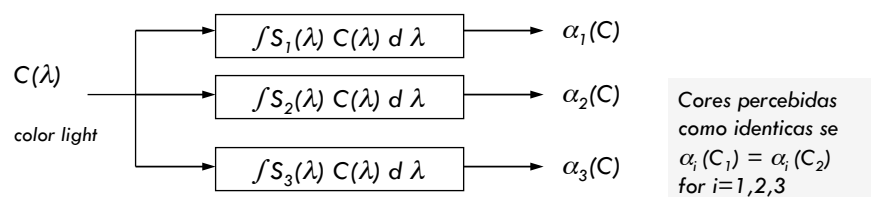


FIGURE 2.10 The electromagnetic spectrum. The visible spectrum is shown zoomed to facilitate explanation, but note that the visible spectrum is a rather narrow portion of the EM spectrum.

PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Percepção da cor

- Três tipos de fotorreceptores (cones) na retina humana
 - ▣ A resposta de absorção $S_i(\lambda)$ tem picos a volta de 450nm (azul), 550nm (verde), 620nm (vermelho alanjado) ~ i.e. comprimentos de onda curto, médio e longo
 - ▣ A sensação de cor depende da resposta espectral $\{\alpha_1(C), \alpha_2(C), \alpha_3(C)\}$, em vez do espectro completo da luz $C(\lambda)$



- Uma cor pode ser reproduzida pela mistura de três cores primárias (Thomas Young, 1802)

PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Percepção da cor

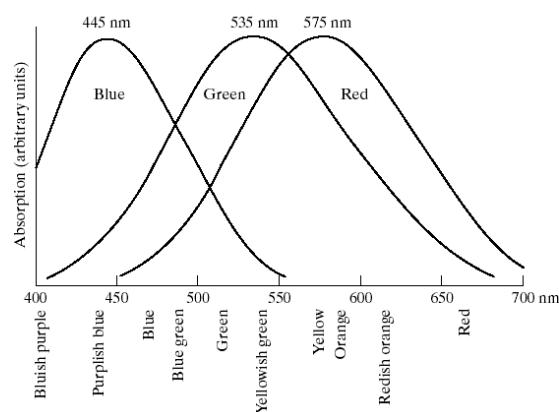


FIGURE 6.3 Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.

PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Percepção da cor

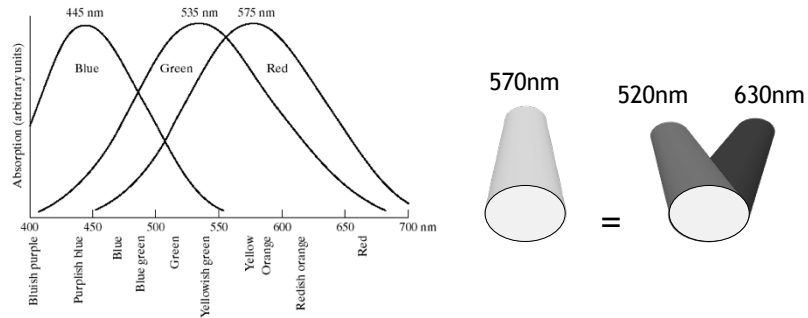
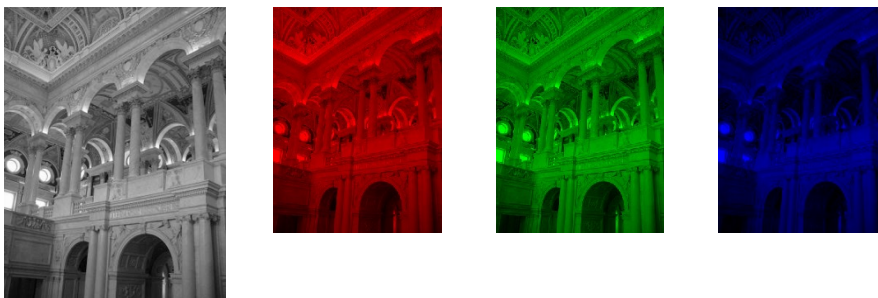


FIGURE 6.3 Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.

Mistura-se verde e vermelho para obtermos a percepção de amarelo, sem que haja um único fóton amarelo

PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Percepção da cor



PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Construção da imagem

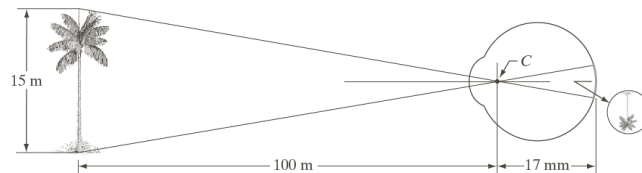
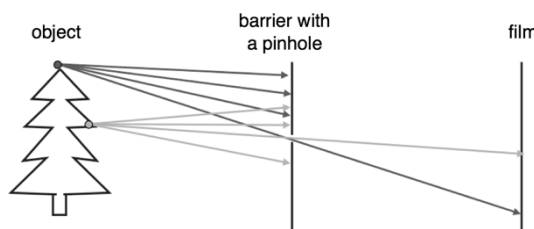


FIGURE 2.3
Graphical representation of the eye looking at a palm tree. Point C is the optical center of the lens.



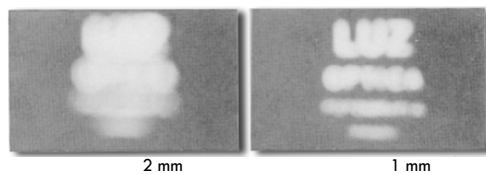
- A barreira impede que a maioria dos raios atravesse o orifício.
- Este efeito reduz a indefinição (desfocagem).
- Abertura do orifício.

PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Construção da imagem

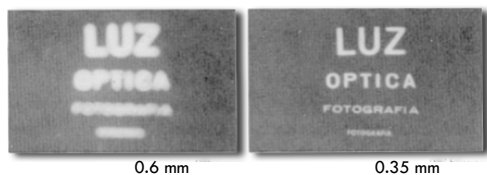
Orifício demasiado grande:

- Clara e desfocada.



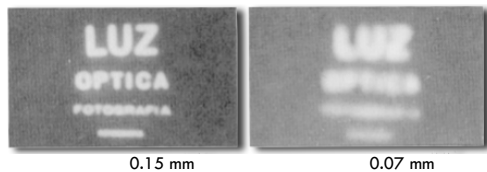
Orifício de dimensão certa:

- Escura e nítida.



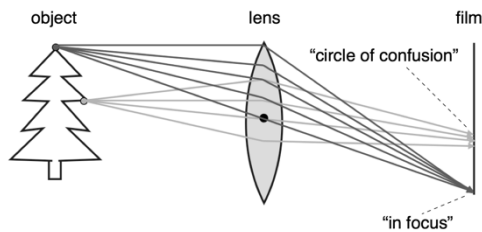
Orifício de demasiado pequeno:

- Escura e desfocada (difração).



PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Construção da imagem



A lente permite focar a luz no filme.

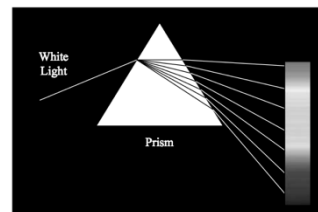
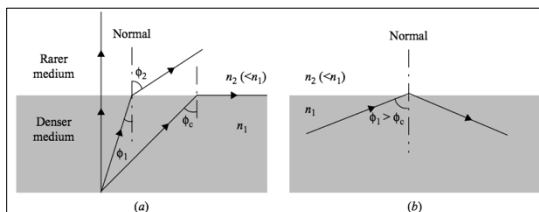
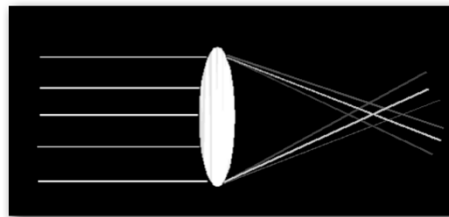


PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Construção da imagem

Aberração cromática

Diferentes índices de refração para diferentes comprimentos de onda.



PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Construção da imagem

Aberração cromática



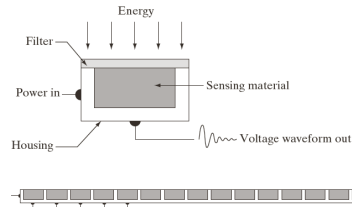
PI, Carlos A. Silva

Olho humano: Construção da imagem



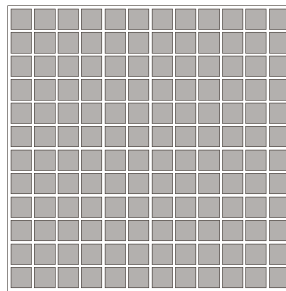
PI, Carlos A. Silva

Fotografia: Construção da imagem



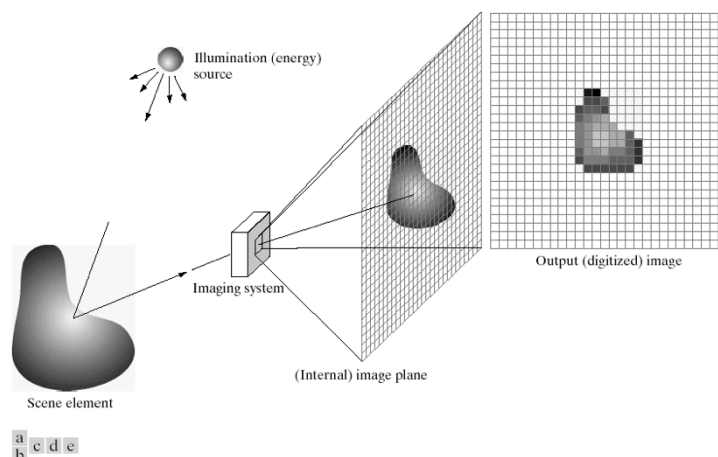
a
b
c

FIGURE 2.12
(a) Single imaging sensor.
(b) Line sensor.
(c) Array sensor.



PI, Carlos A. Silva

Fotografia: Construção da imagem



a
b
c d e

FIGURE 2.15 An example of the digital image acquisition process. (a) Energy ("illumination") source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.

PI, Carlos A. Silva

Fotografia: Construção da imagem

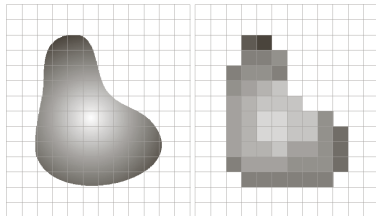


FIGURE 2.17 (a) Continuous image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

- Na imagem digital as intensidades são apenas definidas numa grelha de *pixels* (grelha do sensor CCD).
- Discretização no domínio da imagem.
- Um ponto da grelha é chamado pixel (*picture element*).
- A grelha é geralmente composta por pontos rectangulares de dimensão regular.
- A dimensão do ponto da grelha, h , define o espaçamento do pixel.
- Geralmente temos o mesmo espaçamento em todas as direções.
- Quando não se desconhece o espaçamento real, usa-se $h = 1$.

PI, Carlos A. Silva

Fotografia: Construção da imagem

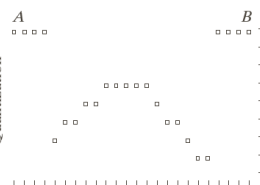
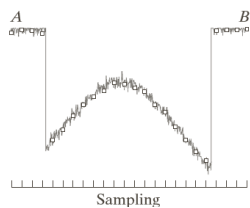
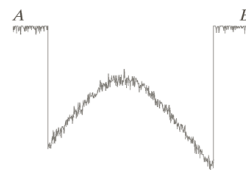
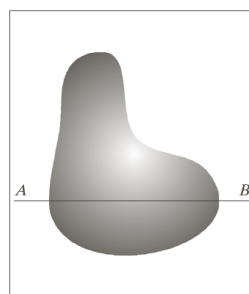


FIGURE 2.16 Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from A to B in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

PI, Carlos A. Silva

Fotografia: Construção da imagem

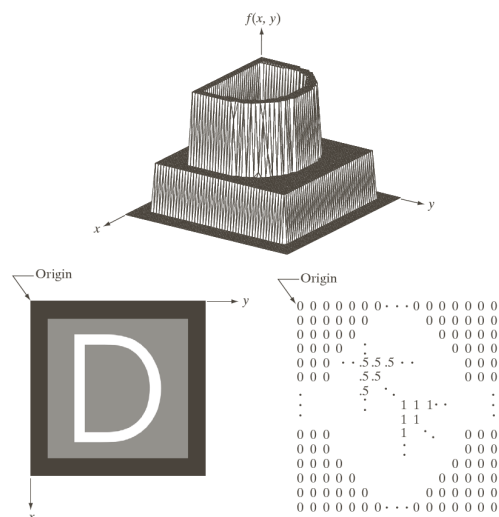


FIGURE 2.18
(a) Image plotted as a surface.
(b) Image displayed as a visual intensity array.
(c) Image shown as a 2-D numerical array (0, .5, and 1 represent black, gray, and white, respectively).

PI, Carlos A. Silva

Fotografia: Construção da imagem

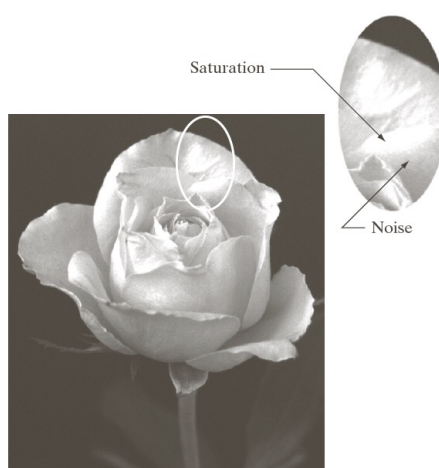


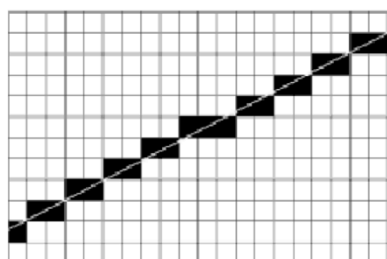
FIGURE 2.19 An image exhibiting saturation and noise. Saturation is the highest value beyond which all intensity levels are clipped (note how the entire saturated area has a high, constant intensity level). Noise in this case appears as a grainy texture pattern. Noise, especially in the darker regions of an image (e.g., the stem of the rose) masks the lowest detectable true intensity level.

PI, Carlos A. Silva

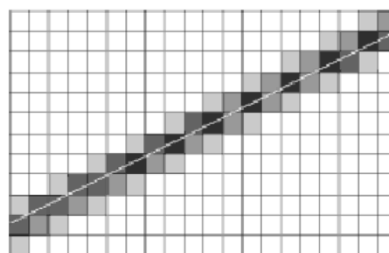
Fotografia: Aliasing



Fotografia: Aliasing



(a) "Dentes" na representação de retas.



(b) Uma forma de amenizar o problema.

PI, Carlos A. Silva

Fotografia: Construção da imagem

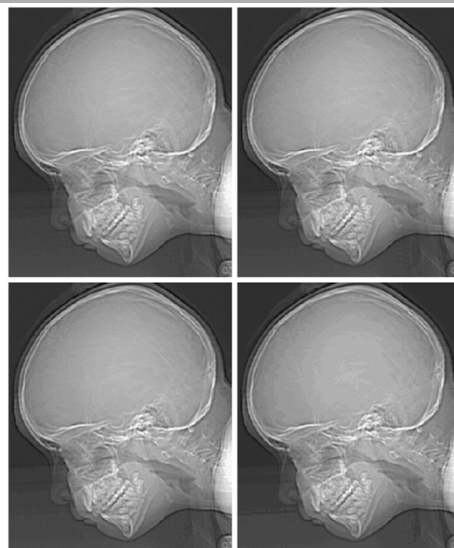


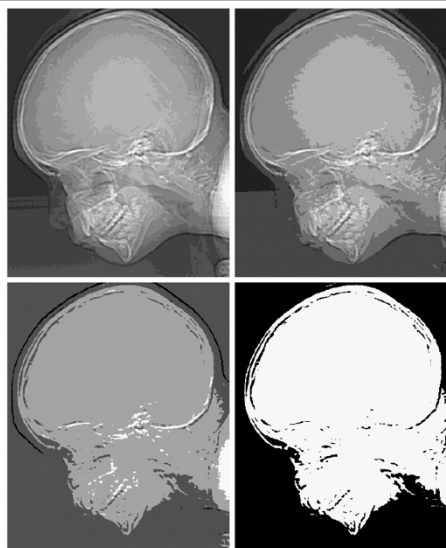
FIGURE 2.21
(a) 452×374 ,
256-level image.
(b)–(d) Image
displayed in 128,
64, and 32 gray
levels, while
keeping the
spatial resolution
constant.

PI, Carlos A. Silva

Fotografia: Construção da imagem

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.)

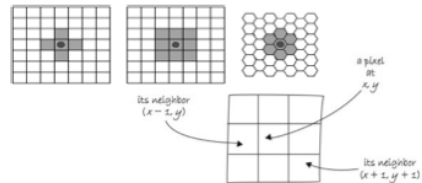


Problemas: p., ex., contorno da mama,
músculo peitoral, microaneurismas,
microcalcificações, ...

PI, Carlos A. Silva

Conceitos Básicos

□ Vizinhança de um ponto.



■ Um ponto p tem quatro vizinhos verticais e horizontais, sendo chamados $N_4(p)$:

- $(i+1, j)$, $(i-1, j)$, $(i, j+1)$ e $(i, j-1)$

■ Quando incluímos as quatro diagonais, $N_D(p)$:

- $(i-1, j-1)$, $(i-1, j+1)$, $(i+1, j-1)$ e $(i+1, j+1)$

Dizemos que temos uma vizinhança $N_8(p)$.

PI, Carlos A. Silva

Conceitos Básicos

□ Definamos o conjunto V como contendo os valores de intensidade usados na definição de adjacência.

□ Adjacência: Definimos os seguintes tipos de adjacência

■ Adjacência-4: Dois pontos p e q com valores em V têm adjacência-4 se q pertence ao conjunto $N_4(p)$.

■ Adjacência-8: Dois pontos p e q têm adjacência-8 se q pertence ao conjunto $N_8(p)$.

■ Adjacência- m (adjacência mista): Dois pontos p e q têm adjacência- m se

- q pertence ao conjunto $N_4(p)$, ou
- q pertence ao conjunto $N_D(p)$ e o conjunto $N_4(p) \cap N_4(q)$ é vazio em V .

PI, Carlos A. Silva

Conceitos Básicos

- Caminho (ou curva):
 - Os pontos p e q são extremos numa sequência $p = (x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{n-1}, y_{n-1}), q = (x_n, y_n)$.
 - Dizemos que temos um caminho entre p e q se os todos os pontos da sequência forem adjacentes.
 - Poderemos ter então um caminho-4, caminho-8 ou caminho- m conforme o tipo de adjacência.
- Componente ligado:
 - Seja S um sub-conjunto de pontos da imagem.
 - Dois pontos p e q são ligados se existir um caminho entre estes constituído apenas por pontos de S .
 - Para todo ponto p em S , o conjunto de pontos que estão ligados a p em S formam um *componente ligado* em S .

PI, Carlos A. Silva

Conceitos Básicos

- Se um sub-conjunto de pontos tiver apenas um componente ligado, então dizemos que o sub-conjunto de pontos é *conjunto ligado*.
- Região:
 - Seja R um subconjunto de pixels numa imagem.
 - Dizemos que R é uma *região* da imagem se R é um conjunto ligado.
- Região Adjacente.
 - Duas regiões R_i e R_j são adjacentes se a sua união formar um conjunto ligado.
 - Regiões que não são adjacentes são chamadas *disjuntas*.

PI, Carlos A. Silva

Conceitos Básicos

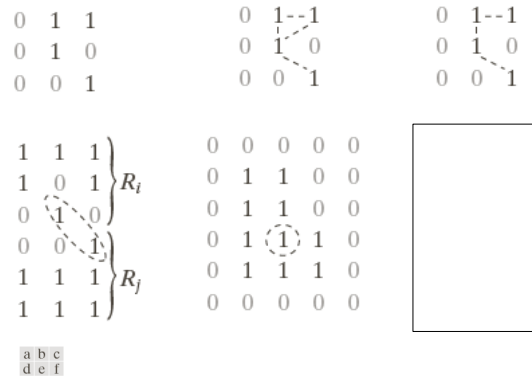
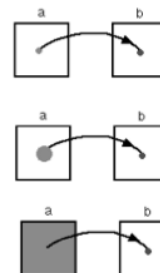


FIGURE 2.25 (a) An arrangement of pixels. (b) Pixels that are 8-adjacent (adjacency is shown by dashed lines; note the ambiguity). (c) m -adjacency. (d) Two regions that are adjacent if 8-adjacency is used. (e) The circled point is part of the boundary of the 1-valued pixels only if 8-adjacency between the region and background is used. (f) The inner boundary of the 1-valued region does not form a closed path, but its outer boundary does.

PI, Carlos A. Silva

Operações sobre a imagem

- Uma imagem $I_{i,j}$ pode ser transformada numa outra por:
 - Transformações pontuais: O resultado num pixel depende apenas do valor do pixel de entrada.
 - Transformações locais: O resultado num pixel depende dos valores da vizinhança do pixel de entrada.
 - Transformações globais: O resultado num pixel depende de todos os pixels da imagem de entrada.



PI, Carlos A. Silva