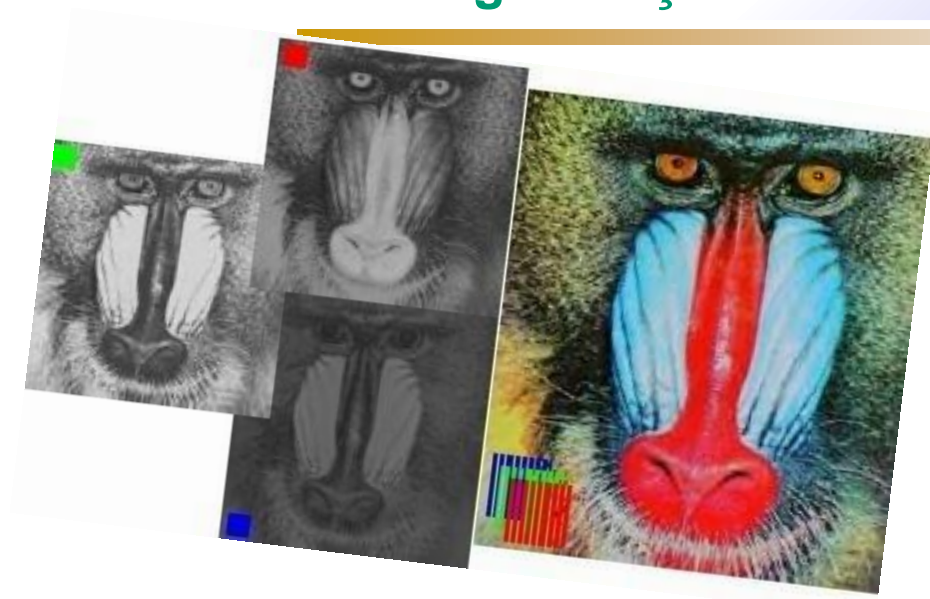


Prof. Dr. Leandro Alves Neves

Pós-graduação em Ciência da Computação



Aula 04

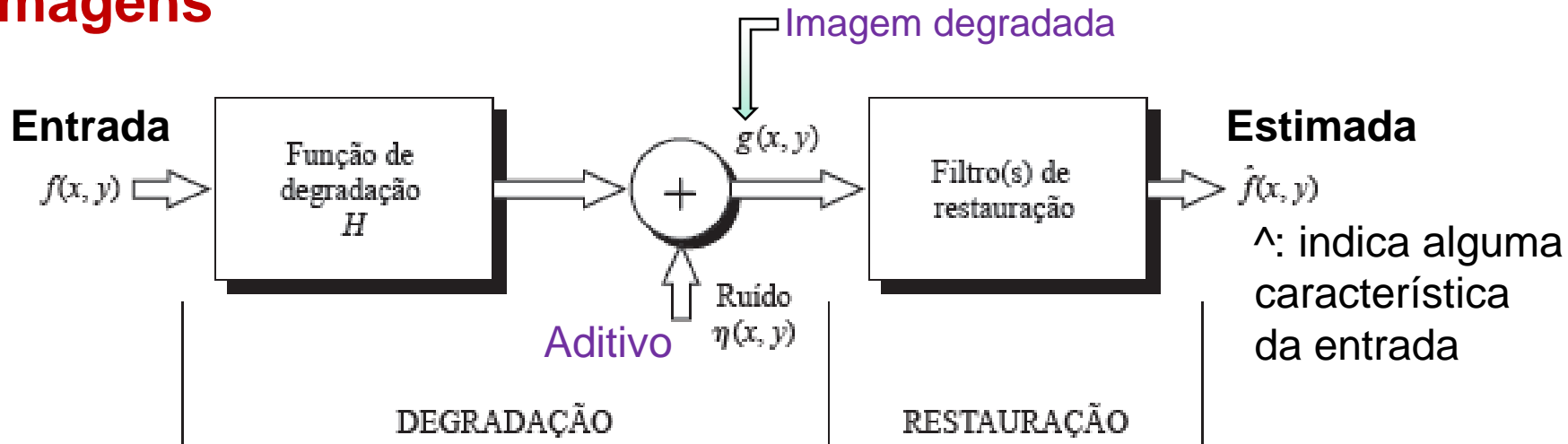
Processamento de Imagens
Digitais

Sumário

- **Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens**
 - **Características**
 - **Função de densidade de probabilidade**
 - **Tipos de Ruído: Uniforme, Impulsivo e Gaussiano**

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

Modelo do processo de degradação/restauração de imagens



Quanto mais sabemos sobre H e η , mais próximo $\hat{f}(x, y)$ estará de $f(x, y)$

H: processo linear e invariante no espaço, imagem degradada no domínio espacial

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$$

- $h(x, y)$: representação espacial da função de degradação;
- *, indica convolução.

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

■ Modelo do processo de degradação/restauração de imagens

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y) \quad \text{domínio espacial}$$

□ Convolução é análoga à multiplicação no domínio da frequência

□ Logo, $G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$ domínio da frequência

- Termos em letras maiúsculas representam as **transformadas de Fourier**

Considerando **H como operador identidade**, temos que
conhecer as **degradações em razão do ruído**

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

- Degradação do sinal, pode ocorrer na etapa de:
 - **Aquisição, transmissão ou processamento**
 - Afeta diretamente o desempenho do sistema
 - **Exemplos de Ruídos**
 - **Ruído de Captura:**
 - Variações na iluminação, temperatura do sensor, ruído elétrico no sensor, não uniformidade do sensor, poeira no ambiente, vibração, distorção da lente, saturação do sensor e subexposição do sensor;
 - **Ruído de Amostragem:**
 - Limitações nas taxas de amostragem e quantização
 - Efeito *Aliasing* (Mascaramento da imagem original).

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

- **Ruído de Processamento:**

- Limitações na **precisão numérica**, overflow de inteiros e **erros de aproximações**;

- **Ruído de Codificação:**

- Remoção de informação visual em decorrência de **processos de compressão** de imagens (conhecido como **artefatos de imagem**)
 - **Detalhes são degradados**

- **Oclusão**

- Objetos são **obscurecidos por outros objetos presentes** na imagem
- Afeta principalmente a etapa de reconhecimento de padrões

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

❑ Observação 1:

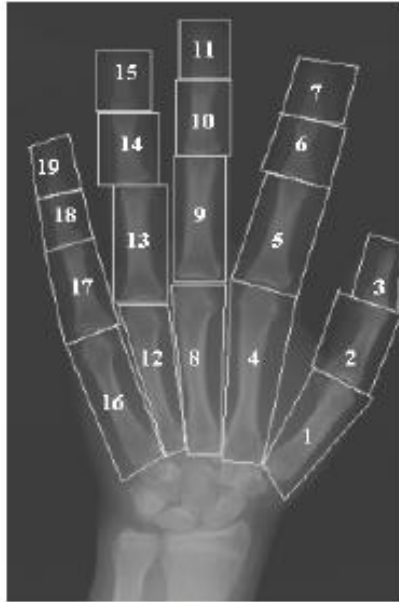
- Modelos considerando o ruído com:
 - ❑ Independência das coordenadas espaciais
 - ❑ Não se correlaciona com a imagem em si (pixels)

❑ Observação 2:

- Pressupostos da observação 1 são parcialmente inválidos em certas aplicações:

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

- **Raios X** (efeitos "heel" e Compton)



(a)



(b)



(c)

Figura 1(a): Imagem original (Tavano 2001). (b): Processamento sem correção do efeito *heel*. (c): Imagem processada após correção do efeito *heel* – Aplicado o Método de Otsu.

Fonte:
https://www.researchgate.net/publication/242170809_O_Efeito_da_Correcao_do_Efeito_Heel_em_Imagens_Radiograficas_da_Mao

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

■ Medicina nuclear

- Isótopos radioativos princípios físicos de interação com as estruturas morfológicas
- Fonte:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001299820300945#fig0003>

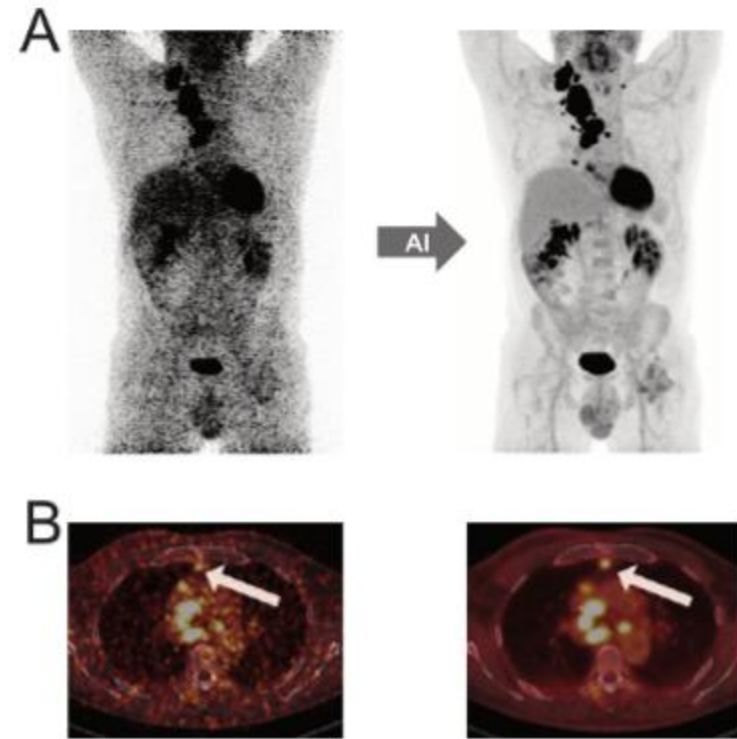
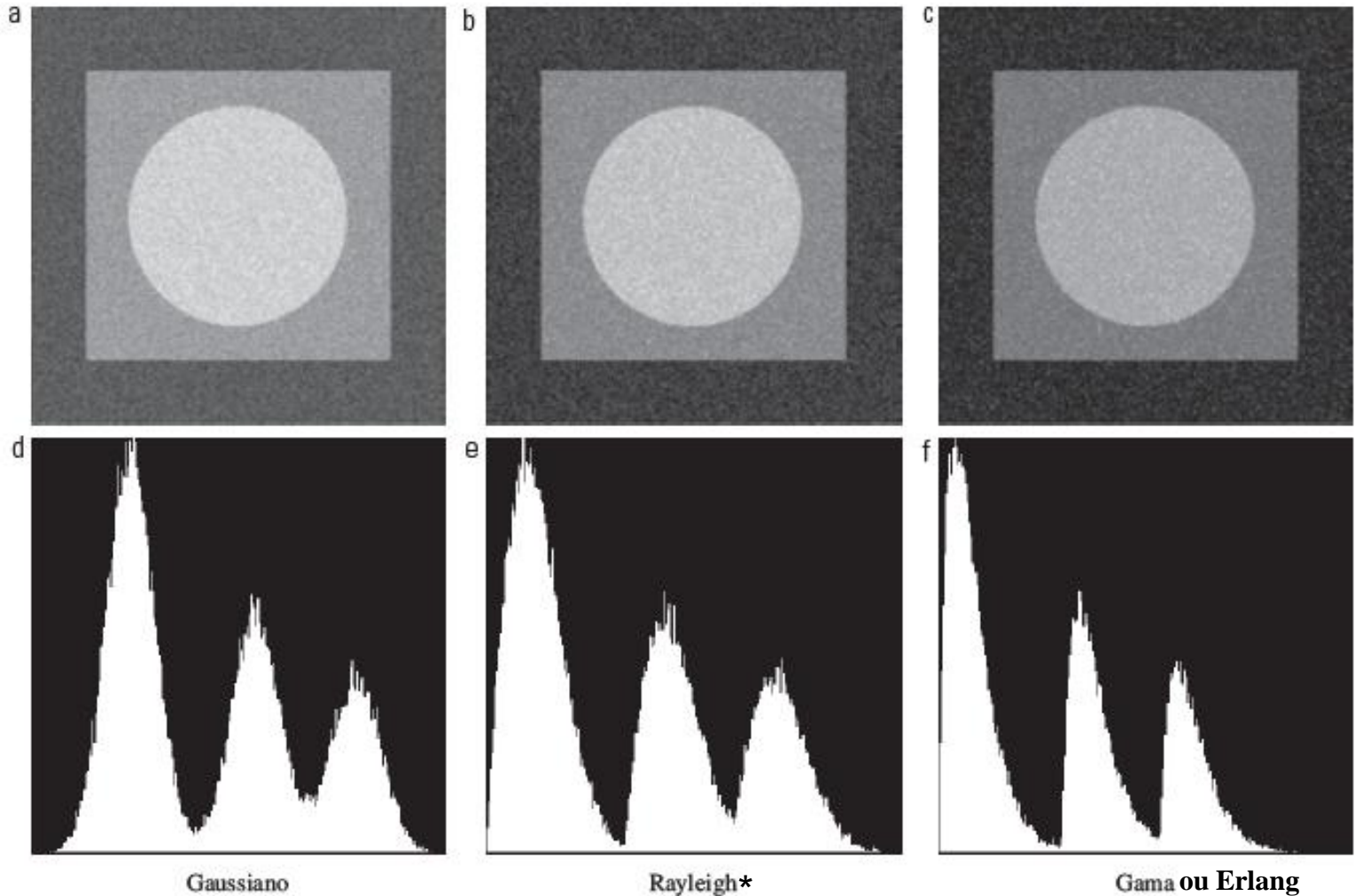


Figure 3 AI for the denoising of PET images. Denoising of FDG-PET imaging might facilitate ultra low-dose image acquisitions. Exemplary case (B cell lymphoma) of an ultra-short emission time FDG-PET is shown as MIP (A) together with the standard acquisition protocol (50 times longer acquisition). AI can be employed to denoise ultra low-dose PET images. Slice-wise visualization shows the impaired lesion detectability in the low-dose acquisition (B, arrow).

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

- ❑ Considerando a observação 1 e **H como operador identidade**:
 - Ruído em imagens pode ser observado a partir de uma **função de densidade de probabilidade**
 - ❑ **Uniforme**, Exponencial, **Impulsivo**, Gama, **Gaussiano** e outros
- Representação
 - ❑ Uma **variável aleatória z** (nível de cinza)
 - ❑ Uma **função de densidade** de probabilidade **$p(z)$**

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens



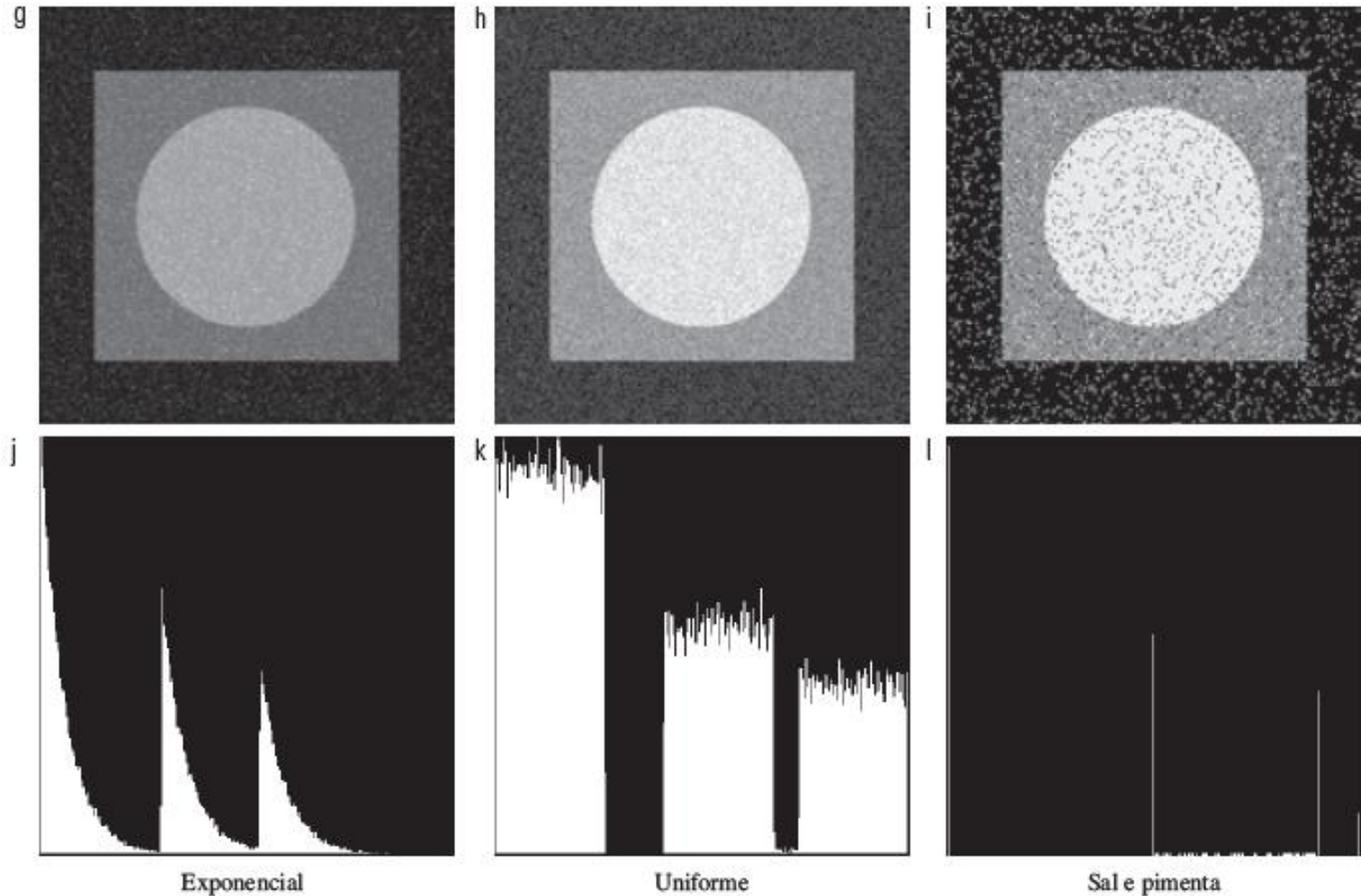
Imagens baseadas em laser

* Ocorre em RMN e imagens capturadas embaixo da água

* Homenagem a **Lord Rayleigh**. Dispersão da luz ou qualquer outra **radiação eletromagnética** por partículas muito **menores que o comprimento de onda dos fótons** dispersados (Razão pela qual o céu é azul):

https://pt.wikipedia.org/wiki/Dispers%C3%A3o_de_Rayleigh).

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens



Caso especial de Gama

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

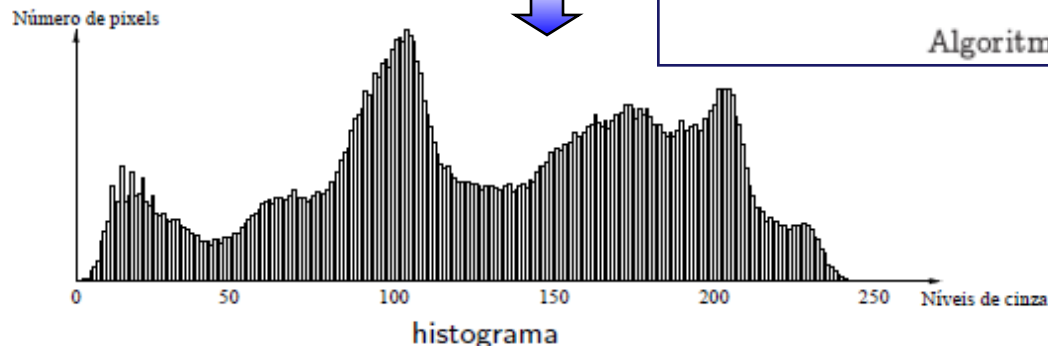
■ Definição de Histograma

- Frequência de uma ocorrência

$$H = \sum_{i=1}^{L_{\max}} m_i, \quad m_i : \text{função que conta o número de ocorrências } i;$$

L_{\max} : total de intervalos;

Caso 2D



Cálculo do histograma de uma imagem

```

1 // atribuir valor zero a todos os elementos do vetor
2 para i = 0 até Lmax faça
3     H[i] ← 0
4
5 // calcular distribuição dos níveis de cinza para cada pixel
6 // da imagem
7 para x = 0 até M - 1 faça
8     para y = 0 até N - 1 faça
9         H[f(x, y)] ← H[f(x, y)] + 1
  
```

Algoritmo 4.1: Cálculo do histograma de uma imagem.

Histograma não tem informação
posicional
de pixel na Imagem (Medida
Estatística de 1ª. Ordem) ¹³

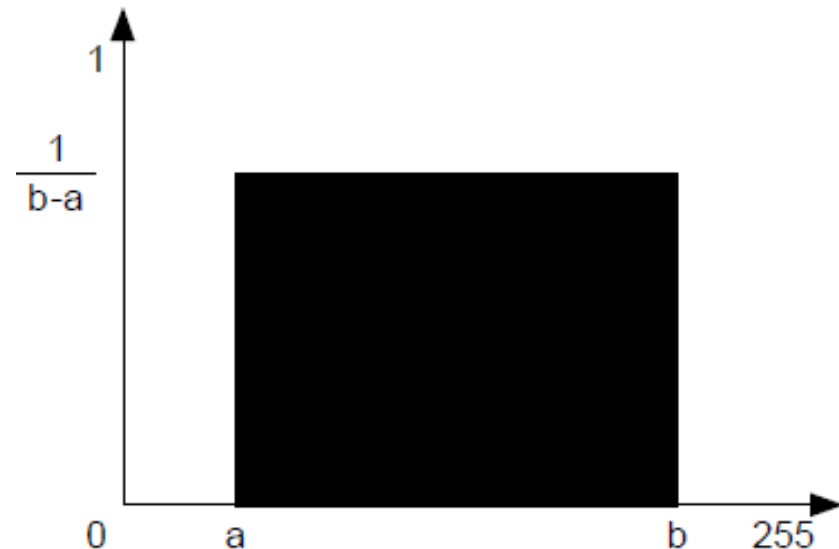
Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

■ Ruído Uniforme: Histograma uniforme

- A probabilidade de um valor de ruído ter tons de cinza entre a e b é:
 - $1/(b-a)$, para $a \leq z \leq b$;
 - Fora desta faixa é 0

■ Exemplo, $a = 100$ e $b = 200$:

- Ruído uniforme no intervalo de 100 a 200
- Cada valor de nível de cinza tem a probabilidade de 0,01 (ou 1%).

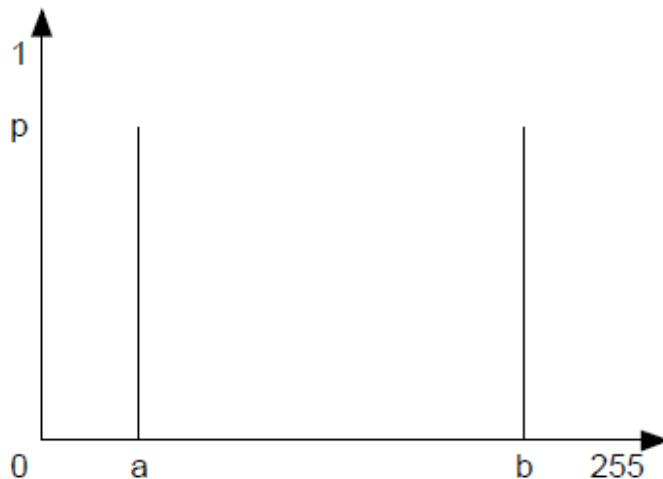


Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

■ Ruído impulsivo

- ❑ Ocorrência aleatória de pixels com valores de luminosidade bem distintos dos vizinhos
- ❑ Processos de Digitalização
- ❑ Exemplo: **sal-e-pimenta** (pixels brancos e pretos, respectivamente)

$$p(z) = \begin{cases} P_a, & \text{para } z = a \\ P_b, & \text{para } z = b \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$



Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

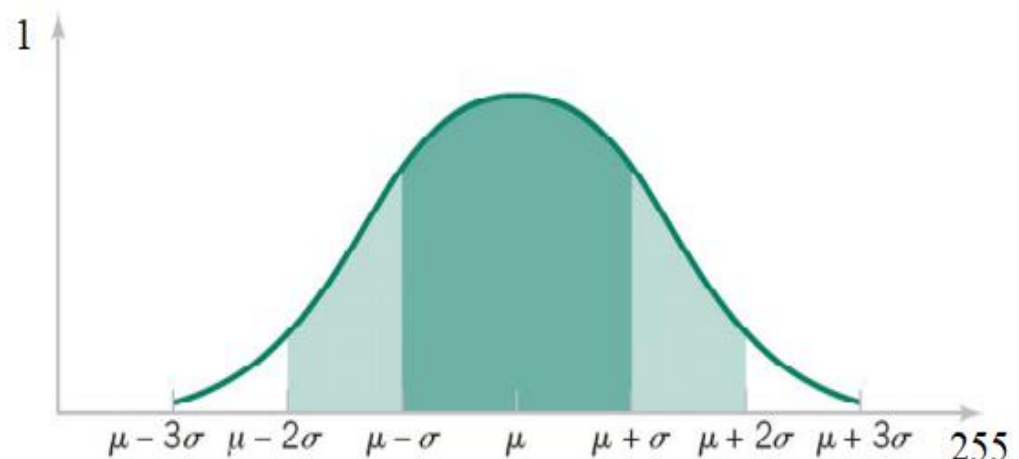
- **Ruído Gaussiano: Histograma Curva Gaussiana**
 - **Modelo que permite descrever a maioria dos ruídos aleatórios em PID**
 - Densidade de probabilidade dada pela curva Gaussiana
 - Pixels com valores de intensidade variando conforme uma Gaussiana

Caso Unidimensional

$$p(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

μ : média;

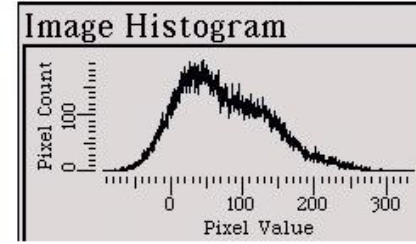
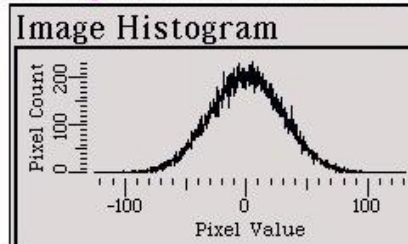
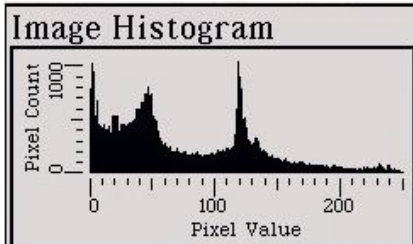
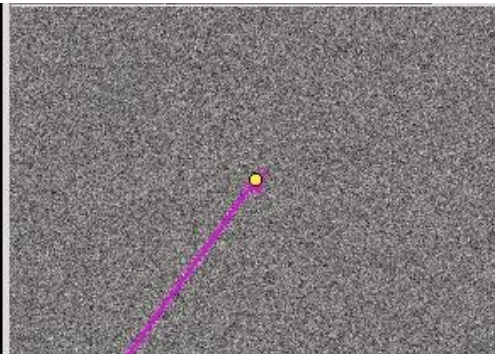
σ : variância (largura do sinal)



($\pi \approx 3,14159...$; número de Euler (e) $\approx 2.71828...$); z , nível de cinza

Restauração: Modelos de Ruídos em Imagens

■ Ruído Gaussiano:



Exercícios

1. Os ruídos sal e pimenta e gaussiano foram apresentados em aula. Explique as funções densidades de outros ruídos que podem ser modelados em uma imagem.
2. Escreva uma programa para reproduzir as imagens apresentadas no slide 19. Considere que as imagens têm dimensões: 256x256 com 256 níveis de profundidade. Caso contrário, use as imagens já disponibilizadas pelo docente.
3. Escreva um programa capaz de fornecer o histograma de uma imagem gerada no exercício 2. Em seguida, aplique sobre cada uma os ruídos aditivos: sal e pimenta; uniforme, gaussiano, *gama* e *poisson* (pesquisar sobre os comportamentos destes dois últimos tipos de ruídos, livro Gonzáles). As distribuições devem ser fornecidas pelo usuário. Após este processo, verifique o resultado obtido em cada imagem indicando possíveis alterações dos histogramas. Cite os tipos de sistemas que podem produzir os tipos de ruídos citados previamente.

Exercícios



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Exercícios

4. Dada a imagem (e) com e sem a presença de ruído gaussiano (exercício 3), compare-as por meio das métricas *erro máximo*, *erro médio absoluto*, *erro médio quadrático*, *raiz do erro médio quadrático*, *erro médio quadrático normalizado* e *coeficiente de Jaccard* para identificar os níveis de similaridades existentes.
- i) Observando os valores obtidos, é possível definir algum comportamento padrão entre as métricas a partir dos ruídos aplicados em cada imagem?
 - ii) Neste cenário, qual métrica permite evidenciar melhor a degradação da imagem em razão da presença de ruído? Justifique sua resposta.
5. Descreva cada etapa para ilustrar o processo de aplicação de ruídos em uma imagem A (5x5), com níveis de cinza definidos aleatoriamente. Para tanto, determine os parâmetros iniciais para produzir uma imagem B (representativa do ruído em questão) e, em seguida, apresente: a) o resultado da função $p(z)$; b) a imagem B representativa do ruído; c) o histograma de B para mostrar a característica do ruído; d) a matriz A após ser degradada por B; e) o histograma do resultado obtido em (d). Esses experimentos devem ser realizados com os ruídos gaussiano e poisson (shot noise) ou salt-and-pepper noise.

PID Referências

1. Pedrini, H., Schwartz, W. R. Análise de Imagens Digitais: Princípios Algoritmos e Aplicações. São Paulo: Thomson Learning, 2008.
Leitura: Capítulo 2, tópicos 2.9 e 2.10
2. González, R. C., Woods, R. E. Processamento de Imagens Digitais. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2000.
Leitura: Capítulo 5, tópicos 5.1 e 5.2
3. Marques Filho, O., Vieira Neto, H. Processamento Digital de Imagens, Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

