

Curso: Mestrado em Ciência da Computação

Disciplina: Processamento de Imagens

Conteúdo dos Slides: Fundamentos de Imagens Digitais

Profa. Regina Célia Coelho
rcccoelho@unifesp.br

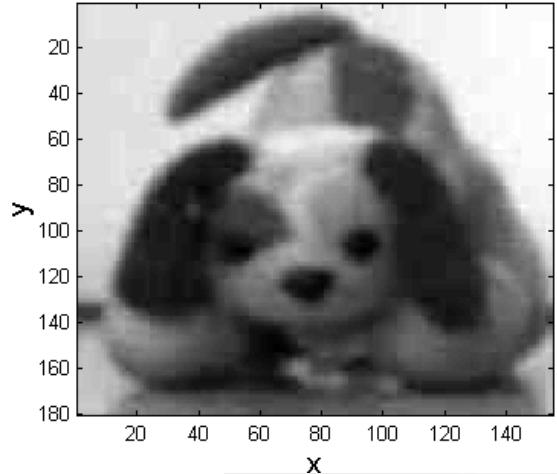
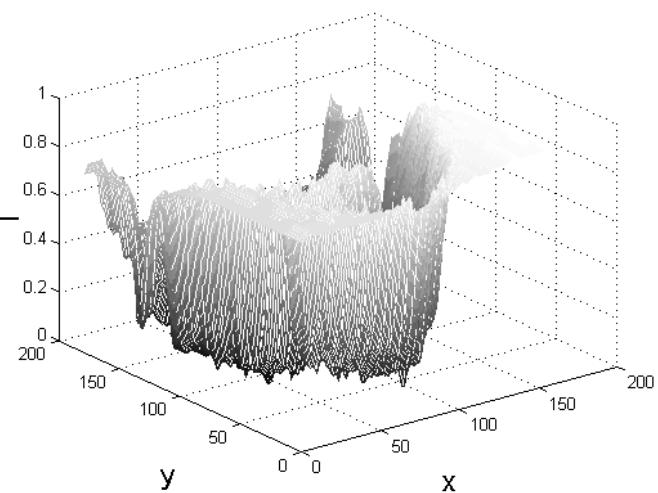
Formação da Imagem

Representação de Imagens

- ◆ Imagem = matriz de brilho bidimensional
- Se a imagem for colorida, seus valores RGB representam 3 valores em cada posição da matriz.

Representação de Imagens (cont.)

- Diferentes representações contendo exatamente a mesma informação sobre uma imagem.



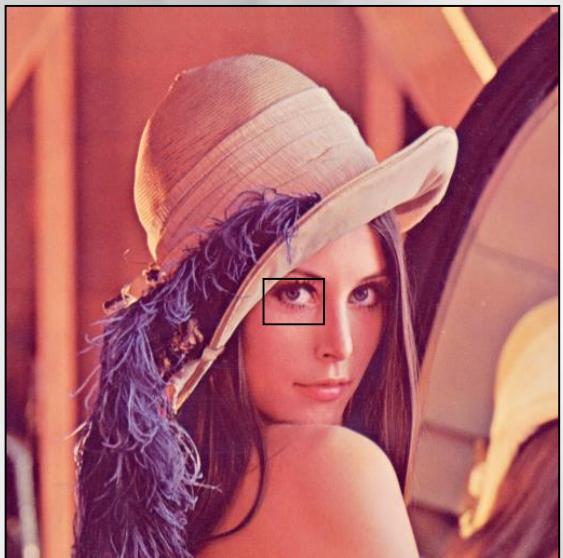
151	153	154	154	154	152	151	144	140	133	126
153	154	155	155	154	152	151	141	137	130	124
154	155	155	154	153	151	150	137	134	128	122
153	154	154	153	151	149	147	135	132	126	122
151	151	151	150	147	145	143	134	131	126	123
149	149	148	146	144	141	140	135	132	127	124
147	147	146	144	142	139	137	135	132	128	125
138	141	142	144	144	143	143	135	134	131	130
129	131	134	136	137	138	138	134	133	132	131
114	116	120	124	127	130	131	131	131	132	133
99	102	106	111	117	121	124	126	128	130	134

Representação de Imagens (cont.)

◆ Imagem matricial

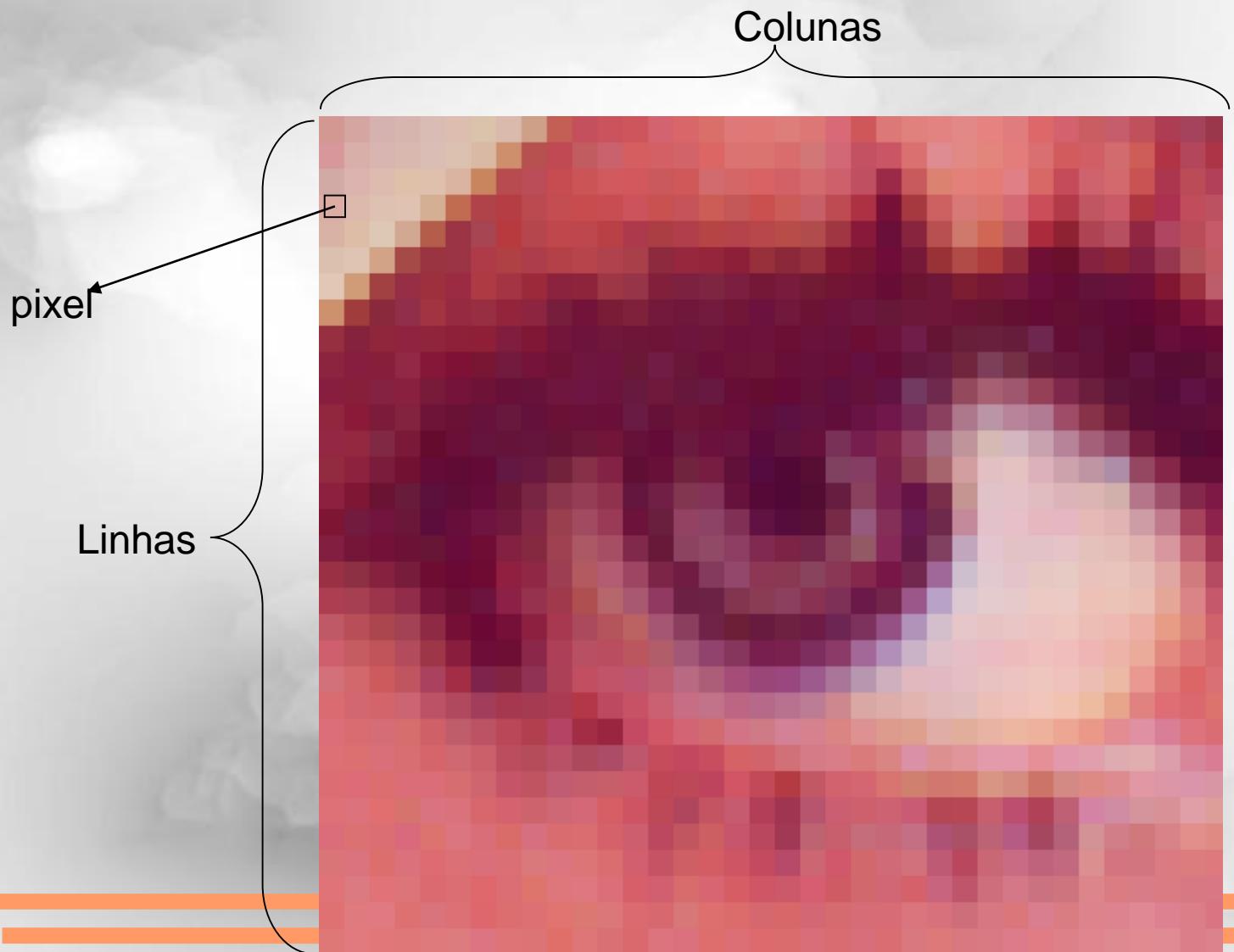


Representação de Imagens (cont.)



Representação de Imagens (cont.)

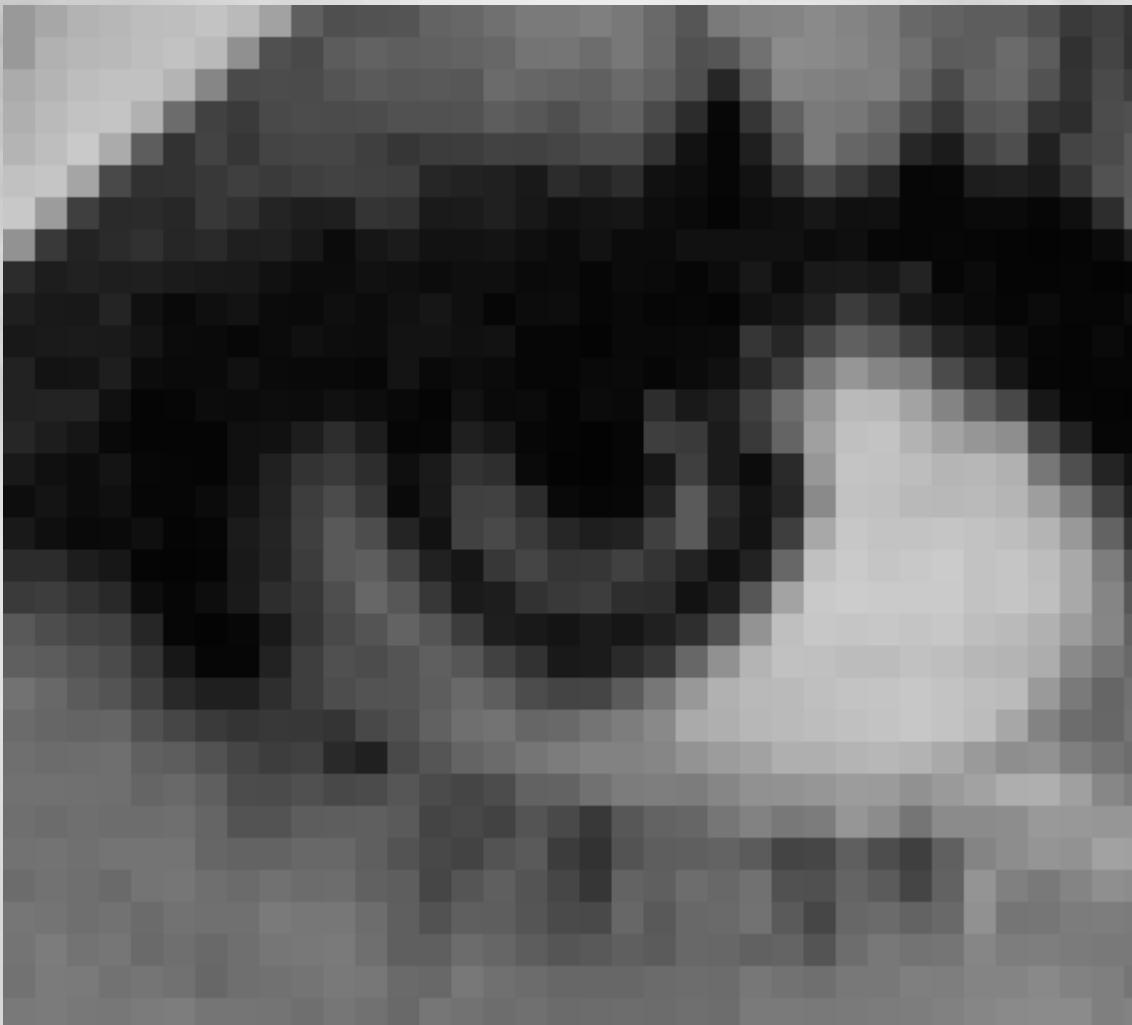
Matriz



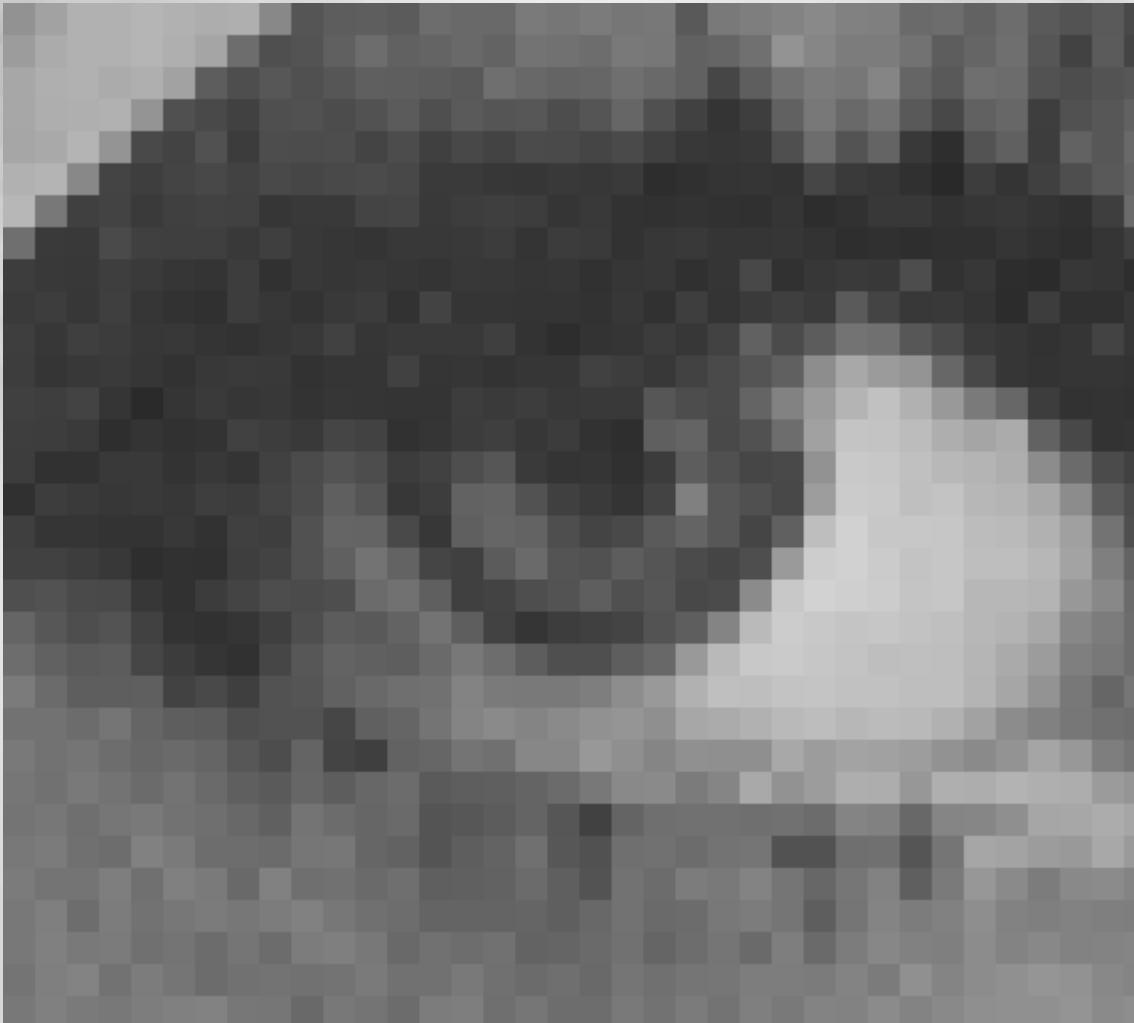
Canais (*Vermelho – R*)



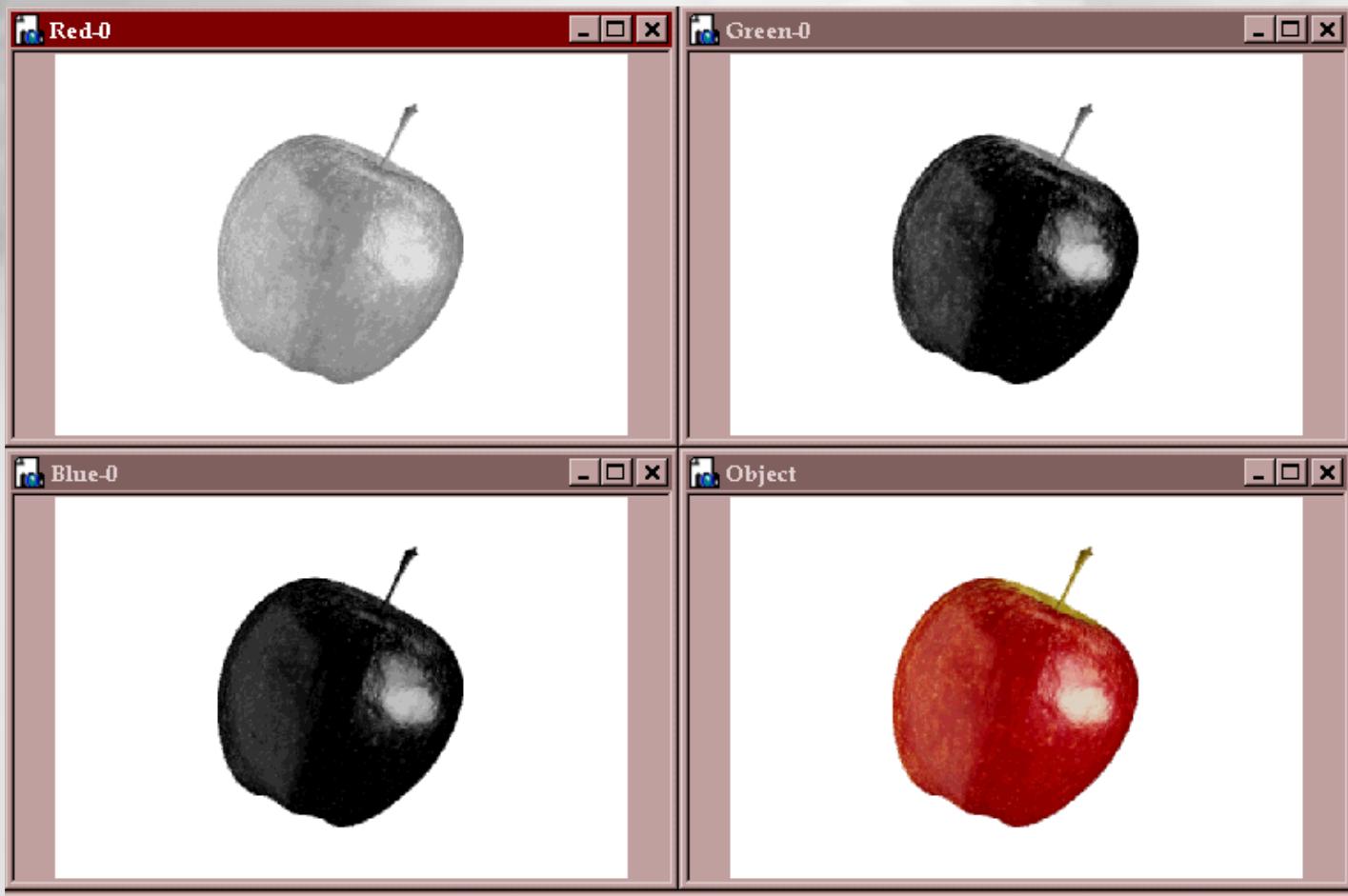
Canais (Verde – G)



Canais (Azul – B)



Canais



Elementos da Percepção Visual

Você confia em seu sistema visual?



Você confia em seu sistema visual?



Você confia em seu sistema visual?



Você confia em seu sistema visual?



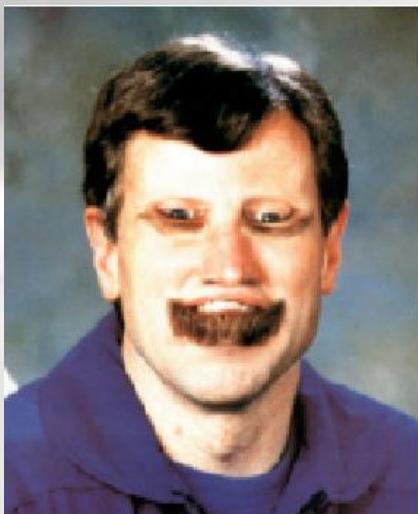
Você confia em seu sistema visual?



sapo?



Você confia em seu sistema visual?



sapo?



ou cavalo?

Você confia em seu sistema visual? (cont.)

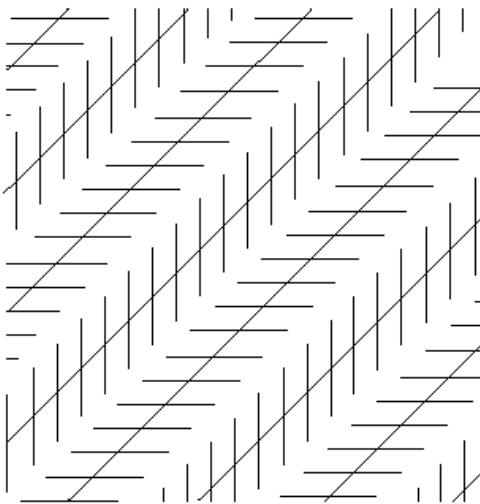
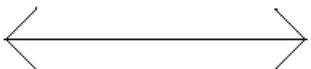
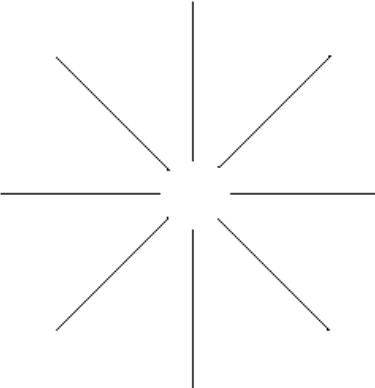


- A intensidade do quadrado central é a mesma em todas as figuras.
- O olho percebe intensidade diferente dependendo do quadrado externo.

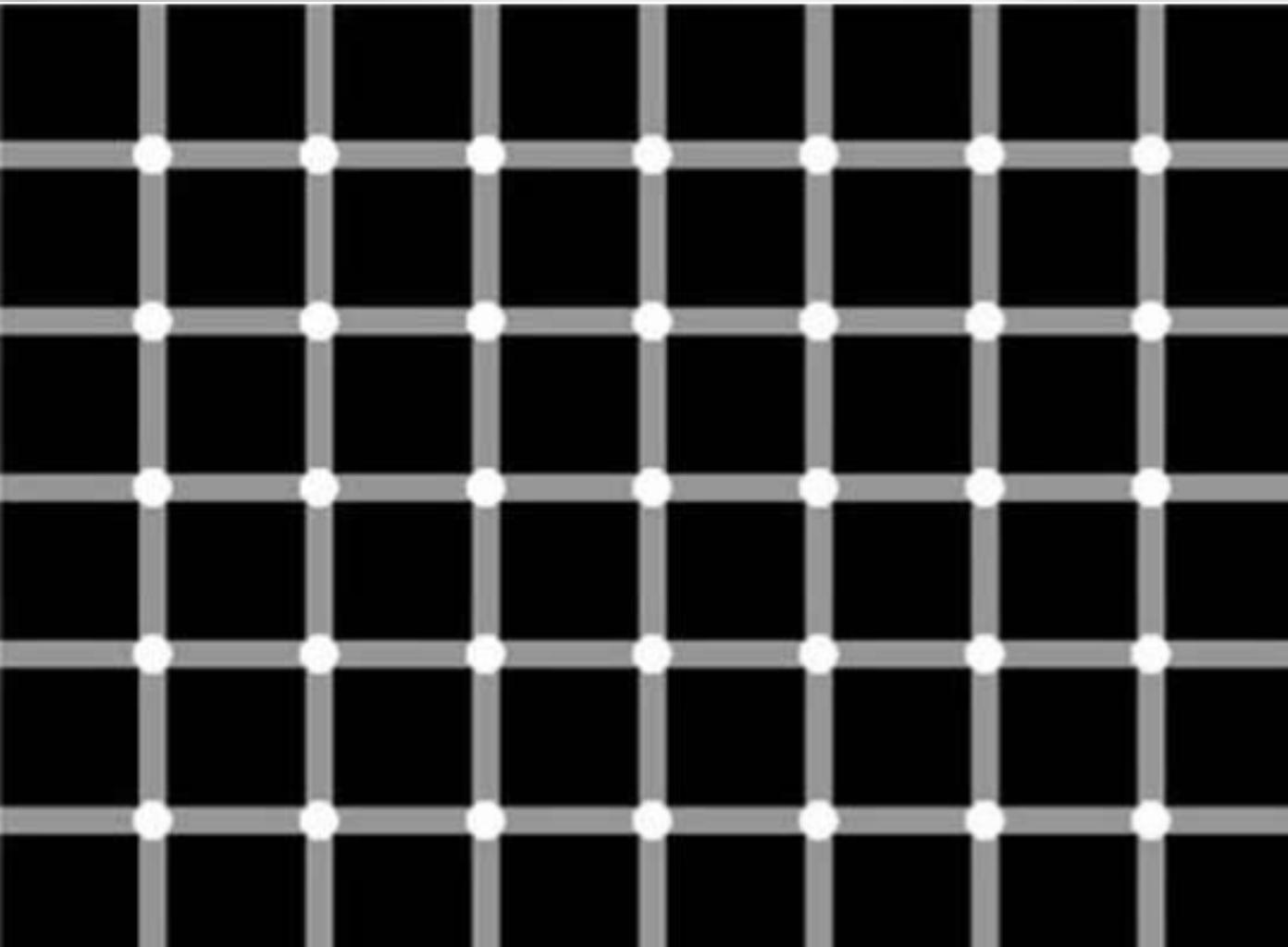
Você confia em seu sistema visual? (cont.)

a
b
c
d

FIGURE 2.9 Some well-known optical illusions.



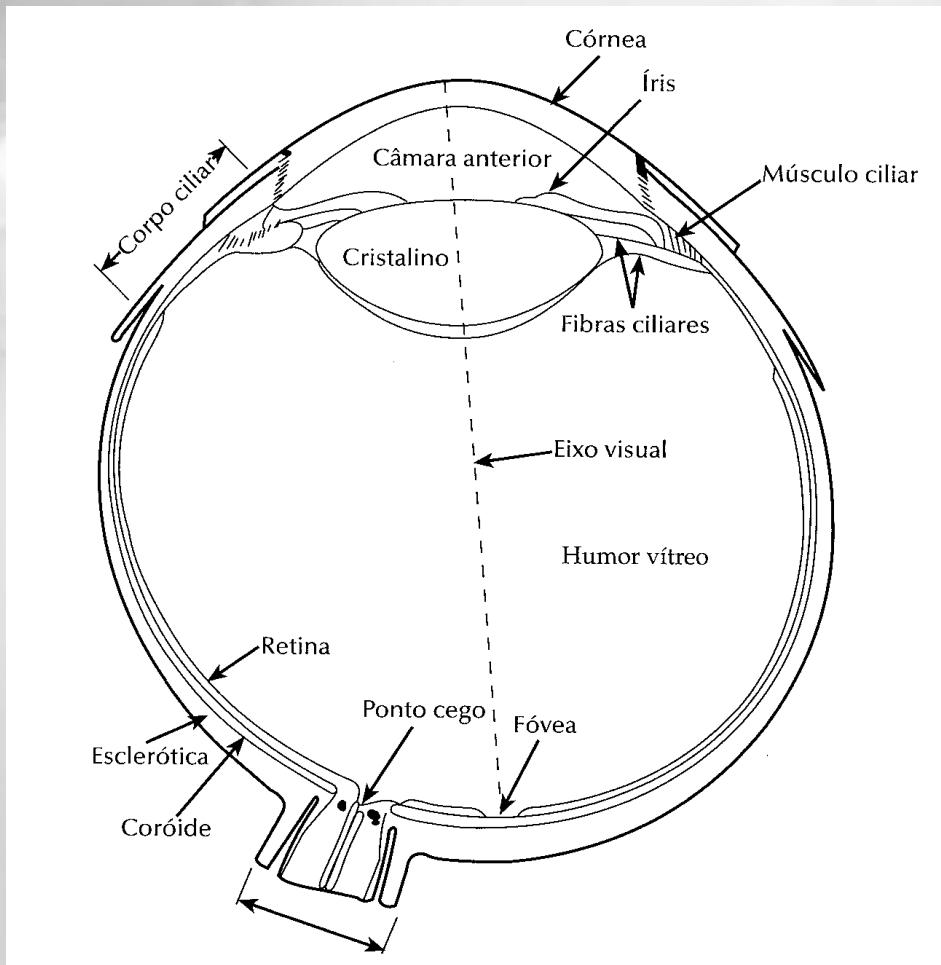
Você confia em seu sistema visual? (cont.)



Elementos da Percepção Visual

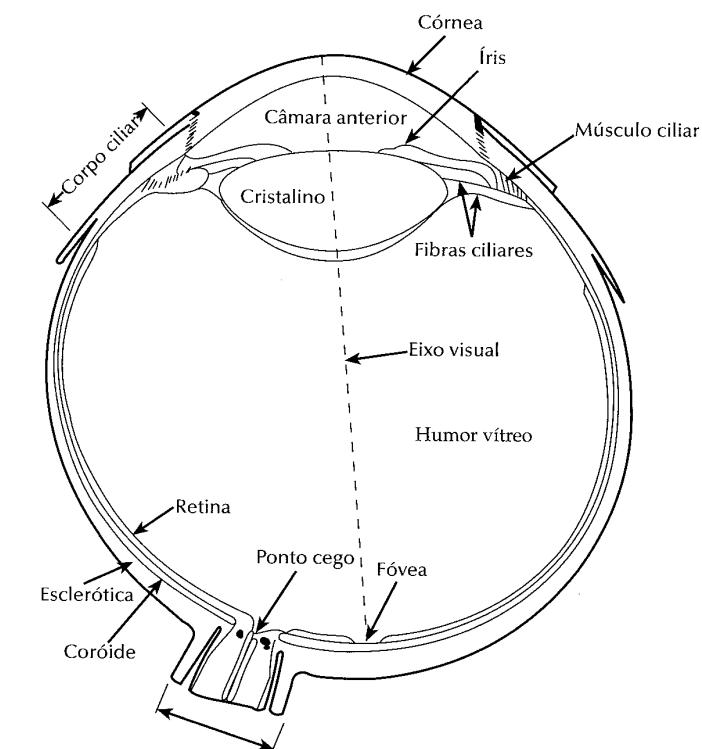
- Muitas técnicas de PI têm como objetivo auxiliar um observador a interpretar o conteúdo de uma imagem. Assim, é importante entender alguns mecanismos básicos da visão humana.

Estrutura do Olho Humano



Estrutura do Olho Humano (cont.)

► **Coroide**: serve como principal fonte de nutrição ao olho e auxilia na redução da quantidade de luz que entra no olho. Isto é feito pela contração ou expansão da íris (uma das partes da coroide) de forma a controlar a quantidade de luz que entra no olho. Ela é escura para reduzir o reflexo interno de luz.

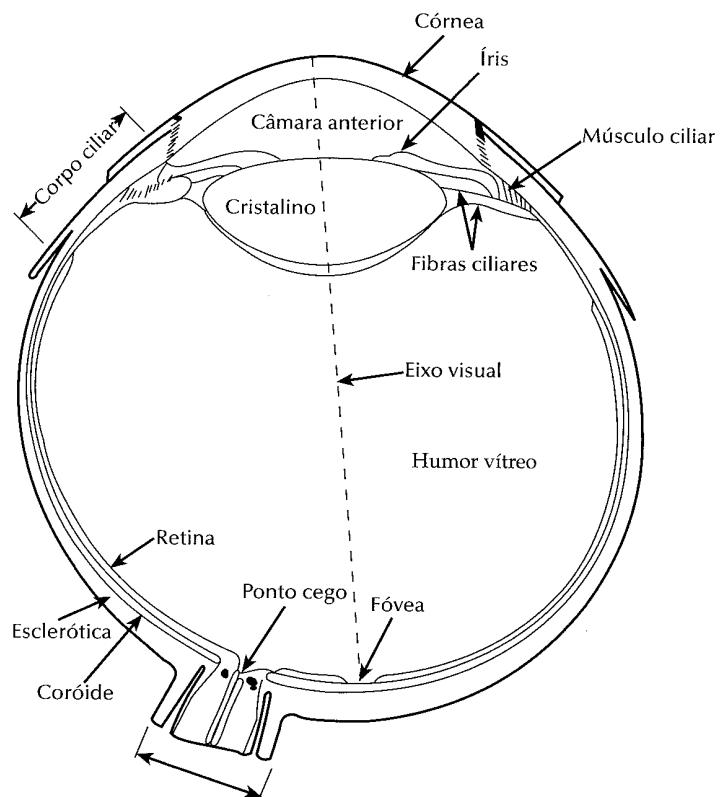


Estrutura do Olho Humano (cont.)

► **Retina**: é receptora de luz e é onde a imagem é formada. Nela existem duas classes de receptores: **cones e bastonetes**.

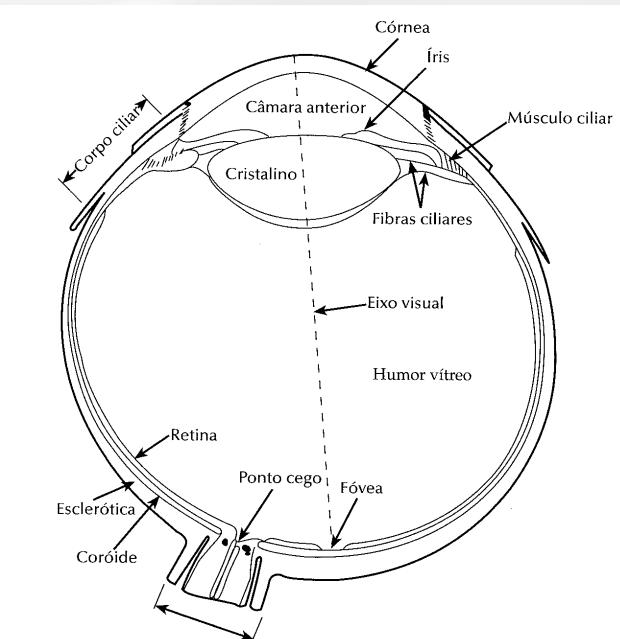
● **Cones**: sensíveis a alta iluminação e a cores. Localizam-se na fóvea.

● **Bastonetes**: sensíveis a baixos níveis de iluminação. Estão distribuídos por toda a retina.



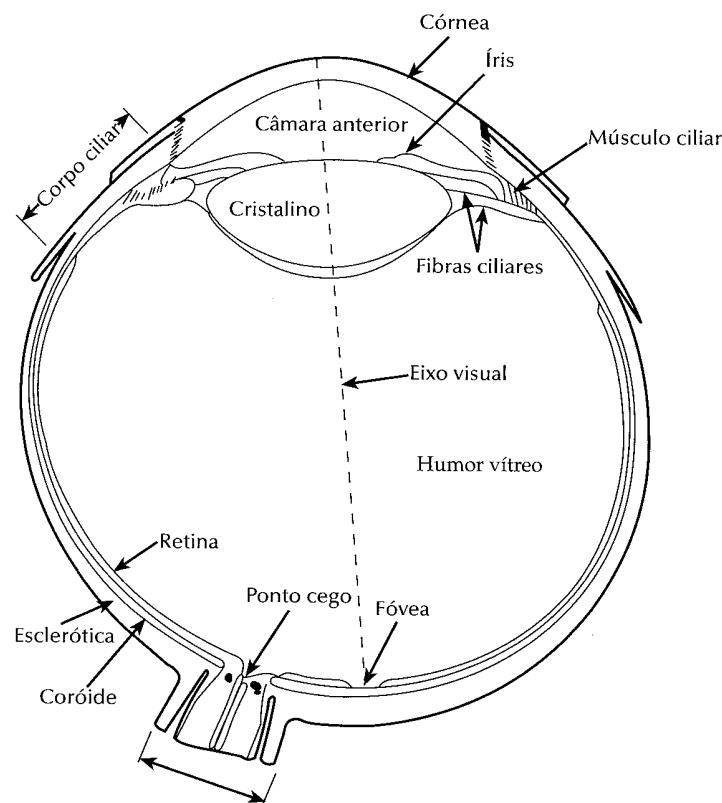
Estrutura do Olho Humano (cont.)

► Fóvea: região central da retina e de maior resolução da imagem, onde estão situados a maioria dos cones. Os músculos que controlam o olho rotacionam o globo ocular até que a imagem do objeto de interesse caia sobre a fóvea.

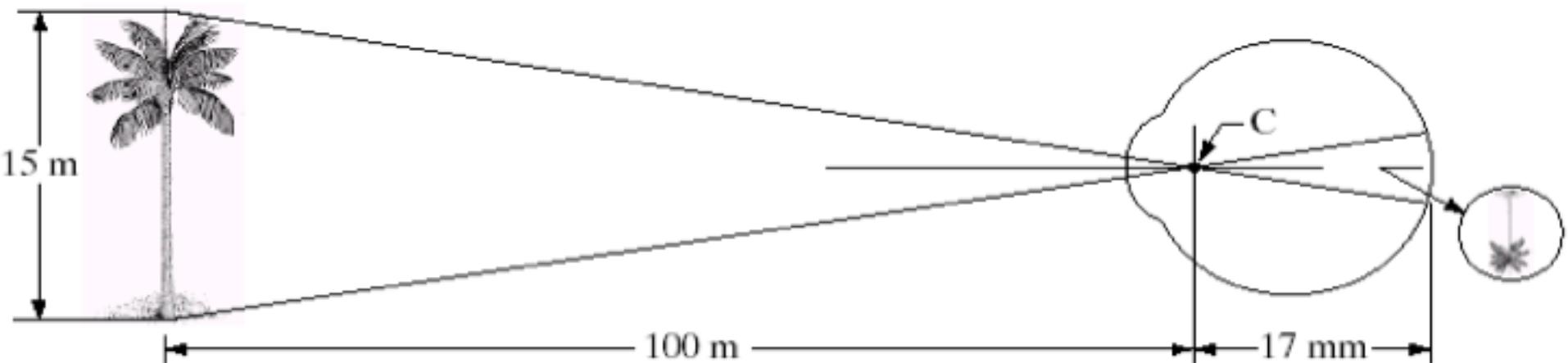


Estrutura do Olho Humano (cont.)

- ◆ O cristalino tem a função de uma lente óptica comum, ou seja, a de focalizar um objeto, porém ele é flexível.
- ◆ Ele possui pigmentação levemente amarela, filtrando raios ultravioleta e infravermelho.



Foco das Imagens



No olho, a lente engrossa ou afina para projetar imagem no fundo do olho, mudando o foco.

Em máquinas fotográficas o foco é o mesmo, mas o que muda é a distância da lente ao fundo.

Sensibilidade dos Olhos

- ◆ Os olhos são sensíveis à intensidade de luz que varia em escala de até 10^{10} .
- ◆ No entanto, eles percebem, simultaneamente, até 15 variações de níveis de cinza.

Digitalização

Aquisição de Imagens

Para que uma imagem seja captada são necessários três componentes:

Uma fonte de energia (luz, som, elétrons);

Uma cena (paisagem, bebê, moléculas);

Um receptor (olhos, câmera, ressonância magnética).

Aquisição de Imagens (cont.)

- ◆ O receptor ou sensor recebe estímulo de energia e um sinal elétrico de entrada e gera um sinal elétrico de saída correspondente ao estímulo de energia.

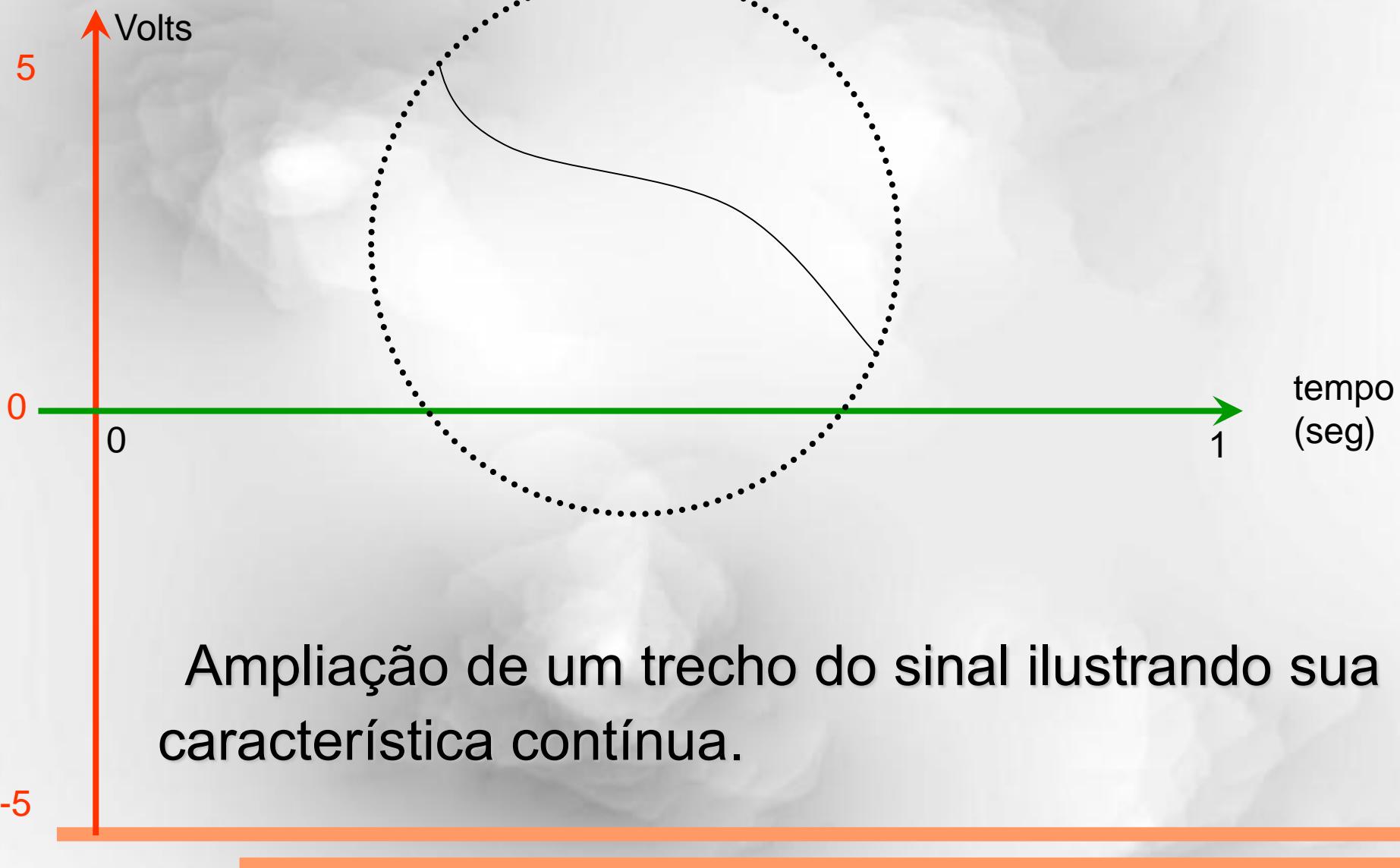
Digitalização

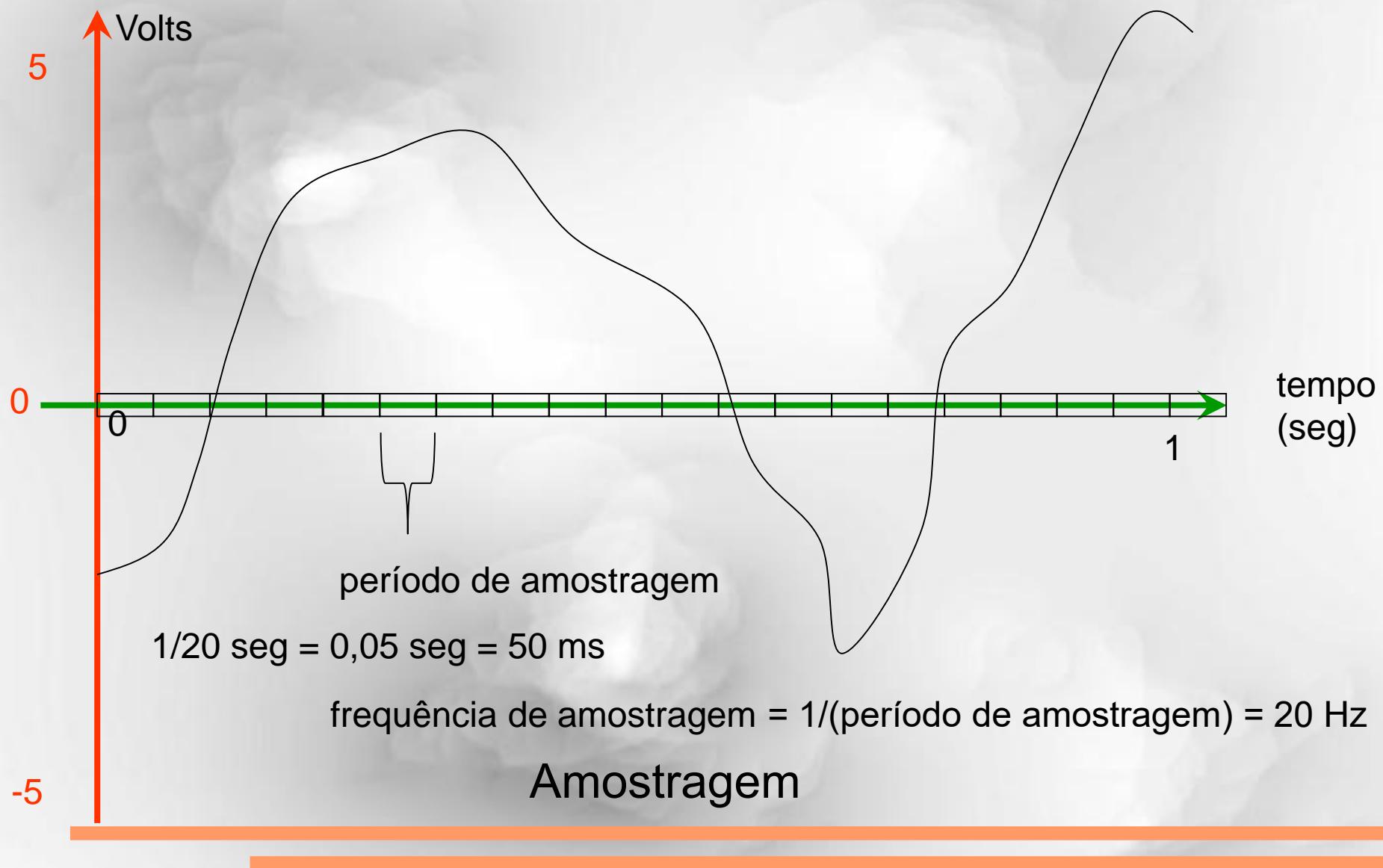
- ◆ Conversão da informação contida em um sinal da forma analógica para a forma digital.
- ◆ É um problema de amostragem e quantização.
 - Discretização espacial é amostragem.
 - Discretização da intensidade do sinal é quantização.

Analógico

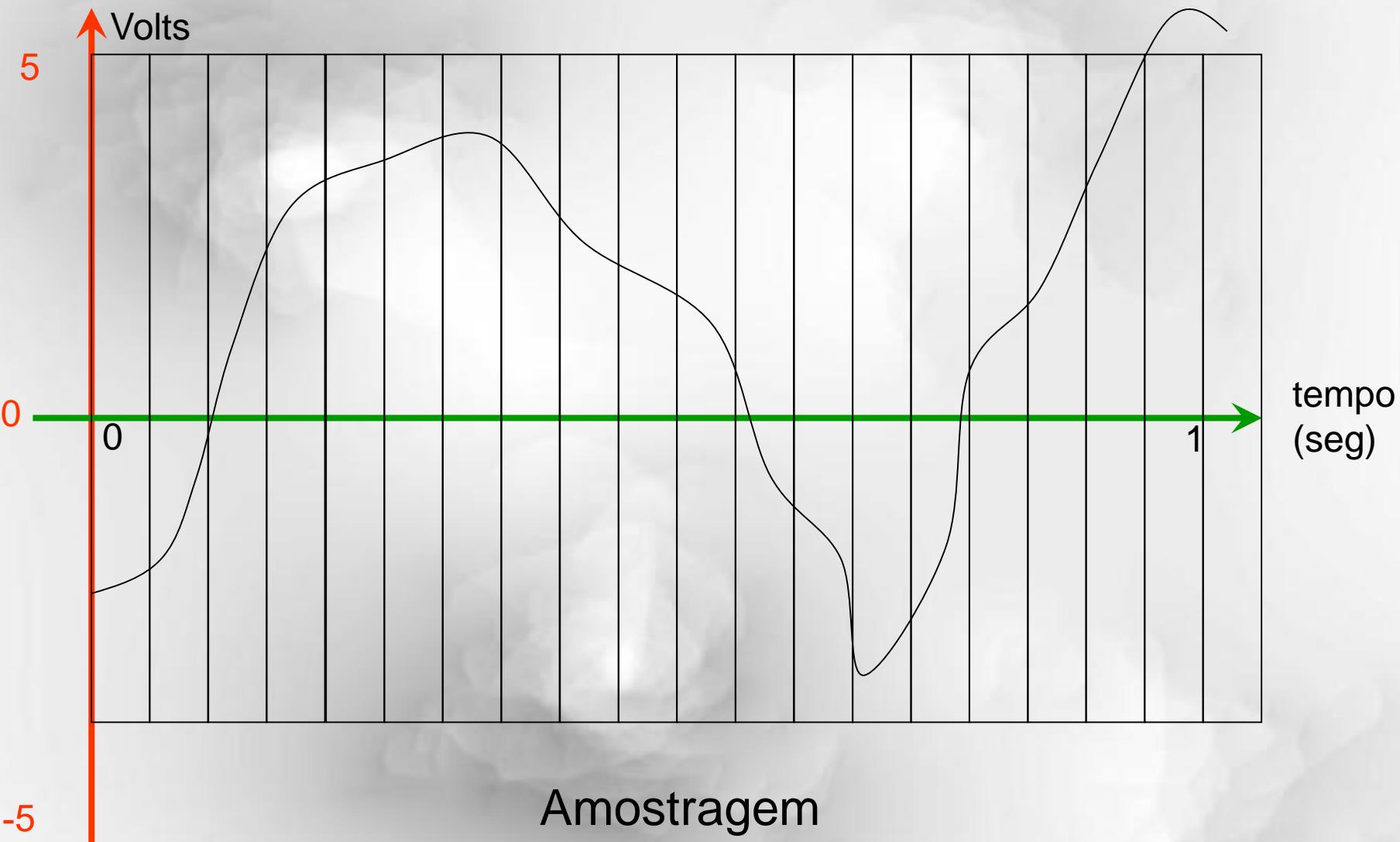


Analógico (cont.)

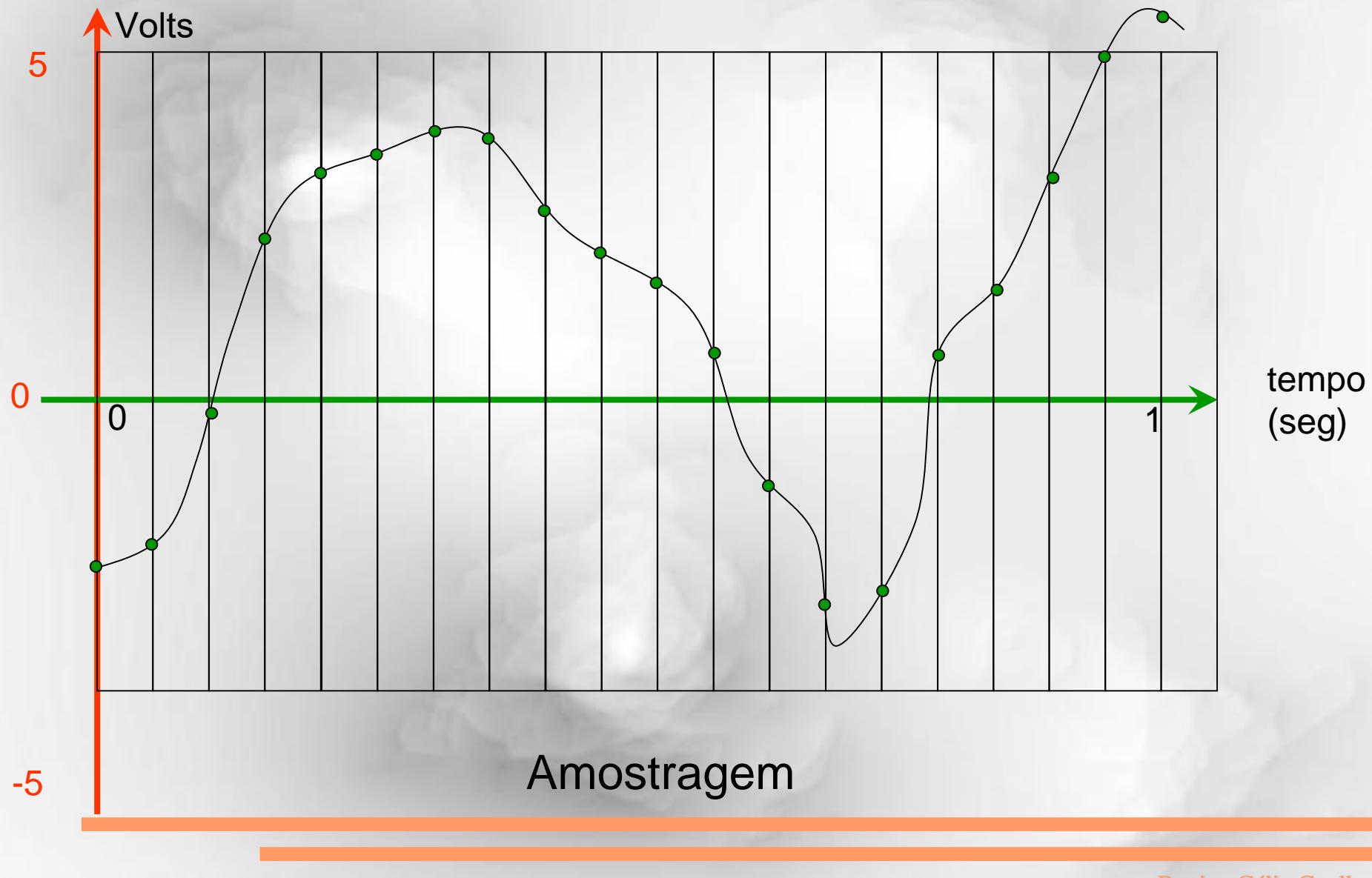




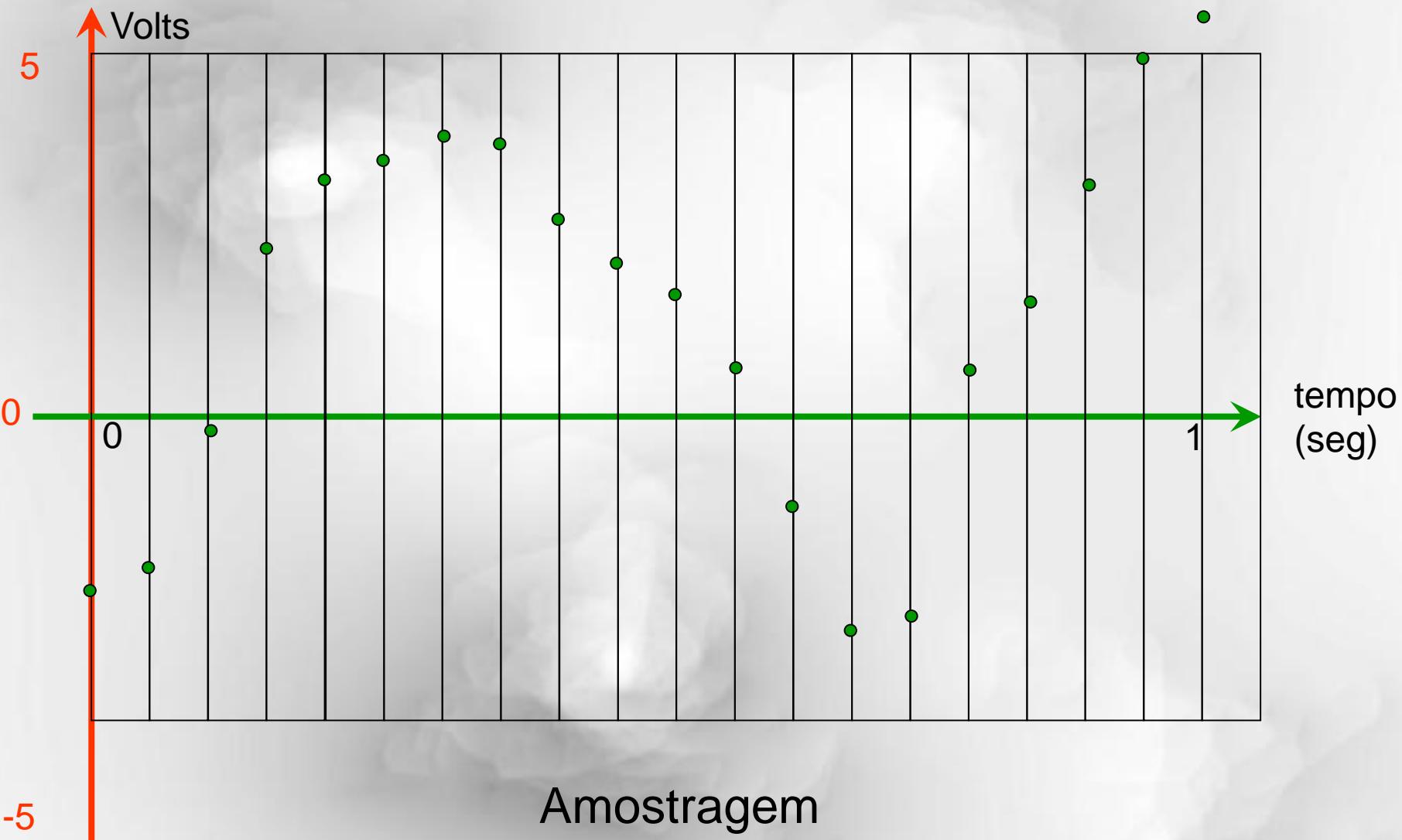
Digital (cont.)



Digital (cont.)

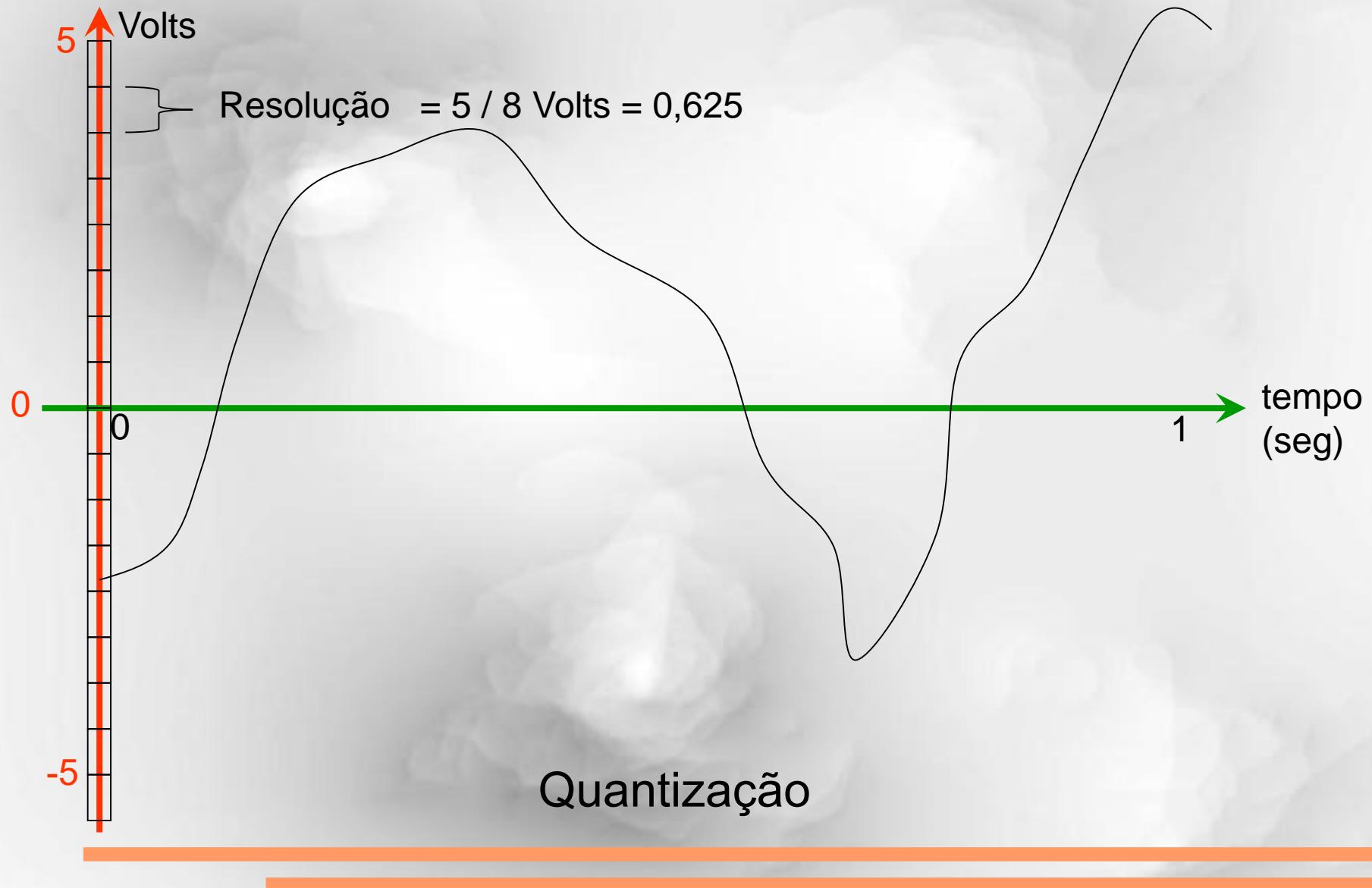


Digital (cont.)

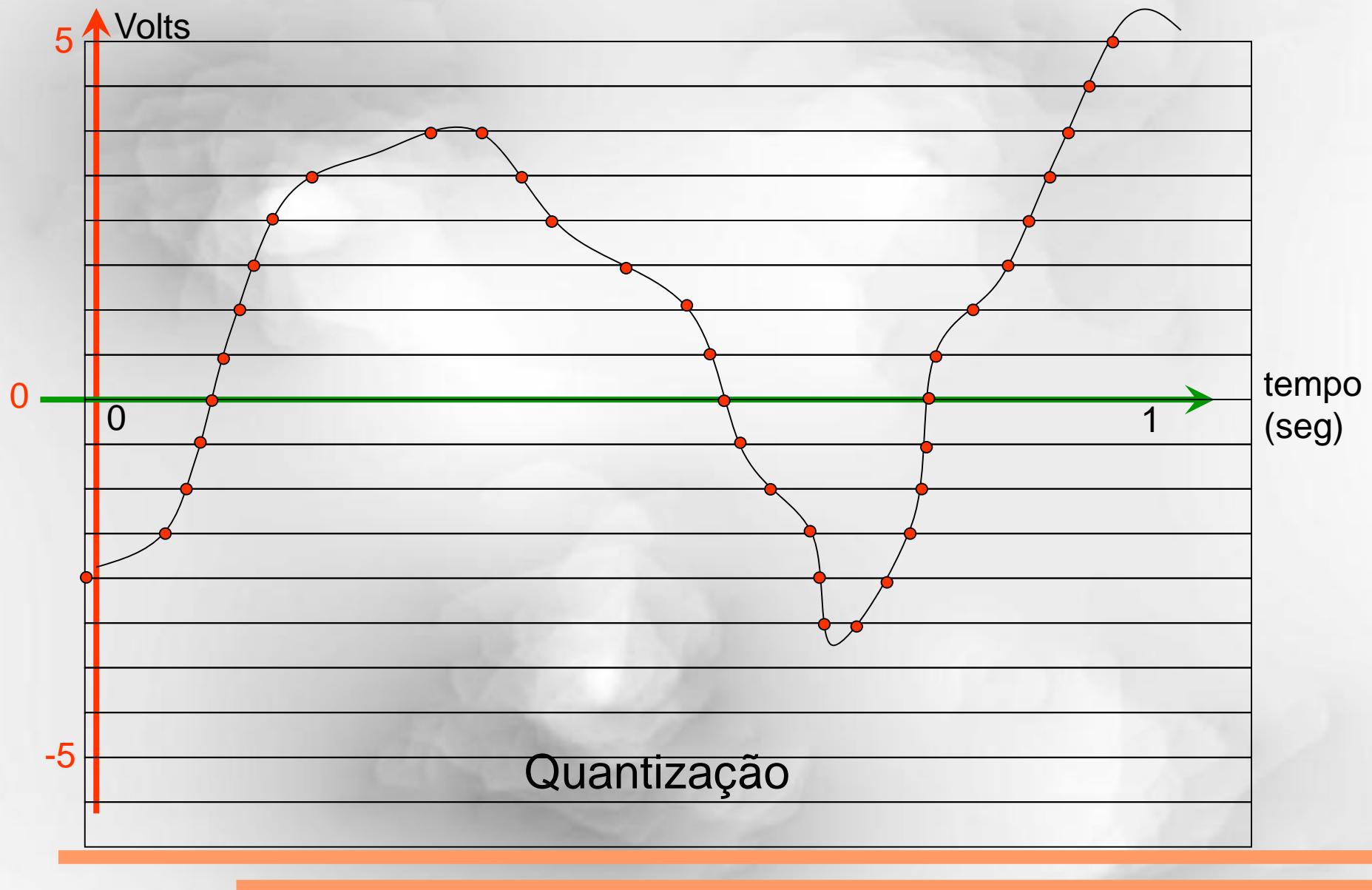


Amostragem

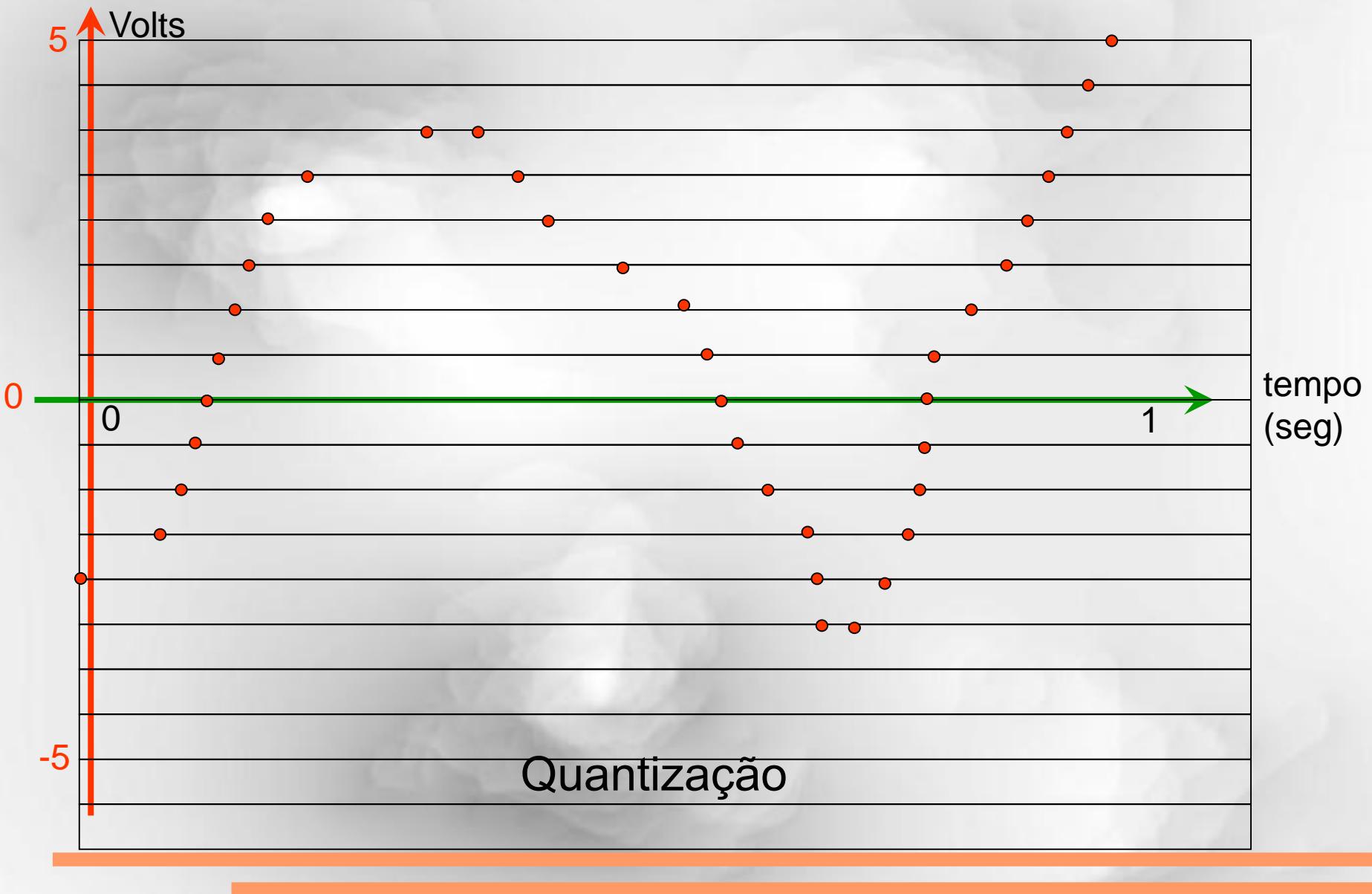
Digital (cont.)



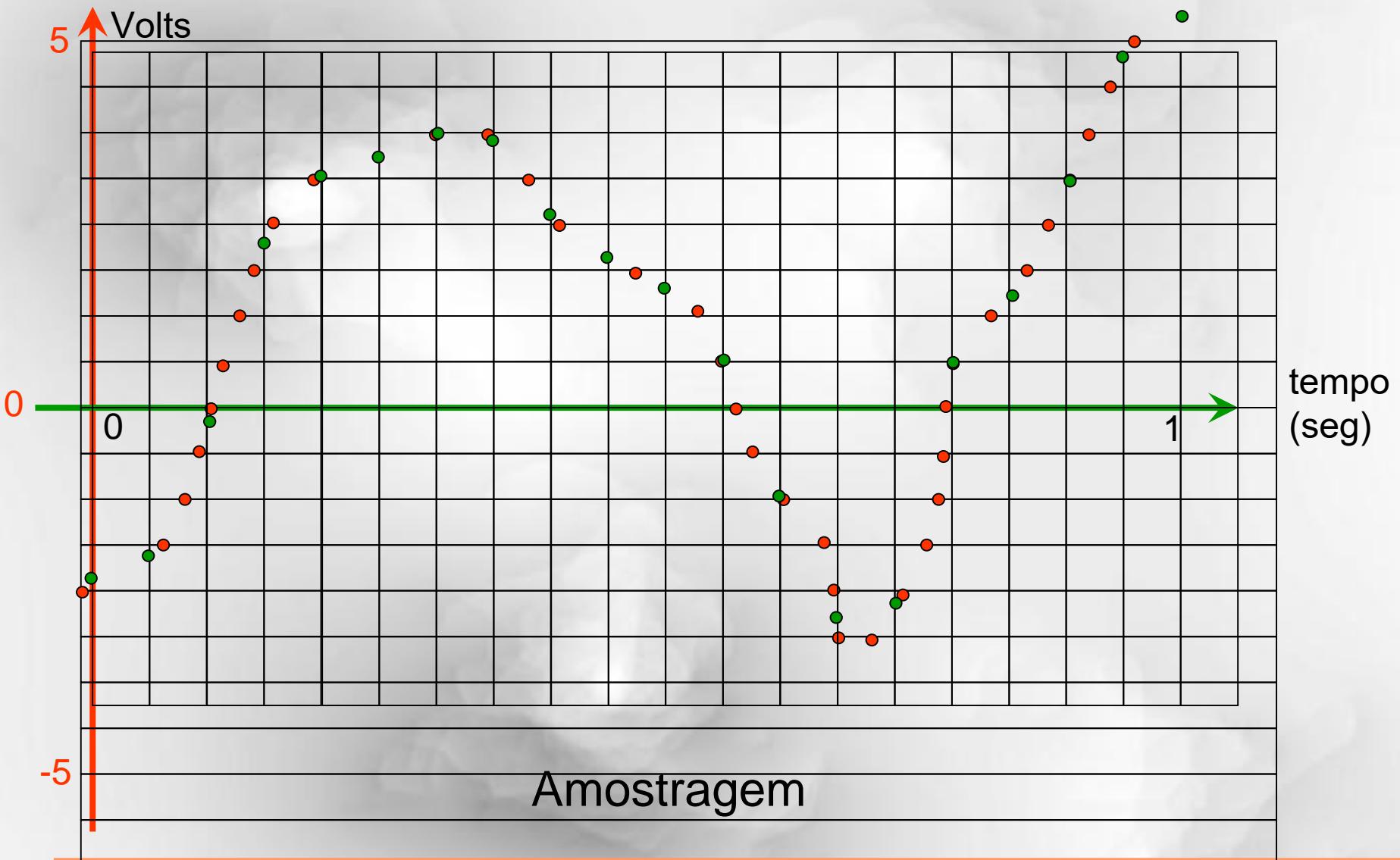
Digital (cont.)



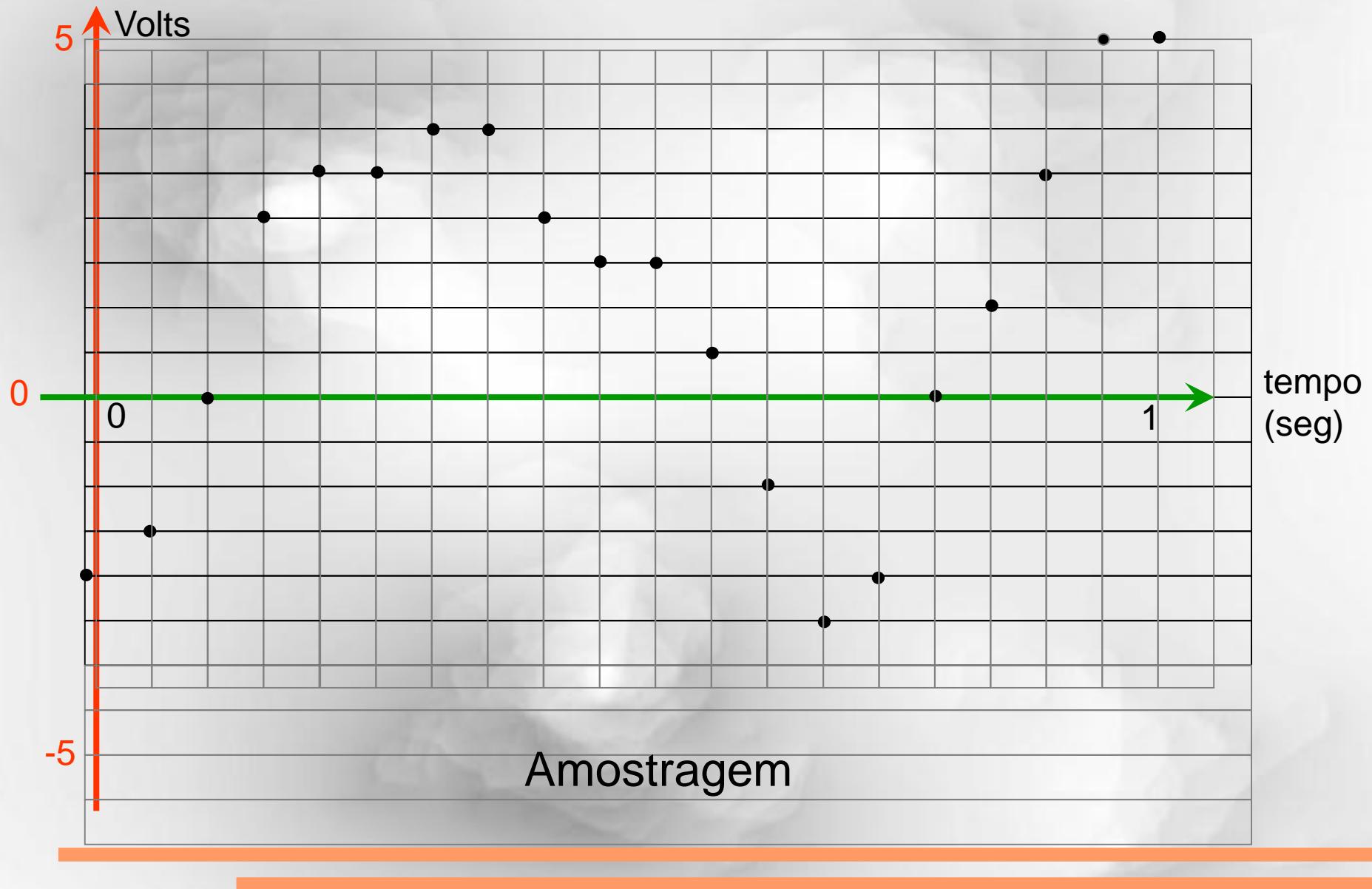
Digital (cont.)



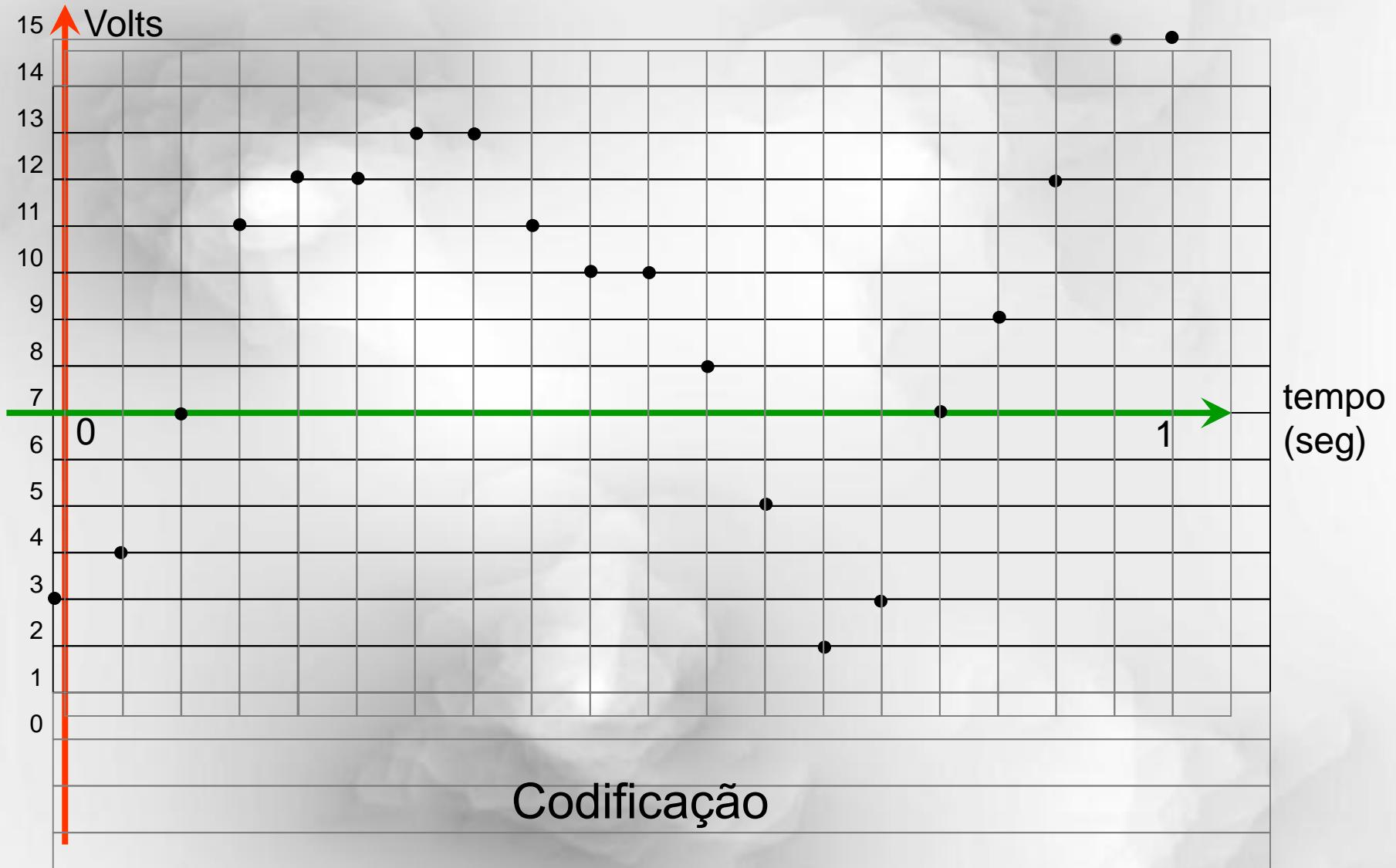
Digital (cont.)



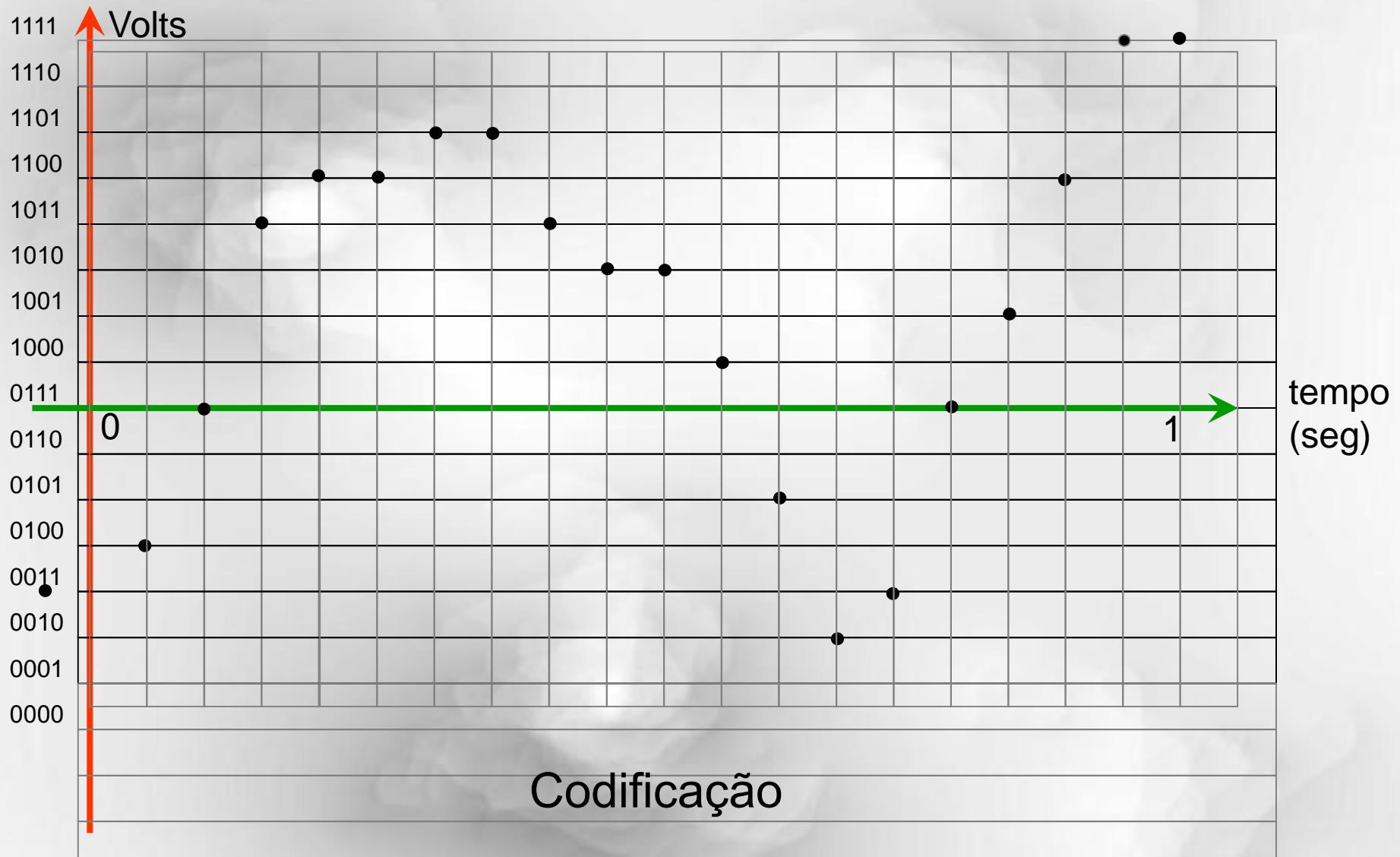
Digital (cont.)



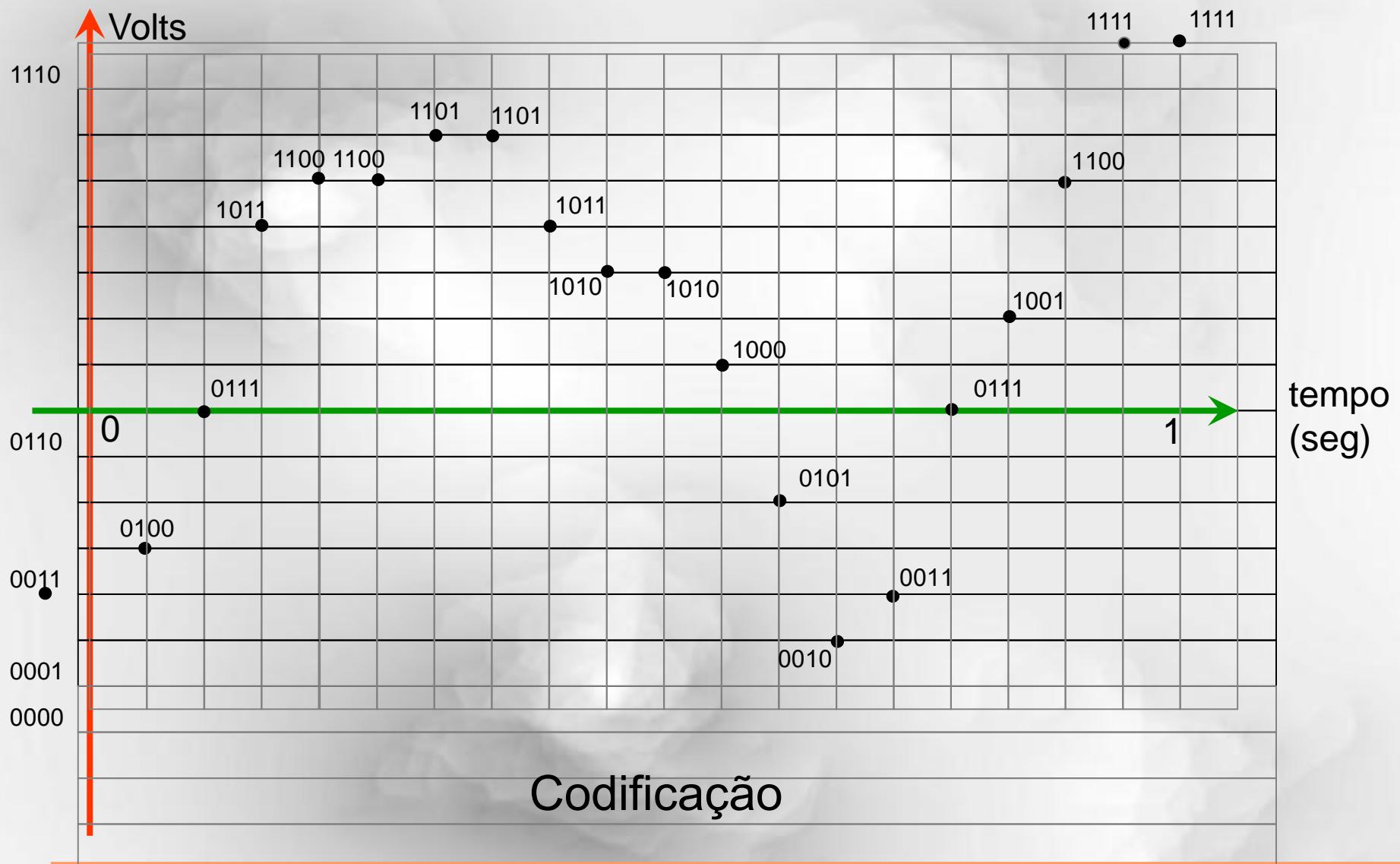
Digital (cont.)



Digital (cont.)



Digital (cont.)





Codificação

0100 0111 1011 1100 1100 1101 1101 1011 1010 1010 1000 0101 0010 0011 0111 1001 1100 1111 1111

Dados Digitalizados

Digitalização Bidimensional

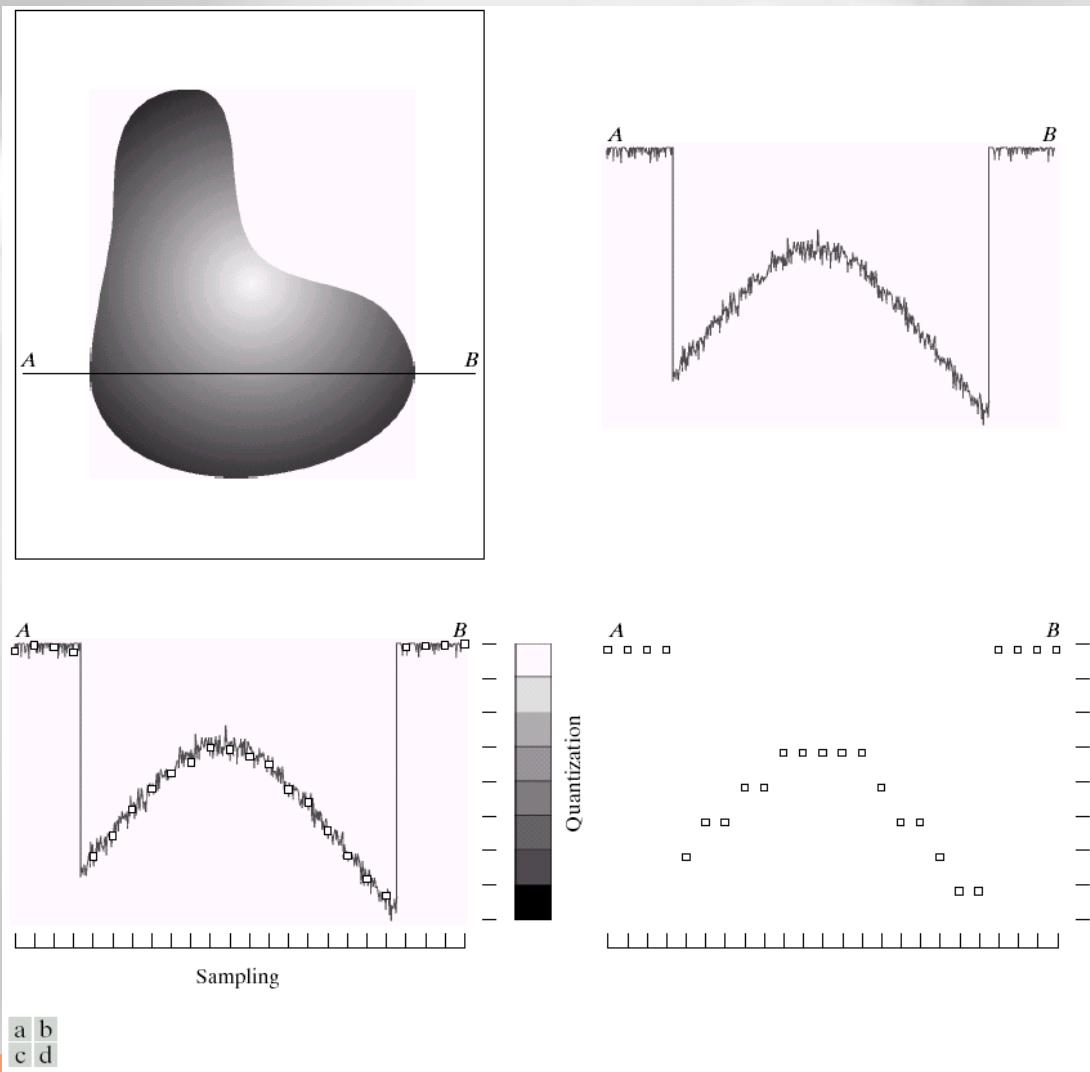


FIGURE 2.16 Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from *A* to *B* in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

Digitalização Bidimensional (cont.)

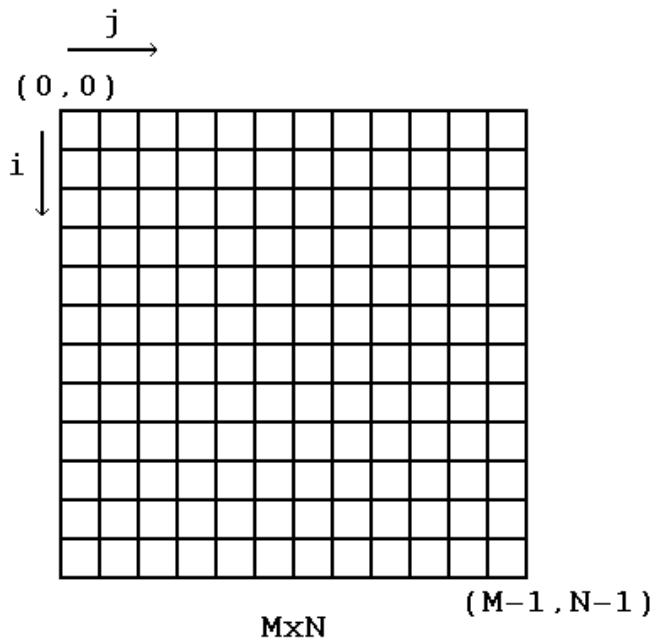


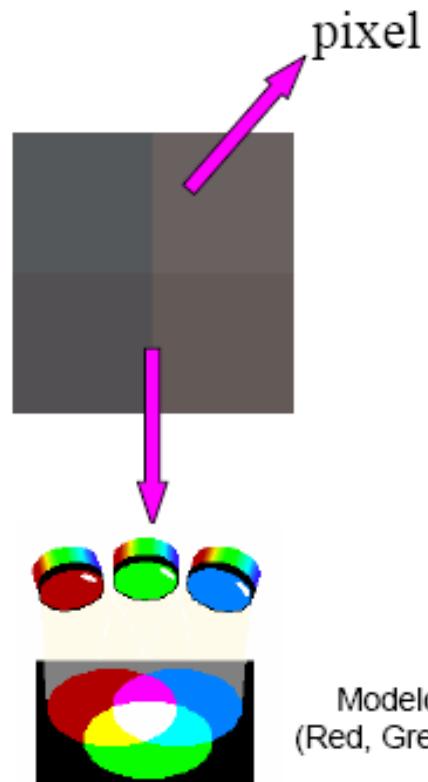
Imagen 2-D analógica
função de intensidade luminosa $f(x,y)$

O valor de f em cada ponto (x,y) dá a intensidade (brilho) da imagem naquele ponto.

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

Imagen Digital

- Um mundo de quadradinhos



Modelo RGB
(Red, Green, Blue)

84, 88, 90	104, 97, 95	Min = 0
82, 80, 82	99, 89, 87	

Máx = 255

Amostragem e Quantização

◆ Uma função $f(x,y)$ precisa ser digitalizada tanto espacialmente quanto em amplitude para ser adequada para o processamento computacional.

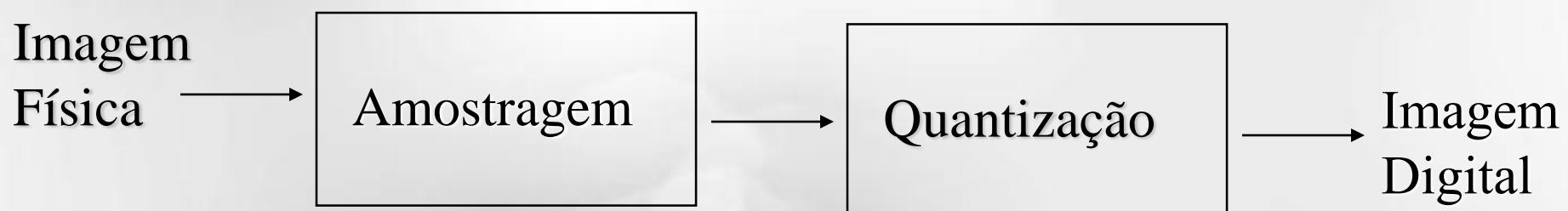
◆ Amostragem da imagem:

- Digitalização das coordenadas espaciais (x,y) .
- Processo de discretização espacial.
- Está relacionada com a resolução.

◆ Quantização em níveis de cinza:

- Digitalização da amplitude.
- Discretização em níveis de intensidade.

Amostragem e Quantização (cont.)



Amostragem e Quantização (cont.)

► Imagem Digital

- Escolha para N , M (quantidade de *pixels* na largura e na altura da imagem) e G (níveis de cinza)

$$N=2^n, \quad M=2^k, \quad G=2^m$$

exemplos para N e M : 256 x 256 ou 512 x 512

exemplos para G : 256 ($m = 8\text{bits/pixel}$) ou 4096 ($m = 12\text{ bits/pixel}$)

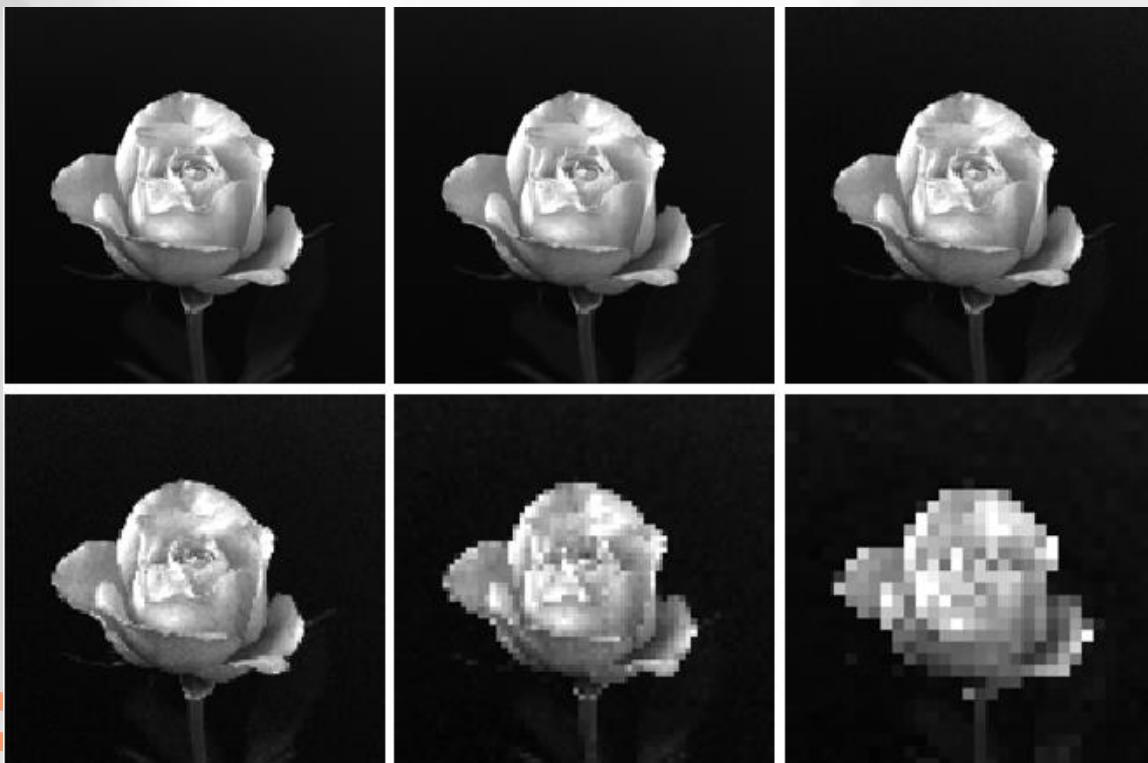
- Bits necessários para armazenamento

$b = N \times M \times m \text{ bits}$ ($m = 8$, $N = M = 1024$, imagem de 1MB)

Amostragem (Resolução Espacial)

- ◆ Como deveria ser escolhido N , M e G ?
- ◆ Compromisso: resolução/armazenamento
- ◆ Exemplo:

$G = 256$, $N = M = 1024, 512, 256, 128, 64, 32$ (redução da resolução) espacial → efeito de xadrez (replicação dos *pixels*)



Amostragem (Resolução Espacial)

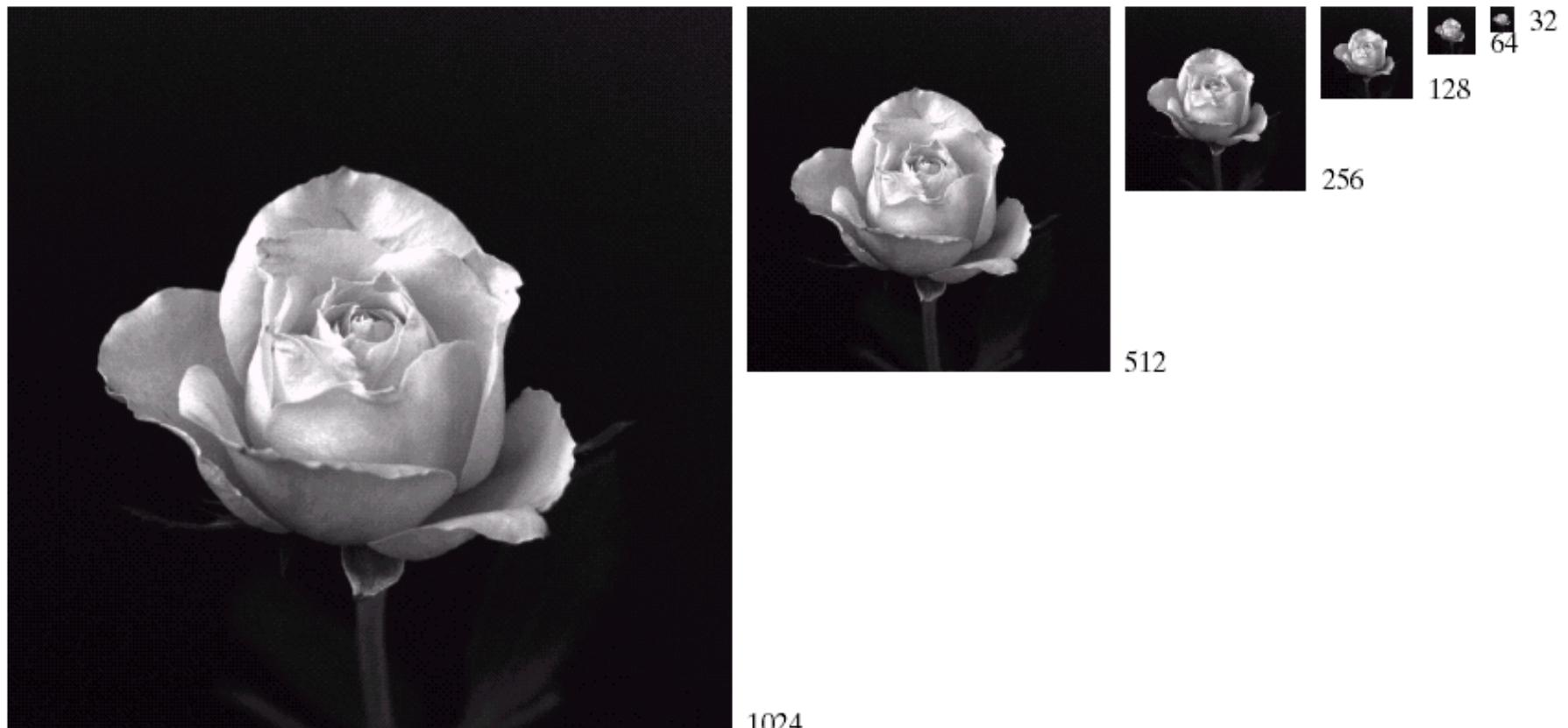
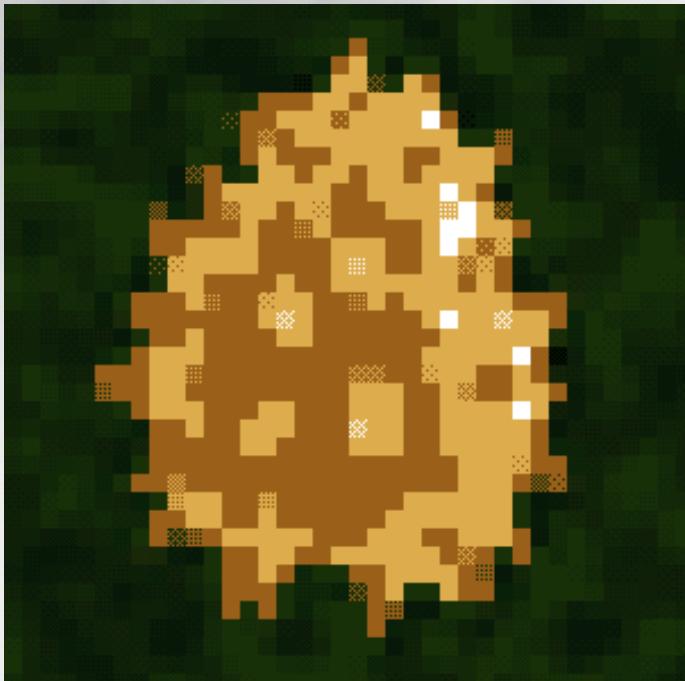


FIGURE 2.19 A 1024×1024 , 8-bit image subsampled down to size 32×32 pixels. The number of allowable gray levels was kept at 256.

Amostragem



25 dpi – 16 cores



200 dpi – 16 cores

Quantização

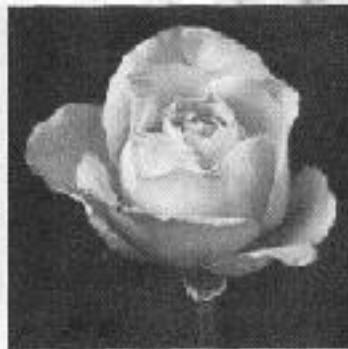
Exemplo:

$N=M=1024, G=256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2$

redução dos níveis de cinza -> efeito de falso contorno



(a) $2^{10} = 1024$



(b)



(c) $2^7 = 128$



(d) $2^6 = 64$



(e) $2^5 = 32$



(f)

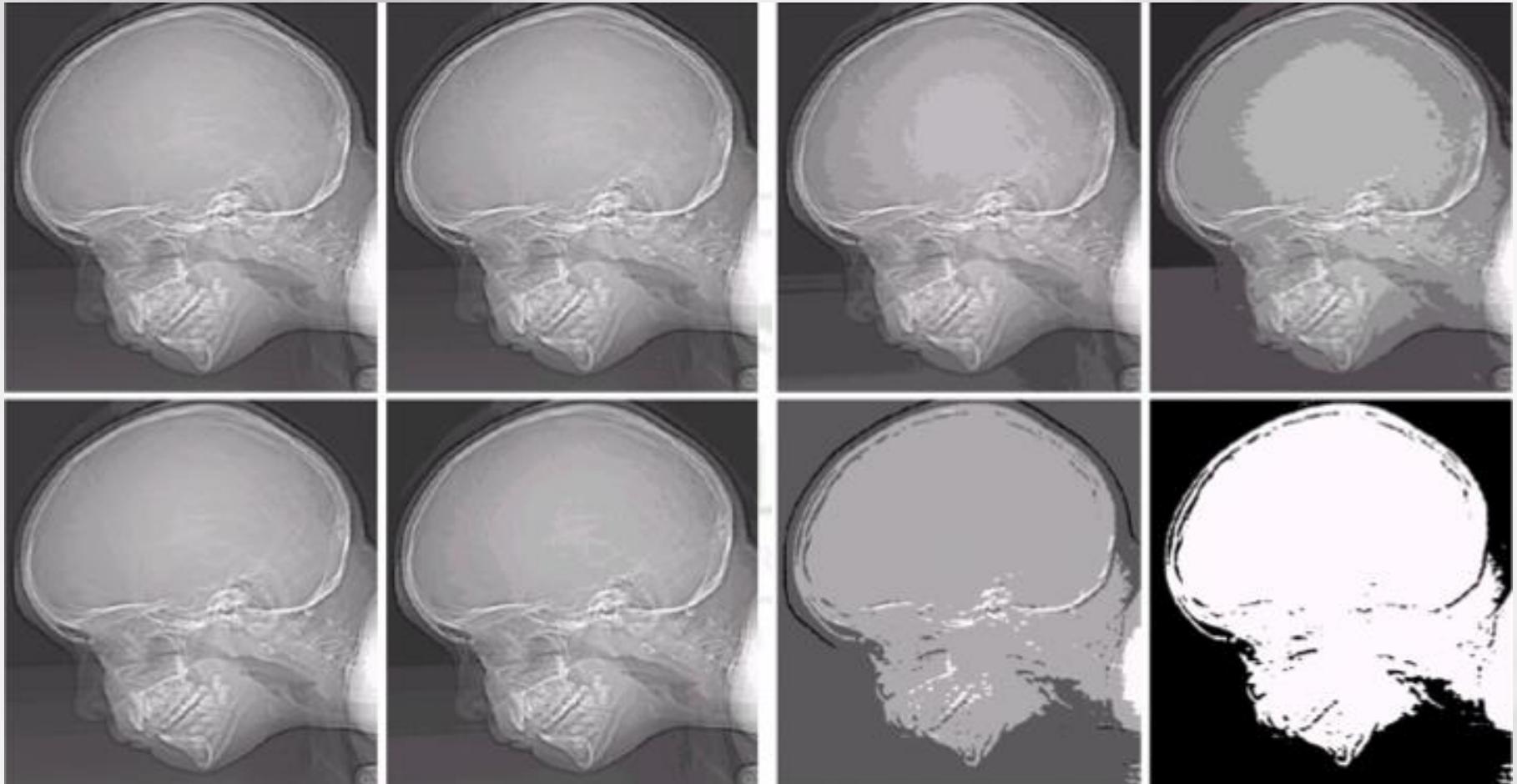


(g) $2^3 = 8$



(h) $2^2 = 4$

Quantização (cont.)



Quantização (cont.): variações de resolução espacial e de Intensidade



a b c

FIGURE 2.22 (a) Image with a low level of detail. (b) Image with a medium level of detail. (c) Image with a relatively large amount of detail. (Image (b) courtesy of the Massachusetts Institute of Technology.)

Exemplo de amostragem e quantização

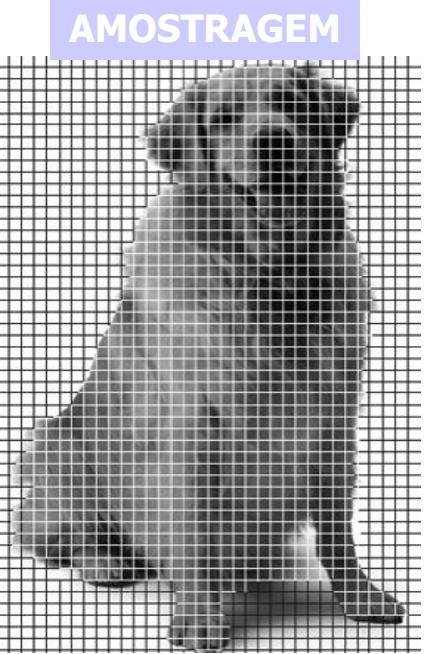


Exemplo de amostragem e quantização

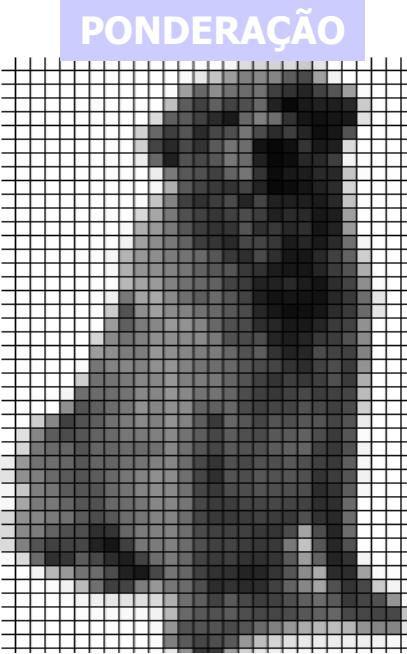
(cont.)



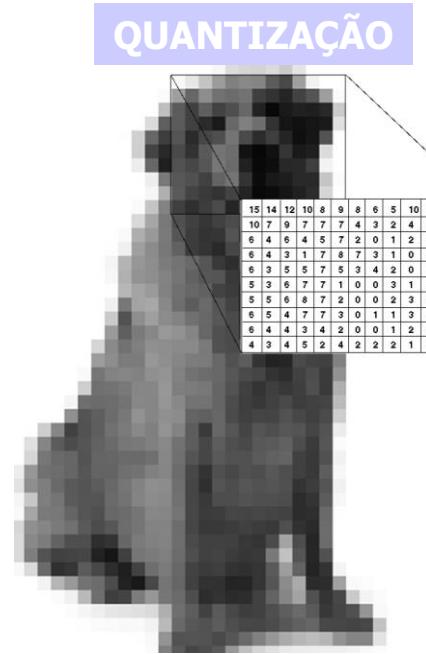
Imagen natural



A imagem é amostrada face à matriz de pixels



As amostras discretas (pixels) são ponderadas Os pixels são convertidos à forma numérica



Tamanho dos arquivos

► Bits e Bytes

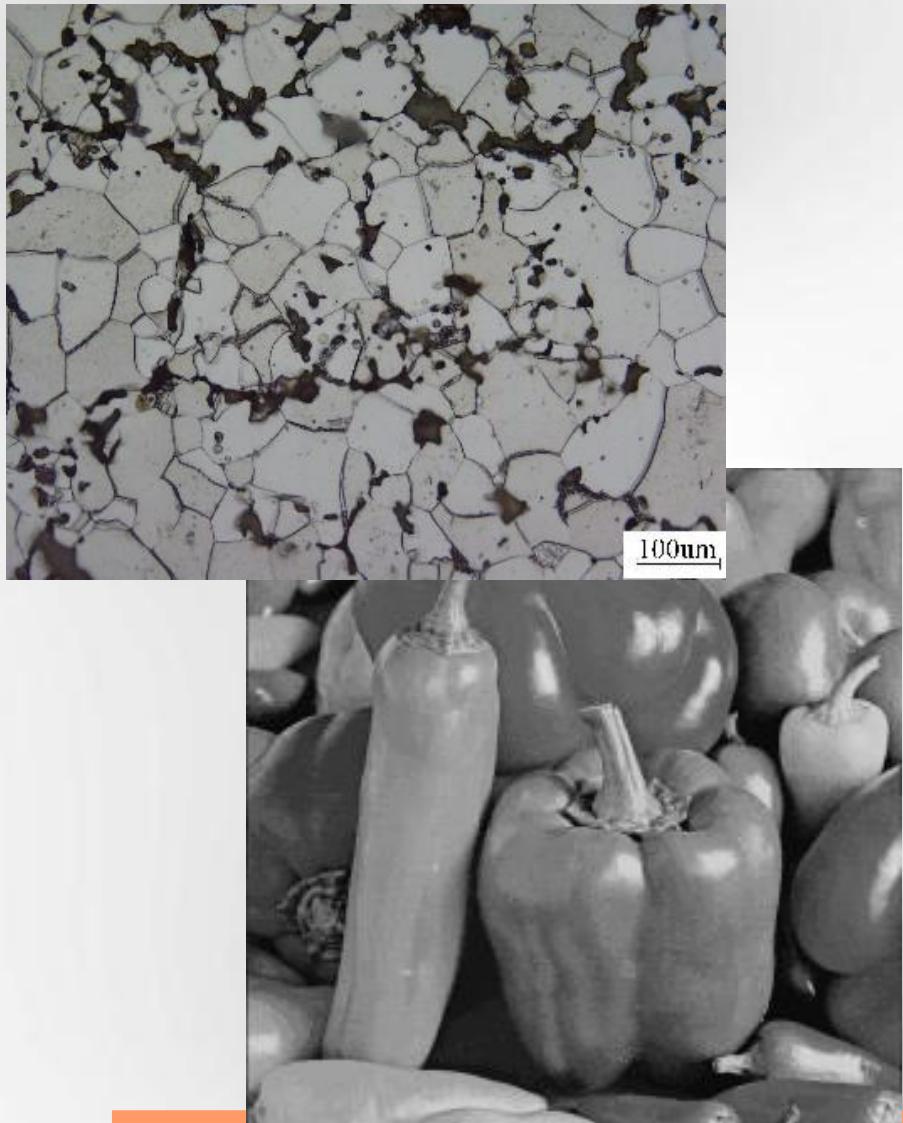
- Em um bit pode-se armazenar 2 valores diferentes: 0 e 1.
- Em dois bit pode-se armazenar 4 valores diferentes: 00,01,10 e 11.
- Em 8 bits (1byte) pode-se armazenar 2^8 (256) valores diferentes.
- 1 byte = 8 bits, portanto uma imagem com 16 bits, com 512x512 pixels ocupará 524.288 bytes ($2 \times 512 \times 512$) ou 512 KB, já que um 1 KB = 1024 bytes.
- Um disco com 1 GB poderá armazenar 2000 imagens.
- Note que se aumentarmos a resolução por um fator de 2, isto é, se passarmos para uma matriz de 1024x1024, aumentamos o tamanho da imagem por um fator de 4.

Tamanho dos arquivos

Seja uma imagem 512x512 pixels (256k pixels)

- 256 tons de cinza:
 - x 1 byte/pixel --> 256 kbytes
- tons de cinza de alta qualidade
 - x 2 bytes/pixel --> 512 kbytes
- “Fotográfica” ou “True Color”
 - x 3 bytes/pixels --> 750 kbytes

Imagens em Níveis de Cinza



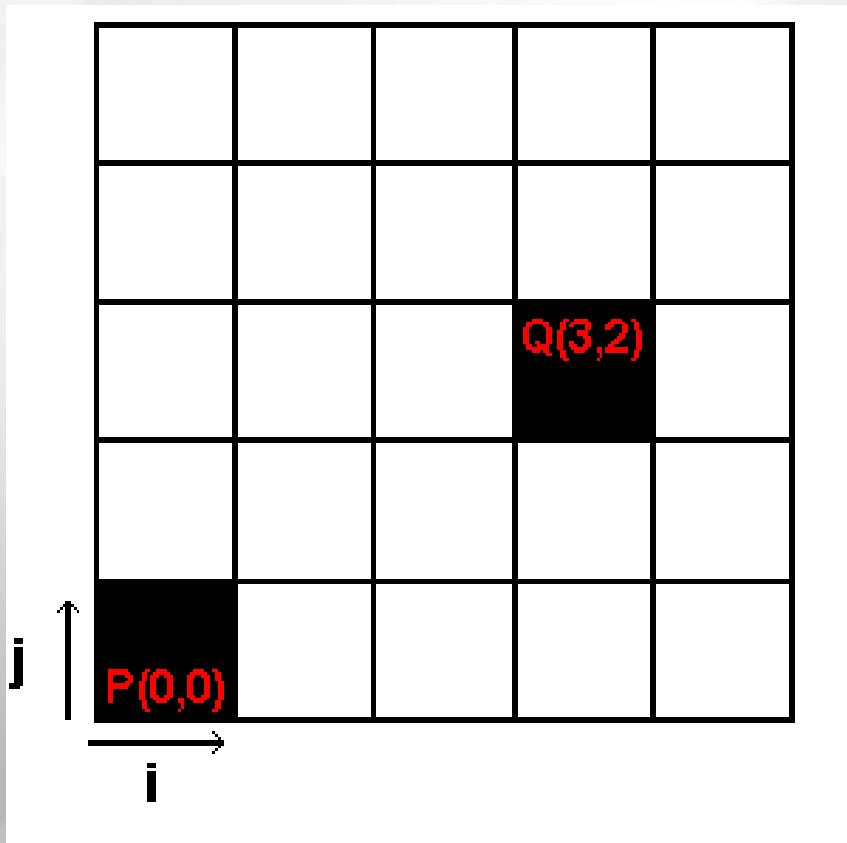
- Caso Frequentе
- Imagens com 8-bits
- 256 níveis de cinza
- 0 corresponde ao preto
255 ao branco



Relações entre Pixels

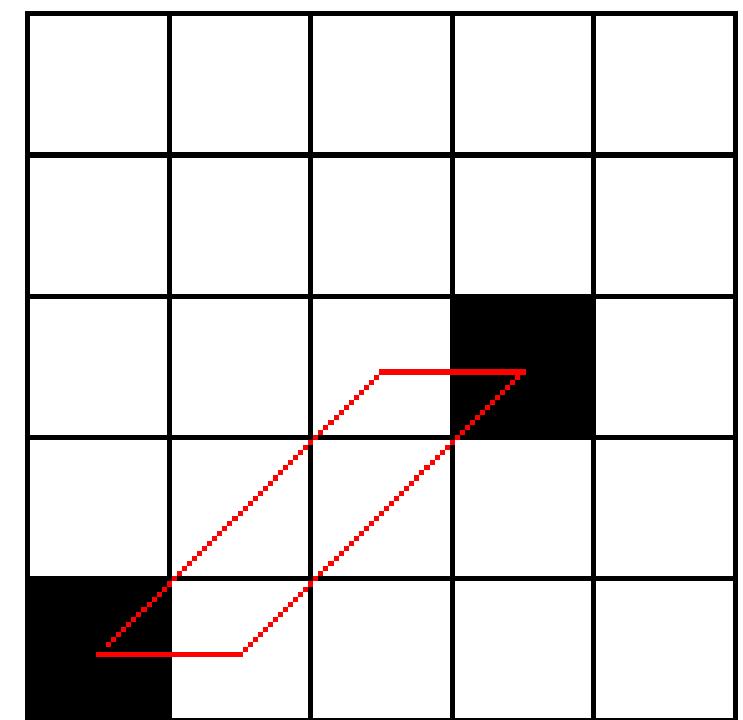
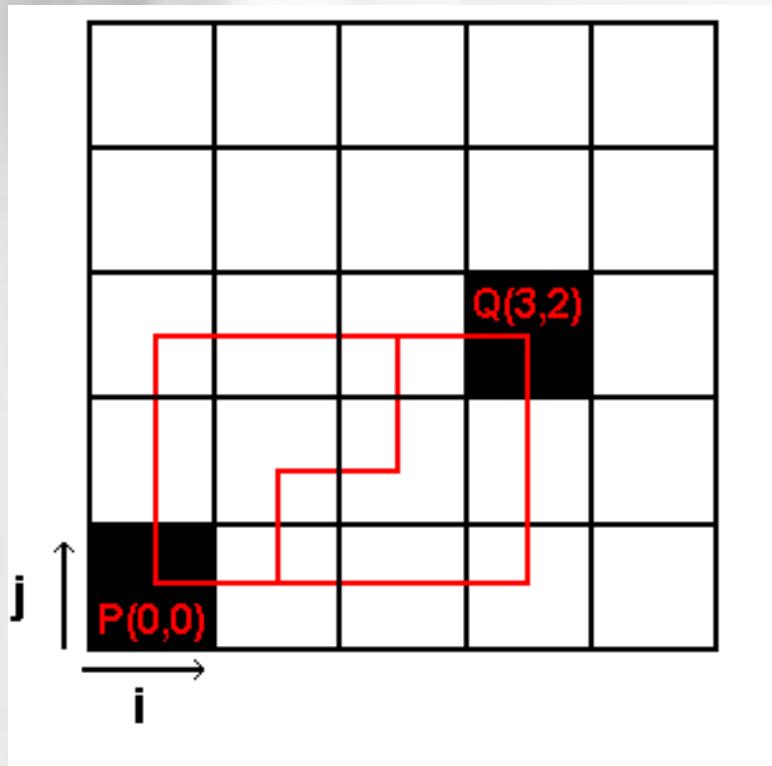
Distância

- ◆ Qual é o caminho mais curto para se ir do pixel P ao Q ?



Distância (cont.)

- ◆ Qual é o caminho mais curto para se ir do pixel P ao Q ?



Distância (cont.)

- ◆ Dados os pixels P, Q e R em um espaço E (bidimensional, tridimensional, etc.) d será uma função distância, ou métrica:

$$d(P, Q) \geq 0, \quad d(P, Q) = 0 \Leftrightarrow P = Q$$

$$d(P, Q) = d(Q, P), \quad \forall (P, Q)$$

$$d(P, R) \leq d(P, Q) + d(Q, R), \quad \forall (P, Q, R)$$

Distância Euclidiana

$$De(p, q) = \sqrt{(x - s)^2 + (y - t)^2}$$

- Conjunto de pontos com distância Euclidiana menor ou igual a 3 de um ponto central.

			3			
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
3	2	1	0	1	2	3
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
			3			

Distância Manhatam ou D_4

◆ A distância entre $P(i_P, j_P)$ e $Q(i_Q, j_Q)$ é dada por:

$$d_4(P, Q) = |i_P - i_Q| + |j_P - j_Q|$$

◆ Conjunto de pontos com distância D4 menor ou igual a 3 de um ponto central.

				3			
		3	2	3			
	3	2	1	2	3		
3	2	1	0	1	2	3	
	3	2	1	2	3		
		3	2	3			
				3			

Distância tabuleiro de xadrez ou D_8

◆ A distância entre $P(i_P, j_P)$ e $Q(i_Q, j_Q)$ é dada por:

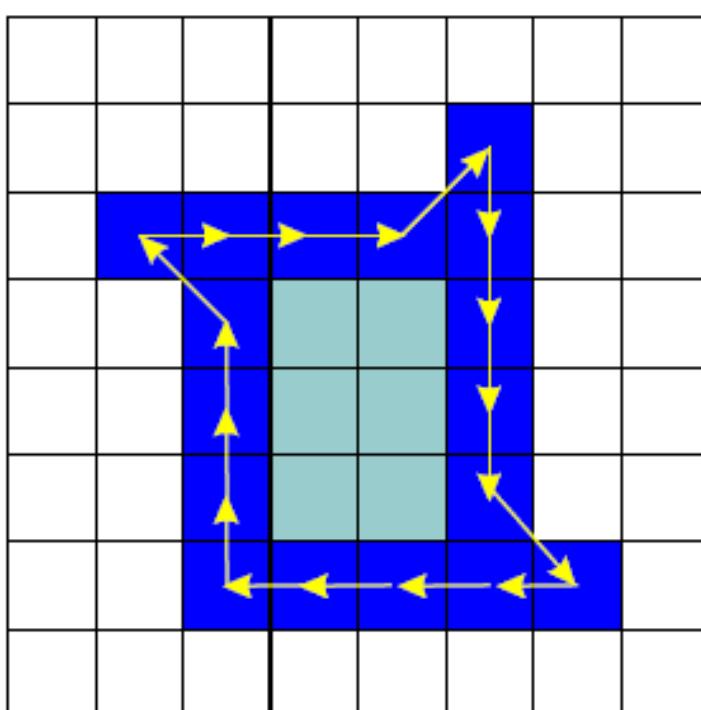
$$d_8(P, Q) = \max(|i_P - i_Q|, |j_P - j_Q|)$$

◆ Conjunto de pontos com distância D8 menor ou igual a 3 de um ponto central.

3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	1	0	1	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3

Exemplo

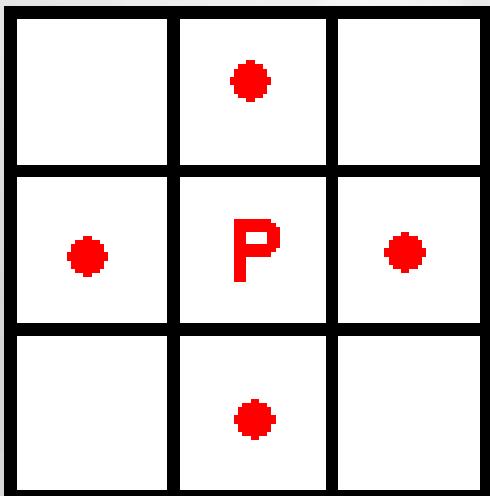
- ◆ Determinação do perímetro de uma forma usando conectividade D_8 . Após isolar o objeto do fundo da imagem, devemos identificar os pontos que pertençam ao seu contorno. Escolhemos um ponto inicial ao acaso e, em seguida, estes pontos devem ser conectados para efetuarmos o cálculo do seu comprimento. **Obs:** conectividade D_4 e D_8 resultará em valores diferentes de perímetro.



Vizinhança - Vizinhança 4

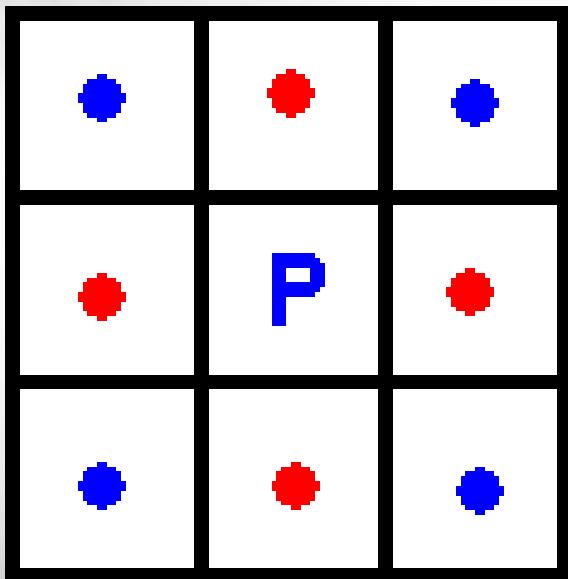
- Dada uma imagem S e um pixel P , associamos a P , um conjunto de pixels vizinhos, denotado $V_4(P)$, que será chamado de 4-vizinhanças de P , definido por:

$$V_4(P) = \{Q \in S, \text{ tal que } d_4(P, Q) \leq 1\}$$



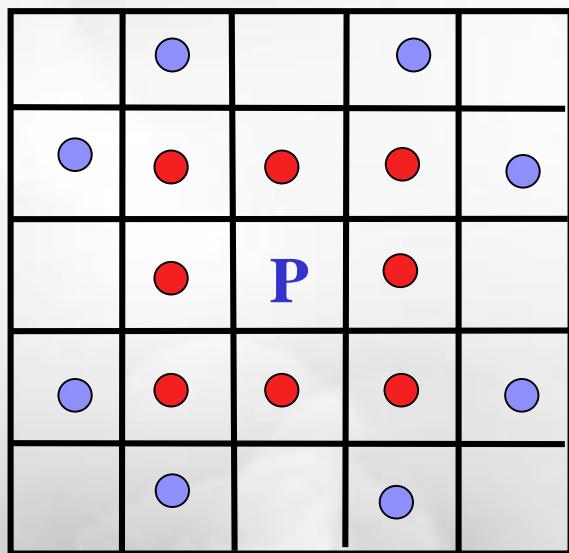
Vizinhos diretos de P

Vizinhança 8

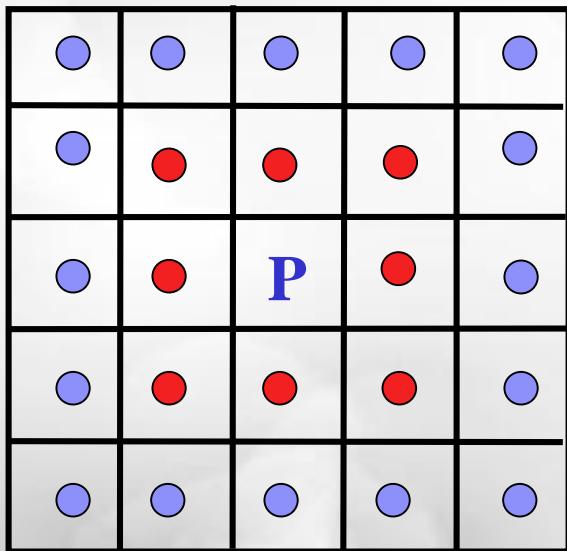


$$V_8(P) = \{Q \in S, \text{ tal que } d_8(P, Q) \leq 1\}$$

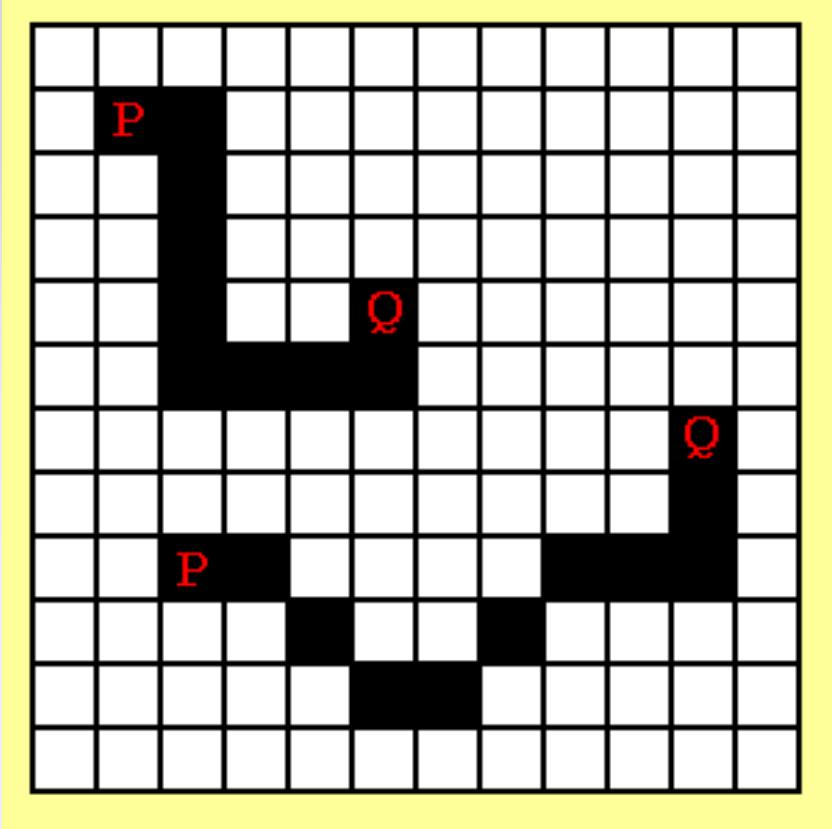
Vizinhança 16



Vizinhança 24



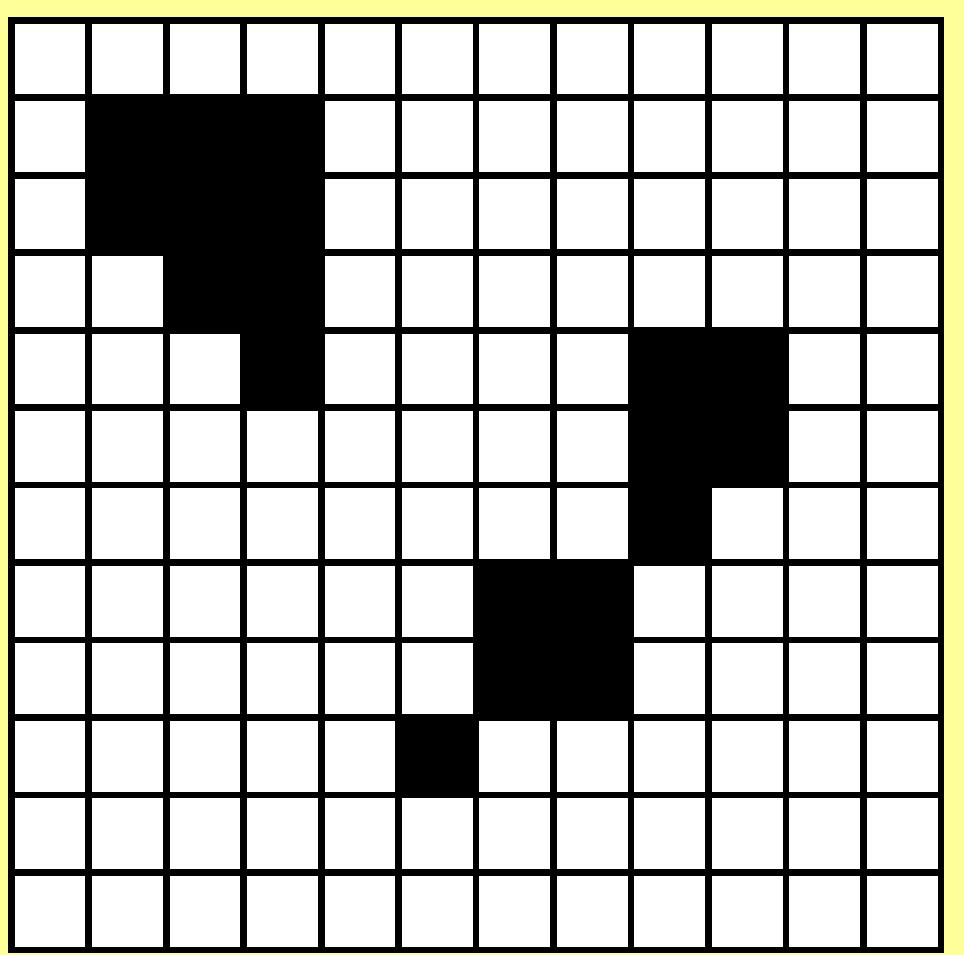
Caminho Conexo



- **P até Q**
- **P = P₀, P₁, ..., P_{n-1} = Q**
- **P_i é adjacente de P_{i-1}**
- **1 <= i <= n-1**

Componentes Conexos

- ◆ 4 componentes conexos se considerada vizinhança 4.
- ◆ 2 componentes conexos se considerada vizinhança 8.



Referências

◆ Livro:

- Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. Digital Image Processing, 3rd. ed, 2001, Addison Wesley Pub. – Capítulo 2
- Pedrini, H.; Schwartz, R. Análise de Imagens Digitais, Thomson, 2008.

◆ Slides

- Prof. Luíz Augusto Consularo – UNIMEP
- Prof. Celso P. Fernandes – EMC/CTC/UFSC
- Prof. Fabio Cappabianco – UNIFESP/ICT