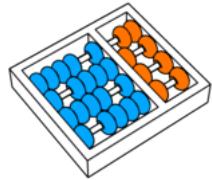




Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Computação
MC920 - Introdução ao Processamento Digital de Imagem



Projeto 1: Meios-tens e Filtragem no domínio de frequência

Prof Dr. Hélio Pedrini

Igor Engelmann Batista

RA: 260511

Campinas - SP

Abril de 2025

1 Considerações Gerais

Devido ao grande número de imagens geradas, o notebook que possui o código não possui os outputs das células, eles serão gerados quando ele for executado. A pasta "output" contém todas as imagens geradas na execução do código.

Também em virtude do grande número de saídas, aterei a discussão à apenas algumas delas, as quais considero mais relevantes, e que exemplificam melhor o ponto discutido.

2 Técnicas de Meios Tons

Para investigar o efeito das técnicas de pontilhado com difusão de erro, escolhi comparar o efeito de diferentes abordagens de difusão (especificadas na figura 1) em quatro imagens, sendo duas monocromáticas (figuras 2 e 3) e duas coloridas (figuras 4 e 5). Todas as abordagens foram implementadas de forma que fizessem o movimento em "zig-zague", com vistas a diminuir efeitos indesejados na imagem.

	$f(x, y)$	7/16
3/16	5/16	1/16

(a) Floyd e Steinberg

		$f(x, y)$			32/200	
12/200		26/200		30/200		16/200
	12/200		26/200		12/200	
5/200		12/200		12/200		5/200

(b) Stevenson e Arce

		$f(x, y)$	8/32	4/32
2/32	4/32	8/32	4/32	2/32

(c) Burkes

		$f(x, y)$	5/32	3/32
2/32	4/32	5/32	4/32	2/32
	2/32	3/32	2/32	

(d) Sierra

		$f(x, y)$	8/42	4/42
2/42	4/42	8/42	4/42	2/42
1/42	2/42	4/42	2/42	1/42

(e) Stucki

		$f(x, y)$	7/48	5/48
3/48	5/48	7/48	5/48	3/48
1/48	3/48	5/48	3/48	1/48

(f) Jarvis, Judice e Ninke

Figura 1: Kernels das diferentes abordagens de difusão.

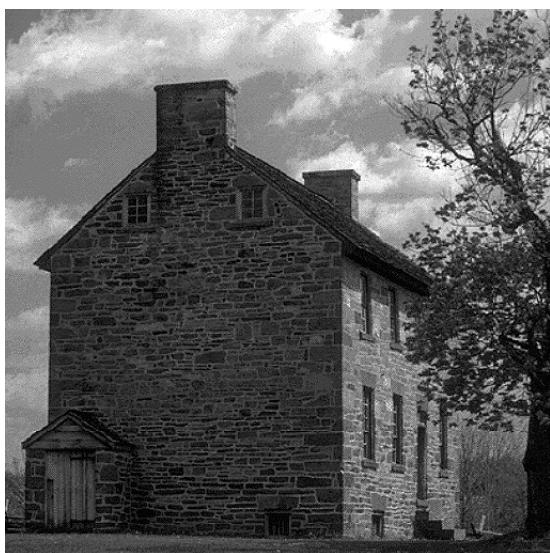


Figura 2: Imagem 0



Figura 3: Imagem 1



Figura 4: Imagem 2



Figura 5: Imagem 3

A abordagem de Stevenson e Arce se destacou por gerar maiores clusters na imagem resultante, ou seja, agrupamentos maiores de pontos de cor semelhante, como pode ser visto nas figuras 6 e 7, quando em comparação com Floyd Steinberg, por exemplo. Na minha visão, esse resultado é contra-intuitivo, pois esperava que o fato dessa abordagem possuir o maior kernel, diminuisse esses efeitos, entretanto, talvez esse fato e o de que o erro é distribuído de forma esparsa, possibilitou a formação dessas concentrações.

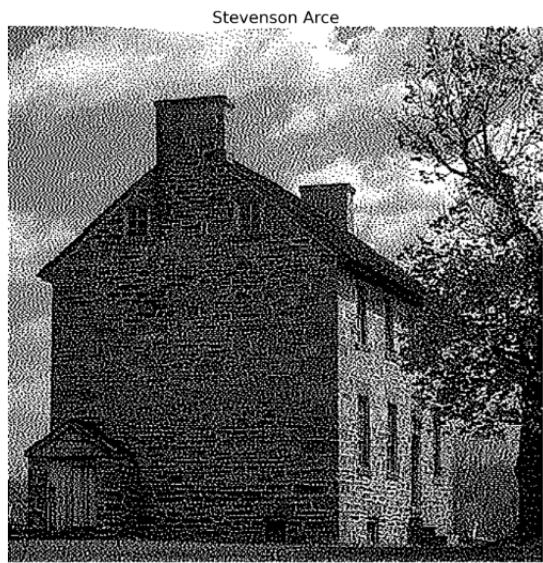
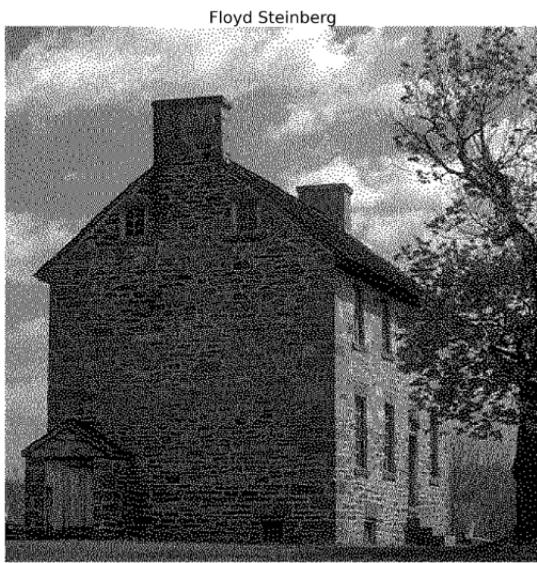


Figura 6: Floyd Steinberg vs Stevenson e Arce em imagem monocromática

Outro ponto que pode ser destacado está na abordagem via Burkes, que parece diminuir um pouco o contraste da imagem, quando em comparação com Sierra, por exemplo. Isso pode ser visto observando-se os tijolos escuros e as janelas frontais superiores na figura 8. Esse efeito aparenta acontecer também em Floyd e Steinberg, mas de forma bem menos proeminente.

Em adição aos outros pontos já mencionados, através dos efeitos sobre a imagem Peppers, da figura 5, que possui cores mais intensas e um aspecto mais contínuo, todas as abordagens mostram ótimo desempenho. Com destaque para a Abordagem de Stucki, como pode ser visto na figura 9.

Além disso, outra consequência relevante da abordagem de Burkes, é que dependendo da imagem, ela gera um efeito de imagem "arranhada", como pode ser visto na figura 10

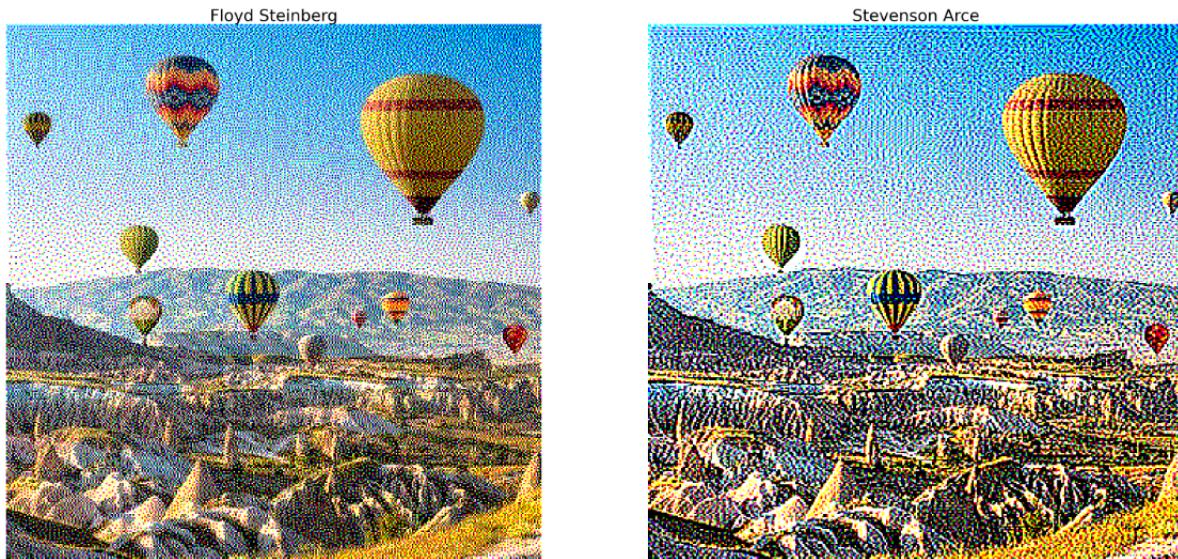


Figura 7: Floyd Steinberg vs Stevenson e Arce em imagem colorida



Figura 8: Burkes vs Sierra em imagem monocromática

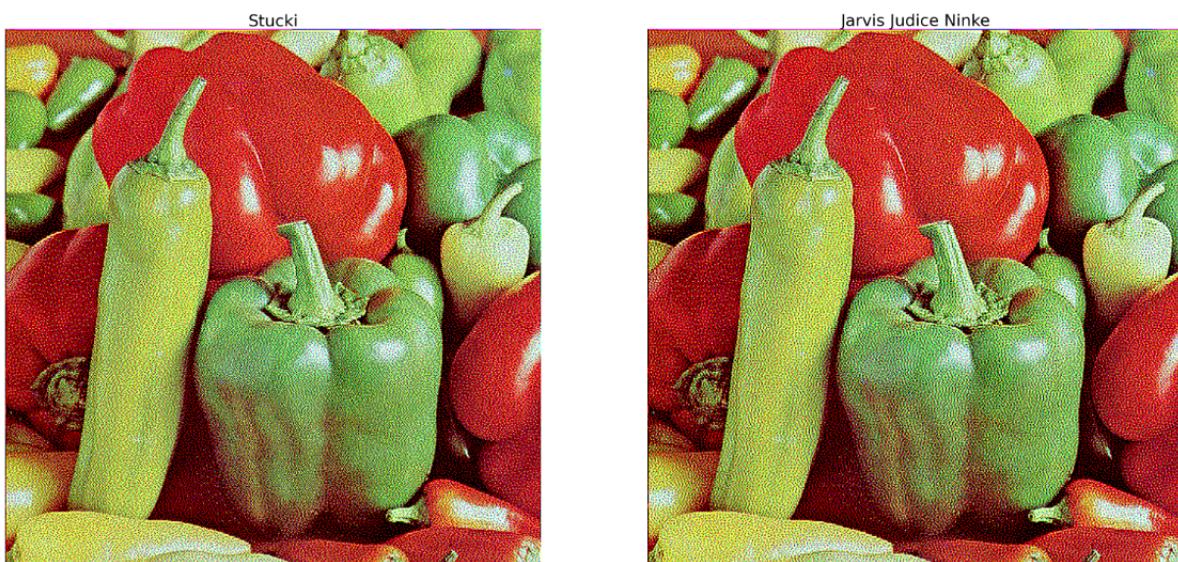


Figura 9: Stucki vs Jarvis em imagem colorida

Burkes



Figura 10: Burke mostrando os traços verticais

3 Filtragem e Compressão no Domínio da Frequência

3.1 Filtragem

Para melhor explorar o processo de filtragem, vamos dividir em dois blocos, o primeiro com os filtros passa-baixa (figura 13) e passa-alta (figura 14) com 3 raios diferentes cada, no caso : 30px, 100px, e 250px. Para o segundo bloco, os filtros passa-faixa e rejeita-faixa, nos quais usei 3 raios médios (30px, 100px e 200px nas figuras 15, 16 e 17 respectivamente), com 3 larguras para a faixa diferentes (10px, 20px e 50px). Utilizei como base a imagem na figura 11, a qual após a aplicação da Transformada Rápida de Fourier gerou o Espectro em Magnitude da figura 12.

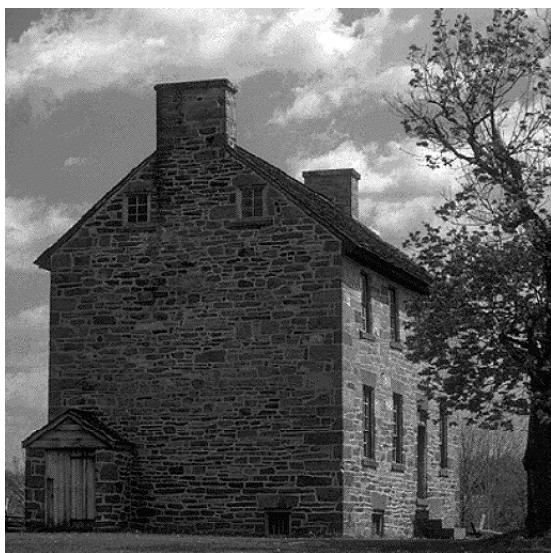


Figura 11: Imagem Original

Espectro de Magnitude

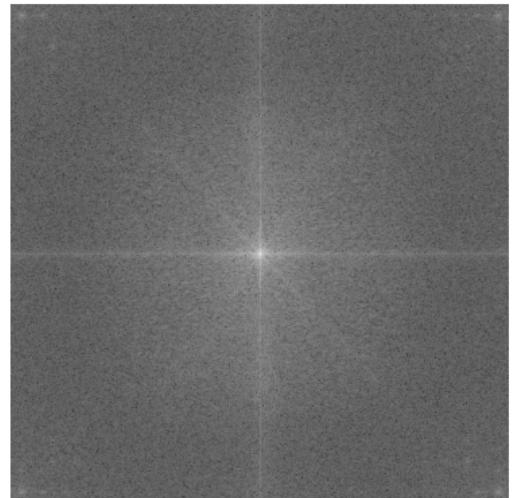


Figura 12: Espectro de Magnitude

3.1.1 Passa-baixa

Na figura 13 podemos ver que mesmo com um raio de 30px, a imagem aparenta estar bem desfocada (com destaque para algumas linhas que surgem paralelas aos contornos mais fortes da imagem) mas a grande parte da informação de intensidade se preserva, já mostrando uma ideia geral dos objetos na imagem. Para um raio de 100px, temos um grande salto na qualidade da imagem, com todas as estruturas visíveis e identificáveis, entretanto, ainda possui um borramento leve em texturas mais complexas (como a parede frontal) e apresenta também as linhas ao redor dos contornos, entretanto, menos pronunciadas que na imagem anterior. Finalmente, para um raio de 250px, temos a imagem praticamente limpa de borramento, mas apresentando menor ruído do que a imagem original, como pode ser visto no tronco da árvore.

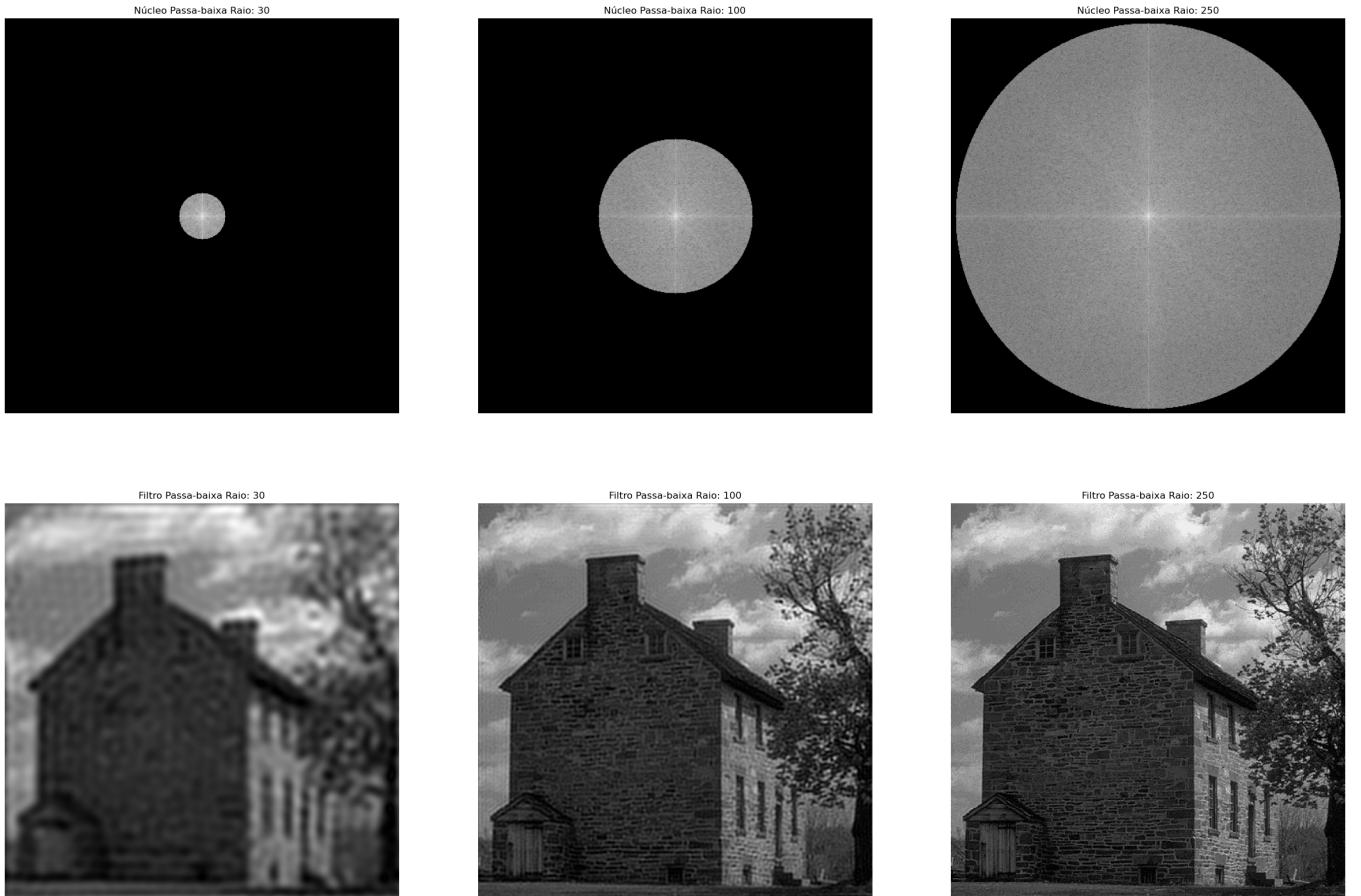


Figura 13: Núcleos e Imagem dos filtros Passa-baixa com raios 30px, 100px e 250px

3.1.2 Passa-alta

Na figura 14 vemos o efeito que o filtro passa-alta gera na imagem, inicialmente percebemos que não há nenhuma informação de intensidade dos pixels. Para o raio de 30px, aparecem praticamente todas as bordas da imagem, sendo possível identificar praticamente todas as estruturas. Ao avançarmos para 100px, temos ainda é possível identificar as grandes estruturas, entretanto detalhes menores já são perdidos. Por fim, ao analisarmos com um raio de 250px, poucos componentes da imagem são passíveis de identificação, uma vez que é formada principalmente por ruído.

3.1.3 Passa-faixa

Nas figuras 15, 16 e 17 vemos os efeitos que diferentes posições e larguras de faixas geram sobre a imagem. Majoritariamente, bem pouco da imagem original é preservado e identificável. Como linhas gerais

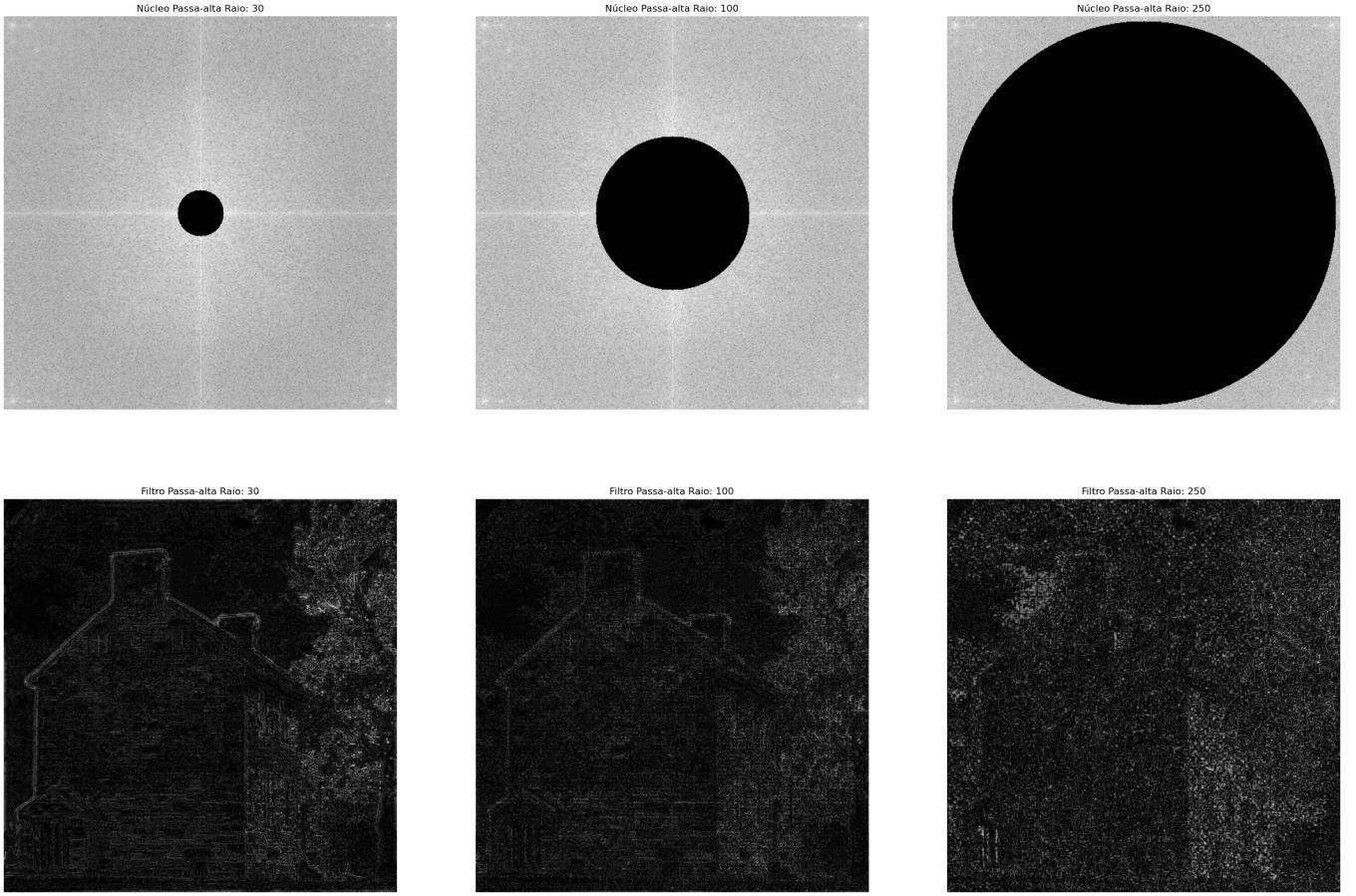


Figura 14: Núcleos e Imagem dos filtros Passa-alta com raios 30px, 100px e 250px

temos um efeito parecido com arranhões ou pequenas cobrinhas em destaque na imagem, mais claras nas regiões com maior variação de intensidade dos pixels. Como linhas gerais, temos que mais estruturas são preservadas quanto menor o raio interno, mais ruído aparece com o aumento do raio externo, e a definição da imagem resultante aumenta conforme a largura da faixa aumenta.

3.1.4 Rejeita-faixa

De todos os filtros trabalhados, considerei esse como o mais interessante. E linhas gerais, temos uma imagem que mantém a maioria das informações de intensidade dos pixels, com desfoque maior em áreas mais regulares e maior detalhamento em áreas pouco regulares. A figura 18 consegue exemplificar bem esse ponto, com clara variação de desfoque em diferentes áreas da imagem. Embora ainda exista, esse efeito é pouco visível na figura 19 e imperceptível na figura 20, devido aos maiores raios internos diminuírem o efeito de desfoque.

3.2 Compressão

Podemos perceber o quão rápida é a degradação da qualidade da imagem original (figura 21) ao realizarmos esse processo. Embora para valores perto de 0.1% de compressão (figura 22, a qualidade da imagem seja aceitável, a partir de 0.5% já degradamos bastante a imagem, como pode ser visto nas figuras 23 e 24. Acredito que esse efeito aconteça majoritariamente pelo fato do thresholds utilizados para a compressão, sejam valores globais, desconsiderando as características locais da imagem. O processo de compressão do formato .JPG realiza essa compressão em blocos da imagem, resultando em um aspecto global bem mais aceitável e com uma taxa de compressão muito maior. Embora esse teste se mostre como uma boa adição à esse relatório, não me foi possível implementá-lo. Adicionalmente, cabe ressaltar o efeito de compactação

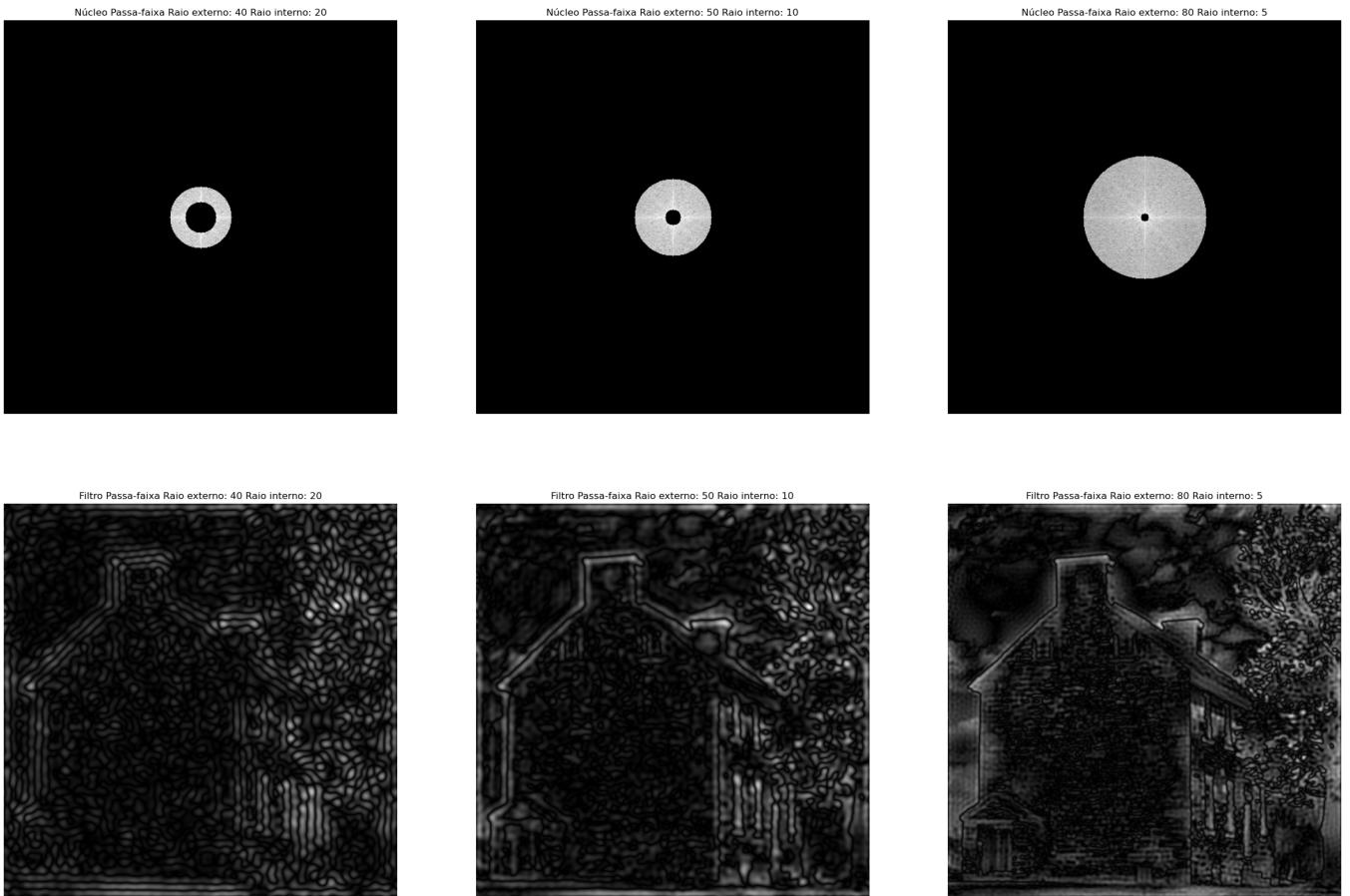


Figura 15: Núcleos e Imagem dos filtros Passa-faixa com raio médio 30px

do histograma da imagem, se tornando aparentemente menos distribuído.

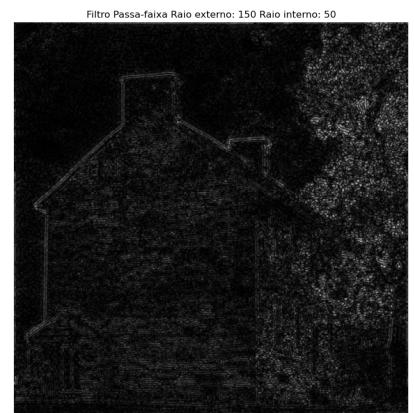
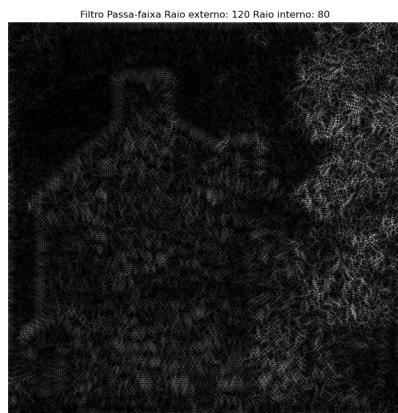
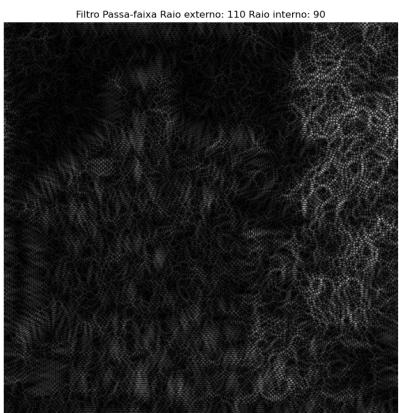
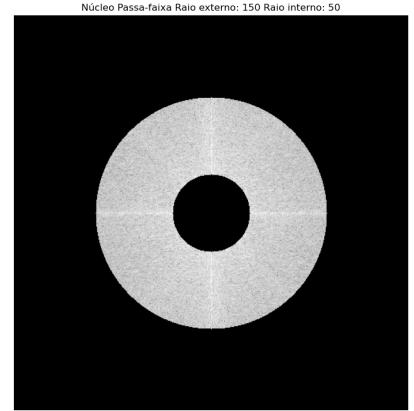
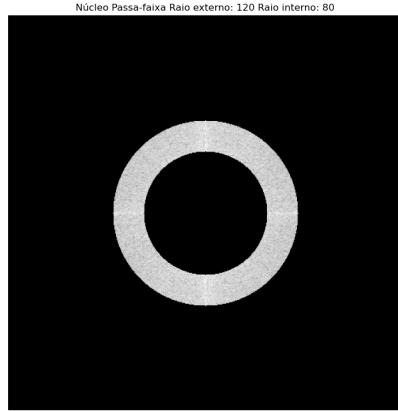
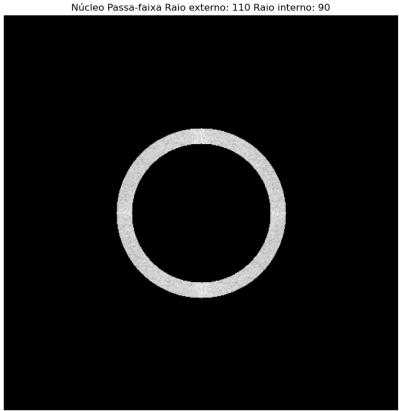


Figura 16: Núcleos e Imagem dos filtros Passa-faixa com raio médio 100px

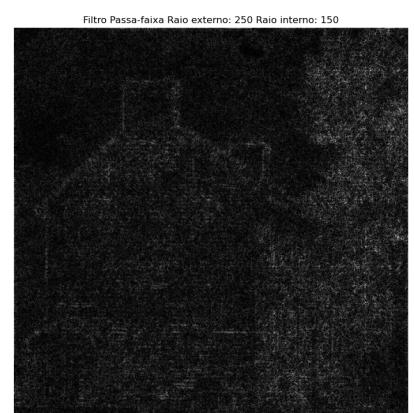
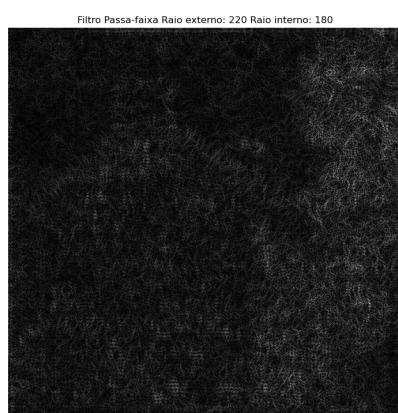
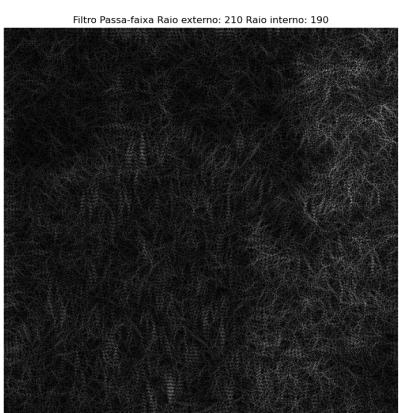
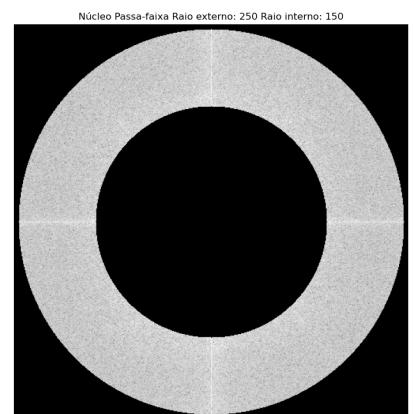
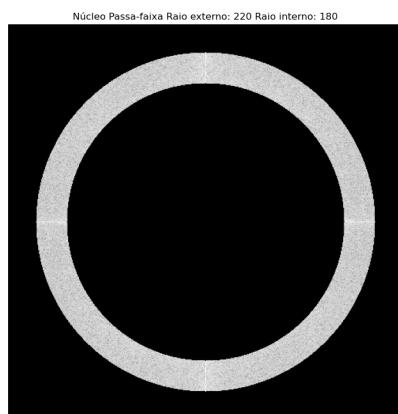
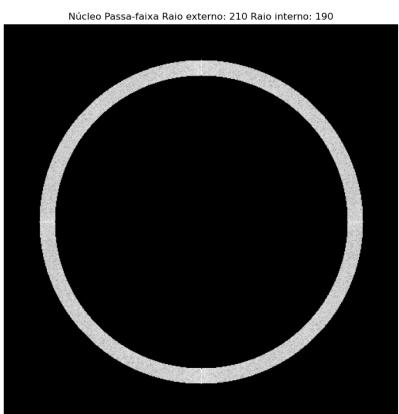


Figura 17: Núcleos e Imagem dos filtros Passa-faixa com raio médio 200px

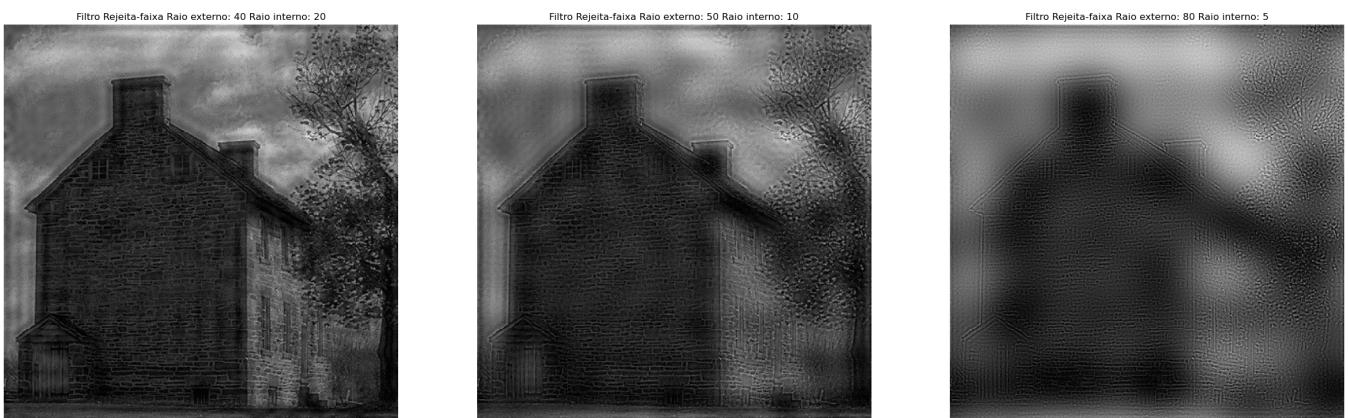
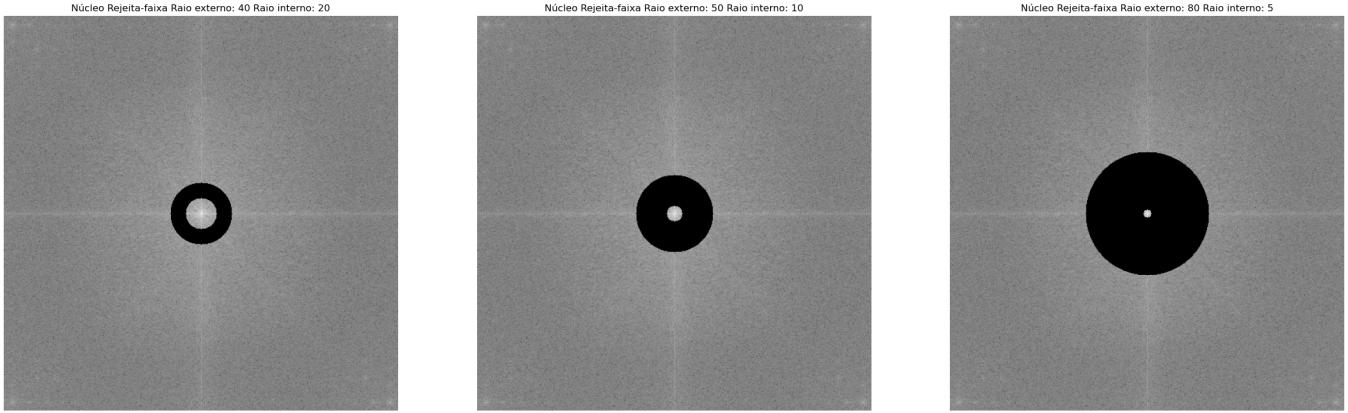


Figura 18: Núcleos e Imagem dos filtros Rejeita-faixa com raio médio 30px

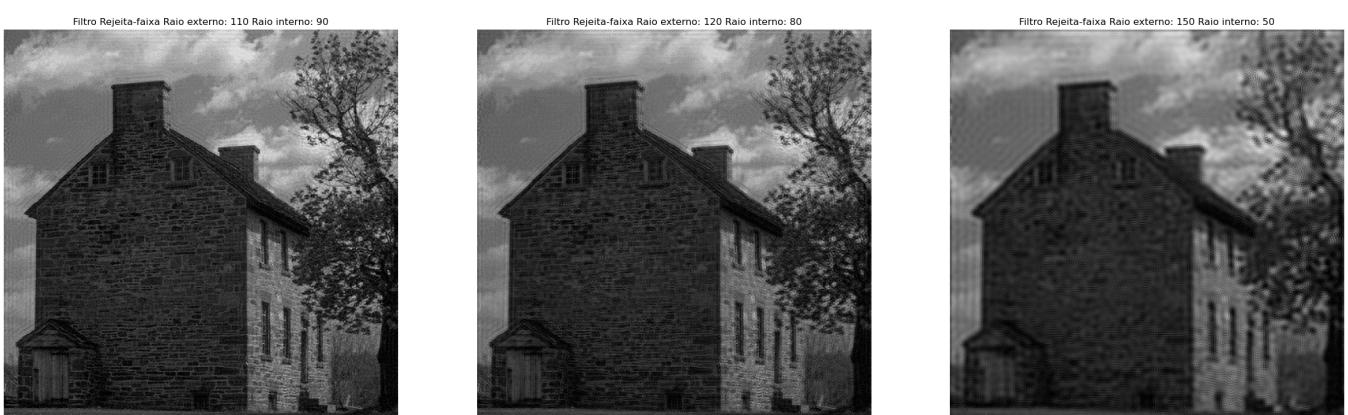
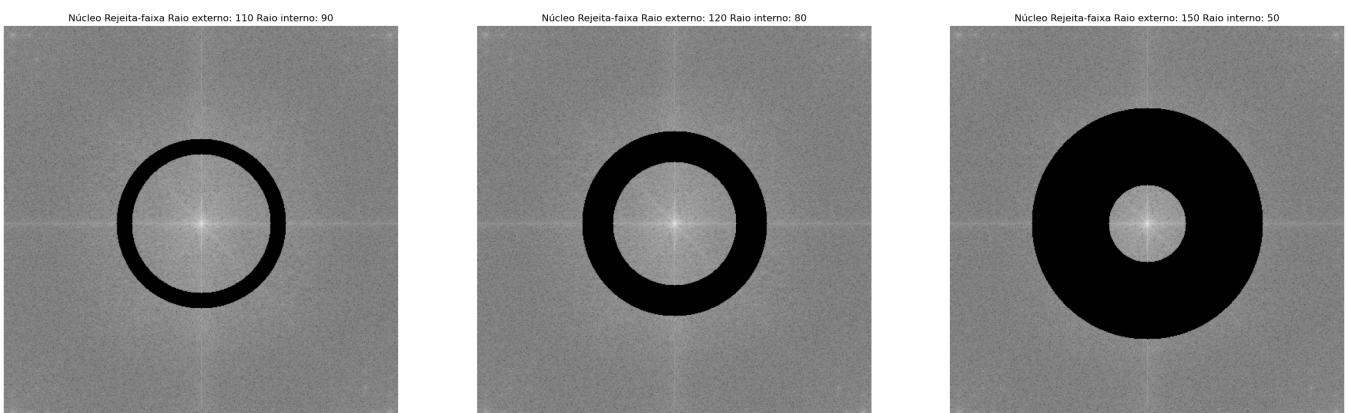


Figura 19: Núcleos e Imagem dos filtros Rejeita-faixa com raio médio 100px

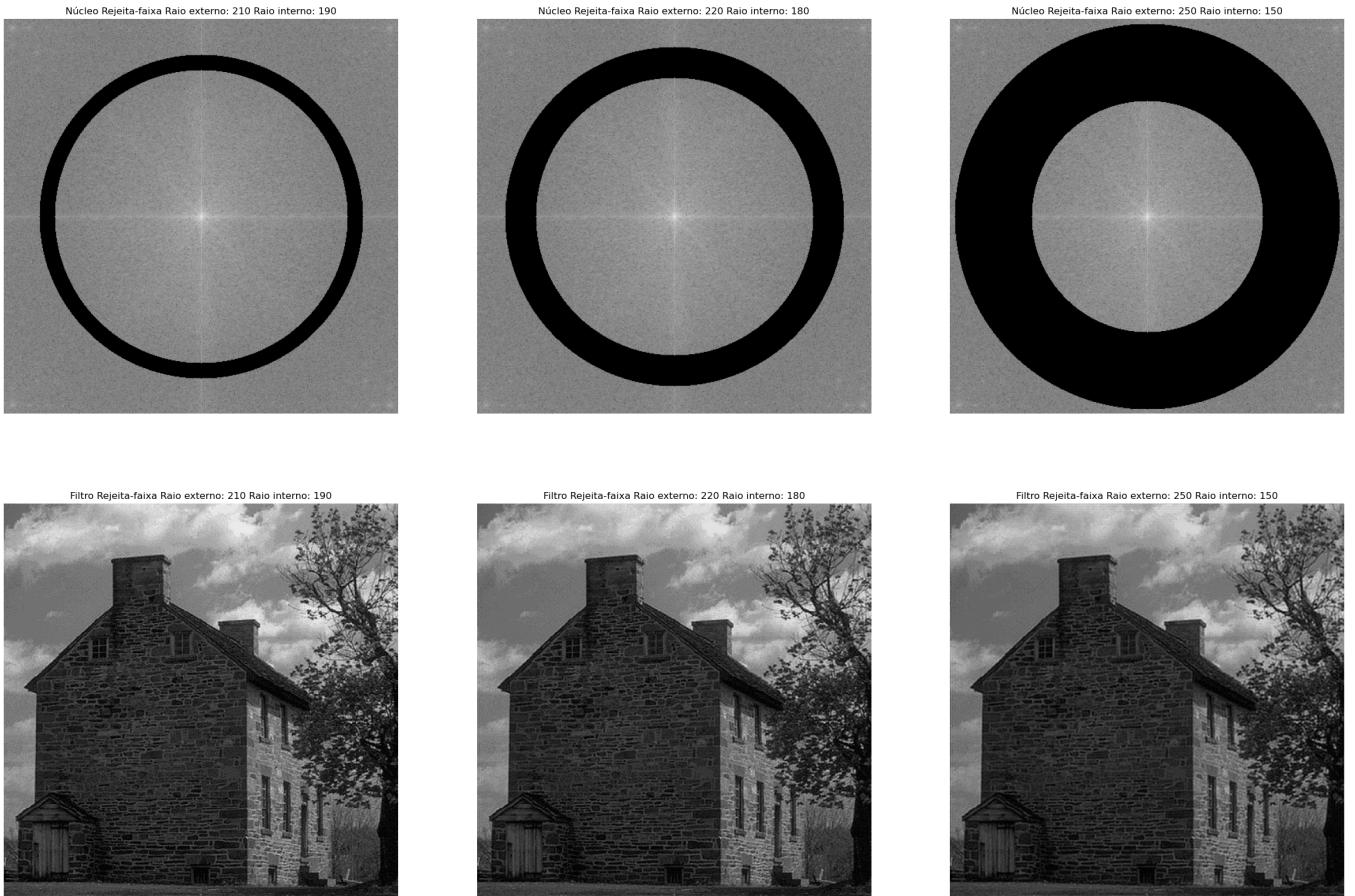


Figura 20: Núcleos e Imagem dos filtros Rejeita-faixa com raio médio 200px

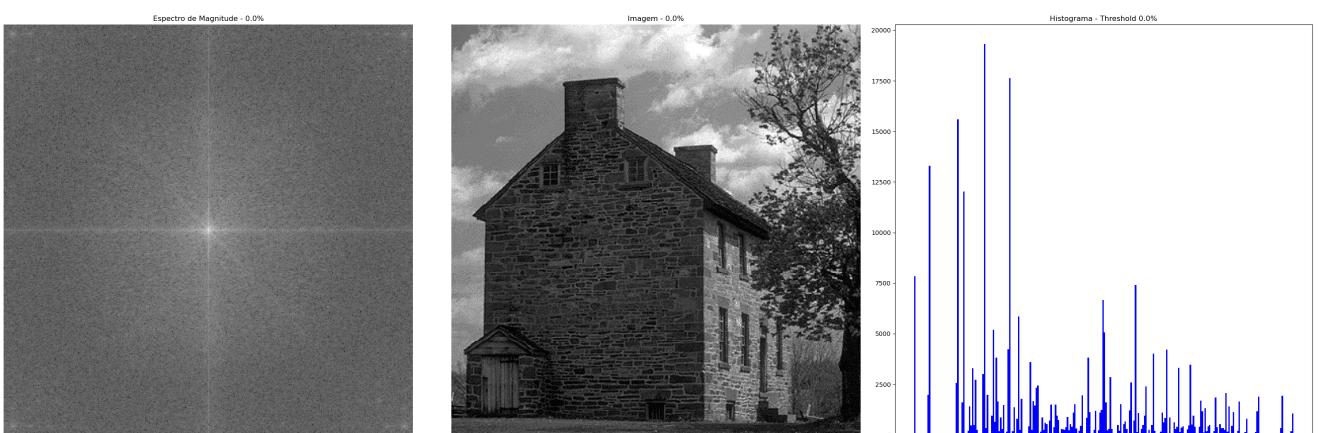


Figura 21: Imagem com 0.0% de compressão

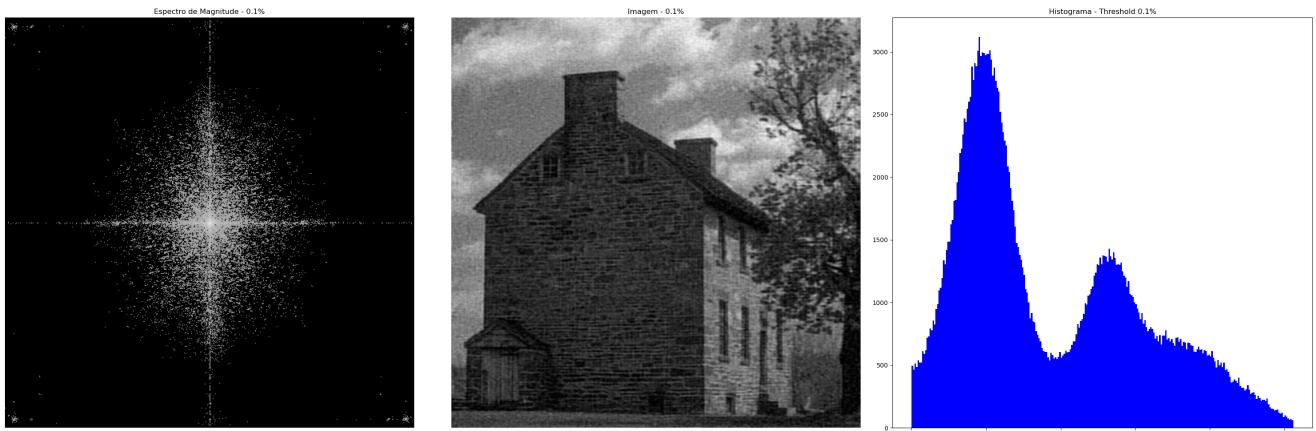


Figura 22: Imagem com 0.1% de compressão

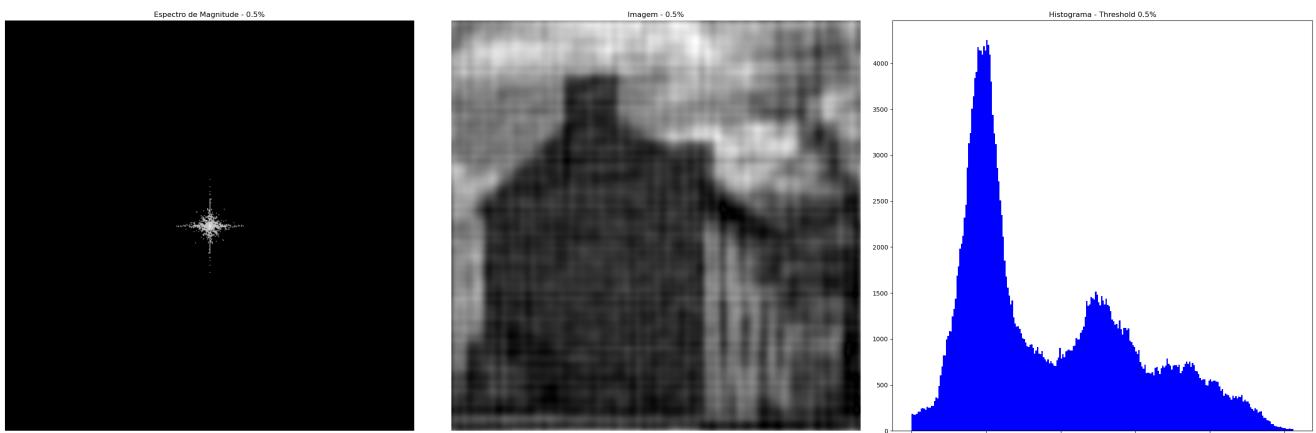


Figura 23: Imagem com 0.5% de compressão

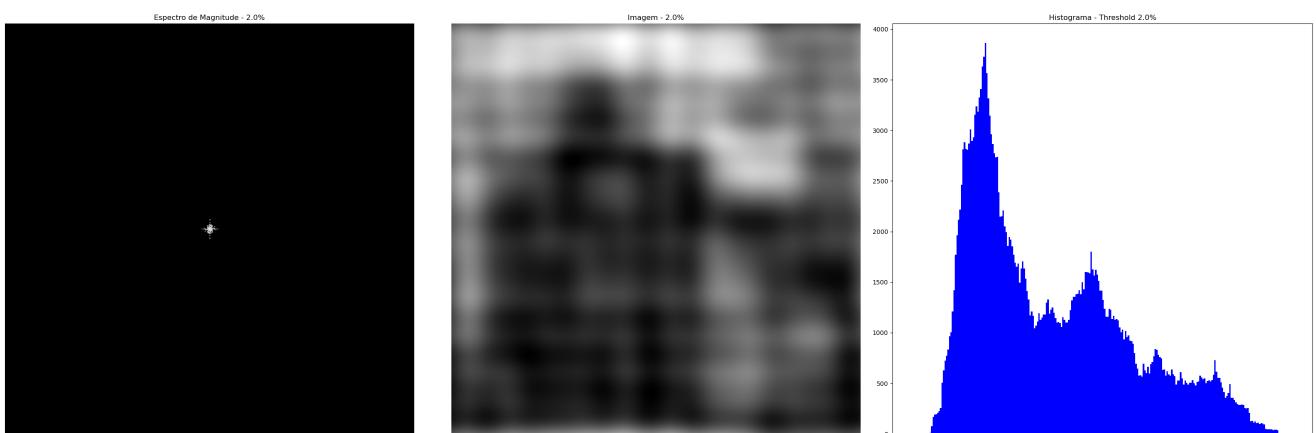


Figura 24: Imagem com 2.0% de compressão