

CAPÍTULO 1: IMAGENS DIGITAIS

Profª Letícia Rittner

*EA979 – Introdução à computação gráfica e ao
processamento de imagens*

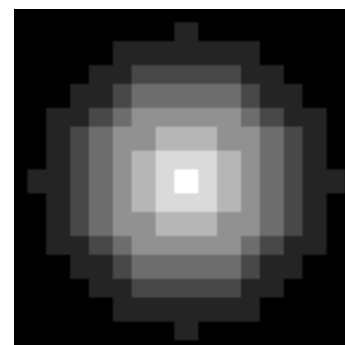
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1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

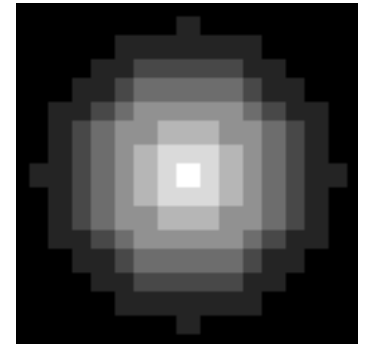
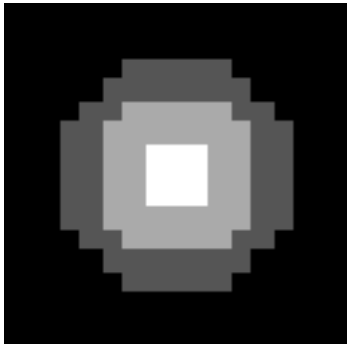
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1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

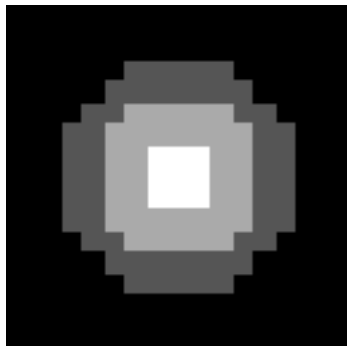


0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0
0	0	1	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	1	0	0
0	0	1	2	3	4	4	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0
0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2	1	0	0
0	1	1	2	3	4	5	6	7	6	5	4	3	2	1	1	0
0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2	1	0	0
0	0	1	2	3	4	4	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0
0	0	1	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	1	0	0
0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

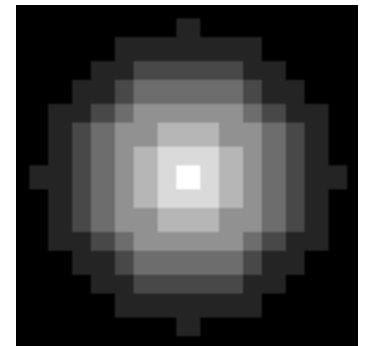
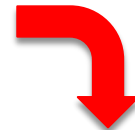
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0
0	0	1	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	1	0	0
0	0	1	2	3	4	4	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0
0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2	1	0	0
0	1	1	2	3	4	5	6	7	6	5	4	3	2	1	1	0
0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2	1	0	0
0	0	1	2	3	4	4	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0
0	0	1	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	1	0	0
0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

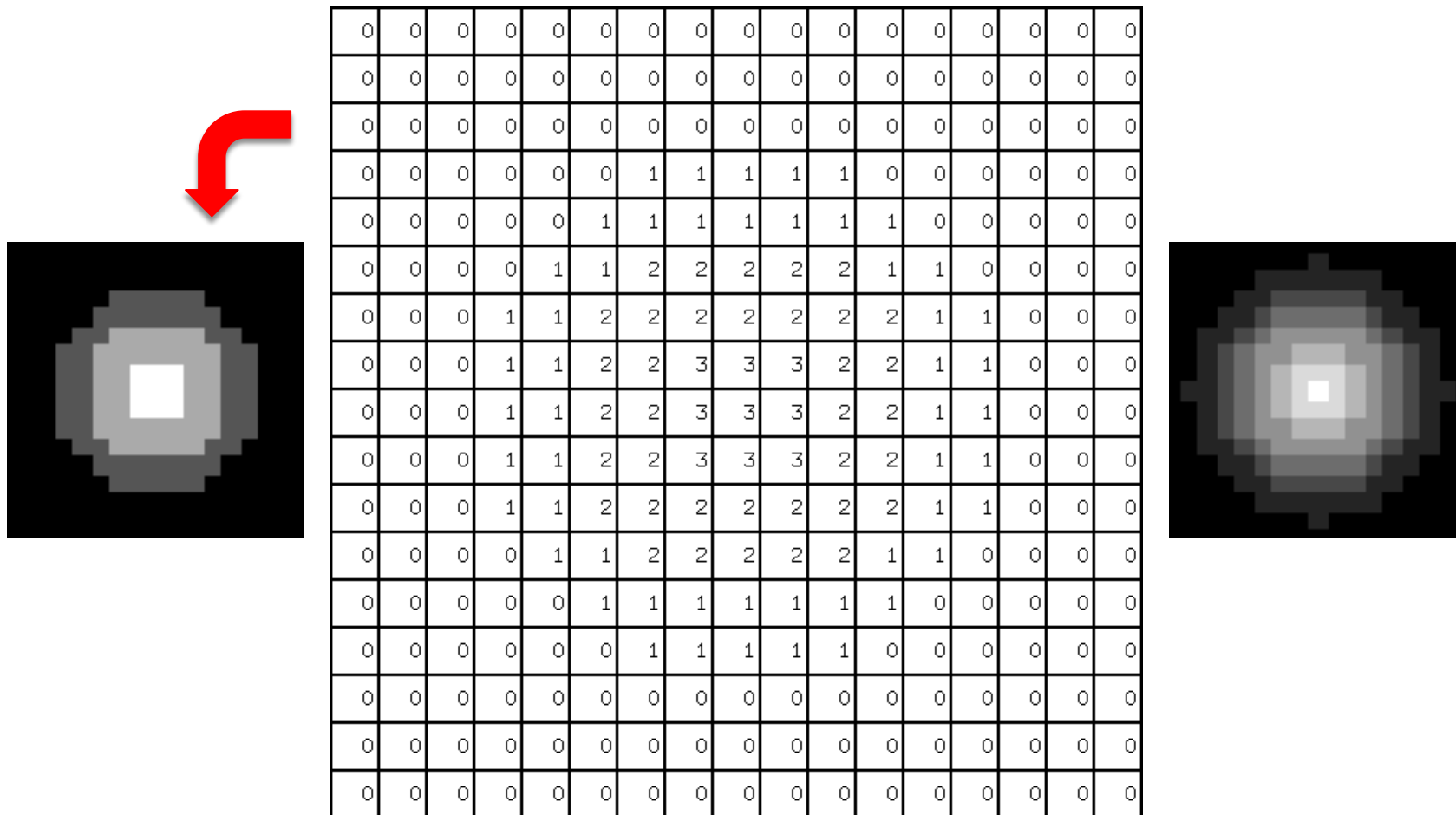


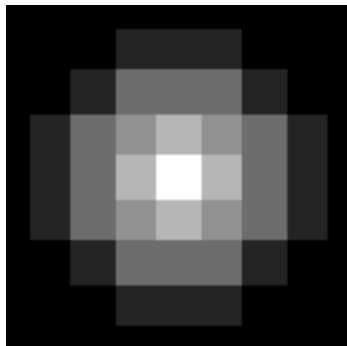




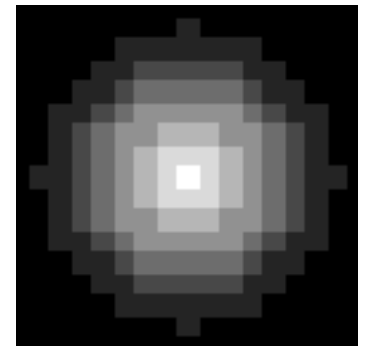
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0
0	0	1	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	1	0	0
0	0	1	2	3	4	4	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0
0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2	1	0	0
0	1	1	2	3	4	5	6	7	6	5	4	3	2	1	1	0
0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2	1	0	0
0	0	1	2	3	4	4	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0
0	0	1	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	1	0	0
0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

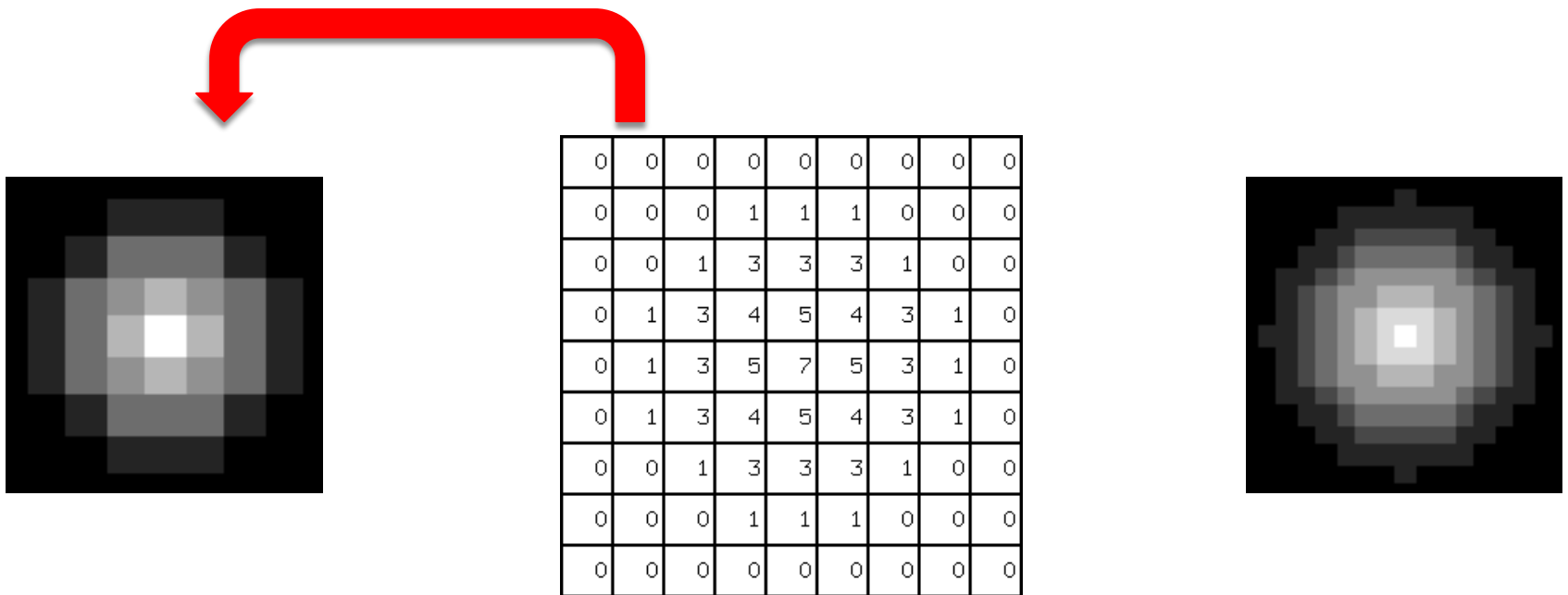






0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0
0	0	1	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	1	0	0
0	0	1	2	3	4	4	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0
0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2	1	0	0
0	1	1	2	3	4	5	6	7	6	5	4	3	2	1	1	0
0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2	1	0	0
0	0	1	2	3	4	4	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0
0	0	1	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	1	0	0
0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0





Imagens digitais

Principais conceitos

Aquisição

□ Direta

- ▣ Olho humano
- ▣ Câmera digital
- ▣ Microscópio
- ▣ Ultrassonografia

□ Indireta

- ▣ Câmera de filme fotográfico
- ▣ Tomografia computadorizada (CT)
- ▣ Ressonância magnética nuclear (MRI)

Analógica x Digital

□ Analógica

- Contínua no espaço
- Contínua em intensidade

□ Digital

- Discreta no espaço
- Discreta em intensidade

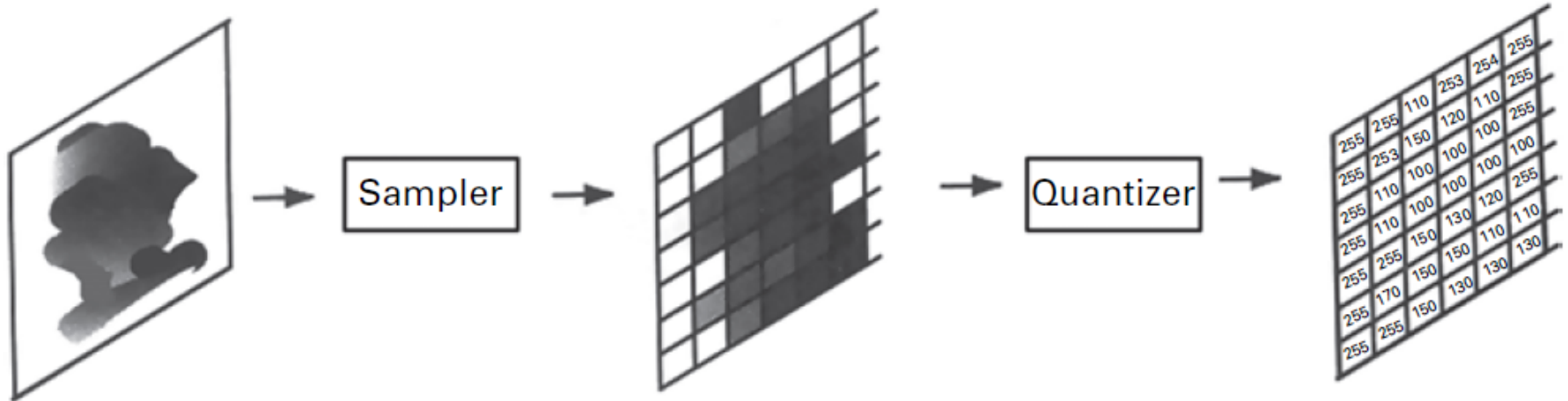
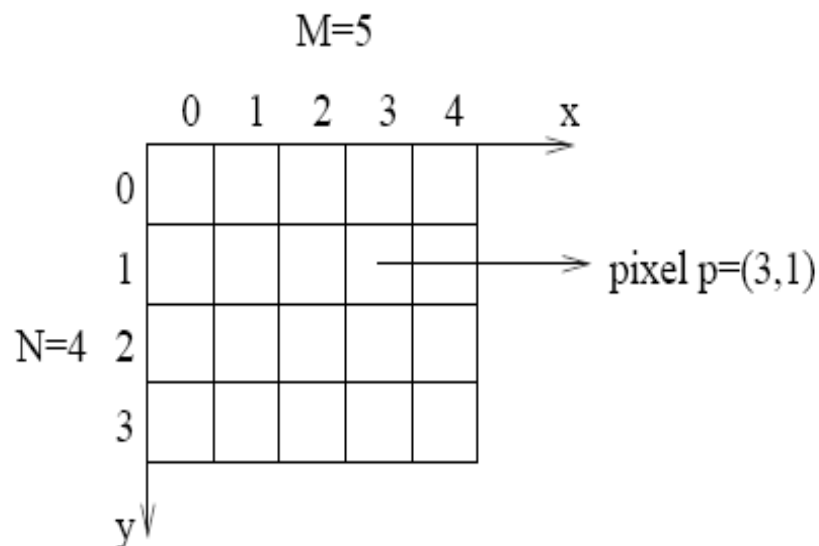


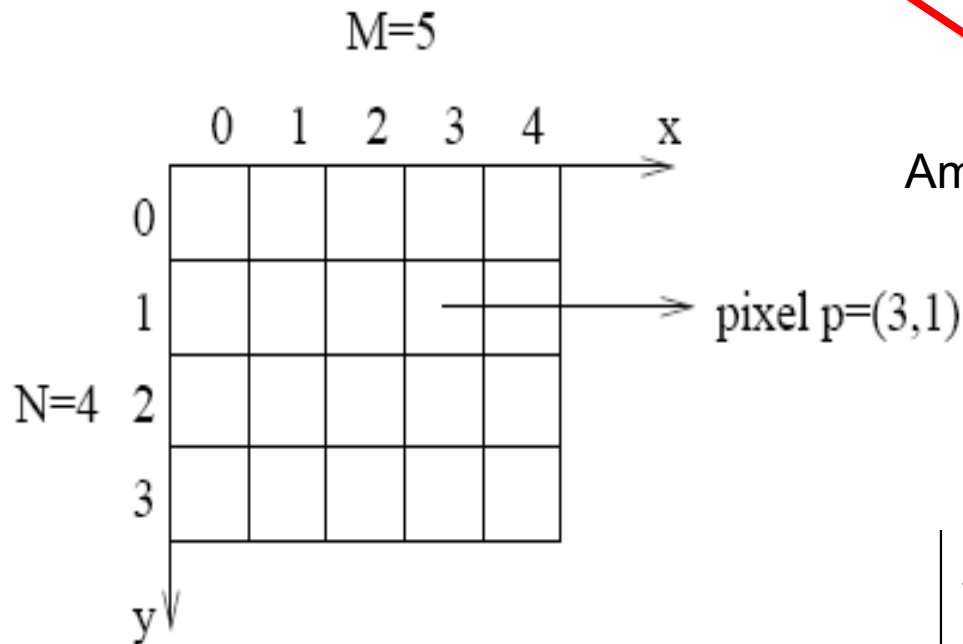
Imagem digital



- A imagem digital é representada por uma matriz onde cada posição é chamada de “pixel” e contém um valor numérico que representa uma cor ou um tom de cinza.

Imagem digital: amostragem e quantização

- É uma matriz onde *cada posição* é chamada de “pixel” e contém *um valor numérico* que representa uma cor ou um tom de cinza.



Amostragem

Quantização

$$f(x,y) = \begin{vmatrix} f(0,0) & f(0,1) & f(0,2) & f(0,3) & f(0,4) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,2) & f(1,3) & f(1,4) \\ f(2,0) & f(2,1) & f(2,2) & f(2,3) & f(2,4) \\ f(3,0) & f(3,1) & f(3,2) & f(3,3) & f(3,4) \end{vmatrix}$$

Imagem digital

□ Intervalo de valores:

- 0 a 1

- 0 a 255



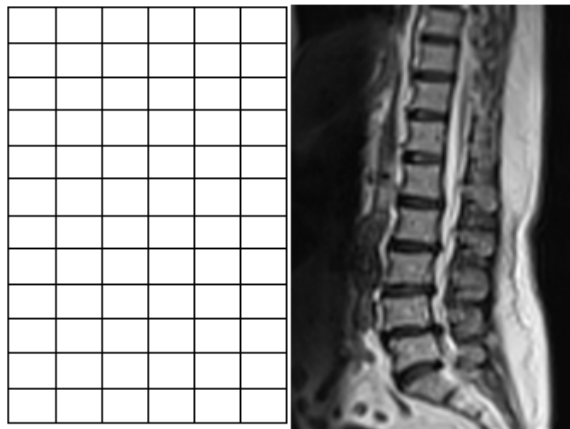
138	163	187	184	186	188	168	162	175	174
171	158	186	191	190	180	105	136	155	132
137	166	187	191	133	149	156	130	107	87
139	188	196	128	145	156	134	170	141	114
176	200	102	118	92	98	76	118	67	102
196	87	79	71	77	71	69	77	69	58
98	91	63	77	68	61	102	177	190	90
120	94	63	108	84	99	91	200	210	136
144	148	104	117	136	119	160	205	208	131
148	157	153	139	126	128	150	153	164	131

Imagem digital: pixel, voxel, spel

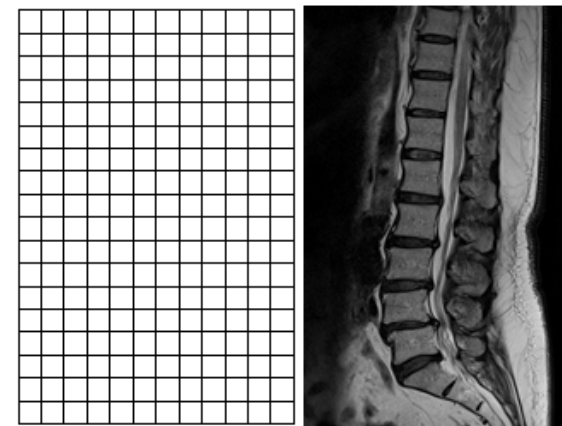
- Pixel, Voxel, Spel - ?
- Imagem digital => *spel* (space element)
- 2D => *pixel* (picture element)
 - Raio X (4096 x 4096)
- 3D => *voxel* (volume element)
 - CT multi-slice (700 fatias x 512 x 512)

Imagem Digital: Pixel

- Pixel:
 - ▣ Menor elemento resultante da discretização (amostragem) do sinal analógico no espaço
 - ▣ Menor amostra de uma imagem
 - ▣ Quanto mais pixels, maior a quantidade de detalhes



Large pixel size low resolution image



Small pixel size high resolution image

Amostragem



1024



512



256



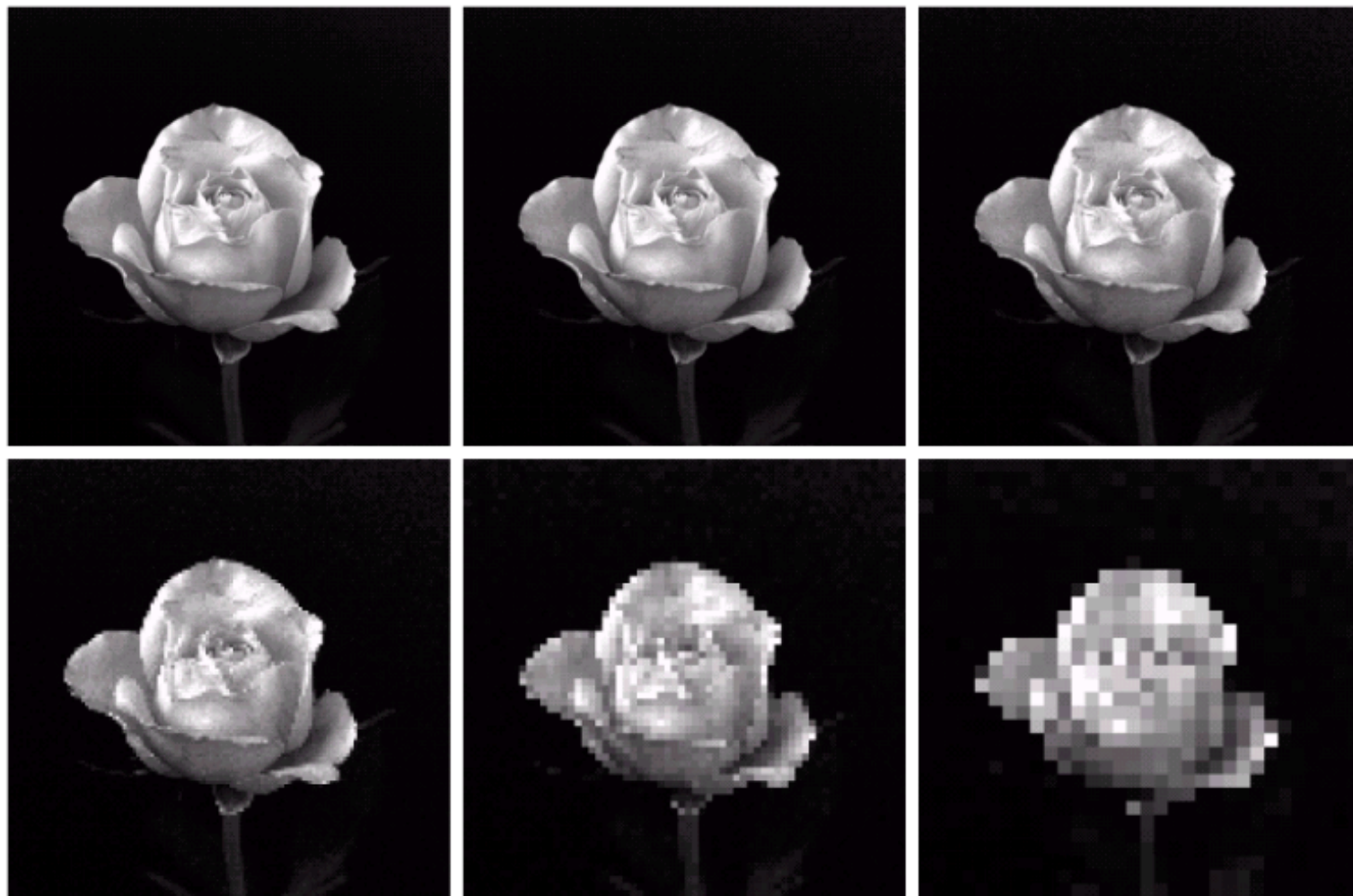
128



64

32

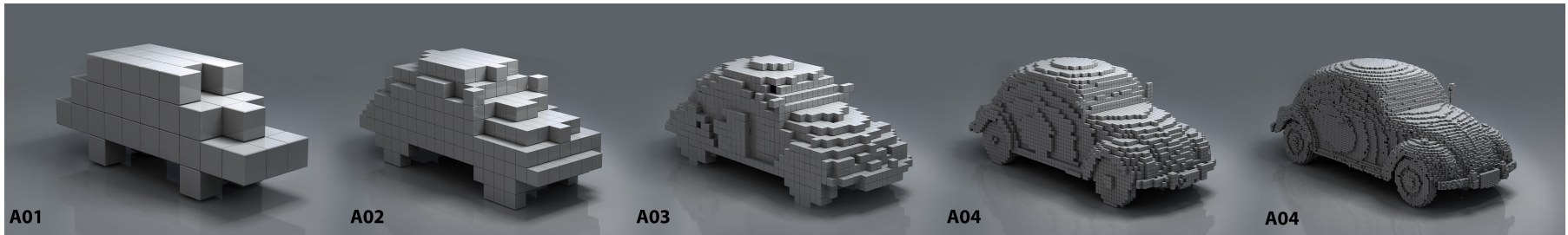
Amostragem



Resolução espacial

- A resolução espacial está associada à densidade de pixels da imagem. Quanto menor o intervalo de amostragem entre os pixels da imagem, ou seja, quanto maior a densidade de pixels em uma imagem, maior será a resolução da imagem.
- A resolução de uma imagem deve ser escolhida de modo a atender ao grau de detalhes que devem ser discerníveis na imagem.

Resolução espacial



Resolução espacial: Exemplo

- Uma imagem $f(x,y)$ representando uma região de 400cm^2 , consistindo em 20 amostras uniformemente espaçadas na direção x e 20 amostras na direção y .
 - Cada pixel da imagem possui dimensão de $1\text{cm} \times 1\text{cm}$.
 - Uma resolução maior para a mesma região consistiria em 40 amostras na direção x e 40 amostras na direção y , cada pixel agora correspondendo a $0.5\text{cm} \times 0.5\text{cm}$.
 - Uma imagem de resolução menor poderia ter 10 amostras na direção x e 10 amostras na direção y , em que cada pixel corresponderia a $2\text{cm} \times 2\text{cm}$.

Quantização

- Cada pixel tem associado a ele um valor

$$L_{min} \leq f(x,y) \leq L_{max},$$

tal que o intervalo $[L_{min}, L_{max}]$ é denominado escala de cinza.

- Intervalo de valores típico

- ▣ 0 a 1

- ▣ 0 a 255

- Normalmente

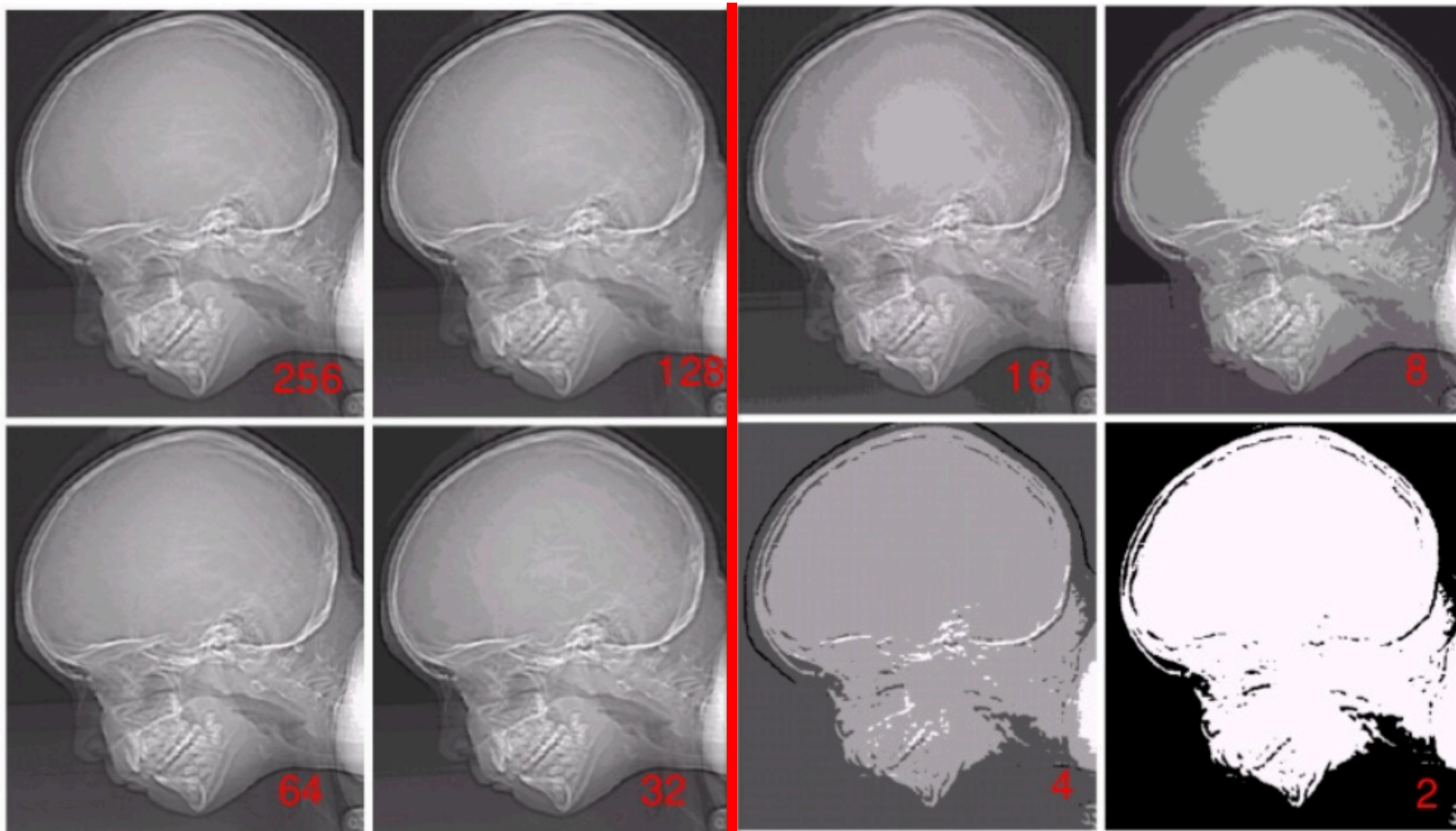
- ▣ 0 corresponde ao preto

- ▣ 1 ou 255 corresponde ao branco

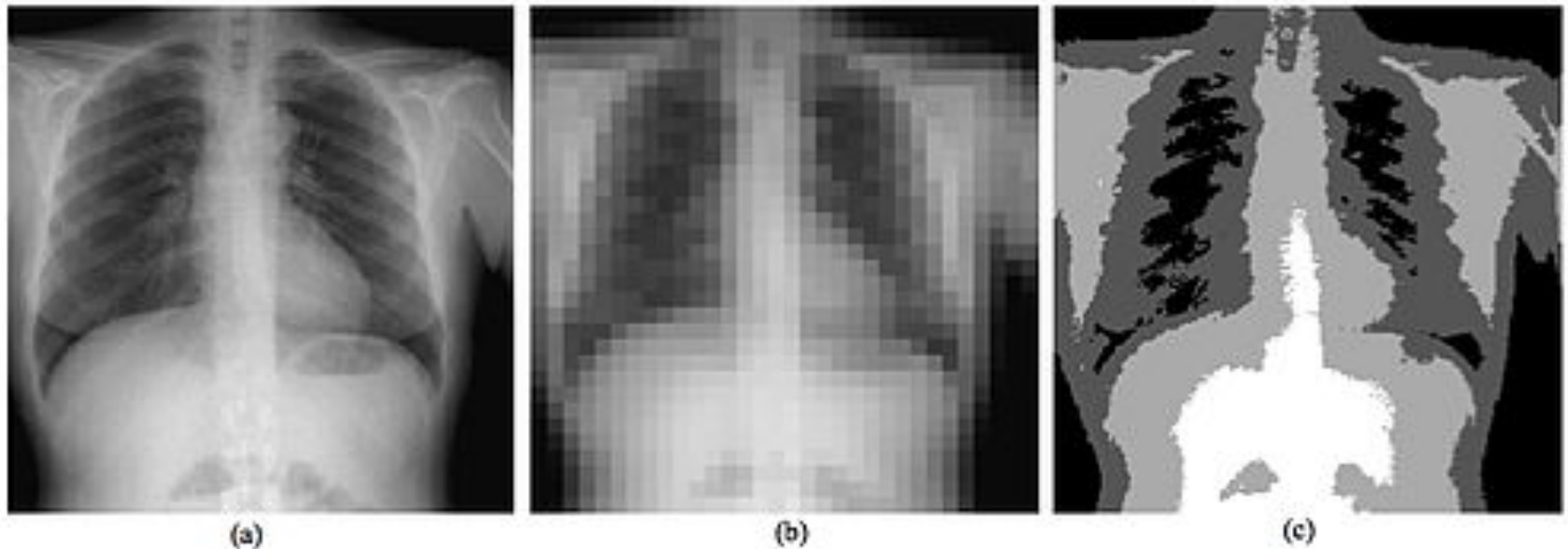
Resolução radiométrica

- O número de níveis de quantização da imagem $f(x,y)$ é normalmente uma potência de 2, ou seja, $L = 2^b$, em que L é o número de níveis de cinza da imagem e b é chamado de profundidade da imagem.
- Assim, a profundidade de uma imagem corresponde ao número de bits necessários para armazenar a imagem digitalizada.

Resolução radiométrica



Resolução: espacial e radiométrica



(a) 256x256x8 bits, (b) 32x32x8 bits, (c) 256x256x2 bits.

Exemplo: Tomografia computadorizada

CT multi-slice (700cortes x 512 x 512 x 2B)

- número de dimensões (espaço) :
- número de elementos por dimensão:
 - ▣ em z:
 - ▣ em x:
 - ▣ em y:
- número de bits ou Bytes por elemento:
- tamanho da imagem (MB):

Exemplo: Tomografia computadorizada

CT multi-slice (700cortes x 512 x 512 x 2B)

- número de dimensões (espaço) : 3D
- número de elementos por dimensão:
 - ▣ em z: 700
 - ▣ em x: 512
 - ▣ em y: 512
- número de bits ou bytes por elemento: 2
- tamanho da imagem (MB): 350 MB