

# PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

## PDI – Aula 2

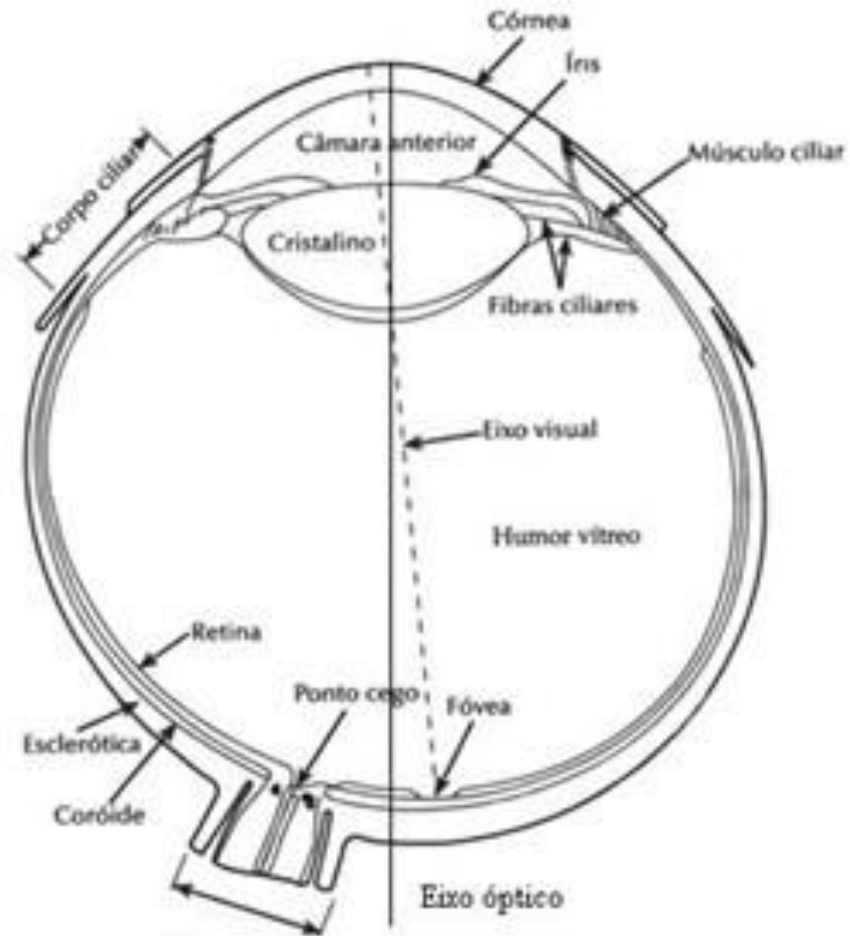
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias  
Escola Agrícola de Jundiaí  
Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas  
**Profa. Alessandra Mendes**

# Fundamentos da Imagem Digital

Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

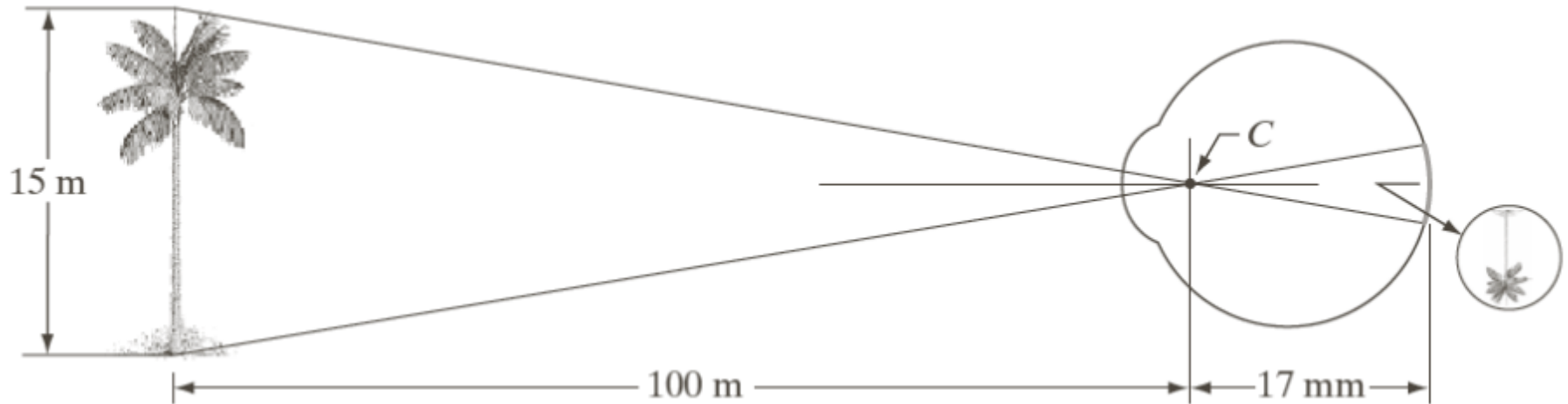
# Olho humano

- ▶ **Diagrama simplificado** de uma seção do olho humano;
- ▶ É esférico (diâmetro de 2 cm);
- ▶ Processamento e reconhecimento (**cérebro**).



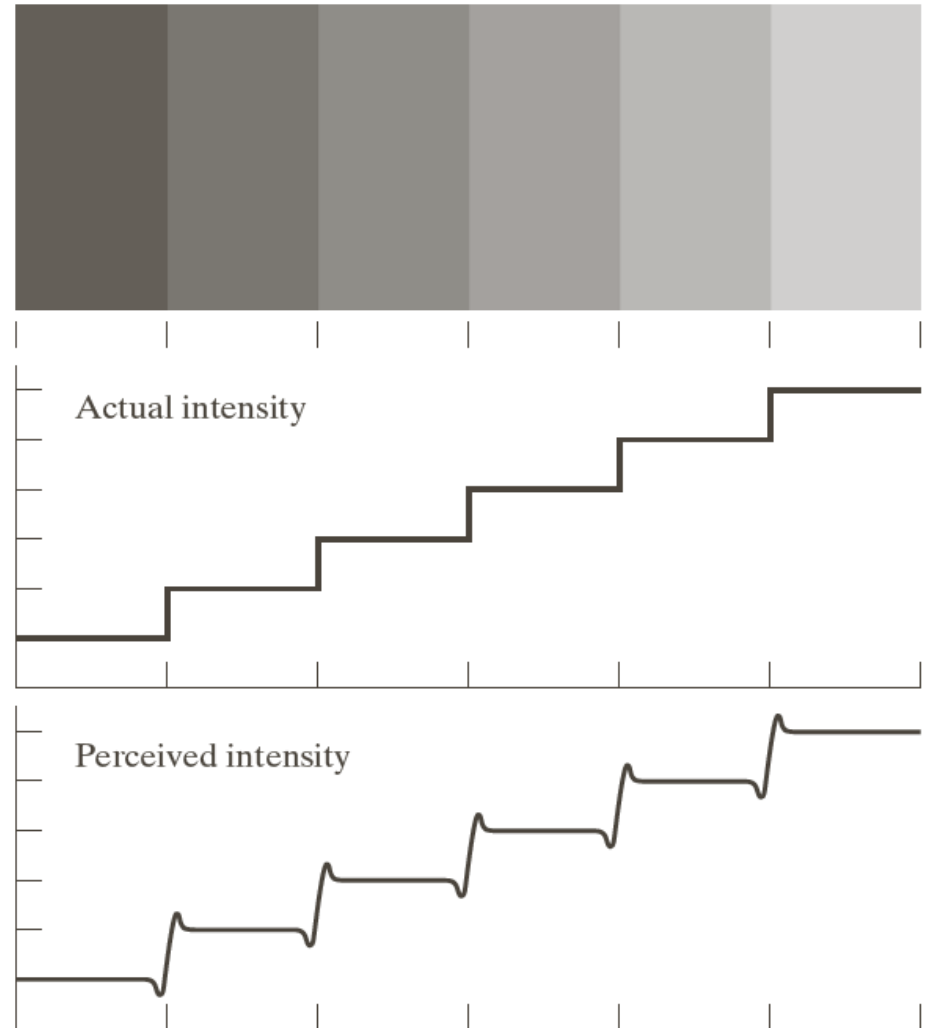
# Formação da imagem no olho

- ▶ Representação gráfica do olho vendo uma palmeira.
- ▶ O ponto C é o *centro óptico da lente*.



# Adaptação ao brilho e discriminação

- ▶ Ilustração do efeito de banda de Mach – embora o nível de cinza das linhas seja constante, *percebe-se* um padrão de brilho fortemente *alterado* perto das bordas.
- ▶ A intensidade percebida *não é função simples* da intensidade real.



© 1992–2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

# Contraste simultâneo

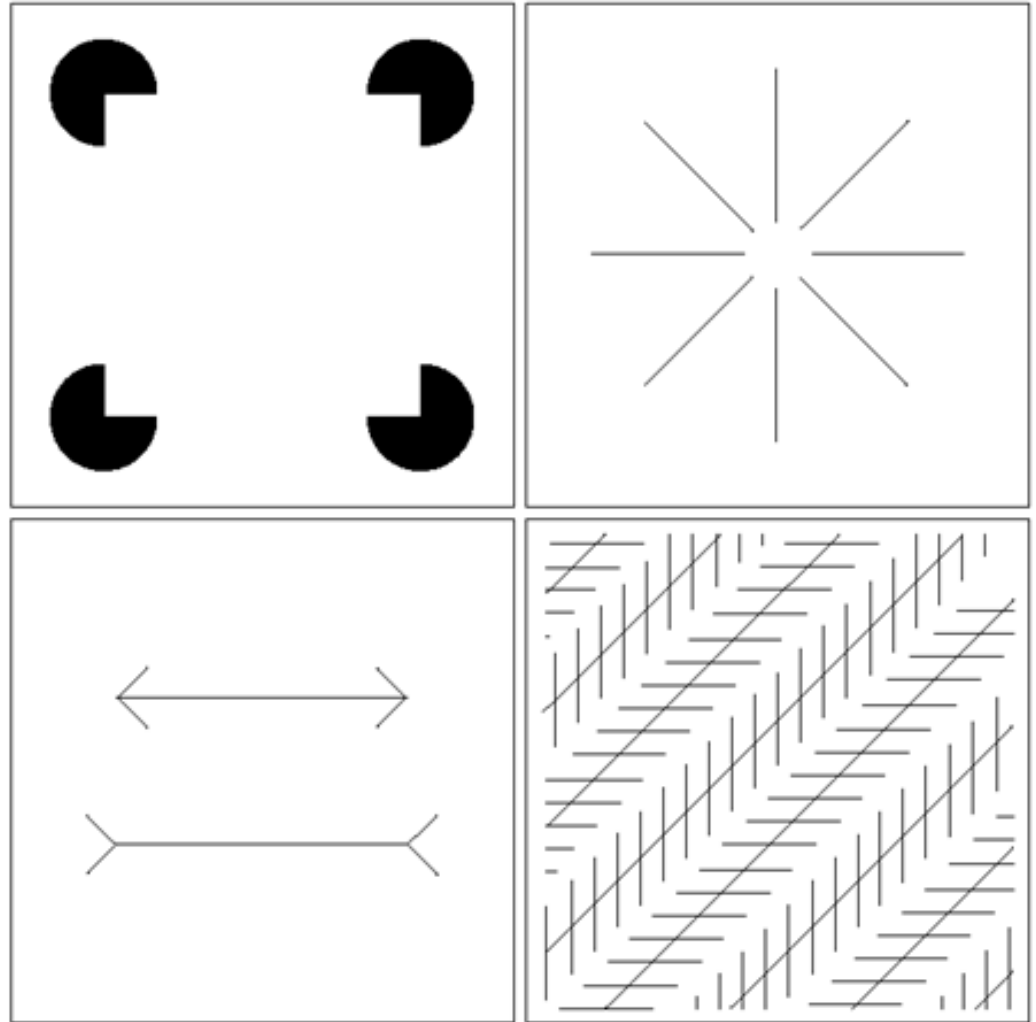
---

- ▶ Todos os quadrados internos *tem a mesma intensidade*, porém, eles parecem escurecer a medida que o fundo vai clareando.
- ▶ O brilho de uma região *não depende apenas* de sua intensidade.



# A luz e o espectro eletromagnético

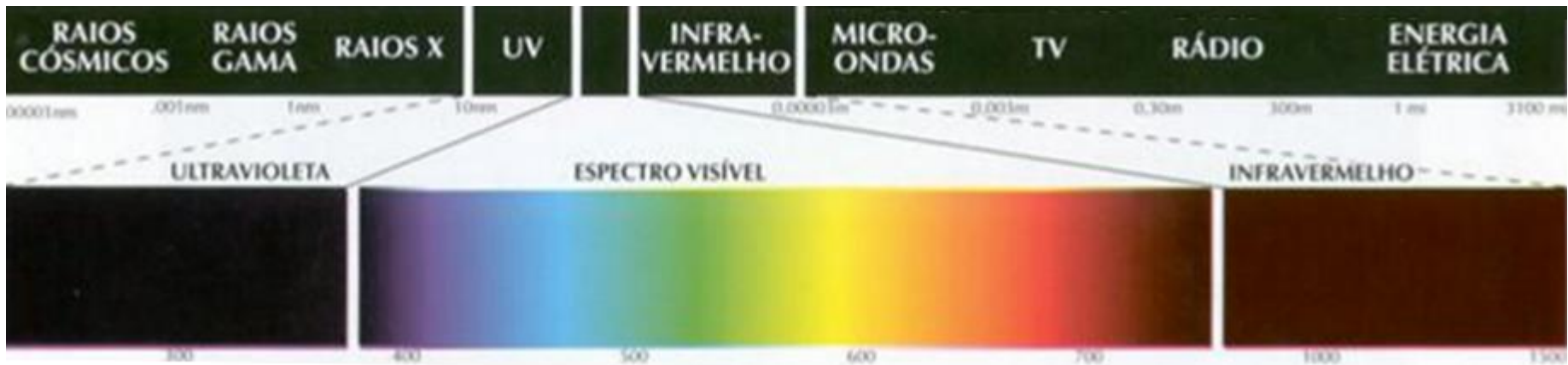
- ▶ *Fenômenos* da percepção humana.
- ▶ O olho *preenche lacunas* de informação ou percebe propriedades geométricas equivocadas.
- ▶ Algumas ilusões de óptica bem conhecidas.



© 1992–2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

# A luz e o espectro eletromagnético

- ▶ O *espectro visível* é mostrado em zoom para facilitar, mas é uma *porção muito pequena*.
- ▶ As cores são determinadas pela natureza da luz refletida pelo objeto. Um objeto que reflete uma *luz relativamente equilibrada* em todos os comprimentos de onda visíveis é visto como *branco*.

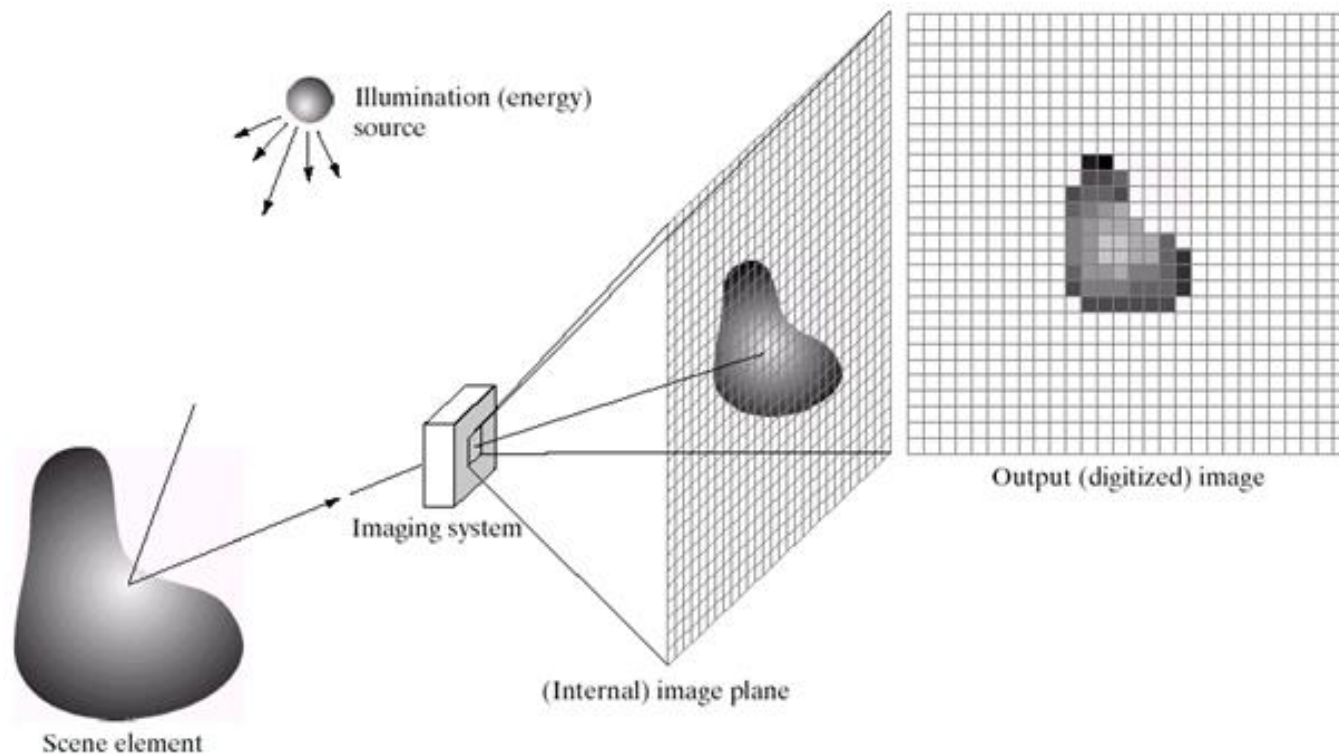


© 1992–2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods



# Processo de aquisição

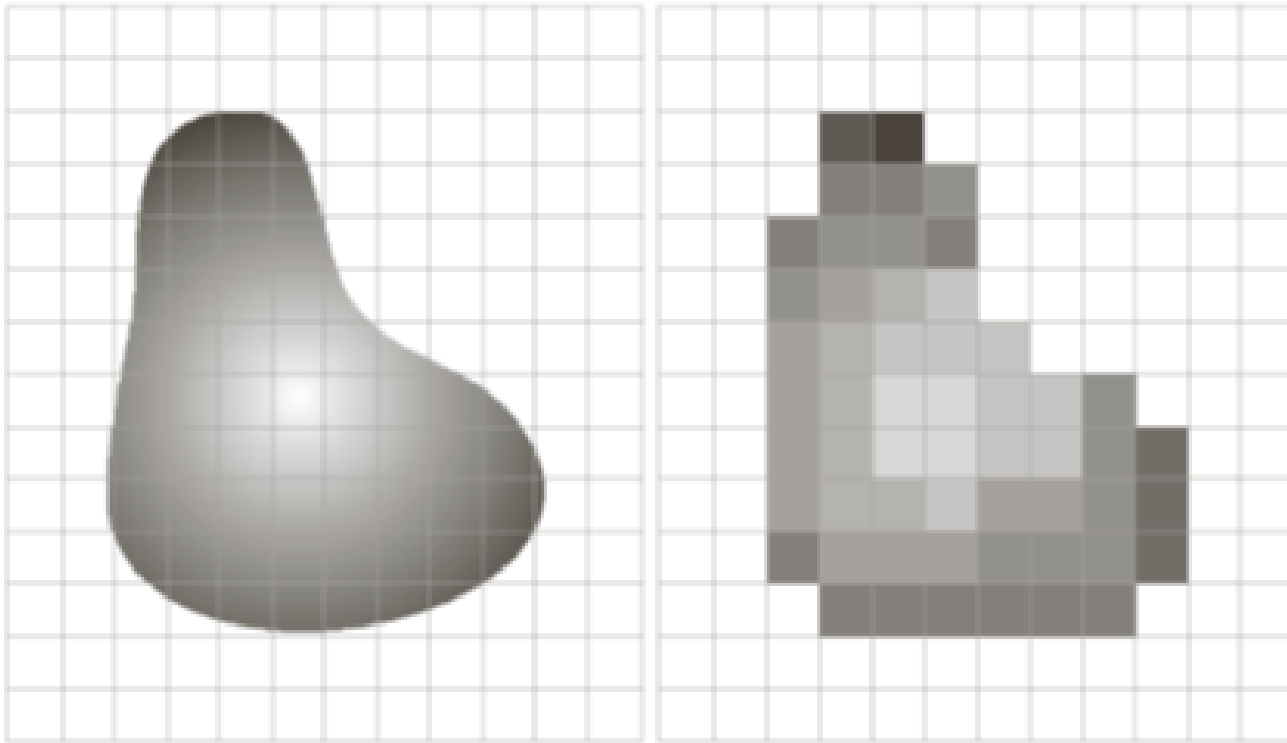
- ▶ Exemplo: iluminação, elemento de cena, sistema de imageamento, projeção da cena num plano e imagem digitalizada.



# Amostragem e quantização

---

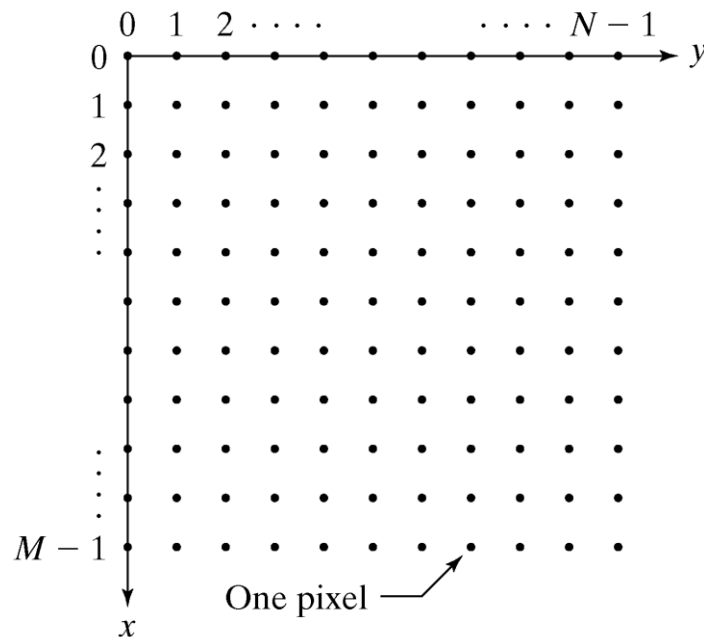
- ▶ Imagem contínua projetada numa *matriz de sensores*;
- ▶ Resultado da imagem *amostrada* e *quantizada*.



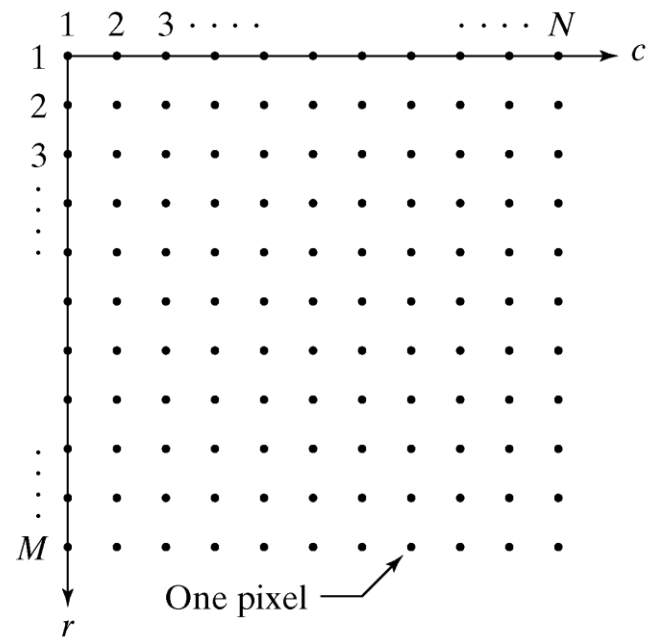
# Geração de uma imagem digital

## ► *Convenções* de coordenadas:

- a) Na maioria dos livros;
- b) No Octave e no Matlab.



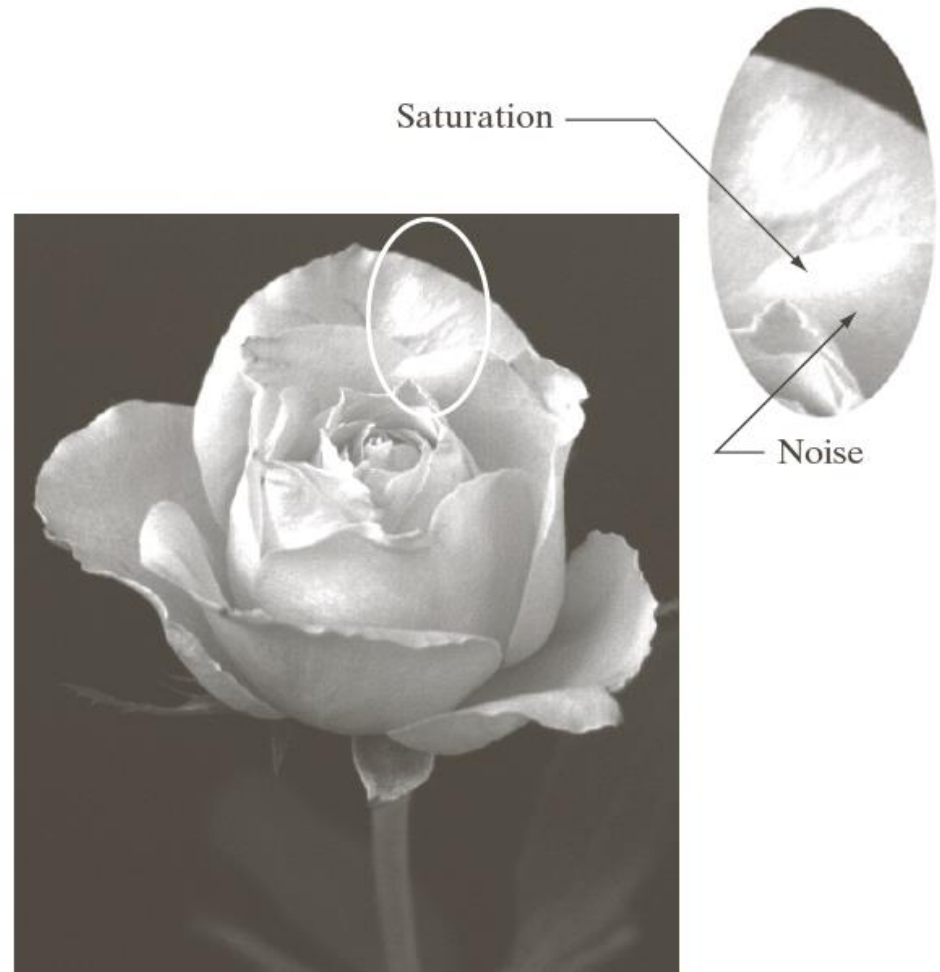
(a)



(b)

# Saturação e ruído - ilustração

- ▶ A **saturação** é o **valor mais alto** além do qual todos os níveis de intensidade são cortados.
- ▶ O **ruído** aparece como uma **granulação** na textura.



# Resolução espacial e intensidade

---

- ▶ A *resolução espacial* é a medida do *menor detalhe* discernível em uma imagem (pontos por polegada - dpi);
- ▶ O tamanho da imagem por si só não diz tudo.
- ▶ A *resolução de intensidade* é a *menor variação* discernível de nível de *intensidade* em uma imagem (8 bits – níveis de cinza, 16 bits, 32 bits).

# Resolução espacial e intensidade

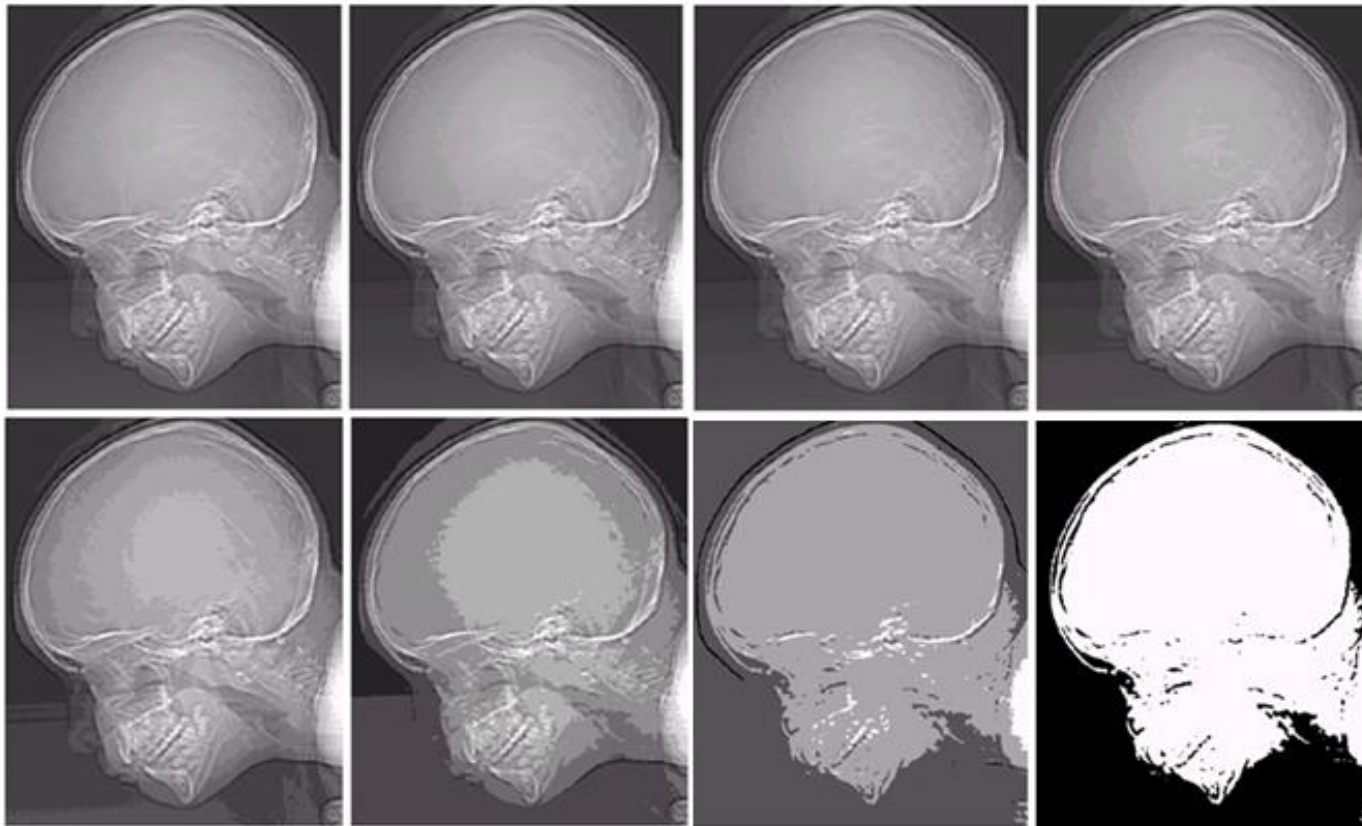
- ▶ 1250 dpi (3.692 x 2.812 pixels)
- ▶ 300 dpi
- ▶ 150 dpi
- ▶ 72 dpi (213 x 162 pixels)



© 1992–2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

# Resolução espacial e intensidade

- Imagem 452 x 374 de 256 níveis de cinza (intensidade) mostrada a 128, 64, 32, 16, 8, 4 e 2 níveis.



# Resolução espacial e intensidade

---

- ▶ Imagens com, respectivamente, baixo, médio e alto níveis de detalhes.





# Interpolação

# Interpolação de imagens

---

- ▶ Extensivamente usada em tarefas como ampliação (*zooming*), encolhimento (*shrinking*), rotação e correções geométricas, consiste no processo de usar ***dados conhecidos*** para ***estimar valores*** em locais desconhecidos.
- ▶ Supomos que uma imagem de 500 x 500 pixels deve ser ampliado 1,5 vezes para 750 x 750 pixels.
- ▶ Uma forma de visualizar essa ampliação é criar uma grade imaginária 750 x 750 com o mesmo espaçamento da imagem original e então encolher essa grade até que ela se enquadre sobre a imagem original.

# Interpolação de imagens

---

- ▶ Obviamente, o espaçamento na grade encolhida de 750 x 750 pixels é **menor** que na imagem original.
- ▶ Para realizar a atribuição de nível de intensidade para qualquer ponto na grade de 750 x 750, olha-se o pixel **mais próximo** na imagem original e atribui a sua intensidade para o novo pixel.
- ▶ Após realizada a atribuição de todos os 750 x 750 pixels, **expande-se a grade** para o tamanho original obtendo a imagem ampliada.
- ▶ O método acima é chamado de **interpolação de vizinho mais próximo** (*nearest neighbor interpolation*).

# Interpolação de imagens

---

- ▶ ***Interpolação do vizinho mais próximo:***
- ▶ Exemplo considerando uma ampliação de duas vezes:
- ▶ Considere a imagem

$$\begin{array}{ccccc} \dots & f(i,j) & & f(i,j+1) & \dots \\ \dots & f(i+1,j) & & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

- ▶ Acrescente linhas e colunas de zeros conforme ilustração

$$\begin{array}{ccccc} \dots & f(i,j) & & \mathbf{0} & & f(i,j+1) & \dots \\ & & & \mathbf{0} & & & \\ & \mathbf{0} & & \mathbf{0} & & \mathbf{0} & \\ \dots & f(i+1,j) & & \mathbf{0} & & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

# Interpolação de imagens

---

- ▶ *Interpolação do vizinho mais próximo :*
- ▶ Após a interpolação tem-se a imagem reconstruída em tamanho duplicado.

$$\begin{array}{ccccccc} \dots & f(i,j) & & f(i,j) & & f(i,j+1) & \dots \\ & f(i,j) & & f(i,j) & & f(i,j+1) & \\ \dots & f(i+1,j) & & f(i+1,j) & & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

- ▶ A média dos níveis de cinza da imagem ampliada se mantém constante.

# Interpolação de imagens

---

- ▶ Uma abordagem mais adequada é a **interpolação bilinear**, em que usamos **os quatro vizinhos mais próximos** para estimar a intensidade numa dada posição.
- ▶ Seja  $(x,y)$  as coordenadas da posição considerada, e seja  $v(x,y)$  o valor da intensidade.
- ▶ Para a interpolação bilinear, o valor atribuído é obtido usando a equação

$$v(x,y) = ax + by + cxy + d$$

onde os quatro coeficientes são determinados de quatro equações em quatro incógnitas que podem ser escritas usando os quatro vizinhos mais próximos do ponto  $(x,y)$ .

- ▶ O **resultado** é **melhor** que a interpolação do vizinho mais próximo, com um pequeno incremento no custo computacional.

# Interpolação de imagens

---

- ▶ ***Interpolação Bilinear :***

- ▶ Exemplo considerando uma ampliação de duas vezes:

- ▶ Considere a imagem

$$\begin{array}{ccccc} \dots & f(i,j) & & f(i,j+1) & \dots \\ \dots & f(i+1,j) & & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

- ▶ Acrescente linhas e colunas conforme a ilustração

$$\begin{array}{ccccc} \dots & f(i,j) & & \mathbf{a} & & f(i,j+1) & \dots \\ & \mathbf{b} & & \mathbf{c} & & \mathbf{d} & \\ \dots & f(i+1,j) & & \mathbf{e} & & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

# Interpolação de imagens

---

## ► *Interpolação Bilinear:*

- Acrescente linhas e colunas conforme a ilustração

$$\begin{array}{ccccc} \dots & f(i,j) & a & f(i,j+1) & \dots \\ & b & c & d & \\ \dots & f(i+1,j) & e & f(i+1,j+1) & \dots \end{array}$$

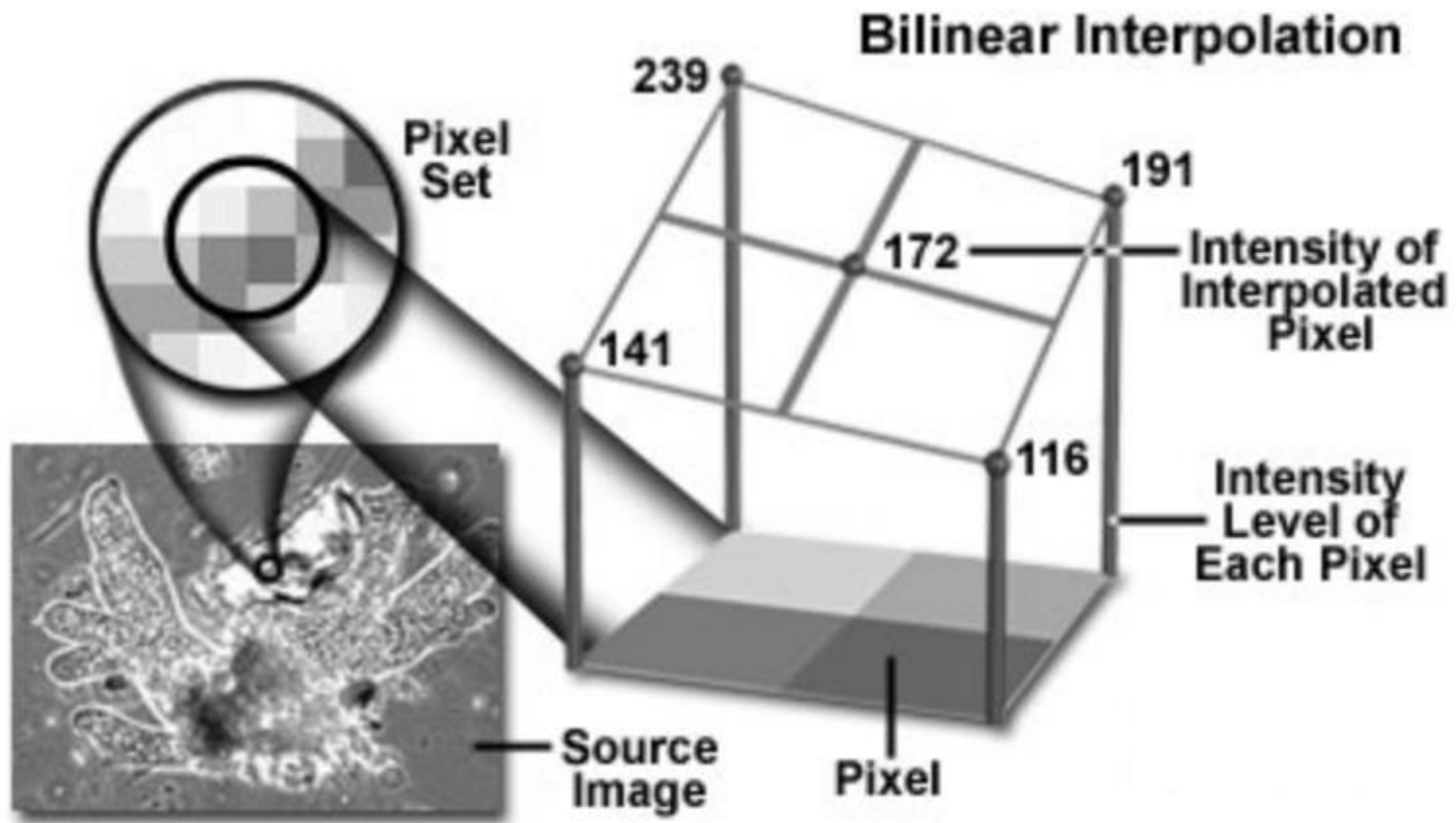
- Substitua:

- $a = (f(i,j) + f(i,j+1)) / 2$
- $e = (f(i+1,j) + f(i+1,j+1)) / 2$
- $b = (f(i,j) + f(i+1,j)) / 2$
- $d = (f(i,j+1) + f(i+1,j+1)) / 2$
- $c = (f(i,j) + f(i,j+1) + f(i+1,j) + f(i+1,j+1)) / 4$



# Interpolação de imagens

► *Interpolação Bilinear:*



# Interpolação de imagens

---

- ▶ O próximo nível de complexidade é a *interpolação bicúbica*, que envolve *dezesesseis vizinhos mais próximos* de um ponto.
- ▶ Geralmente a interpolação bicúbica realiza um papel melhor de *preservar detalhes* que a interpolação bilinear.
- ▶ A interpolação bicúbica é o padrão usado em programas comerciais como *Adobe Photoshop* e *Corel Photopaint*.

# Interpolação de imagens

---



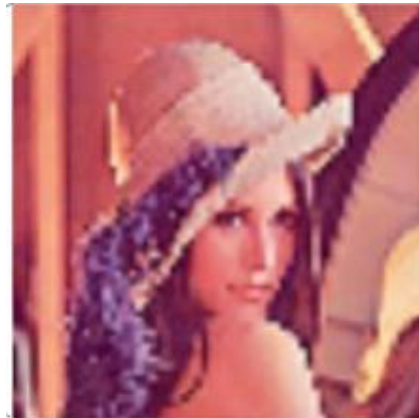
Original



Reduzida



Ampliação vizinho  
mais próximo



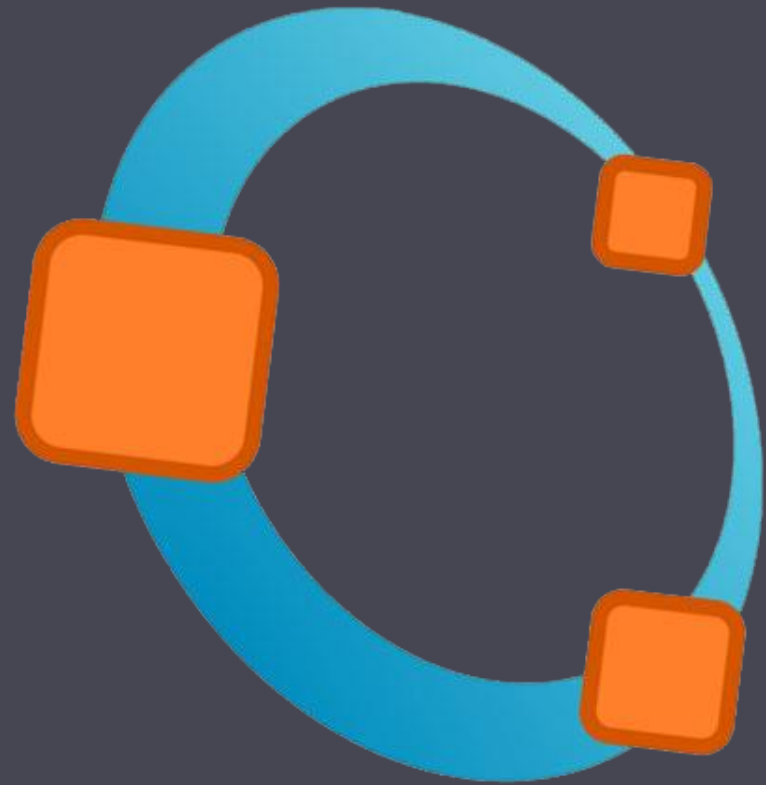
Ampliação  
bilinear



Ampliação  
bicúbica

Imagem: Lena.jpg

## Interpolação



Octave:  
*comando zeros.*

Disponível no SIGAA