



Computação Gráfica

UFRR – Departamento de Ciência da Computação
Computação Gráfica – Prof. Dr. Luciano F. Silva

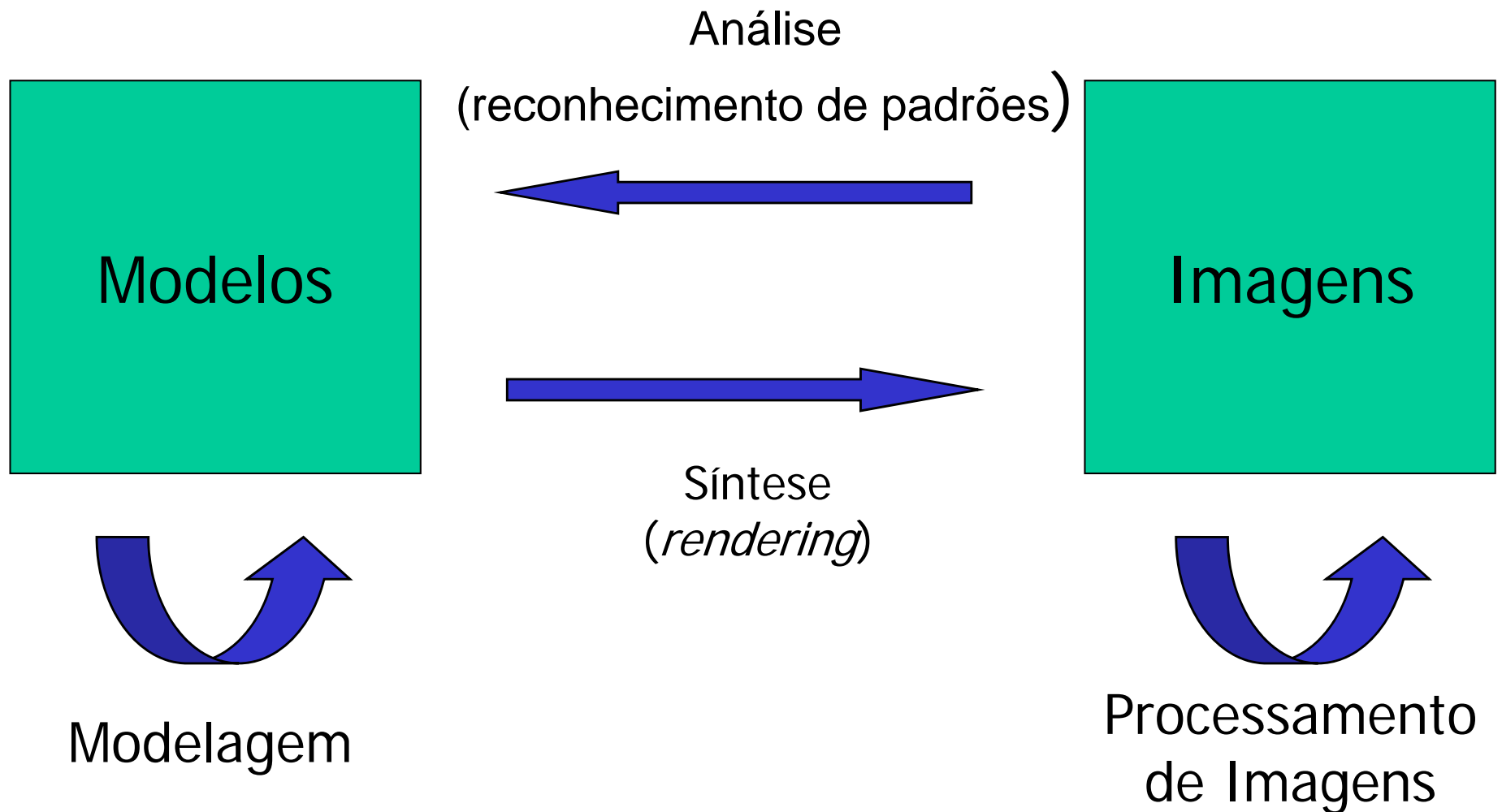
Fundamentos de Imagens Digitais

Professor: Luciano Ferreira Silva, Dr.

Aula 4



Computação Gráfica





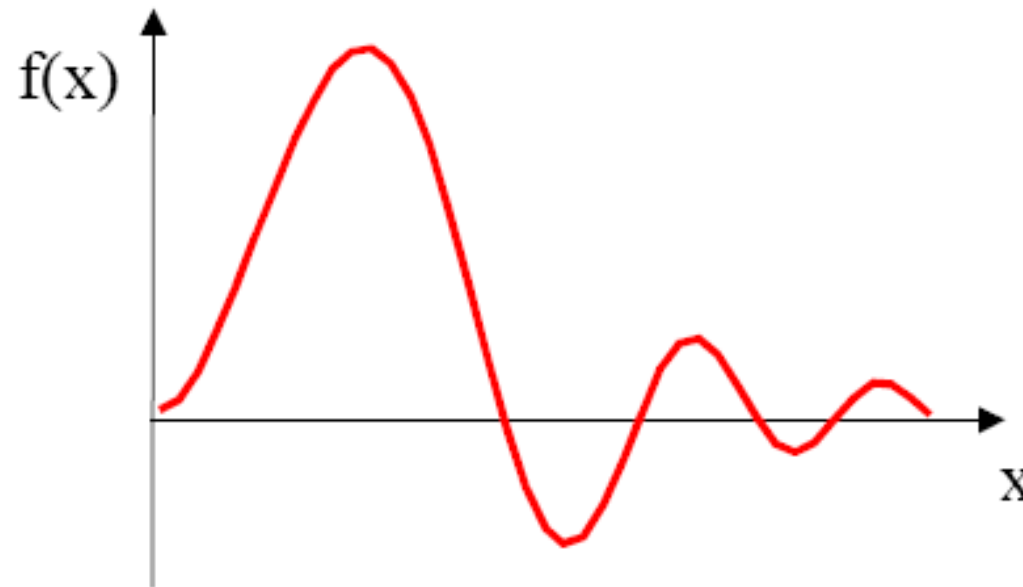
Aplicações

- **Computação Gráfica (Vídeo, Efeitos Especiais, etc.)**
- **Sensoriamento Remoto;**
- **Microscopia;**
- **Medicina;**
- **Manutenção de obras de arte;**
- **Fotografia;**
- **Outros.**



Função Contínua

- Contínua: "*sem interrupções no tempo e no espaço*".
- Intuitivamente: gráfico sem interrupções;
- $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, onde $x \rightarrow f(x)$.



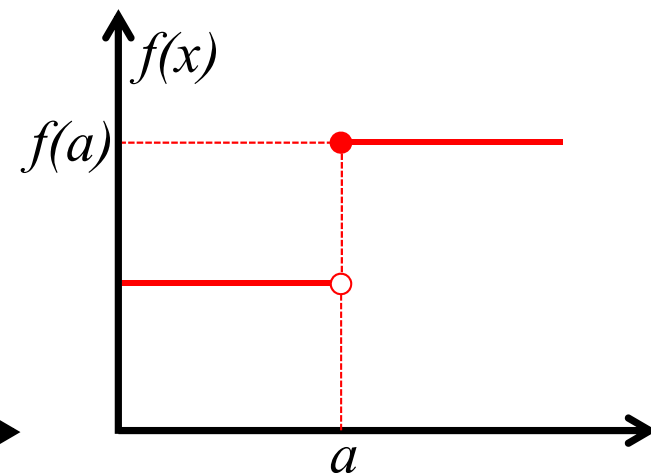
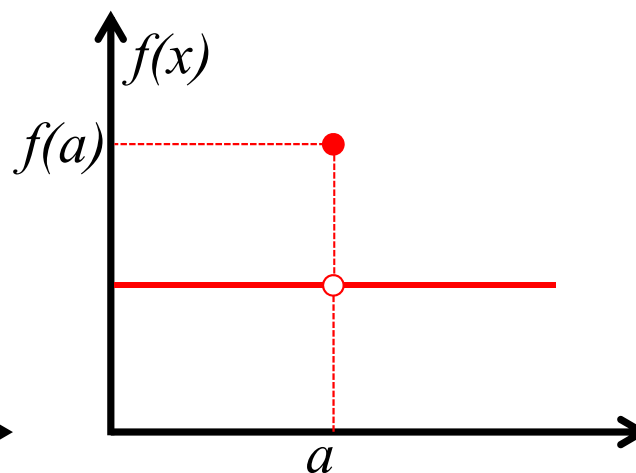
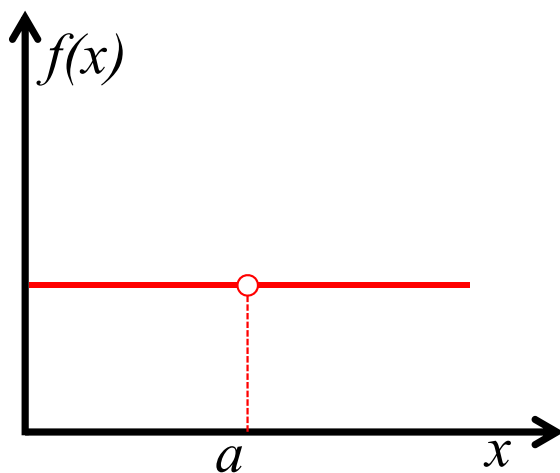


Função Contínua

■ Matematicamente:

1. Existe $f(a)$;
2. Existe $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$;
3. $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$;

■ Para todo a do domínio de f





A f no computador

■ Problema:

- ✓ O domínio de f é real;
- ✓ O computador só é capaz de armazenar bits, um valor que pode ser 0 ou 1;
- ✓ Números inteiros e em quantidade finita;
- ✓ O computador não trabalha com números reais, mas sim com uma aproximação deles chamada pontos flutuantes;
- ✓ Não é possível representar uma função contínua no computador. Podemos apenas simulá-la



A f no computador

- O processo para trazer uma f contínua para o computador é chamado de discretização ou digitalização;
 - ✓ Toma-se valores pontuais ao longo de x e guardando o valor de $f(x)$ correspondente;
 - ✓ O eixo $f(x)$ também é contínuo precisa ser discretizado;
 - ✓ O sinal digital também deve ser limitado a um intervalo do domínio



A f no computador

■ O processo de discretização do:

✓ eixo x (o domínio) é chamado de

Amostragem;

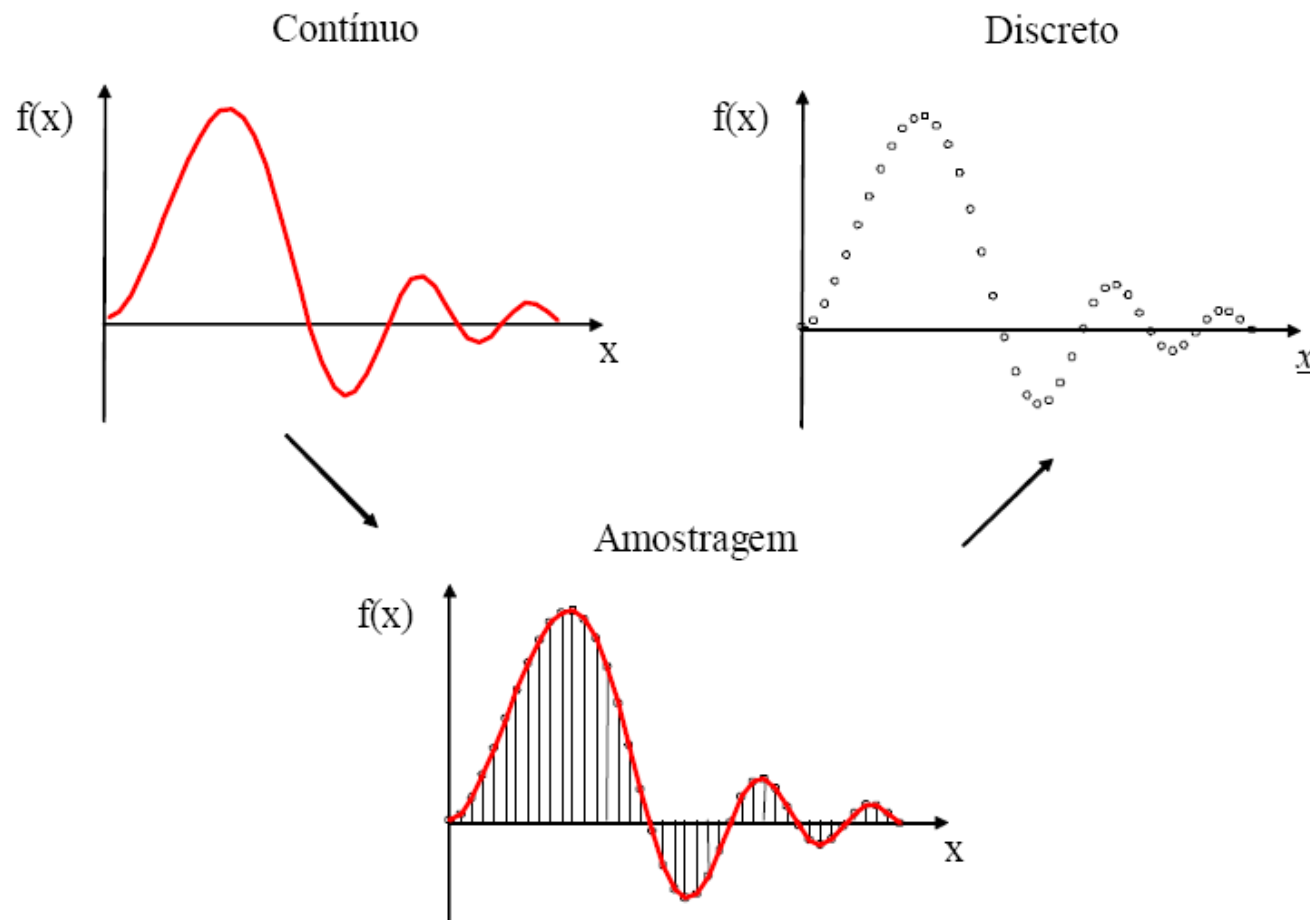
✓ eixo $f(x)$ (o contradomínio) é chamado de

Quantização.



Amostragem

■ Amostragem: Uniforme x Adaptativa;





Quantização

■ Considera:

- ✓ Valor máximo e o valor mínimo da função;
- ✓ Número de bits definido para armazenar uma amostra
 - $K = 2^n \rightarrow n$: número de bits; K : número de níveis.

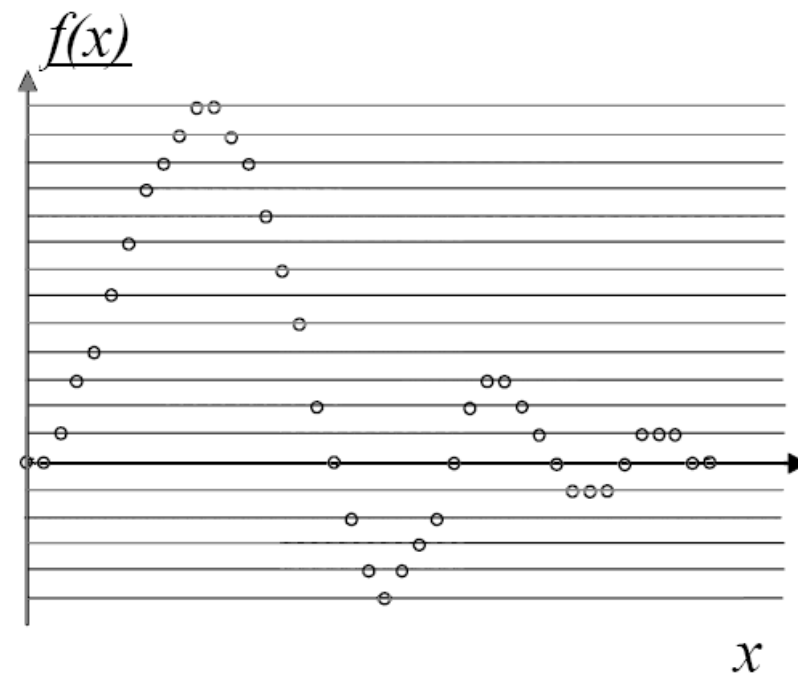
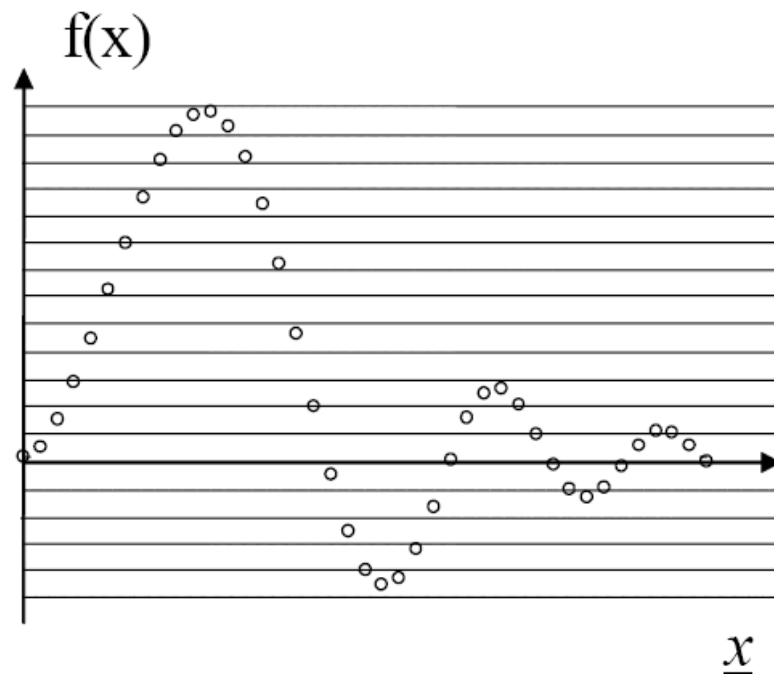
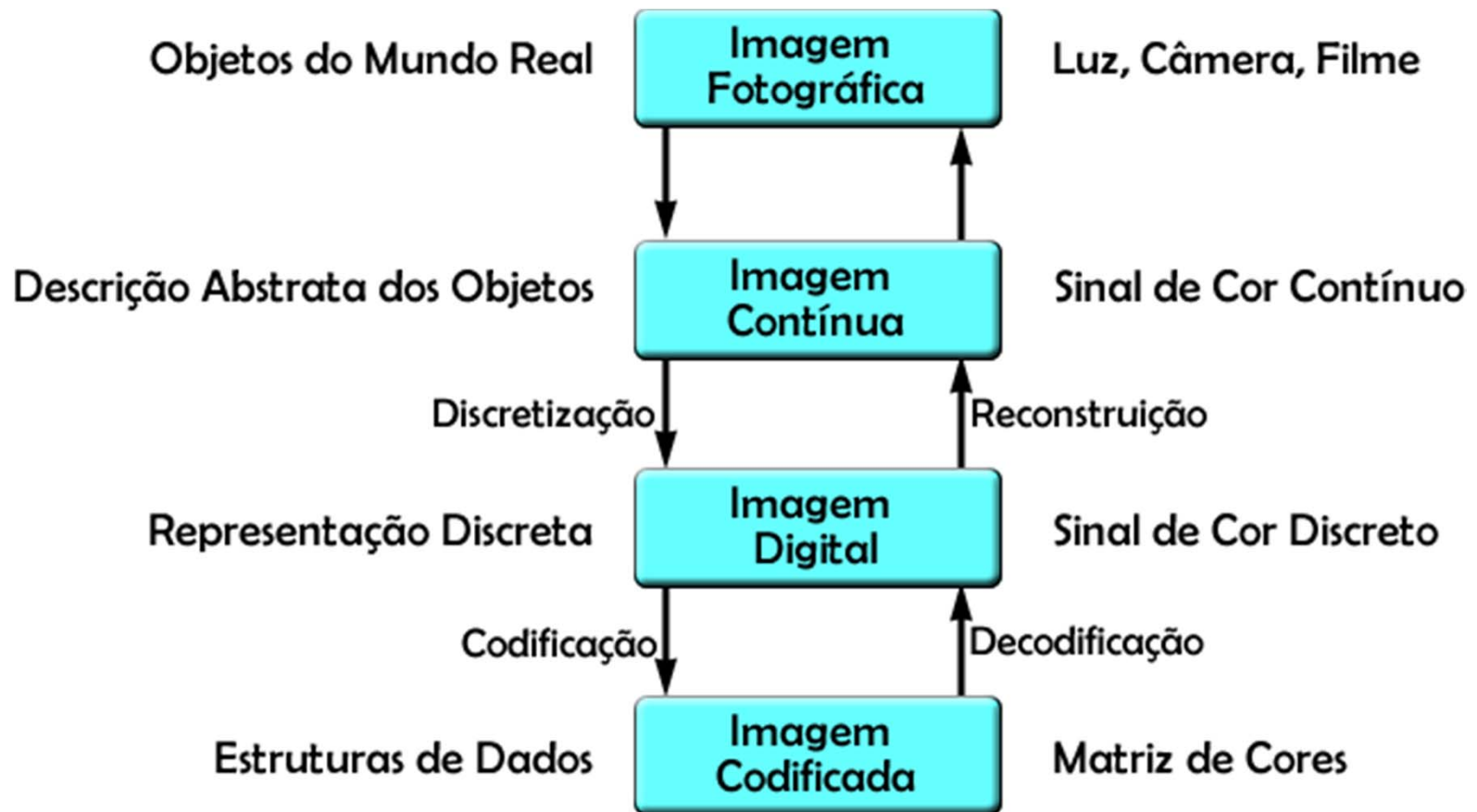




Imagem digital

- É o resultado da discretização de uma imagem contínua;





Função contínua da imagem

- Dada por $I: U \subset \mathbb{R}^2 \rightarrow C$,

$$I(x, y) = \text{Cor no ponto } (x, y)$$

- Onde C é chamado *espaço de cor da imagem*;

✓ $C = \mathbb{R}^n$ com:

- $n = 3$ para representações de cor tricromáticas;
- $n = 1$ para representações monocromáticas;

- $I(U) \subset C$ é chamado de *conjunto de cores da imagem* ou *gamute de cores da imagem*.



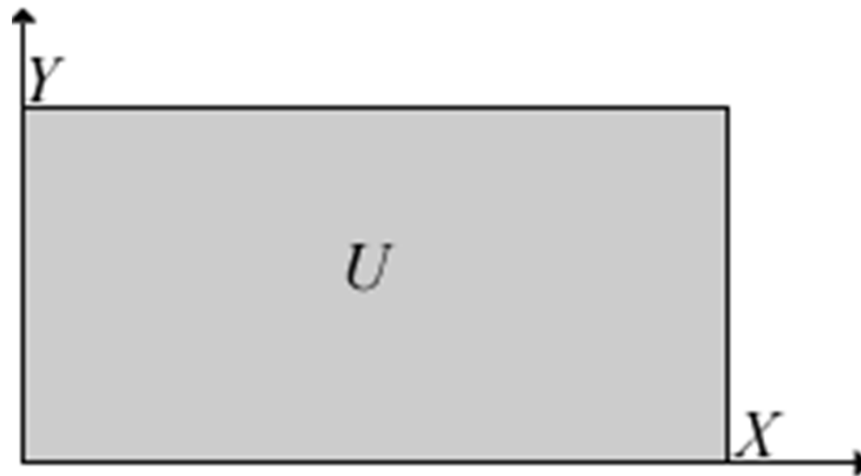
Função contínua da imagem

- Sem perda de generalidade:

$$U = [0, X] \times [0, Y]$$

$$= \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 / 0 \leq x \leq X \text{ e } 0 \leq y \leq Y\}$$

- Onde X é largura da imagem e Y a sua altura.

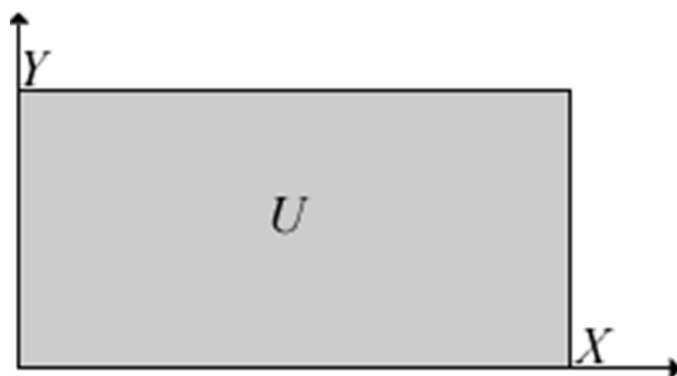




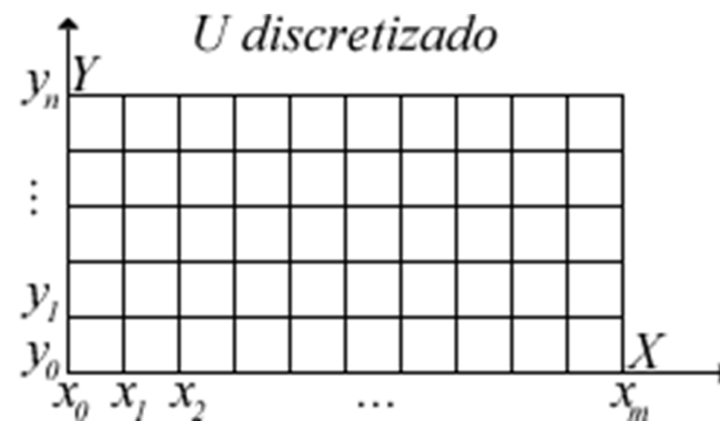
Amostragem da função imagem

■ Discretizar o retângulo U ;

- ✓ Com m amostras em x e n em y ;
- ✓ Reticulado P_{Δ} com $m \times n$ células.



Discretização



$$x_j = j \cdot \Delta x, \text{ com } j = 0, 1, \dots, m-1 \text{ e } \Delta x = X/m;$$

$$y_k = k \cdot \Delta y, \text{ com } k = 0, 1, \dots, n-1 \text{ e } \Delta y = Y/n;$$



Amostragem da função imagem

- Logo o reticulado P_{Δ} é formado pelo conjunto de células:

$$\begin{aligned}C_{jk} &= [x_j, x_{j+1}] \times [y_k, y_{k+1}] \\ &= [j \cdot \Delta x, (j+1) \cdot \Delta x] \times [k \cdot \Delta y, (k+1) \cdot \Delta y]\end{aligned}$$

- Cada uma das células c_{jk} é chamada de **pixel** da imagem.
- Observação: perceba que Δx e Δy se referem ao tamanho do pixel.



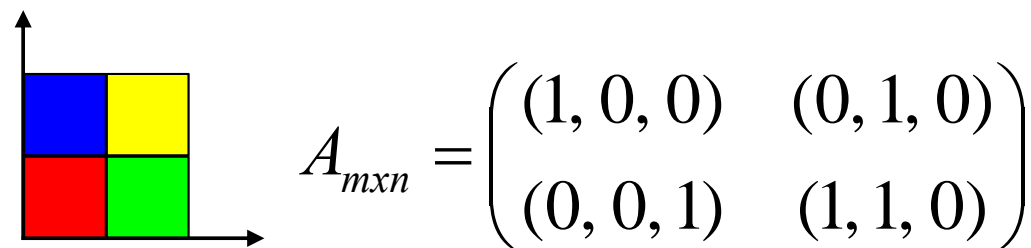
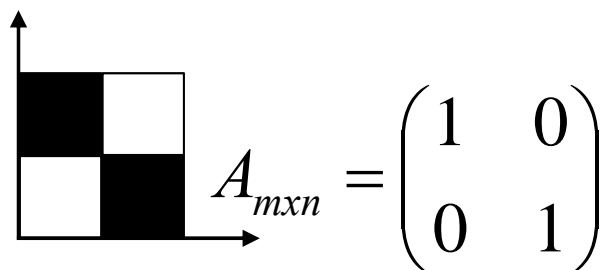
Amostragem da função imagem

- Representar a função imagem I se reduz agora em obter um valor de cor a_{jk} para I em cada células c_{jk} .
- Métodos para obter a representação na célula:
 - ✓ *amostragem pontual*: escolhemos um ponto (x_c, y_c) da células c_{jk} e representamos I pelo valor de $I(x_c, y_c)$ nesse ponto.
 - ✓ *amostragem de área*, em que representamos a função na célula c_{jk} pelo seu valor médio de I .



Representação Matricial

■ Exemplos (matrizes sem quantização):



■ Observações:

- ✓ O número de linhas m da matriz A é chamado de *resolução vertical* da imagem;
- ✓ O número de colunas n é chamado de *resolução horizontal*;
- ✓ É comum chamarmos de *resolução da imagem* o a descrição $n \times m$. Ex.: 600 x 800, 1280 x 800 etc.



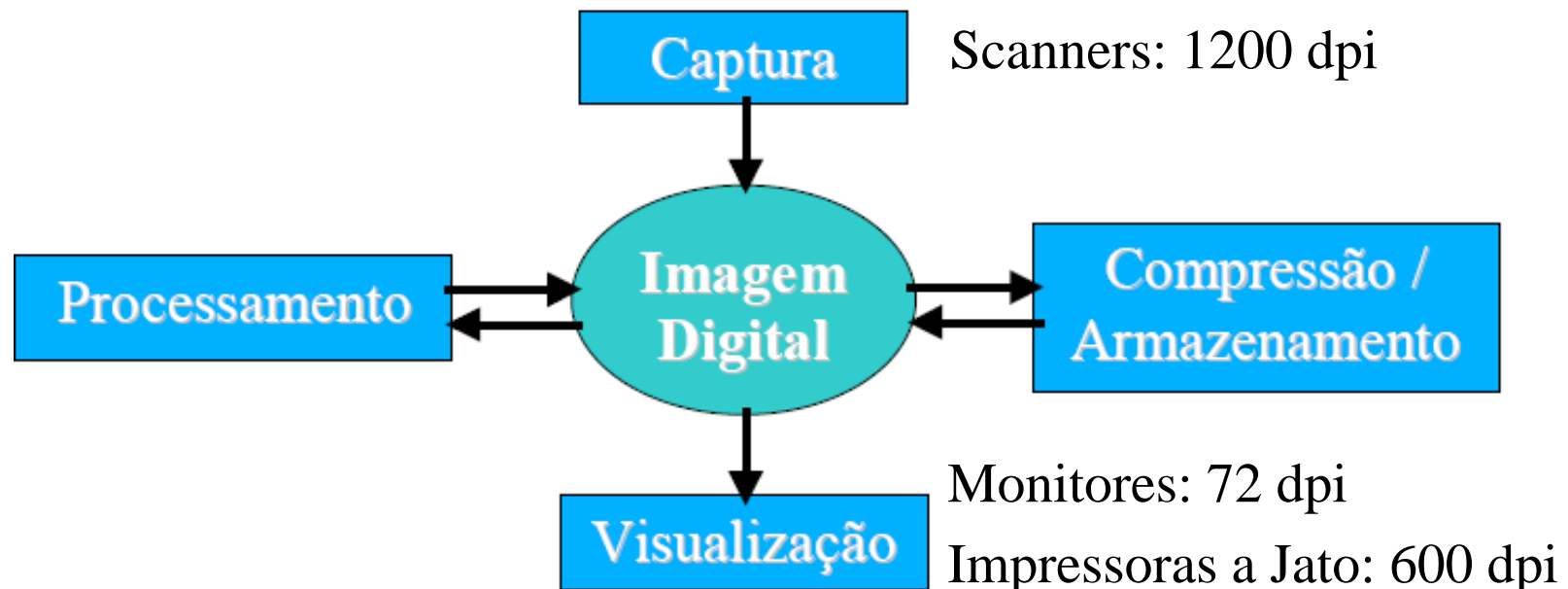
Resolução espacial

- Perceba que m e n são valores adimensionais;
 - ✓ A matriz A lhe passa uma apenas uma ordenação bidimensional das cores;
- Sem os valores de Δx e Δy não conseguimos reconstruir a imagem;
- Precisamos de uma referência a dimensão do pixel;
- Tal referência é a **Resolução Espacial**;



Resolução espacial

- A Resolução Espacial fornece o número de pixels por unidade linear de medida;
 - ✓ pixels por polegada, *ppi* (“pixels per inch”);
 - ✓ pontos por polegada de *dpi* (“dots per inch”);
 - ✓ pontos por centímetro *dpc* (“dots per centimeter”).





Resolução espacial

■ Captura:

✓ n (ou m) = Resolução Espacial x tamanho real.

- Ex.: Figura 20 x 10 cm;
 - Resolução espacial de 60 dpc;
 - Captura de $n = 1200$ e $m = 600$.

■ Visualização:

✓ Tamanho real horizontal (ou vertical) = n (ou m) / resolução espacial;

- Ex.: Imagem digital 1500 x 1000;
 - Resolução espacial de 50 dpc;
 - Figura impressa 30x20 cm.



Visualização

- Muito próximo perceberemos artefatos da digitalização,
- Muito distante estaremos subutilizando o dispositivos de visualização
- Resolução Ótima para Visualização:

$$Resolução \cong 1 / \tan\left(\frac{1}{60}\right) \cdot Distância$$



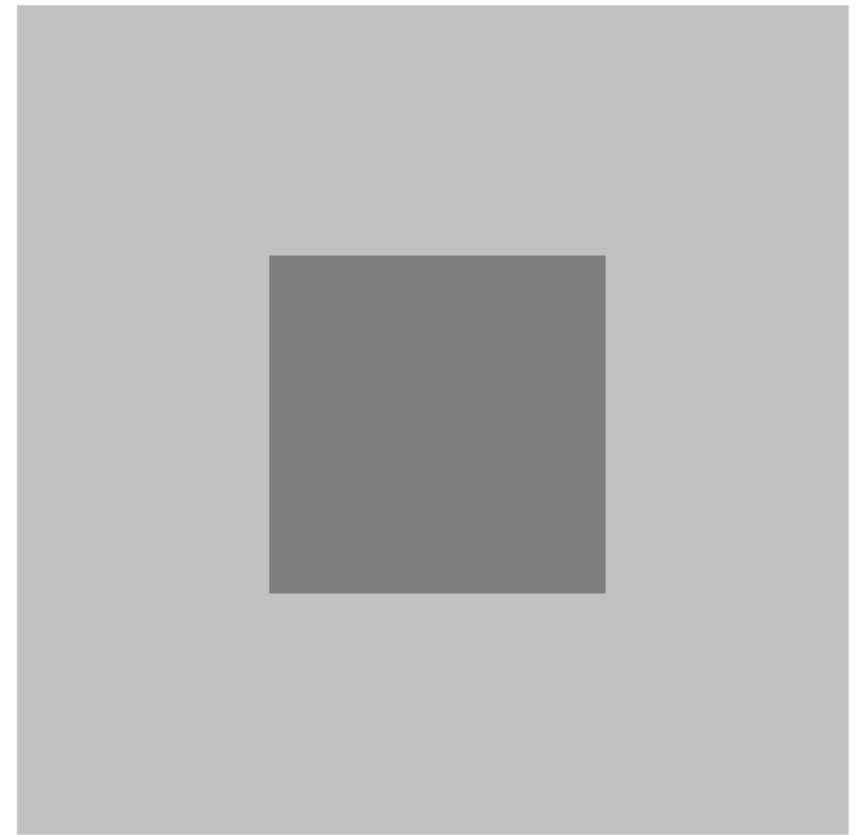
Visualização

■ Resoluções Ótimas Aproximadas para Distâncias Comuns

Distância	Resolução	Pixels	Exemplo
30cm	300DPI	A4 – 6300x8100	Papel
60cm	150DPI	15” – 1600x1280	Laptop
90cm	100DPI	17” - 1280x1024	Monitor
3m	30DPI	19” – 720x486	Tv
7m	15DPI	100” – 1024x768	Projektor



Efeito da Vizinhança na Percepção

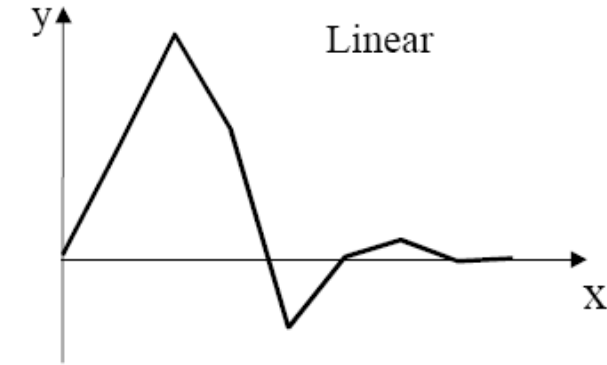
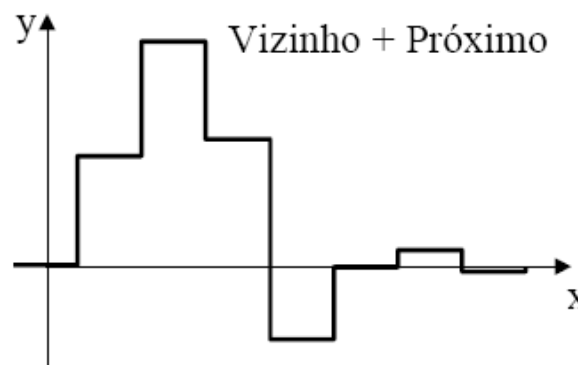
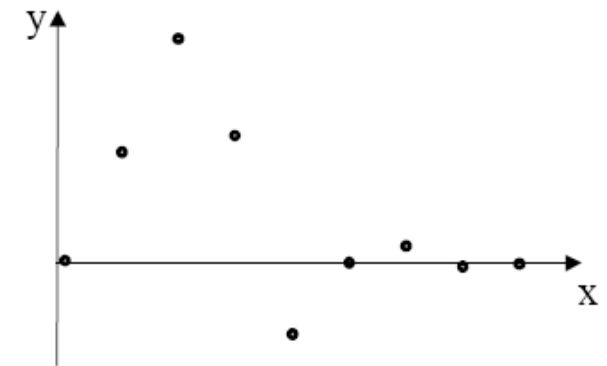
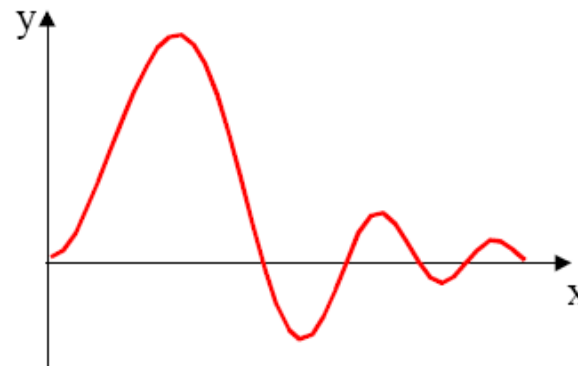




Reconstrução

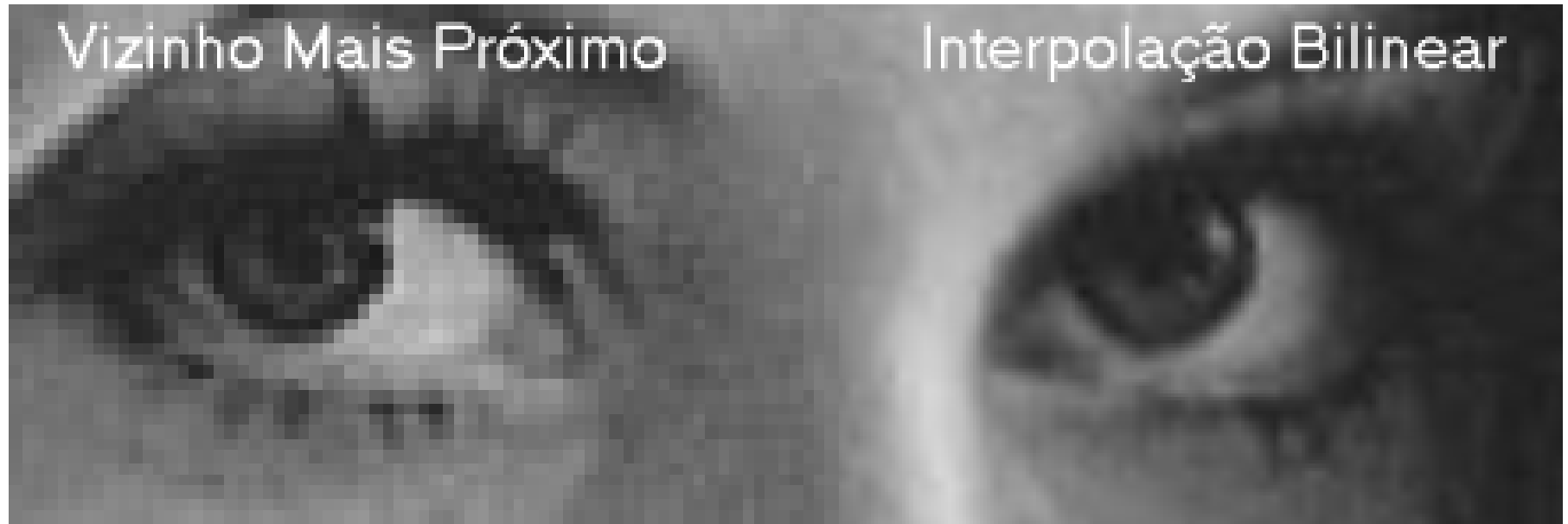
■ Exemplos de técnicas:

- ✓ Vizinho mais próximo: tomar o seu valor como valor desta posição;
- ✓ Interpolação:
 - Linear;
 - Cúbica.





Reconstrução

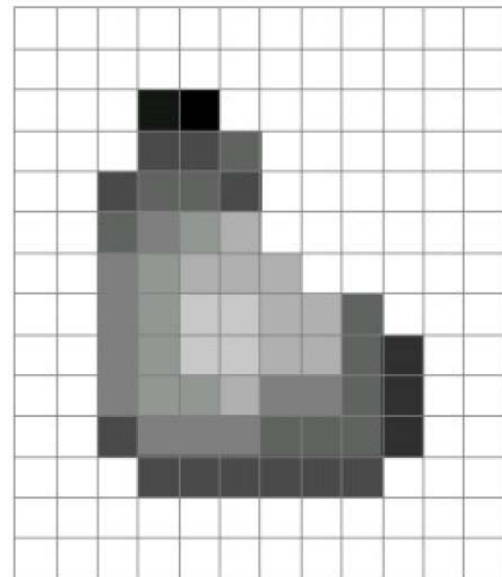
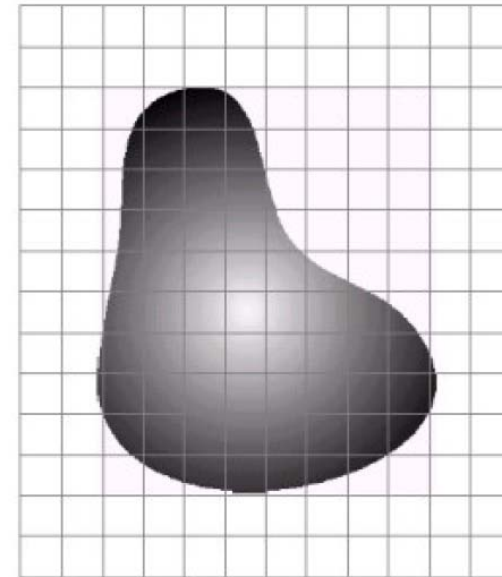
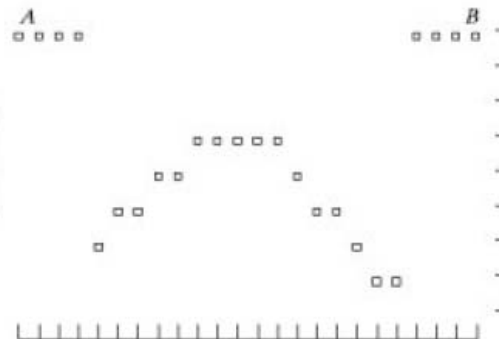
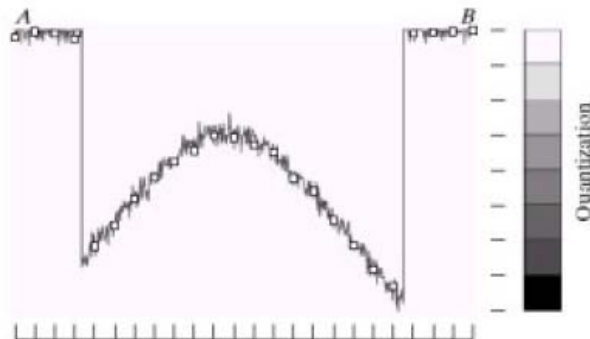
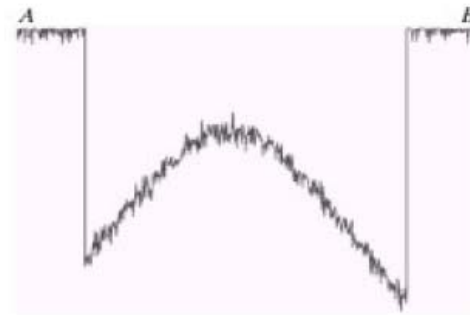
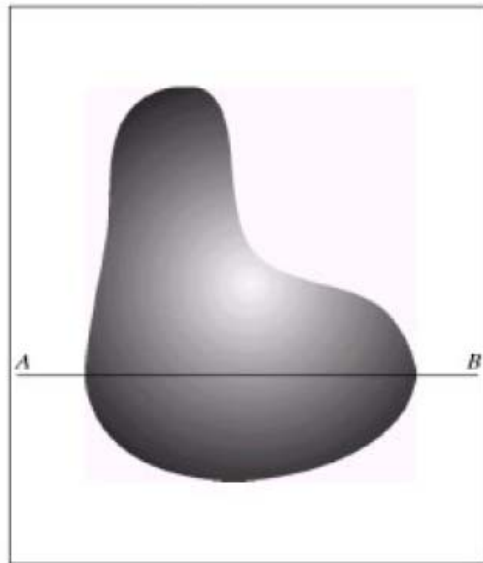


- **Zoom:** problema da re-amostragem, isto é, reconstruir e amostrar novamente com outra resolução ou com outra grade



Quantização

- Como ocorre a quantização em imagens?





Quantização

- Seria discretizarmos o espaço de cor C , que é representado em \mathbb{R}^n .
 - ✓ $n = 1$ para cores monocromáticas;
 - ✓ $n = 3$ para cores tricromáticas.
- Portanto o problema de representação de cor é o problema de representação de números reais.
- A pergunta aqui será: *quantos bits devemos utilizar para representar uma cor?*
- Esse número de bits é chamado de *resolução de cor* da imagem.



Quantização

- Usar aritmética de ponto flutuante com 32 ou 64 bits?
- Para cores não é tão simples, pois devemos levar em consideração aspectos perceptuais.



Quantização

- Quando codificamos uma cor é muito comum usarmos 1 byte (8 bits) para cada componente.
- Um byte permite $2^8 = 256$ possibilidades;
- O que leva, convencionalmente, a componente de cor assumir valores de 0 a 255.



Escala cinza

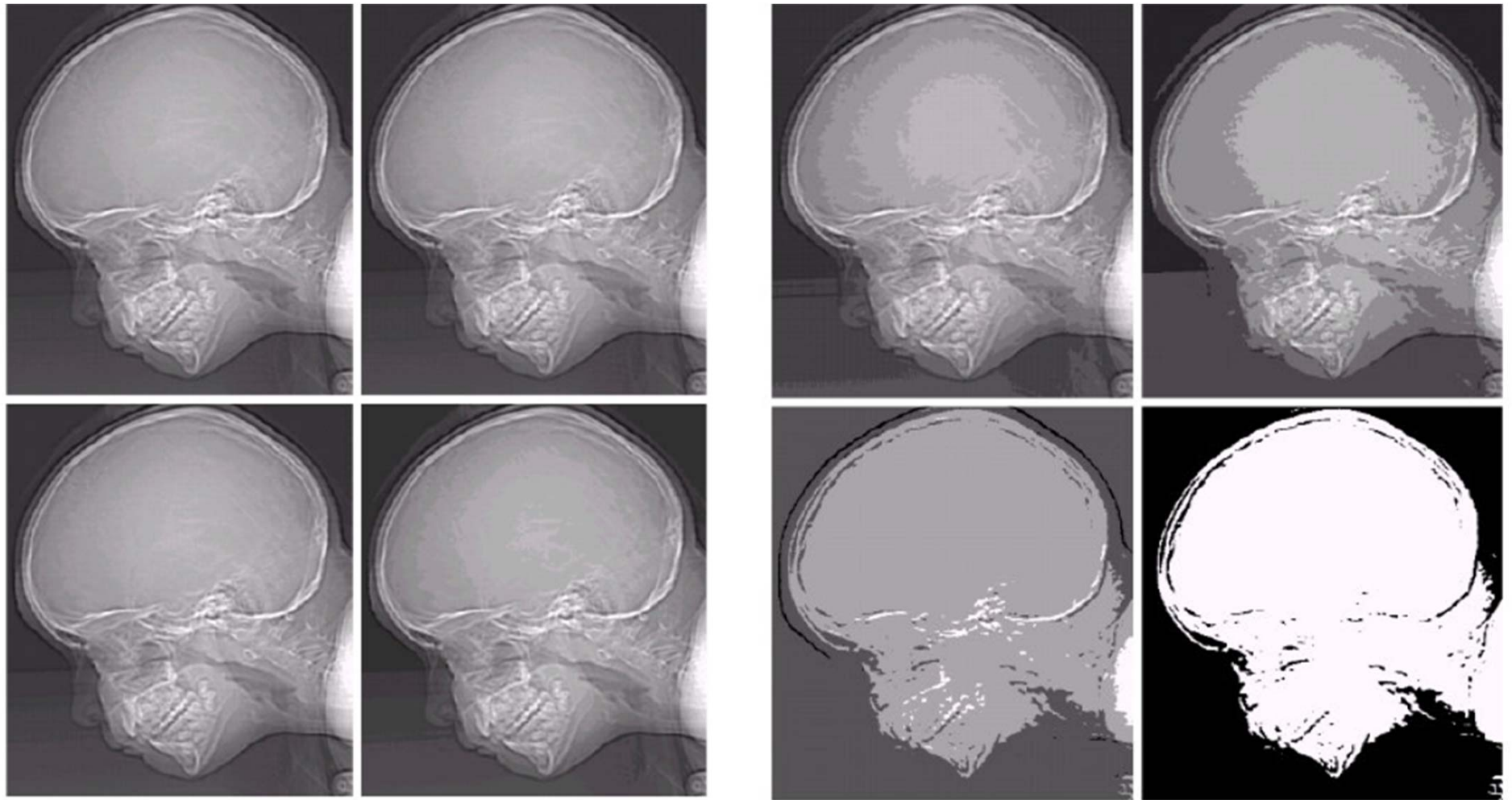
■ Na escala de cinza:

- ✓ Teríamos 256 possibilidades de intensidades da cor cinza;



- ✓ Porém nossos olhos não conseguem distinguir todos estes níveis.

Escala cinza



- Redução dos tons de cinza: 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4 e 2



Variações da Matriz da Imagem



Escala cinza



Preto e branco



Cores RGB



Quantização

- Na representação de cores por 3 componentes adotariamos 3 bytes \rightarrow 24 bits $\rightarrow 2^{24} = 16.777.216$ de possibilidades;
- Alguns experimentos mostram que somos capazes de reconhecer aproximadamente 400 mil cores diferentes;
- $400.000 < 2^{19} = 524.288 \rightarrow$ 24 bits estão mais do que suficiente levando em conta os diversos metamerismos.



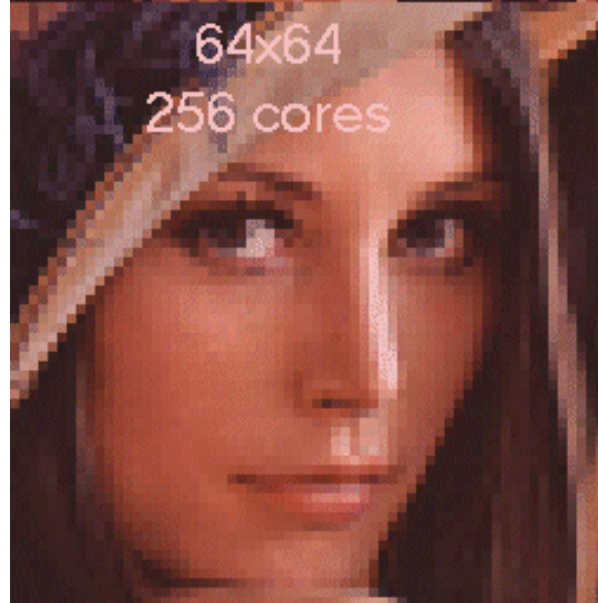
Quantização

- O número de bytes por componente geralmente é 1, mas pode ter quaisquer valor dependendo a precisão desejada;
- A partir da versão 4.0 o sistema Photoshop, por exemplo, passou a tratar imagens com 16 bits por componente.
- Em sistemas de processamento de imagens científicas é muito comum tratar imagens com 32 bits.



Diferentes Resoluções e Número de Cores

UFRR – Departamento de Ciência da Computação
Computação Gráfica – Prof. Dr. Luciano F. Silva





Quantização

■ Importância do problema de quantizar:

✓ Exibição de imagens:

- O número de cores da imagem não pode ser maior do que número de cores disponíveis no espaço físico de cor do equipamento.
- Neste caso, o espaço de quantização está diretamente ligado ao espaço de cor do dispositivo gráfico de exibição.



Quantização

✓ Compressão de imagens:

- A quantização de uma imagem permite uma redução do número de bits utilizados para armazenar o seu gamute de cores.
- Reduzimos desse modo o espaço necessário para o armazenamento da imagem;
- Transmissão da imagem através de algum canal de comunicação.



Filtragem



Ruído



Original



Filtro