

SCC0251

Processamento de Imagens

Restauração de Imagens

Professora Leo Sampaio Ferraz Ribeiro



Slide para não esquecer de passar a lista



Júpiter - Sistema de Gestão Acadêmica da Pró-Reitoria de Graduação

Lista de Presença

Unidade: 55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Disciplina: SCC0251 Processamento de Imagens

Turma: 2025101 - Teórica

Período: 24/02/2025 - 07/07/2025

Disciplina COM 2ª Avaliação.

Horário

Prof(a).

qua 08:10 09:50

Leo Sampaio Ferraz Ribeiro

sex 08:10 09:50

Leo Sampaio Ferraz Ribeiro

NºUSP	Ingr.	Curso	Nome	dia _/_/_	dia _/_/_	dia _/_/_
14712657	28/02/2024	55041	Allan Vitor de Souza Silva	_____	_____	_____
13687196	11/02/2022	55071	Amabile Pietrobon Ferreira	_____	_____	_____
13687108	23/02/2022	55090	Arthur Hiratsuka Rezende	_____	_____	_____
12691964	13/03/2023	55041	Arthur Pin	_____	_____	_____
13671532	11/02/2022	55041	Arthur Queiroz Moura	_____	_____	_____
12745212	03/05/2021	97001	Asafe Henrique de Oliveira Franca	_____	_____	_____
12542481	16/04/2021	55041	Bernardo Maia Coelho	_____	_____	_____
12733212	29/04/2021	55041	Bernardo Rodrigues Tameirao Santos	_____	_____	_____
14745682	13/03/2023	55071	Bruno Batista Pereira da Silva	_____	_____	_____
13672220	25/03/2022	55041	Camila Donda Ronchi	_____	_____	_____
12542630	18/03/2021	55041	Carlos Filipe de Castro Lemos	_____	_____	_____
14746015	24/02/2025	55090	Diego Gladcheff Munhoz	_____	_____	_____
12556973	25/02/2022	55041	Eduarda Fritzen Neumann	_____	_____	_____
14568142	27/01/2023	55090	Enzo Castelo Branco Biondi	_____	_____	_____
13781841	07/03/2022	55041	Enzo Yasuo Hirano Harada	_____	_____	_____
12547423	13/03/2023	55041	Fabricao Sampaio	_____	_____	_____

Obtendo imagens melhores

Problema — melhorar a qualidade visual de imagens

Obtendo imagens melhores

Problema — melhorar a qualidade visual de imagens

Melhoria x Restauração

Obtendo imagens melhores

Problema — melhorar a qualidade visual de imagens

Melhoria x Restauração

Melhoria

método subjetivo, supostamente melhora qualidade da imagem

Restauração

método objetivo, baseado em conhecimento prévio sobre o modelo de degradação

Obtendo imagens melhores

Problema — melhorar a qualidade visual de imagens

Melhoria x Restauração

Melhoria

método subjetivo, supostamente melhora qualidade da imagem

Restauração

método objetivo, baseado em conhecimento prévio sobre o *modelo de degradação*

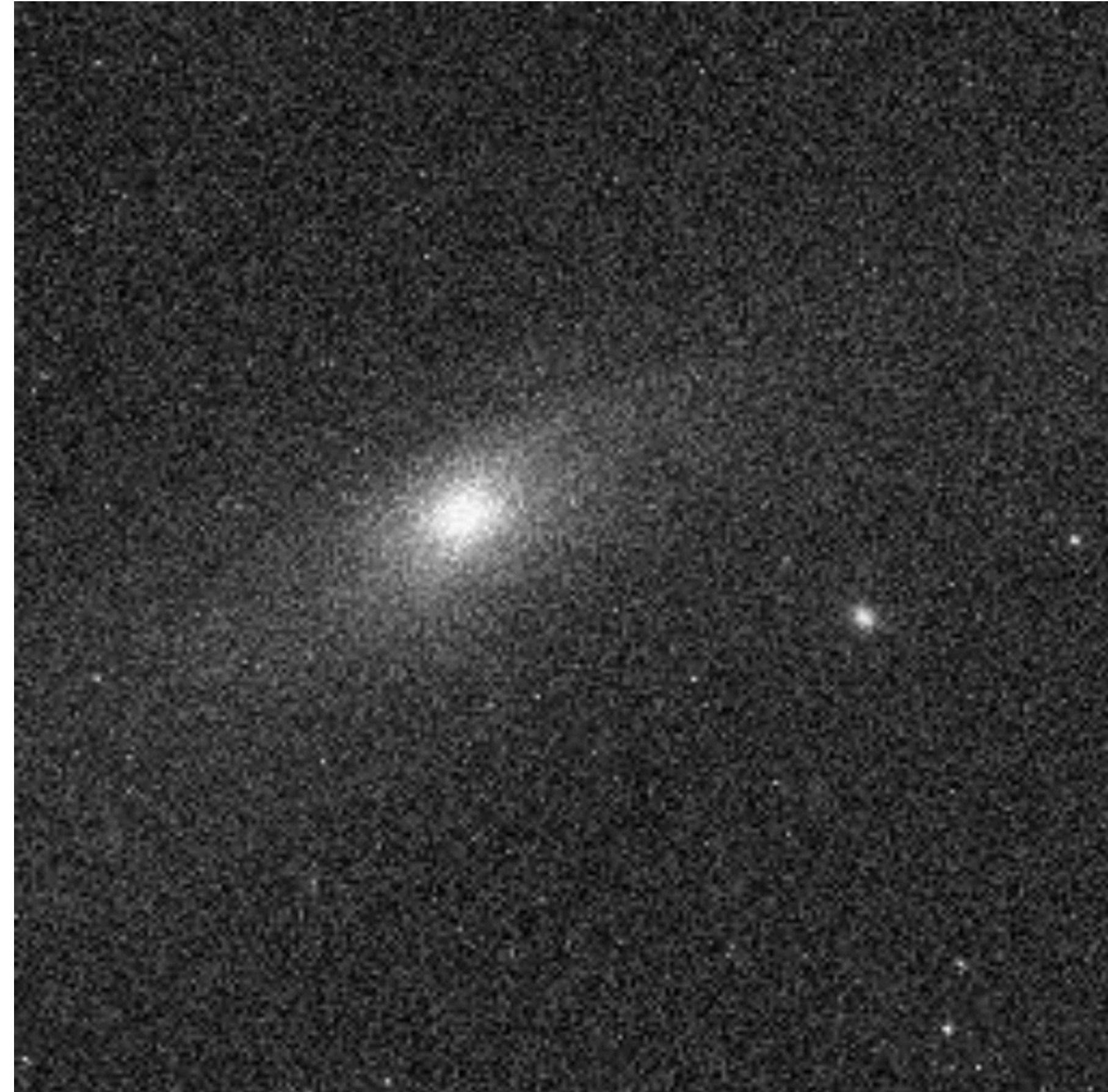
Degradação: Blur



Degradação: Motion Blur



Degradação: ruído



Degradação: ruído e blur



Problema

$$g(\mathbf{x}) = \mathcal{N} \{ f(\mathbf{x}) * h(\mathbf{x}) \}$$

g — imagem observada

f — imagem ideal

h — função de degradação

g — imagem observada

\mathcal{N} — processo de geração de ruído

Problema

O ruído pode ser aditivo

$$g(\mathbf{x}) = f(x) * h(x) + n(x)$$

g — imagem observada

f — imagem ideal

h — função de degradação

g — imagem observada

\mathcal{N} — processo de geração de ruído

Problema

$$g(\mathbf{x}) = f(x) * h(x) + n(x)$$

A equação captura a ideia de um sistema de imagens:

A imagem é capturada por um sensor através de um **sistema**: microscópio, telescópio, lente da câmera, lente do celular, etc.

$$f(x) * h(x)$$

A **aquisição eletrônica** gera ruído aditivo no processo

$$+n(x)$$

Problema

$$g(\mathbf{x}) = f(x) * h(x) + n(x)$$

A equação captura a ideia de um sistema de imagens:

A imagem é capturada por um sensor através de um **sistema**: microscópio, telescópio, lente da câmera, lente do celular, etc.

$$f(x) * h(x)$$

A **aquisição eletrônica** gera ruído aditivo no processo

$$+n(x)$$

O processo de **restauração** busca encontrar a imagem ideal — sem o impacto do sistema ou da aquisição eletrônica

Fontes de Ruído

A fonte define as características de um ruído. Imagens costumam conter ruído que foi acumulado de fontes diversas

Contagem de Fótons

Térmico

Quantização

Transmissão

Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

A detecção de luz é um processo estatístico modelado por uma distribuição de Poisson

Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

A detecção de luz é um processo estatístico modelado por uma distribuição de Poisson

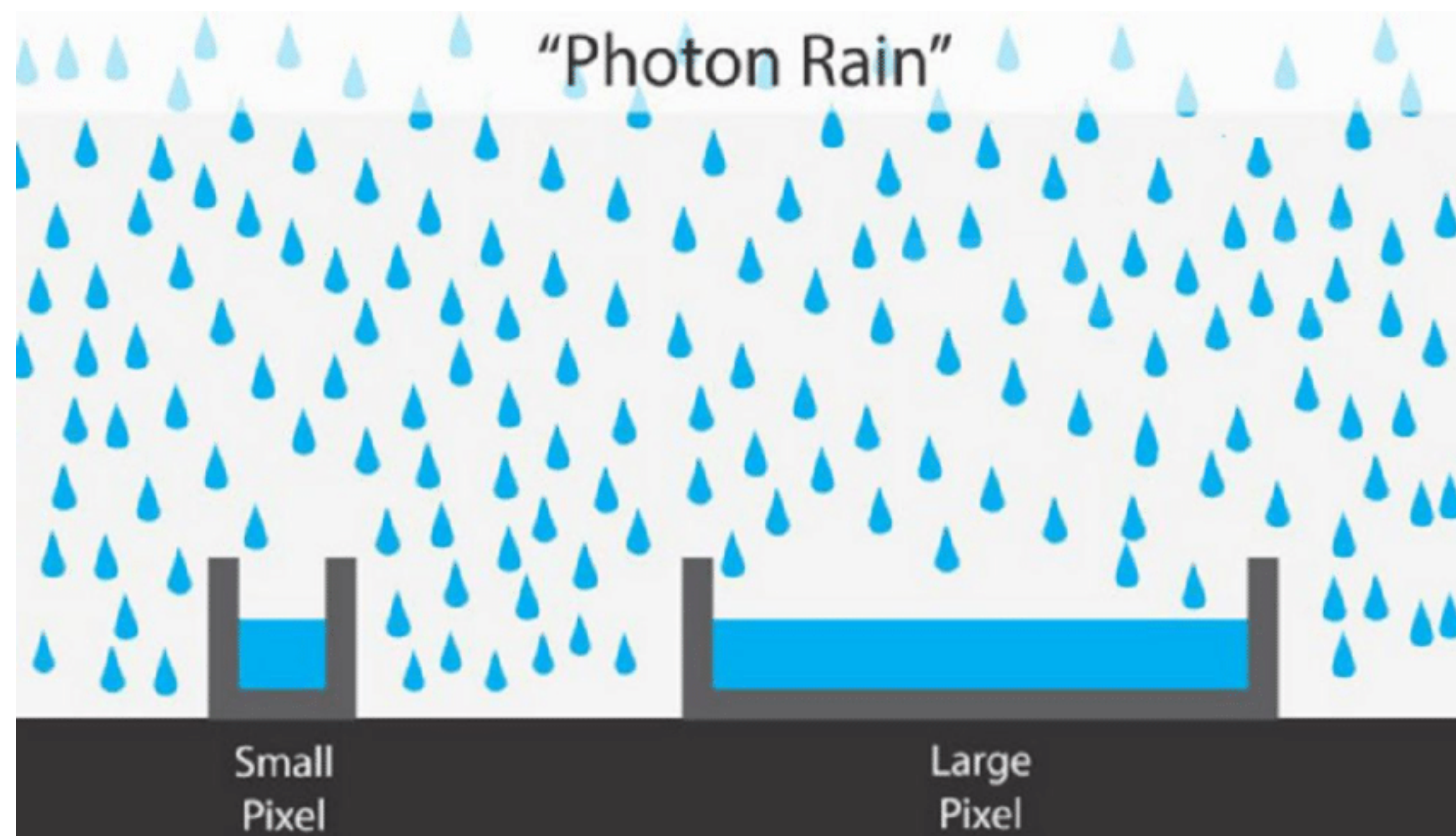
A precisão do sinal é proporcional a média do sinal (quantidade de fótons)

Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

A detecção de luz é um processo estatístico modelado por uma distribuição de Poisson

A precisão do sinal é proporcional a média do sinal (quantidade de fótons)

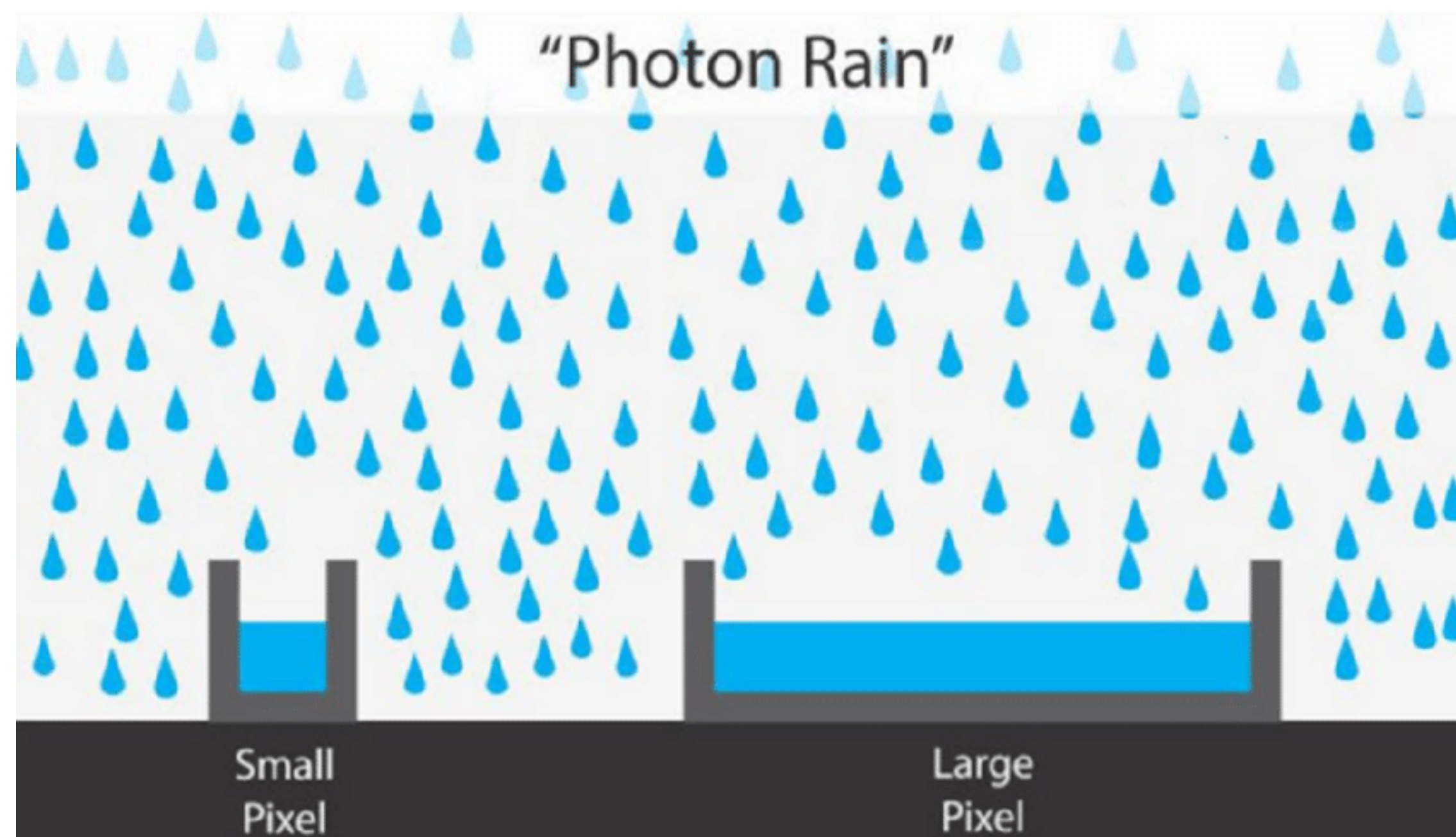


Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

A detecção de luz é um processo estatístico modelado por uma distribuição de Poisson

A precisão do sinal é proporcional a média do sinal (quantidade de fótons)

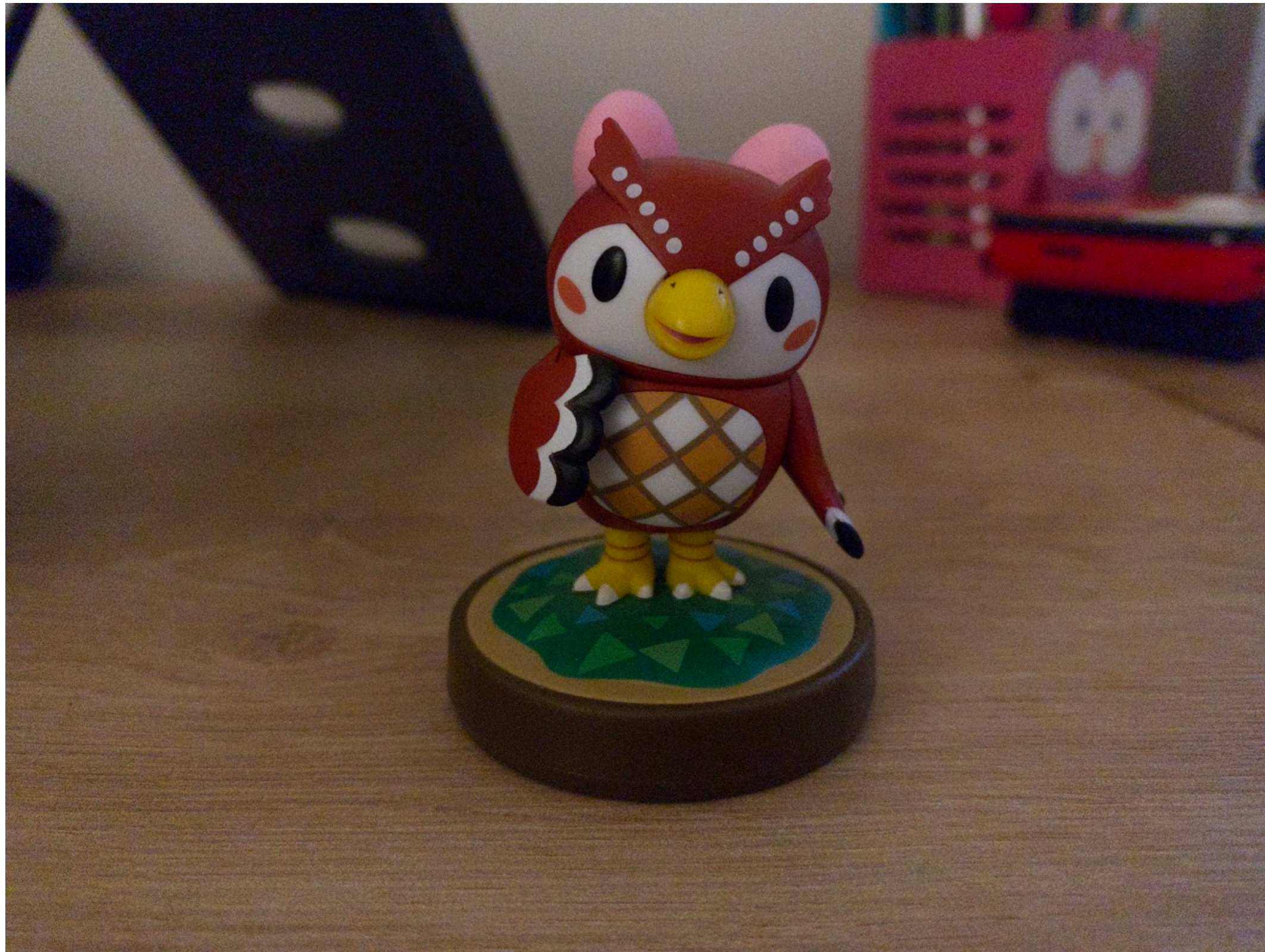


Photons	Noise	NR
9	3	1/3
100	10	1/10
900	30	1/30
10000	100	1/100
90000	300	1/300

Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

Duas câmeras com a mesma quantidade de pixels mas sensores diferentes possuem resultados diferentes



Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

Duas câmeras com a mesma quantidade de pixels mas sensores diferentes possuem resultados diferentes



Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

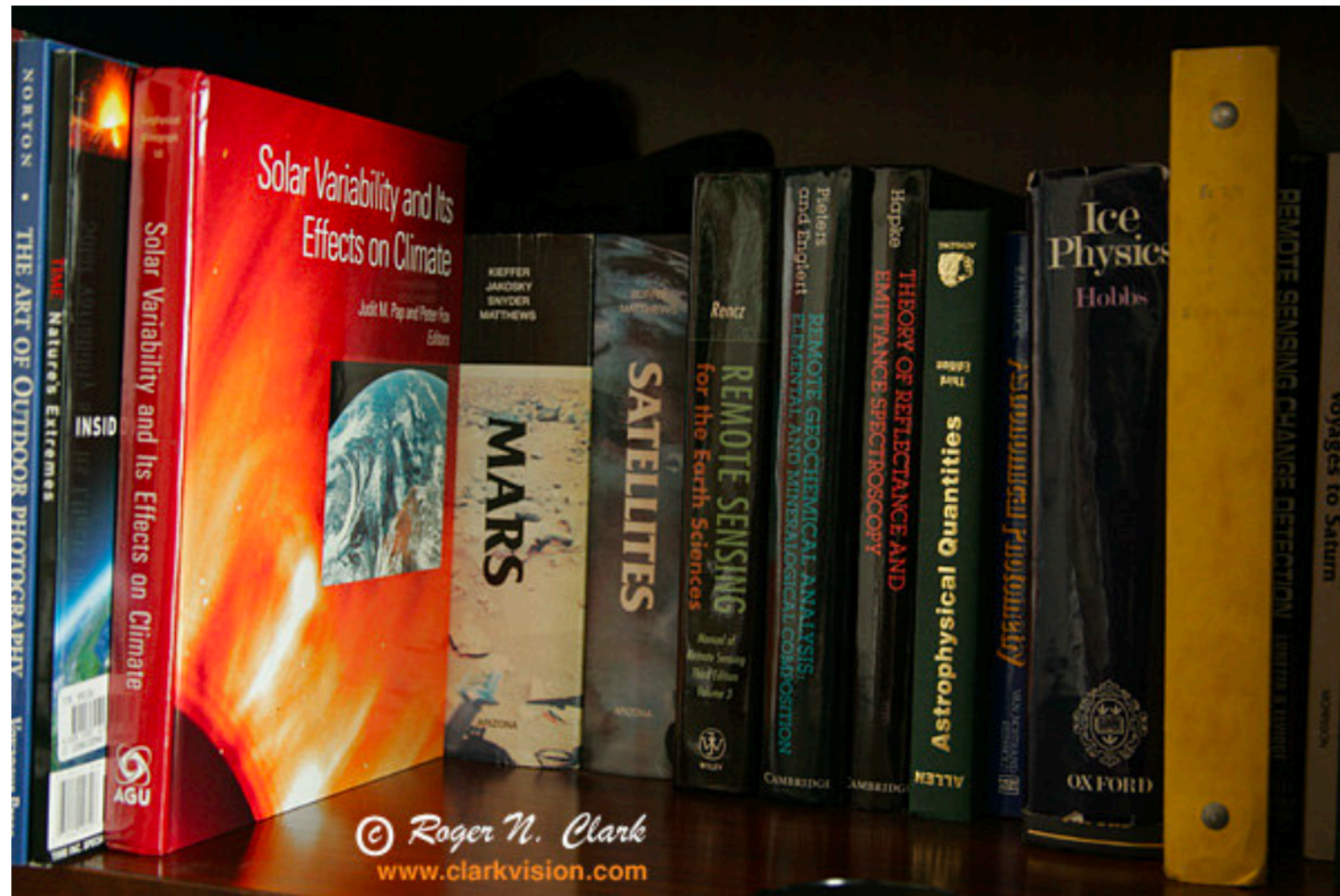
Duas câmeras com a mesma quantidade de pixels mas sensores diferentes possuem resultados diferentes



Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

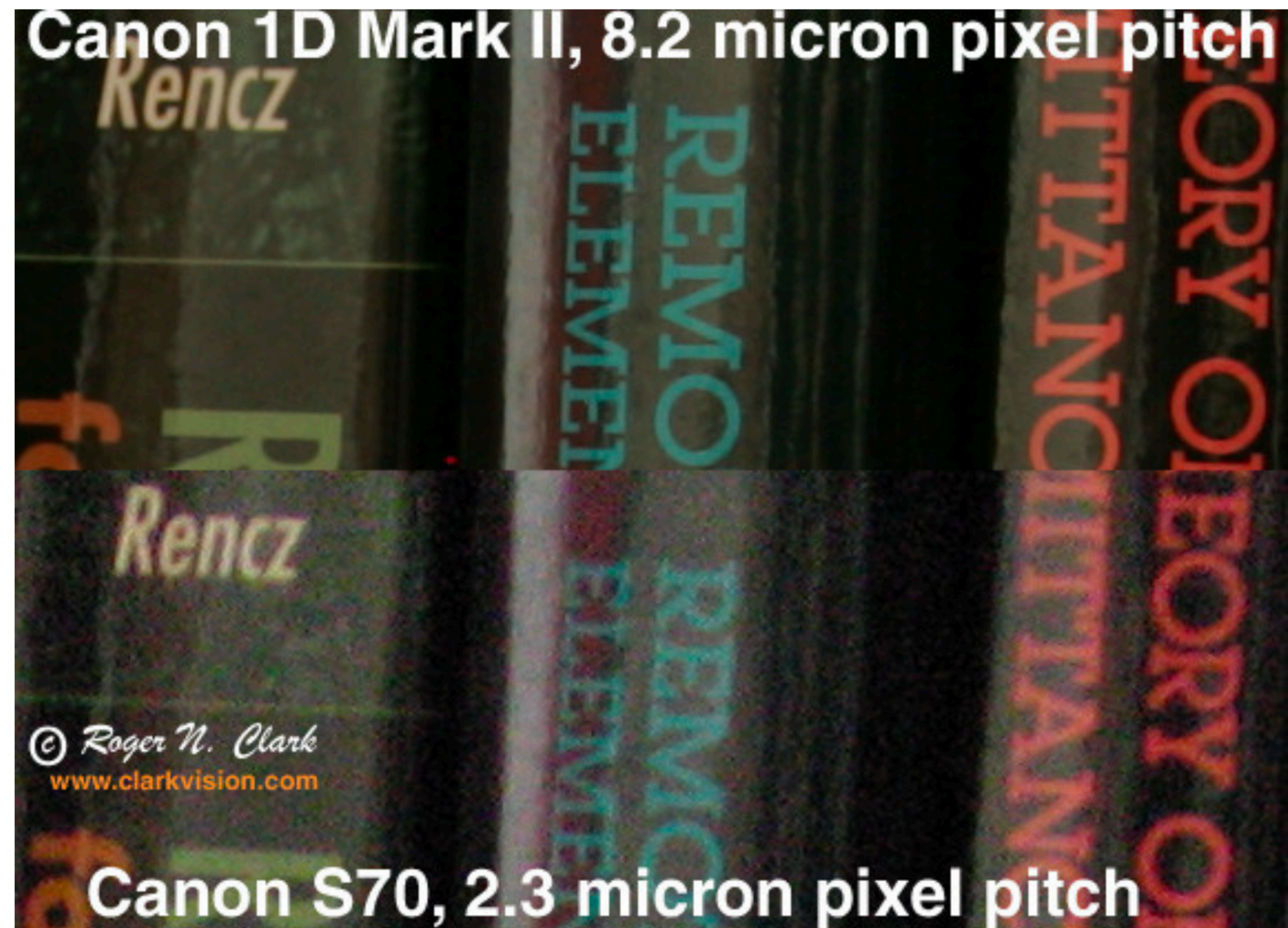
Duas câmeras com a mesma quantidade de pixels mas sensores diferentes possuem resultados diferentes



Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

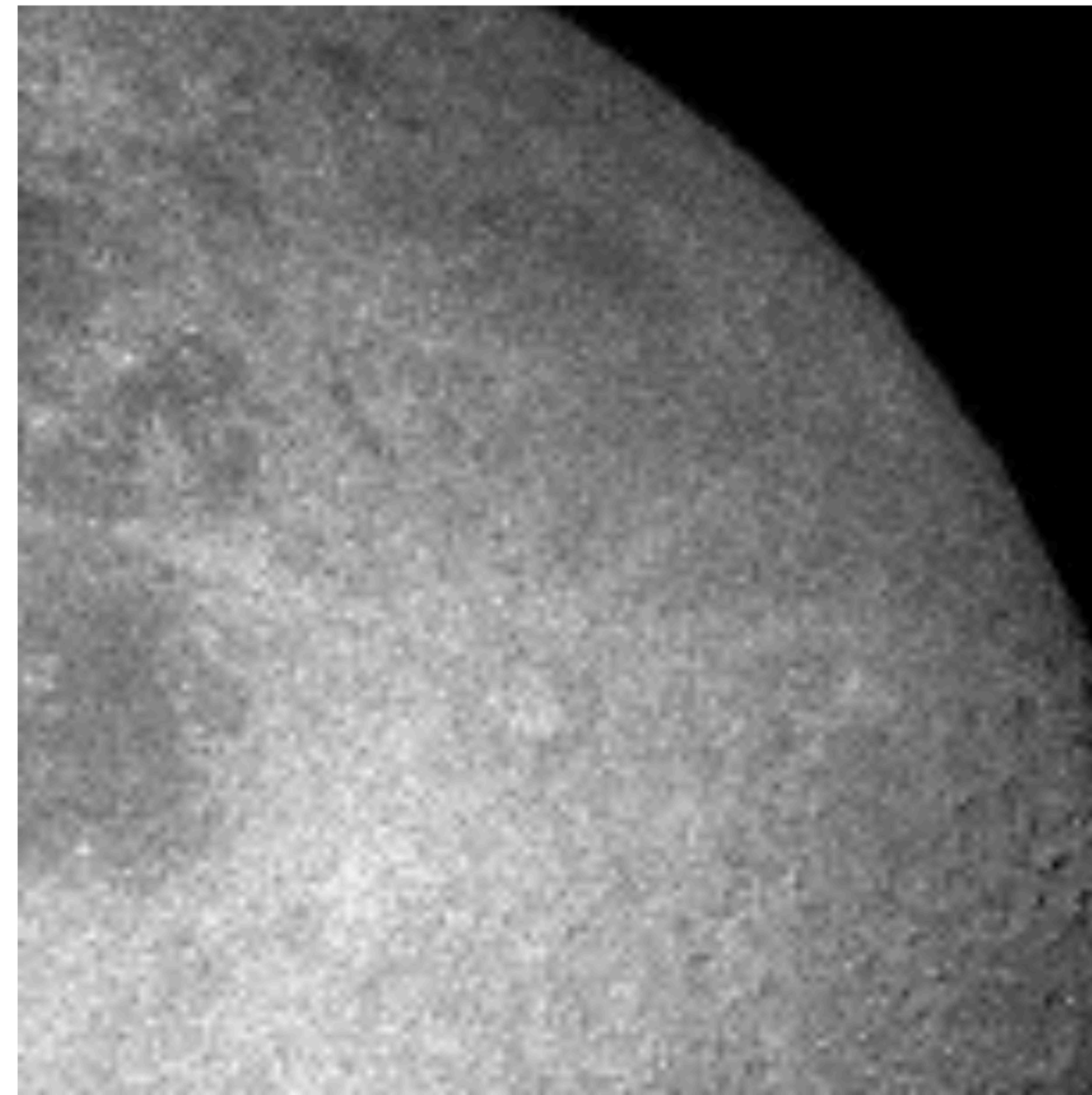
Duas câmeras com a mesma quantidade de pixels mas sensores diferentes possuem resultados diferentes



Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

Duas câmeras com a mesma quantidade de pixels mas sensores diferentes possuem resultados diferentes



Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

A detecção de luz é um processo estatístico modelado por uma distribuição de Poisson

$$g(\mathbf{x}) = \mathcal{P} \{ f(\mathbf{x}) * h(\mathbf{x}) \}$$

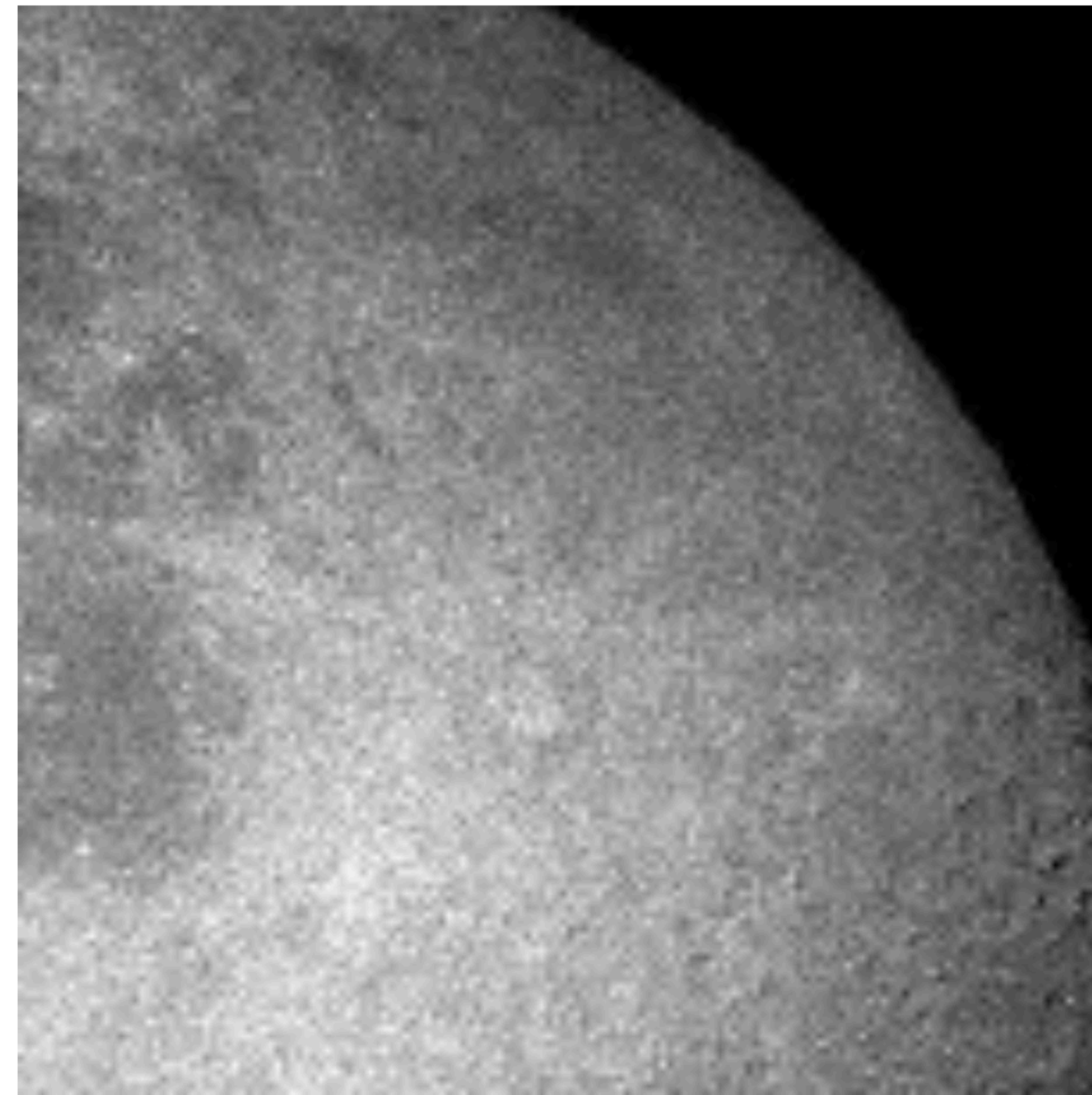
Quando temos boa iluminação e exposição adequada o ruído de contagem pode ser ignorado

$$\mathcal{P}(\lambda) \sim \mathcal{N}(\lambda, \lambda), \quad \text{as } \lambda \rightarrow \infty .$$

Fontes de Ruído

Contagem de Fótons

Duas câmeras com a mesma quantidade de pixels mas sensores diferentes possuem resultados diferentes



Fontes de Ruído

Térmico

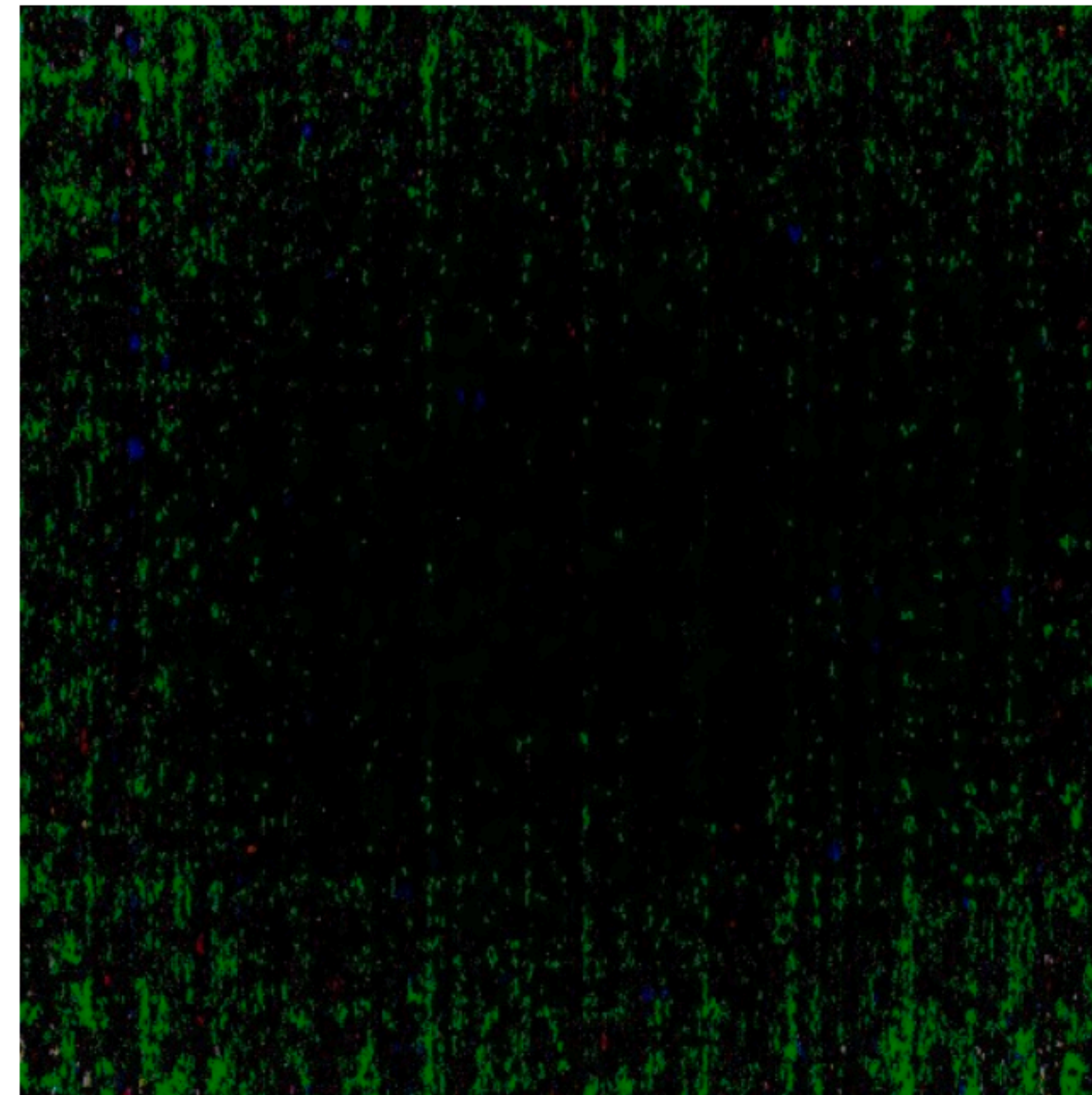
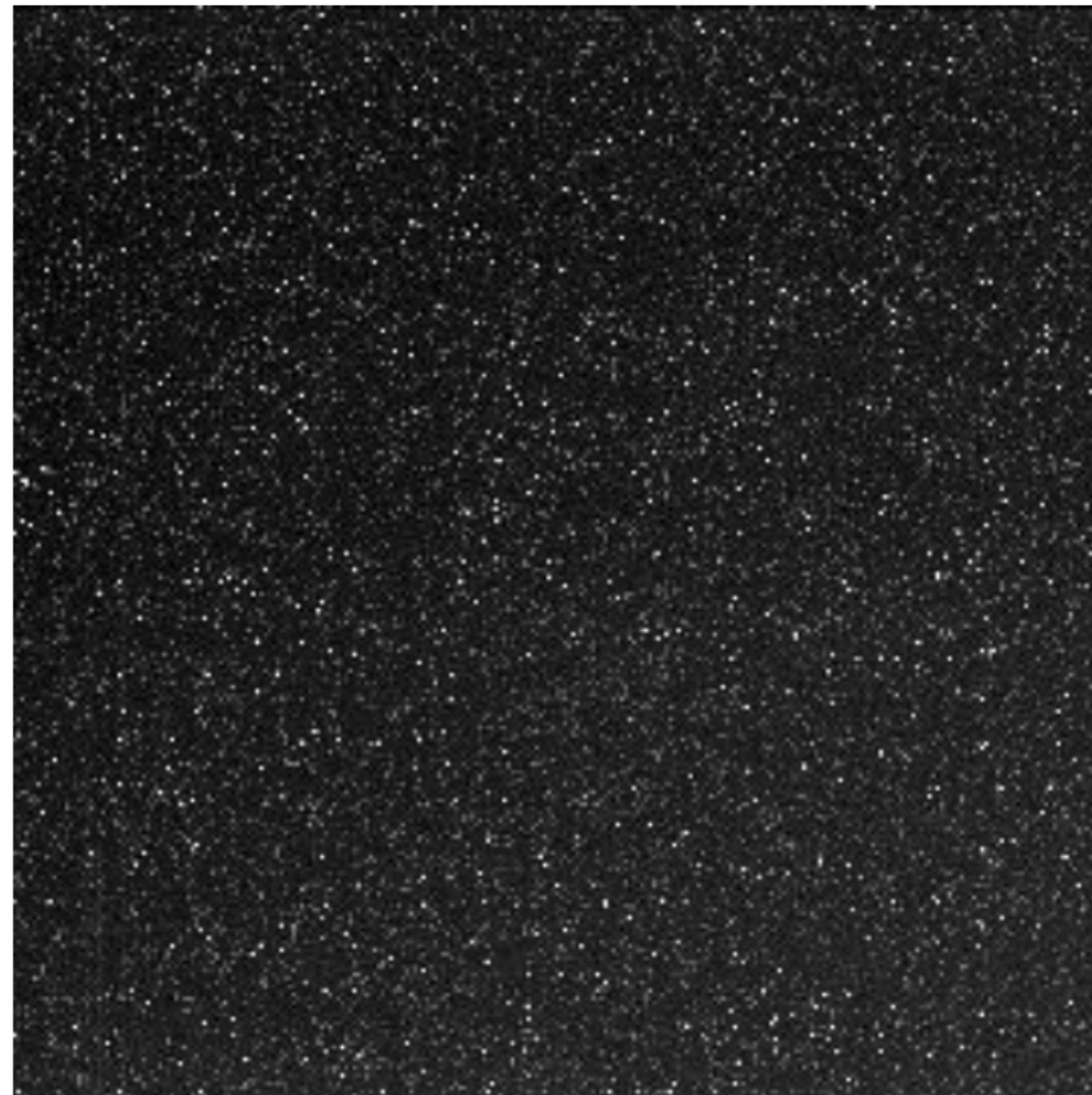
Electrons são gerados quando fótons são detectados. Estes electros variam com a temperatura.

Fontes de Ruído

Térmico

Electrons são gerados quando fótons são detectados. Estes electros variam com a temperatura.

Em geral assumimos que este ruído é gaussiano e aditivo

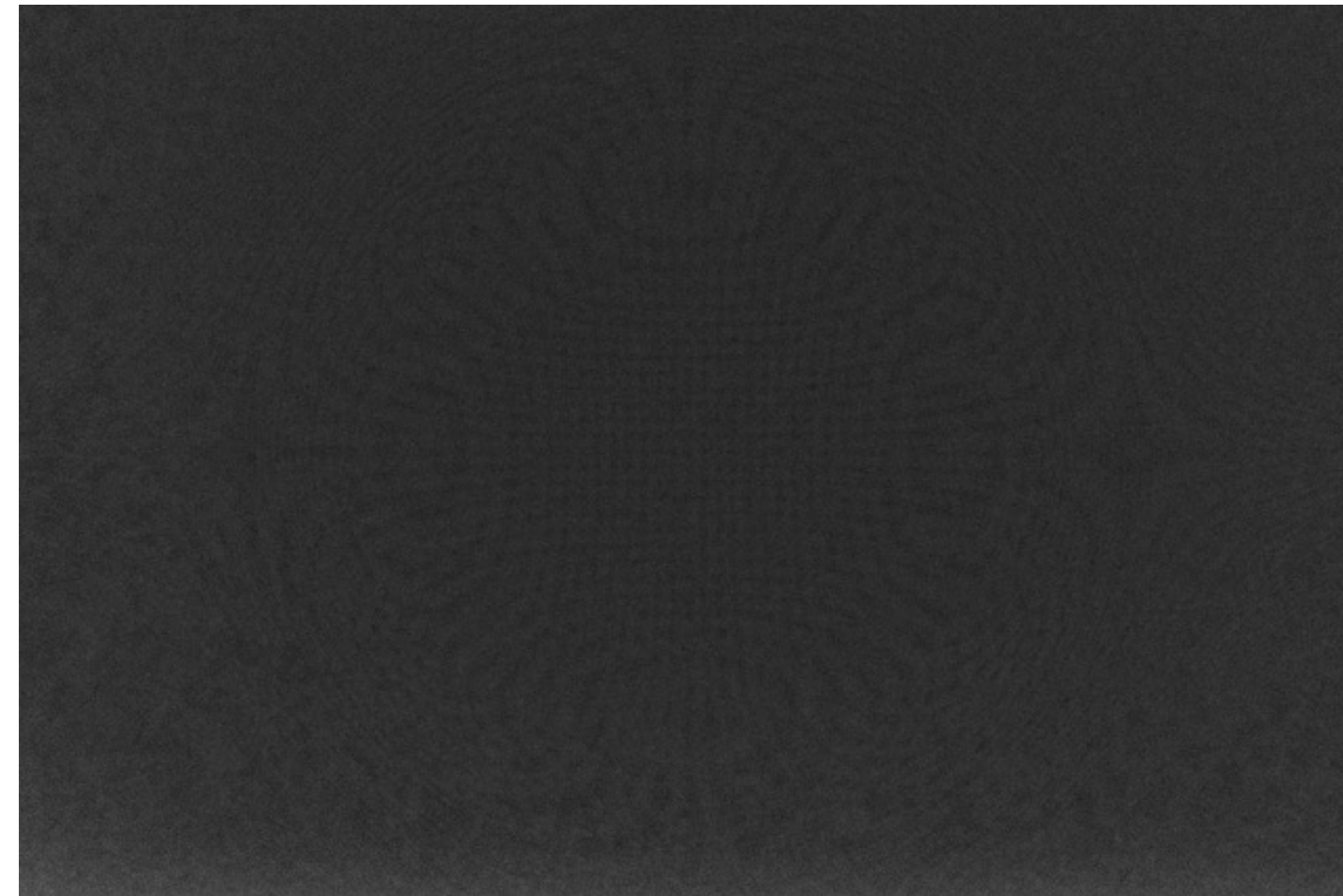


Fontes de Ruído

Térmico

Electrons são gerados quando fótons são detectados. Estes electros variam com a temperatura.

Em geral assumimos que este ruído é gaussiano e aditivo

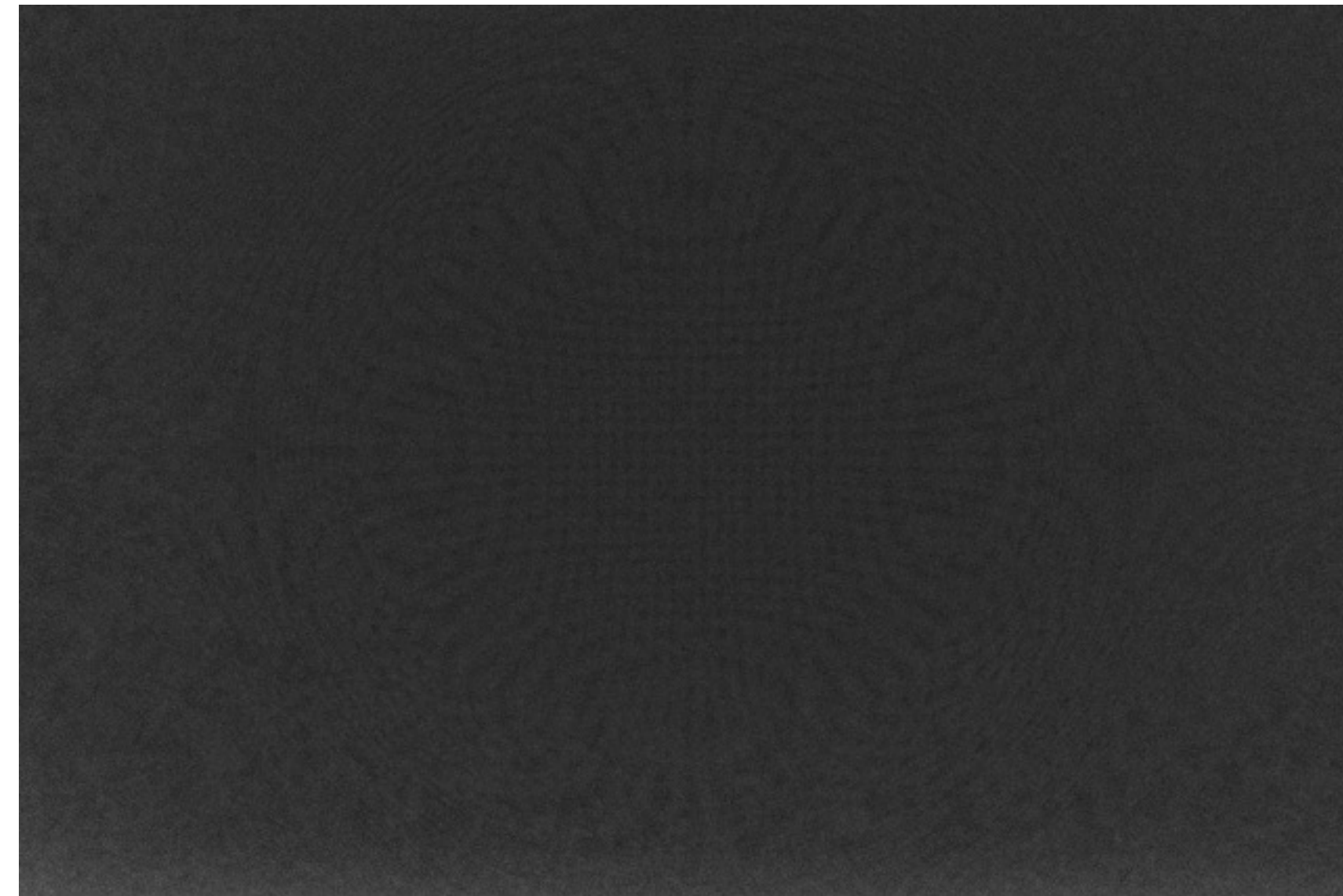


Fontes de Ruído

Térmico

Electrons são gerados quando fótons são detectados. Estes electros variam com a temperatura.

Em geral assumimos que este ruído é gaussiano e aditivo

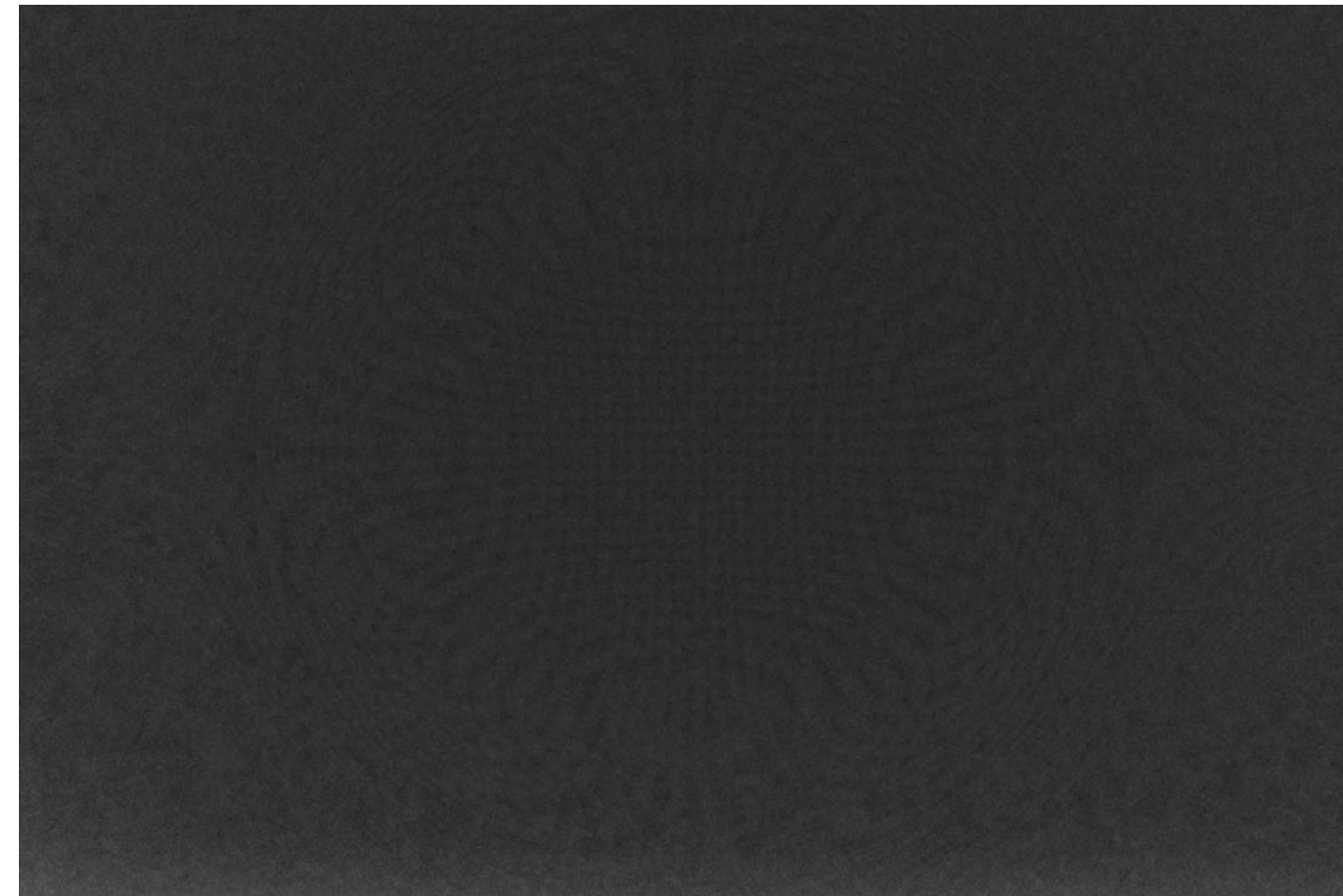


Fontes de Ruído

Térmico

Electrons são gerados quando fótons são detectados. Estes electros variam com a temperatura.

Em geral assumimos que este ruído é gaussiano e aditivo



Fontes de Ruído

Quantização

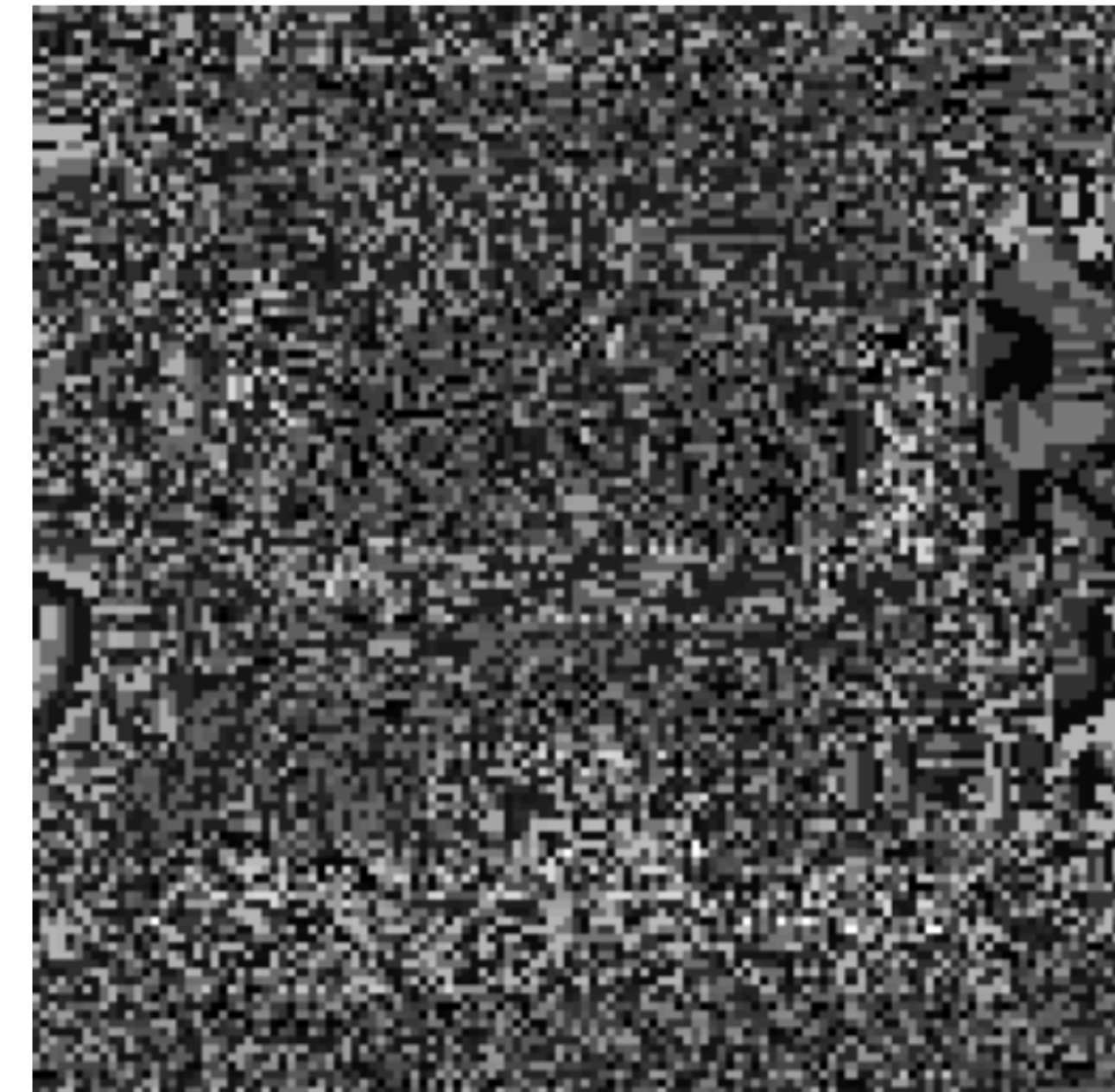
Ruído causado pela quantização de pixels do espaço contínuo para discreto

Fontes de Ruído

Quantização

Ruído causado pela quantização de pixels do espaço contínuo para discreto

Em geral segue uma distribuição uniforme. Se a quantização for muito grande pode se tornar correlacionado ao sinal



Fontes de Ruído

Transmissão

Ruído causado por erros nos bits no momento da escrita ou falha na transmissão

Fontes de Ruído

Transmissão

Ruído causado por erros nos bits no momento da escrita ou falha na transmissão

Resultado é um ruído composto de “pulsos”. Conhecido com sal e pimenta.

Fontes de Ruído

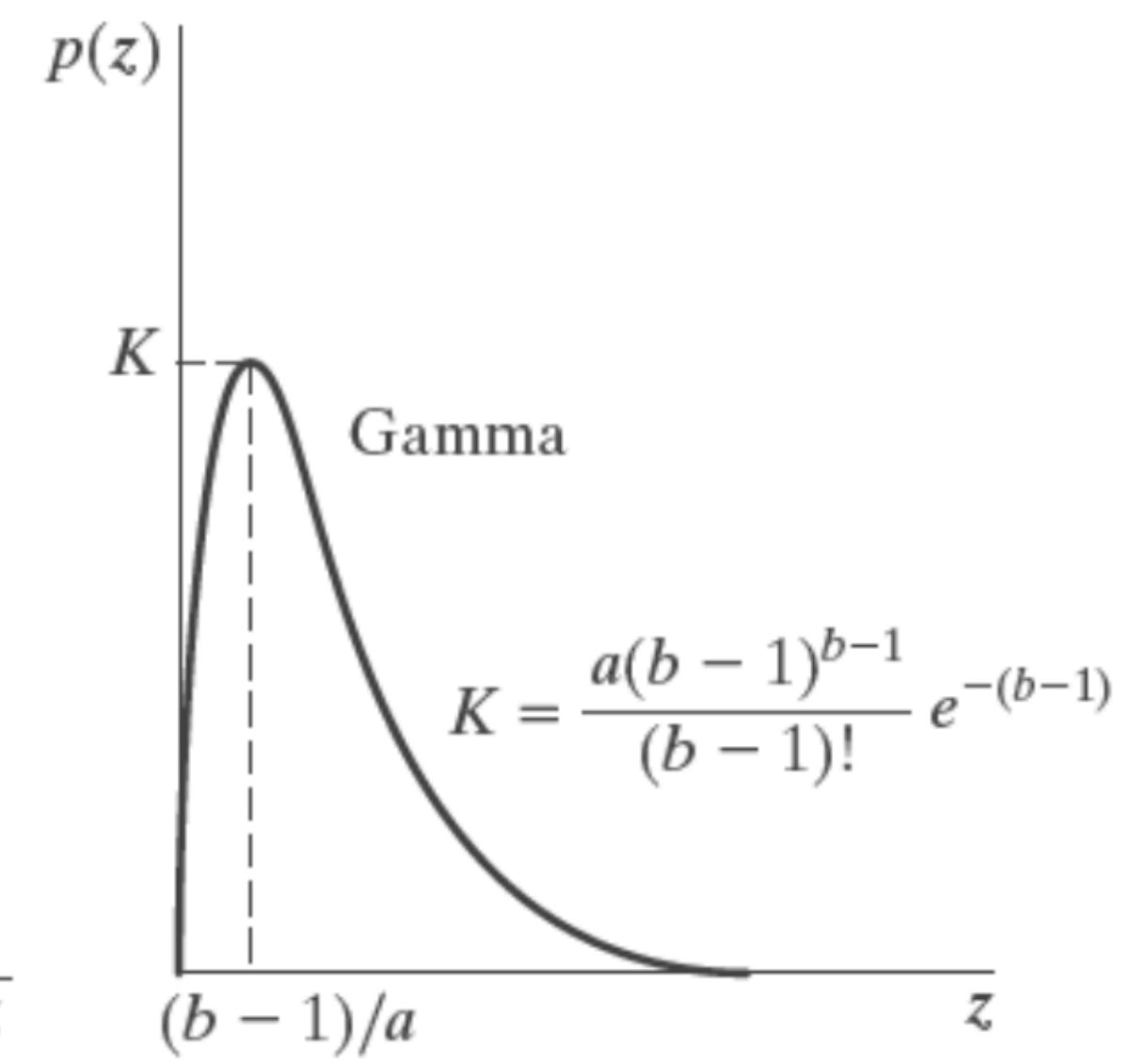
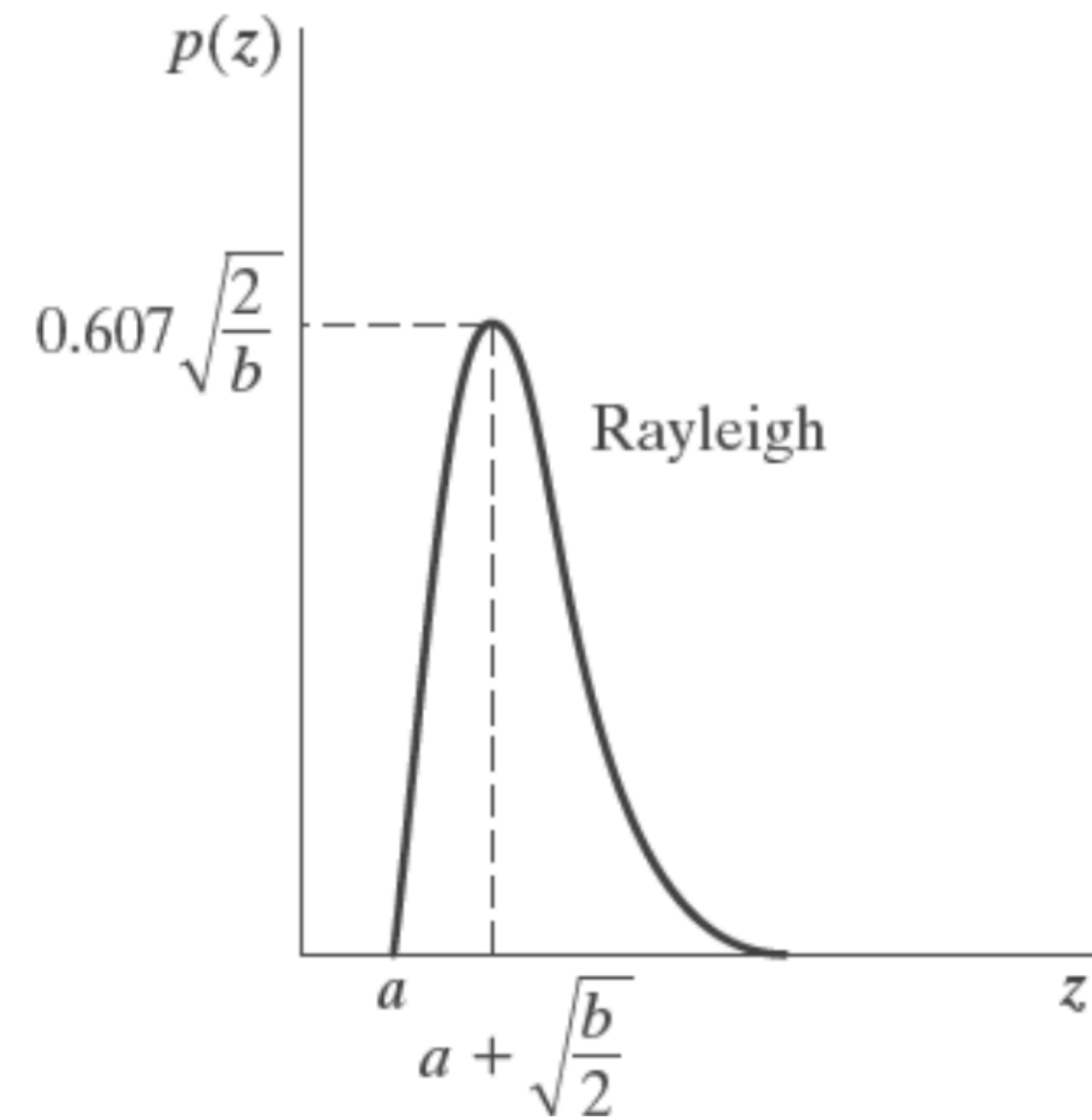
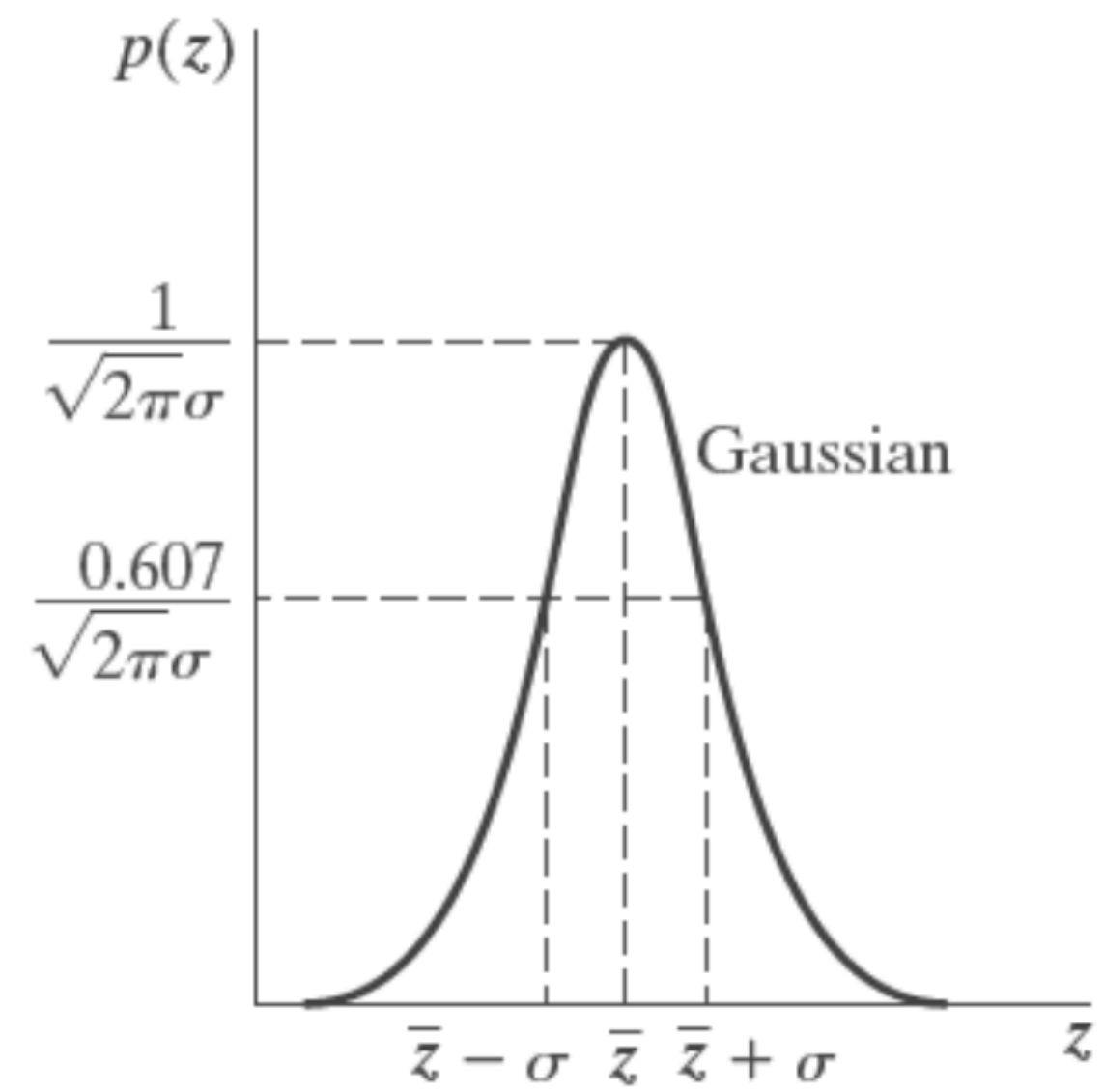
Transmissão

Ruído causado por erros nos bits no momento da escrita ou falha na transmissão

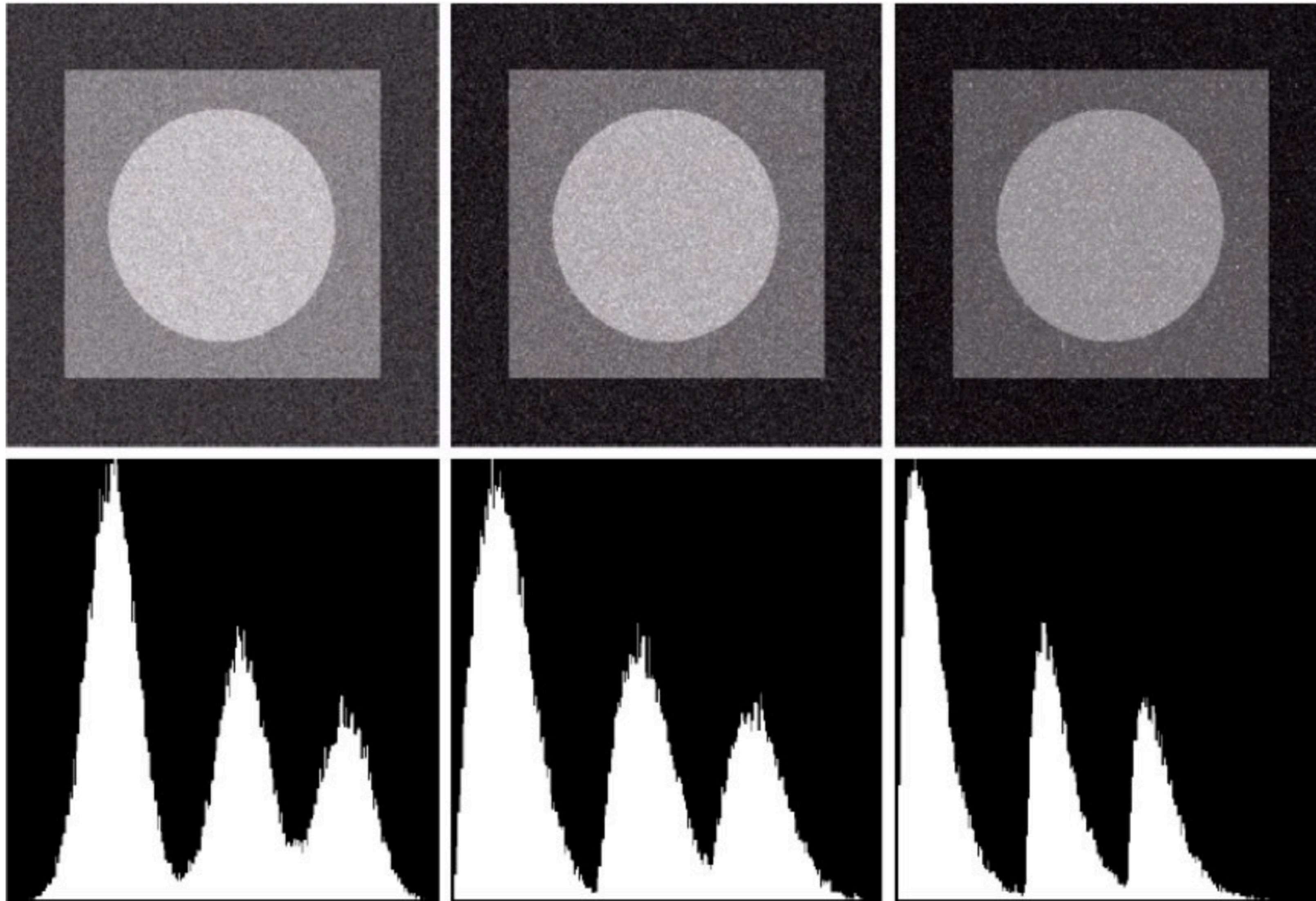
Resultado é um ruído composto de “pulsos”. Conhecido com sal e pimenta.



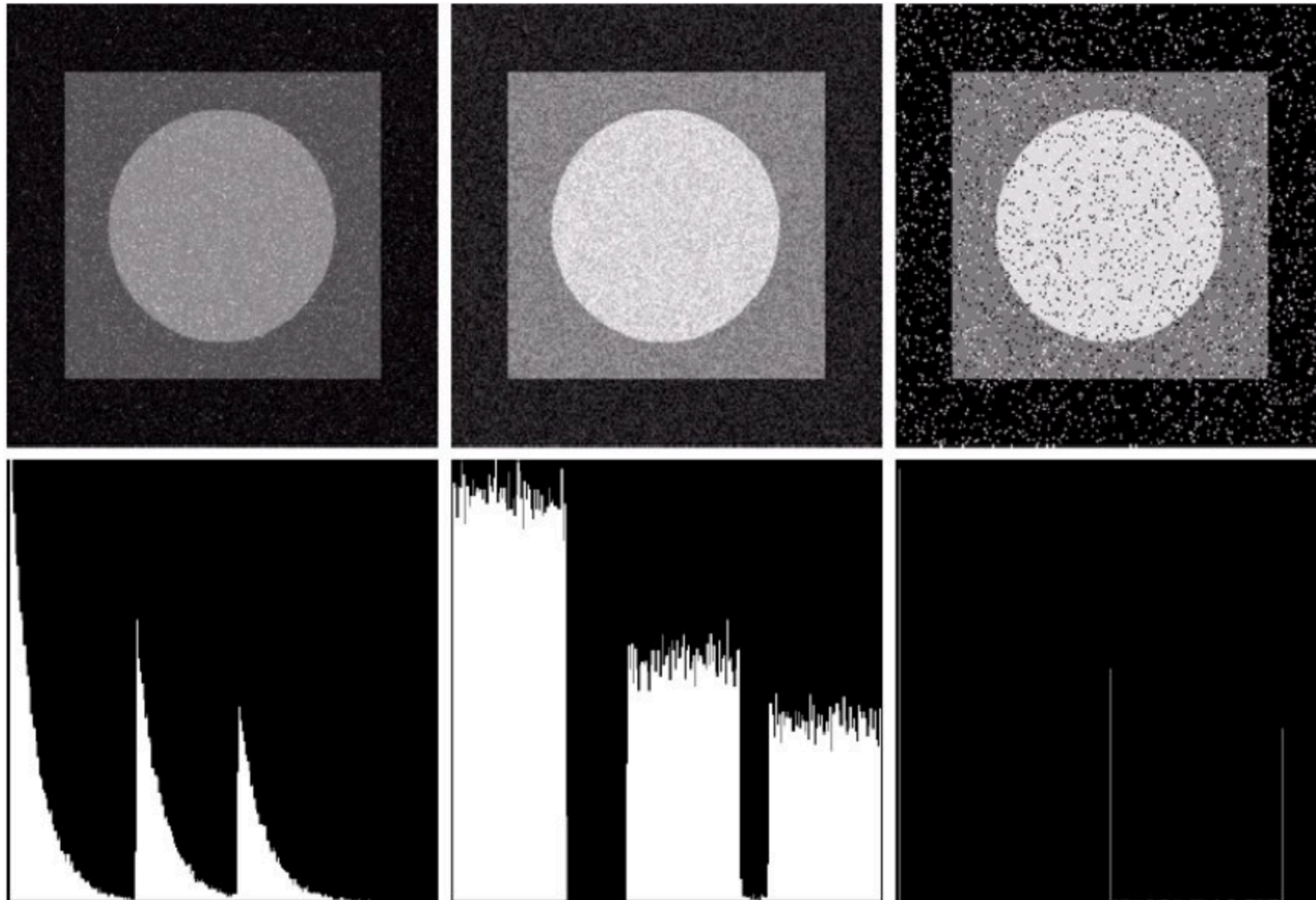
Geração de Ruídos



Geração de Ruídos



Geração de Ruídos



Redução de Ruídos

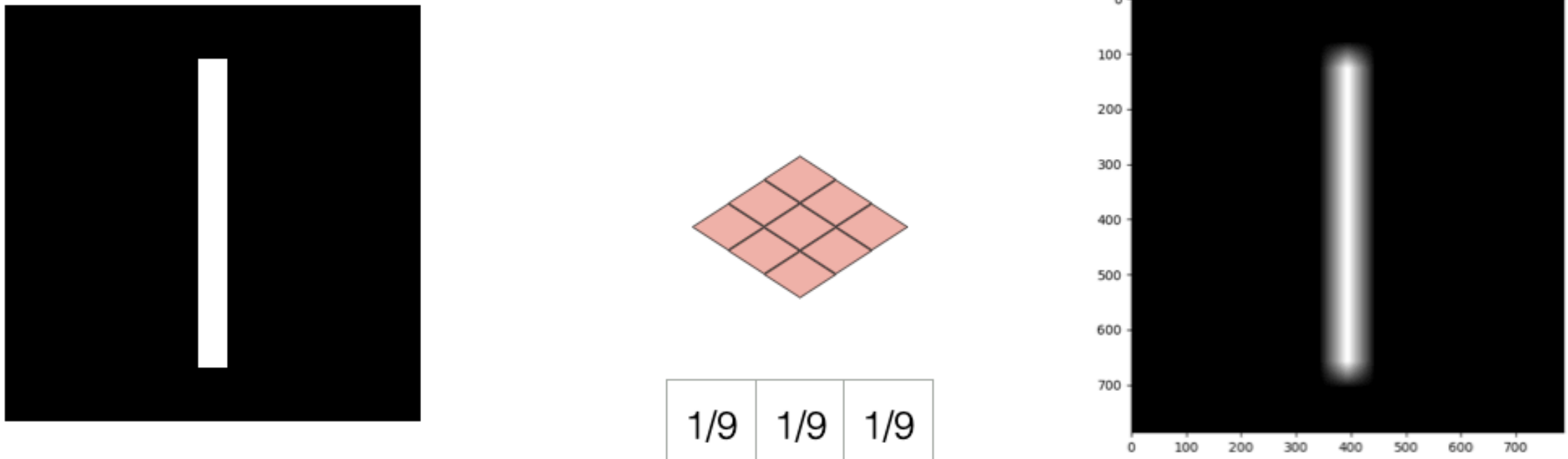
Recap: nós já vimos algumas soluções em aulas passadas!

Redução de Ruídos

Recap: nós já vimos algumas soluções em aulas passadas!

Filtros de Caixa

$T(\text{diamond}) \longrightarrow \text{diamond}$



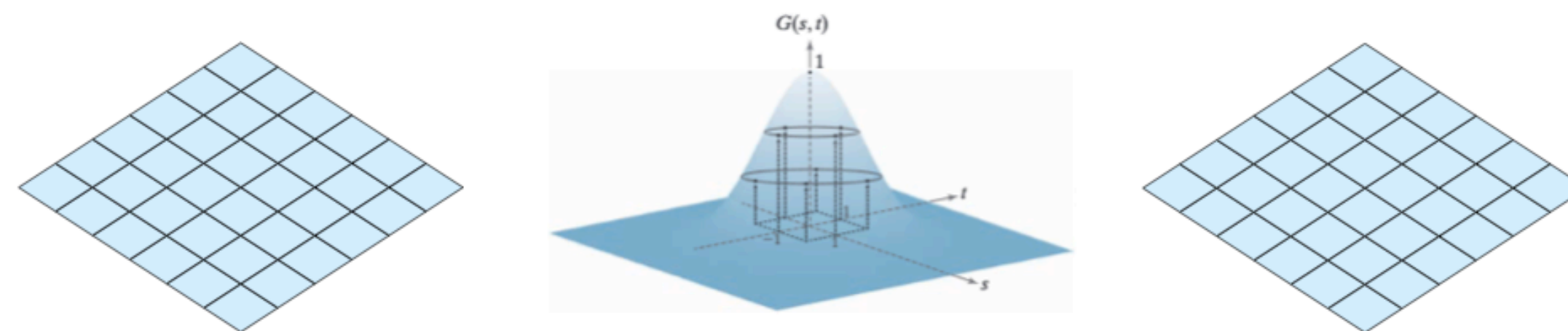
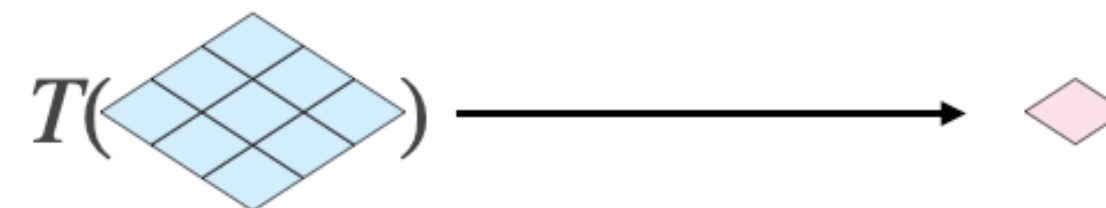
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

13

Redução de Ruídos

Recap: nós já vimos algumas soluções em aulas passadas!

Filtros Gaussianos



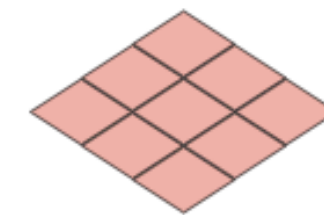
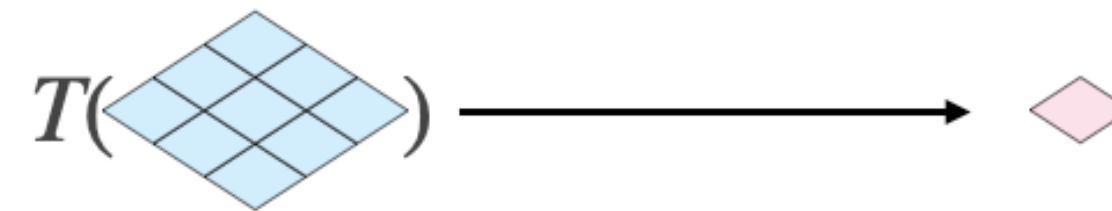
$$G_{1D}(x, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

$$G_{2D}(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Redução de Ruídos

Recap: nós já vimos algumas soluções em aulas passadas!

Filtros de Mediana



?	?	?
?	?	?
?	?	?



23

Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Levam em conta estatísticas locais

Objetivo costuma ser permitir resultados melhores em áreas planas

Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Usando Média e Variância

Considerando uma região, a resposta do filtro deve ser:

$$\hat{f}(\mathbf{x}) = g(\mathbf{x}) - \frac{\sigma_{\eta}^2}{\sigma_L^2} [g(\mathbf{x}) - m_L]$$

Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Usando Média e Variância

Considerando uma região, a resposta do filtro deve ser:

$$\hat{f}(\mathbf{x}) = g(\mathbf{x}) - \frac{\sigma_{\eta}^2}{\sigma_L^2} [g(\mathbf{x}) - m_L]$$

Se $\sigma_L^2 = 0$, então a resposta é $g(x)$

Se $\sigma_L^2 > \sigma_{\mathcal{N}}^2$, então a resposta se aproxima de $g(x)$

Se $\sigma_L^2 \sim \sigma_{\mathcal{N}}^2$, então a resposta é a média da região

Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Usando Média e Variância

Considerando uma região, a resposta do filtro deve ser:

$$\hat{f}(\mathbf{x}) = g(\mathbf{x}) - \frac{\sigma_{\eta}^2}{\sigma_L^2} [g(\mathbf{x}) - m_L]$$

Se $\sigma_L^2 = 0$, então a resposta é $g(x)$

Se $\sigma_L^2 > \sigma_{\mathcal{N}}^2$, então a resposta se aproxima de $g(x)$

Se $\sigma_L^2 \sim \sigma_{\mathcal{N}}^2$, então a resposta é a média da região

Se $\sigma_L^2 < \sigma_{\mathcal{N}}^2$, precisamos definir que a razão é 1 para evitar problemas

Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Filtro Bilateral

Redução de ruído com preservação de bordas

$$BF(g(\mathbf{p})) = \frac{1}{F_{\mathbf{p}}} \sum_{\mathbf{q}} G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(\|g_{\mathbf{p}} - g_{\mathbf{q}}\|) g_{\mathbf{q}}$$

Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Filtro Bilateral

Redução de ruído com preservação de bordas

$$BF(g(\mathbf{p})) = \frac{1}{F_{\mathbf{p}}} \sum_{\mathbf{q}} G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(\|g_{\mathbf{p}} - g_{\mathbf{q}}\|) g_{\mathbf{q}}$$

Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Filtro Bilateral

Redução de ruído com preservação de bordas

Normalização

$$BF(g(\mathbf{p})) = \frac{1}{F_{\mathbf{p}}} \sum_{\mathbf{q}} G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(\|g_{\mathbf{p}} - g_{\mathbf{q}}\|) g_{\mathbf{q}}$$

Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Filtro Bilateral

Redução de ruído com preservação de bordas

$$BF(g(\mathbf{p})) = \frac{1}{F_{\mathbf{p}}} \sum_{\mathbf{q}} G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(\|g_{\mathbf{p}} - g_{\mathbf{q}}\|) g_{\mathbf{q}}$$

Gaussiana determinada pela
distância (comum)

Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Filtro Bilateral

Redução de ruído com preservação de bordas

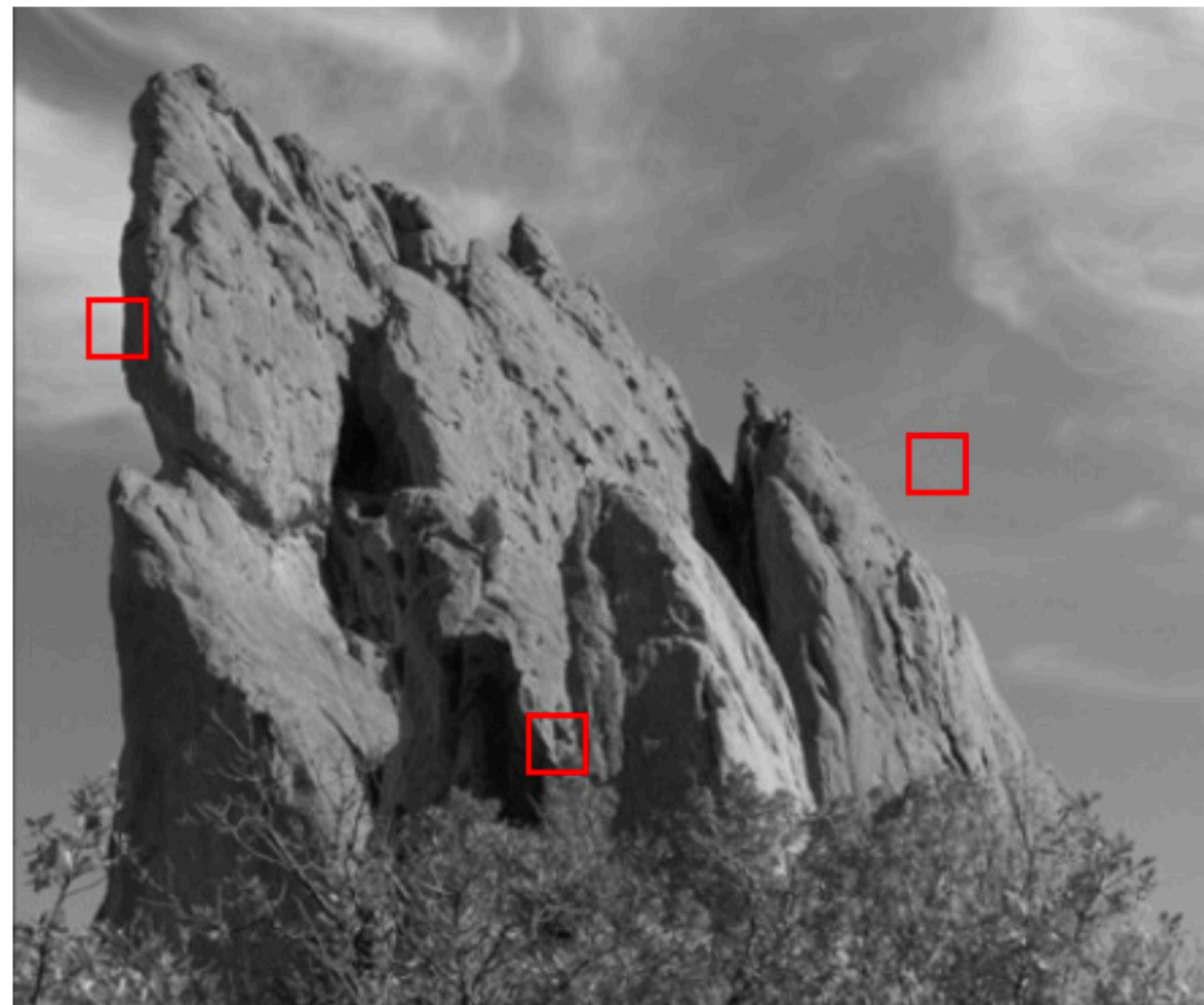
$$BF(g(\mathbf{p})) = \frac{1}{F_{\mathbf{p}}} \sum_{\mathbf{q}} G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(\|g_{\mathbf{p}} - g_{\mathbf{q}}\|) g_{\mathbf{q}}$$

Gaussiana determinada pela
diferença em intensidade

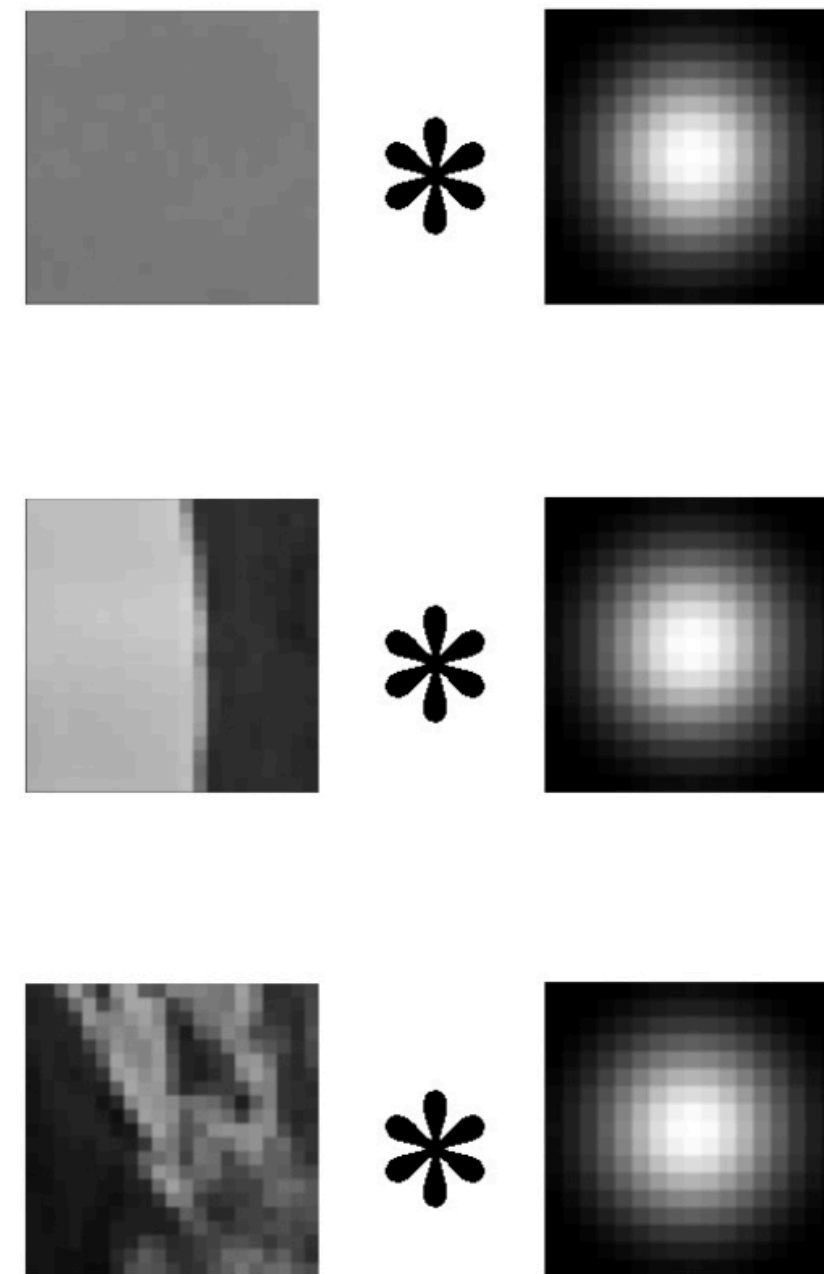
Redução de Ruídos: Filtros Adaptativos

Filtro Bilateral

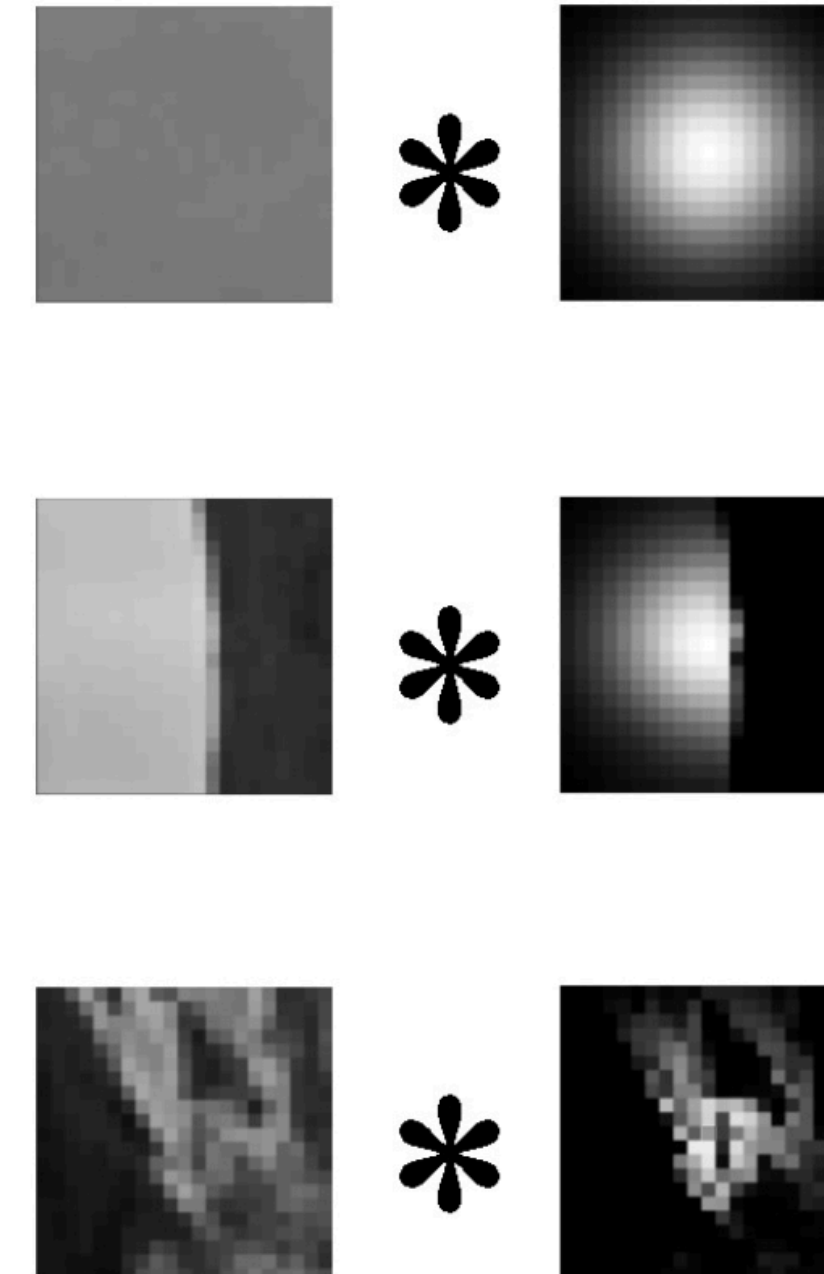
$$BF(g(\mathbf{p})) = \frac{1}{F_p} \sum_q G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(\|g_p - g_q\|) g_q$$



Gaussian filtering



Bilateral filtering



SCC0251

Processamento de Imagens

Restauração de Imagens

Professora Leo Sampaio Ferraz Ribeiro

