

Introdução ao Processamento de Imagem Digital - MC920

Trabalho 2

Daniel Henriques Pamplona - RA: 260401

1 Item 1 - Técnica de meio-tom

O objetivo deste item é realizar experimentos com técnicas de realce de imagens, focando especificamente em métodos de meios-tonos. As técnicas de meios-tonos visam reduzir a quantidade de cores (quantização) utilizadas para exibir uma imagem, mantendo uma percepção visual adequada para o usuário.

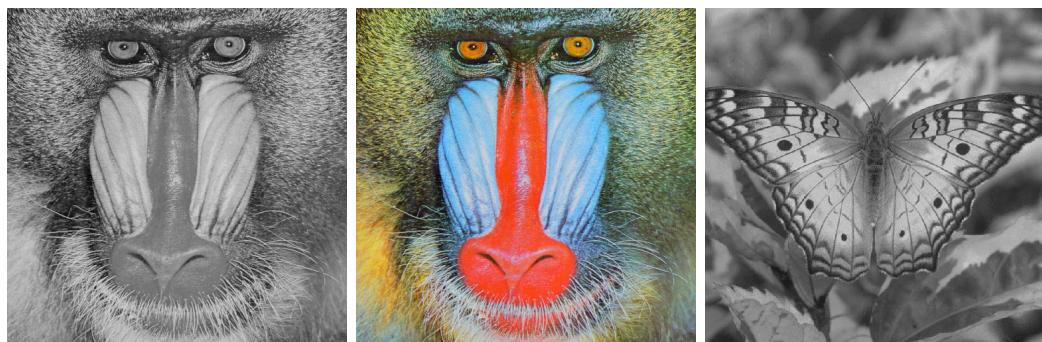
O experimento central consiste na implementação de algoritmos para alterar os níveis de cinza de uma imagem através de técnicas de meios-tonos com difusão de erro, como os métodos de Floyd-Steinberg, Stevenson e Arce, Burkes, Sierra, Stucki, e Jarvis-Judice-Ninke. Estas técnicas distribuem a diferença entre o valor exato de cada pixel e seu valor aproximado aos pixels adjacentes, seguindo diferentes padrões de distribuição de erro.

Além disso, também analisamos como diferentes formas de varredura da imagem (da esquerda para a direita ou alternando a direção a cada linha) podem influenciar os resultados, potencialmente evitando padrões indesejados ou direcionalidade na imagem resultante.

A lógica principal do algoritmo funciona da seguinte forma:

- Para cada pixel da imagem, o algoritmo determina se o valor deve ser convertido para preto (0) ou branco (255) usando uma função de threshold simples.
- Calcula o erro de quantização, que é a diferença entre o valor original do pixel e o valor após a quantização.
- Distribui este erro aos pixels vizinhos que ainda não foram processados, de acordo com a matriz de difusão escolhida. Cada matriz tem uma distribuição específica de pesos que determina como o erro é propagado.
- A função *distribute_err* se encarrega de adicionar o erro ponderado aos pixels vizinhos, garantindo que os valores resultantes permaneçam dentro do intervalo válido (0-255).

O código processa cada canal de cor independentemente, permitindo aplicar o algoritmo tanto em imagens monocromáticas quanto coloridas. Abaixo, encontram-se as imagens originais de cada um dos subitens abaixo e os outputs da aplicação do método de meio-tom com os dois diferentes tipos de varredura para três imagens diferentes: baboon monocromático, baboon colorido e butterfly.



(a) Baboon monocromática

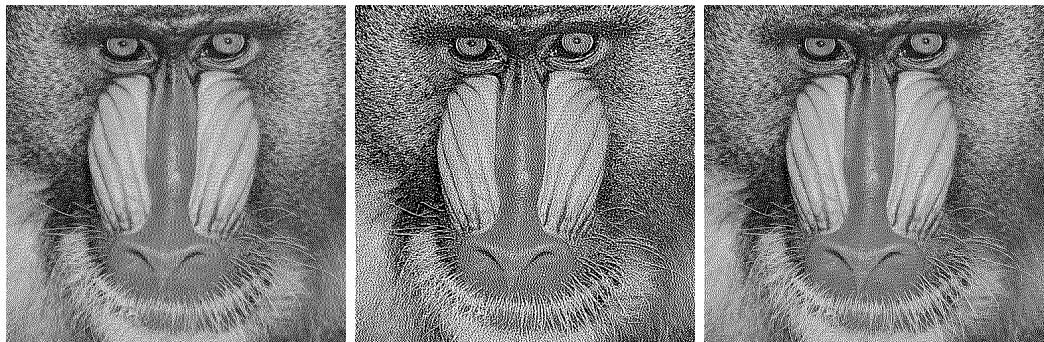
(b) Baboon colorido

(c) Butterfly

Figura 1: Imagens originais

1.1 Baboon monocromático

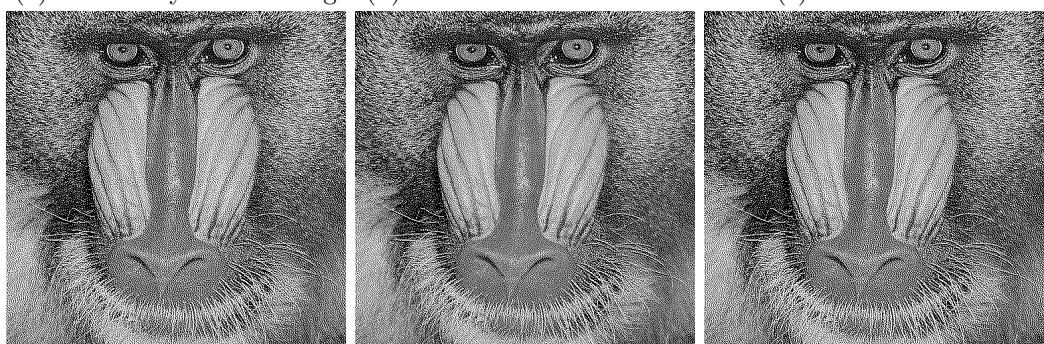
1.1.1 Varredura esquerda direita



(a) Filtro Floyd e Steinberg

(b) Filtro Stevenson e Arce

(c) Filtro Burkes

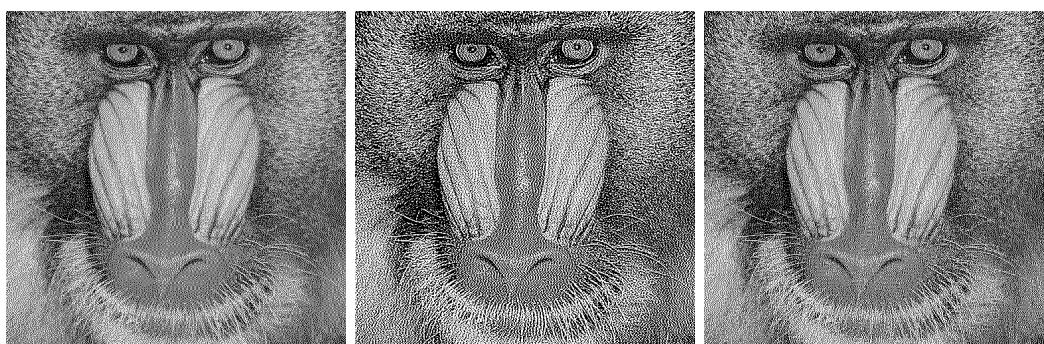


(d) Filtro Sierra

(e) Filtro Stucki

(f) Filtro Jarvis-Judice-Ninke

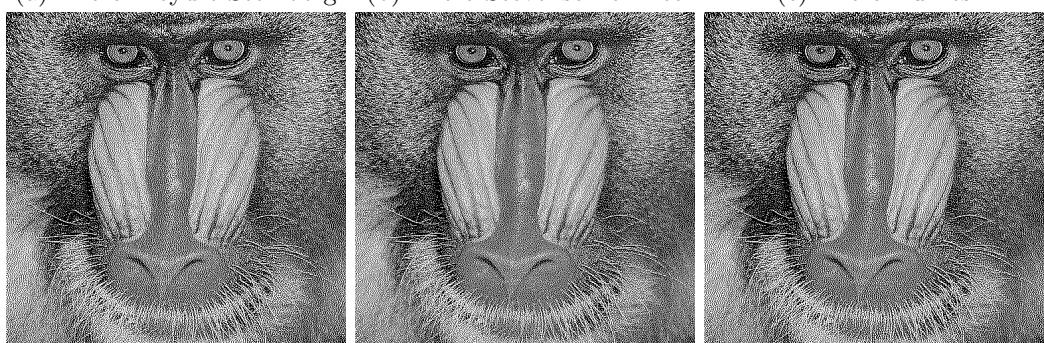
1.1.2 Varredura alternada



(a) Filtro Floyd e Steinberg

(b) Filtro Stevenson e Arce

(c) Filtro Burkes



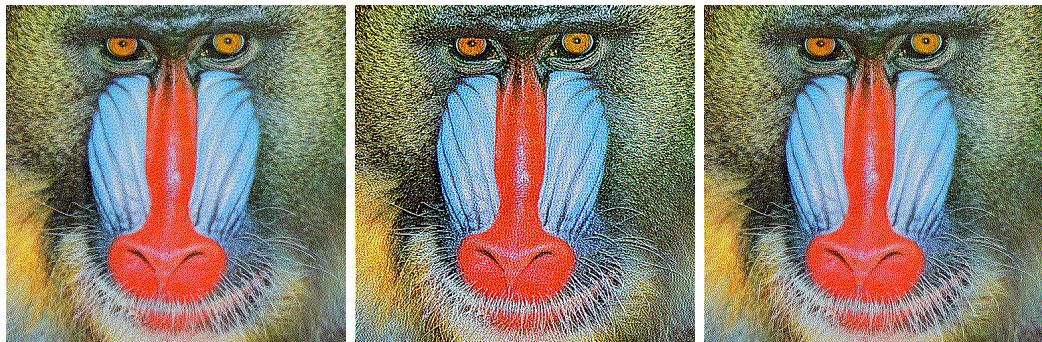
(d) Filtro Sierra

(e) Filtro Stucki

(f) Filtro Jarvis-Judice-Ninke

1.2 Baboon color

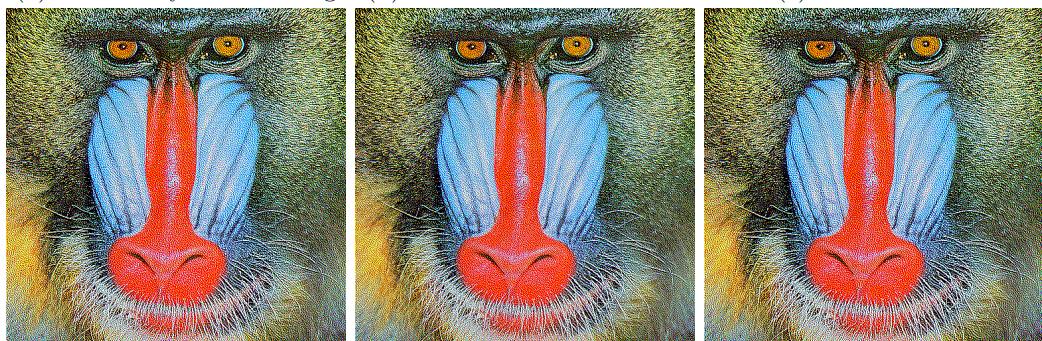
1.2.1 Varredura esquerda direita



(a) Filtro Floyd e Steinberg

(b) Filtro Stevenson e Arce

(c) Filtro Burkes

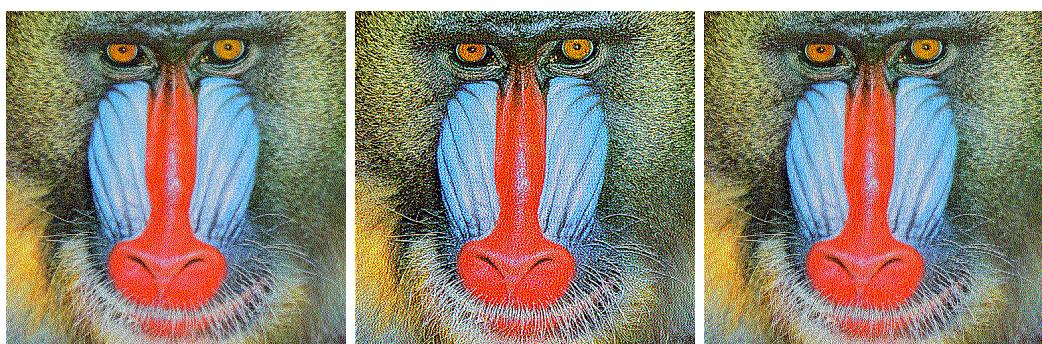


(d) Filtro Sierra

(e) Filtro Stucki

(f) Filtro Jarvis-Judice-Ninke

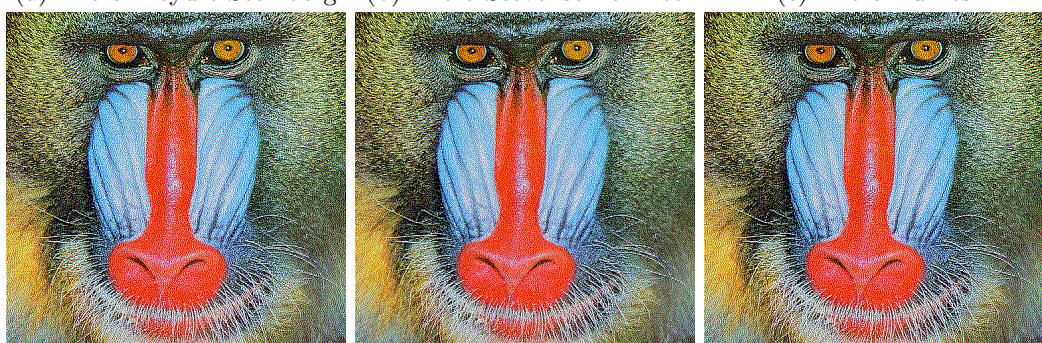
1.2.2 Varredura alternada



(a) Filtro Floyd e Steinberg

(b) Filtro Stevenson e Arce

(c) Filtro Burkes



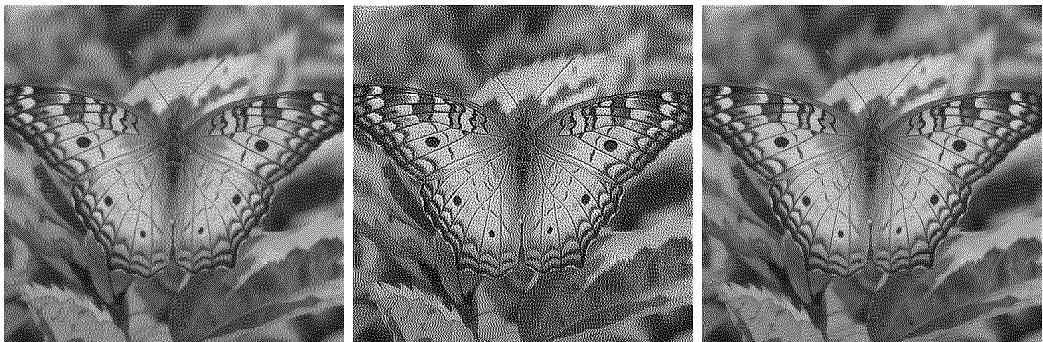
(d) Filtro Sierra

(e) Filtro Stucki

(f) Filtro Jarvis-Judice-Ninke

1.3 Butterfly

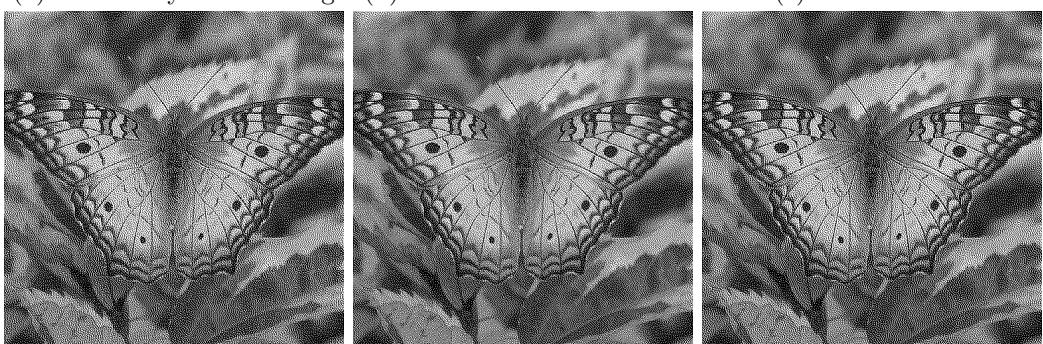
1.3.1 Varredura esquerda direita



(a) Filtro Floyd e Steinberg

(b) Filtro Stevenson e Arce

(c) Filtro Burkes

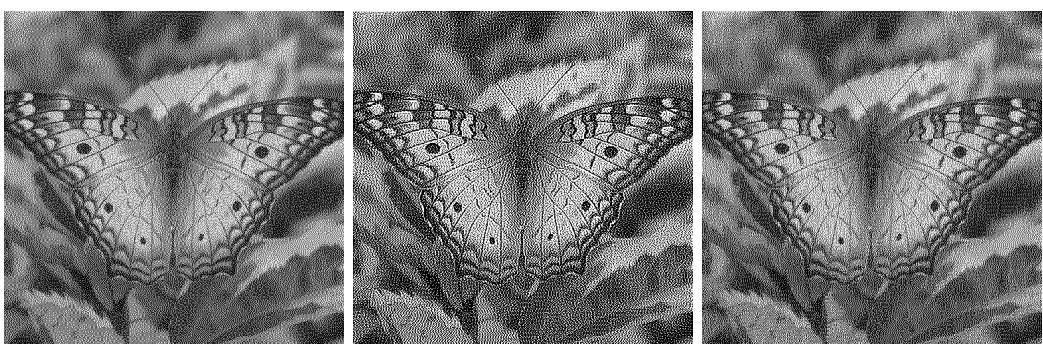


(d) Filtro Sierra

(e) Filtro Stucki

(f) Filtro Jarvis-Judice-Ninke

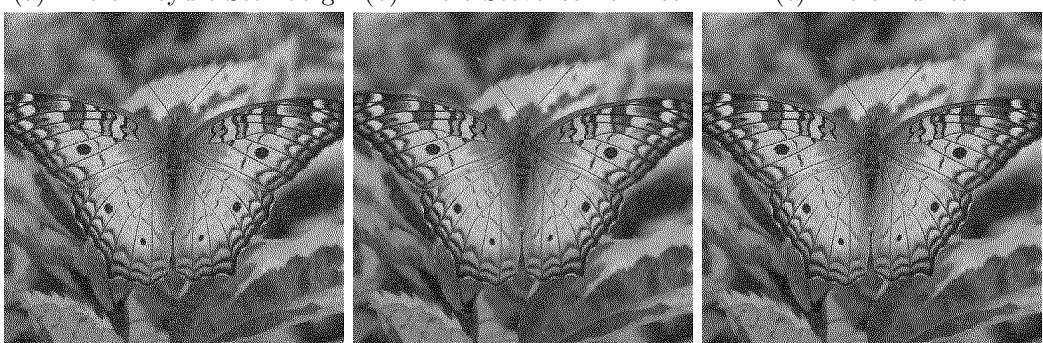
1.3.2 Varredura alternada



(a) Filtro Floyd e Steinberg

(b) Filtro Stevenson e Arce

(c) Filtro Burkes



(d) Filtro Sierra

(e) Filtro Stucki

(f) Filtro Jarvis-Judice-Ninke

Sabendo como é formado cada filtro de difusão e tendo as imagens de saída, podemos afirmar que:

1. Filtros com uma máscara de tamanho maior, como os de Stevenson-Arce, Stuckie e Jarvis-Judice-Ninke geram outputs com aparência mais suave, com uma melhor distribuição do erro e menos ruído.
 2. Filtros com uma máscara de tamanho menor, como o de Floyd-Steinberg, geram outputs com padrões mais evidentes e um maior contraste local.
 3. Filtros com uma máscara de tamanho intermediário, como como Burkes e Sierra, apresentam um compromisso entre os extremos: oferecem melhor distribuição de erro que o Floyd-Steinberg mantendo padrões menos evidentes, porém preservam maior definição de bordas e detalhes que os filtros de máscaras maiores como Stevenson-Arce.
- 4. Varredura normal vs Varredura alternada:**
- (a) A varredura alternada produz resultados visualmente superiores em todos os filtros.
 - (b) A diferença é mais notável em áreas de gradiente suave, onde a varredura padrão tende a criar padrões diagonais evidentes.
 - (c) A varredura alternada distribui melhor o erro, resultando em uma representação de tom mais precisa

2 Item 2 - Filtragem no domínio de frequência

O objetivo deste item é aplicar a transformada rápida de Fourier em imagens digitais explorando o processamento de imagens no domínio de frequência.

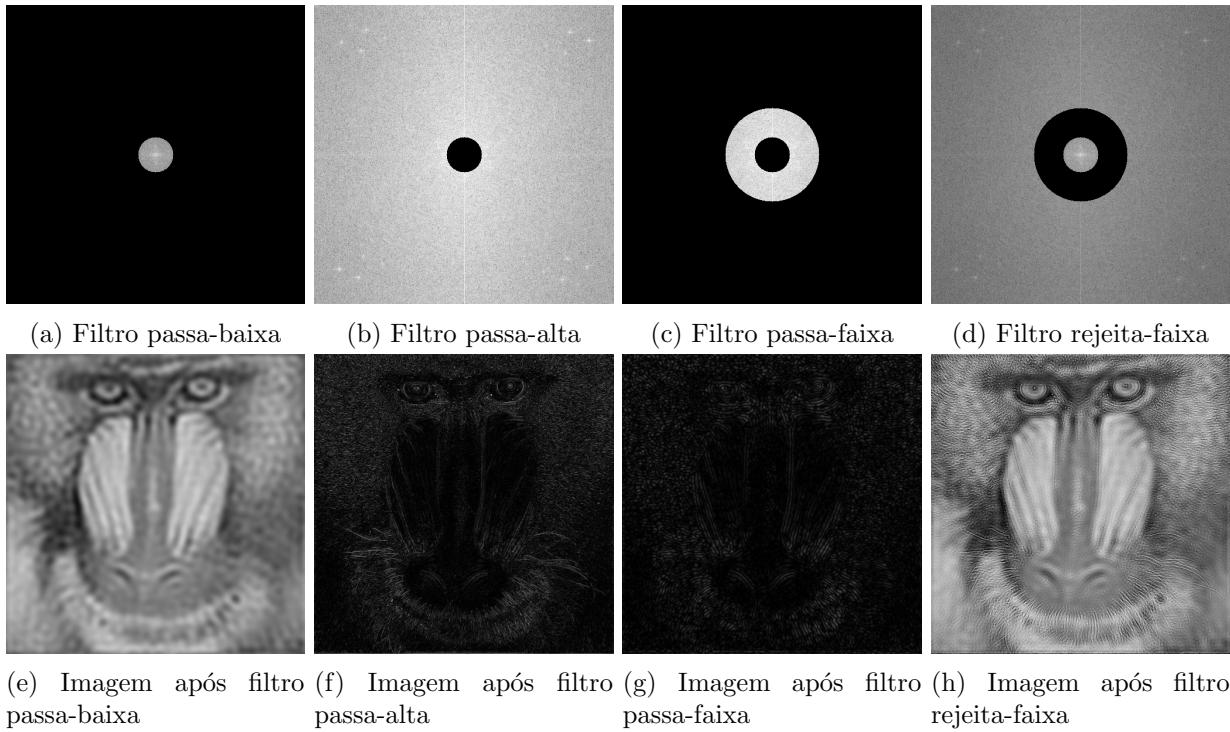
Inicialmente, convertemos a imagem para o domínio da frequência utilizando a FFT bidimensional (*np.fft.fft2*), seguida de um deslocamento que posiciona as frequências zero no centro do espectro (*np.fft.fftshift*).

Os filtros são implementados como máscaras binárias usando operações geométricas simples (círculos), aplicadas através de multiplicação direta com o espectro de frequência deslocado. Após a aplicação dos filtros, realizamos a transformada inversa de Fourier (IFFT) para converter o espectro filtrado de volta ao domínio espacial, resultando na imagem processada. Além disso, implementamos uma técnica simples de compressão baseada em frequência, onde coeficientes de magnitude abaixo de um determinado limiar são zerados, preservando apenas as componentes de frequência mais significativas da imagem. Geramos também os histogramas para comparar a distribuição de intensidade da imagem original e da imagem comprimida.

Neste trabalho, foram aplicados quatro tipos de filtros no domínio da frequência: passa-baixa, passa-alta, passa-faixa e rejeita-faixa, utilizando três combinações diferentes de raios internos e externos: (30,80), (80,150) e (150,230). A seguir, discutimos os efeitos observados para cada filtro e combinação de raios.

2.1 Raio interno 30, raio externo 80

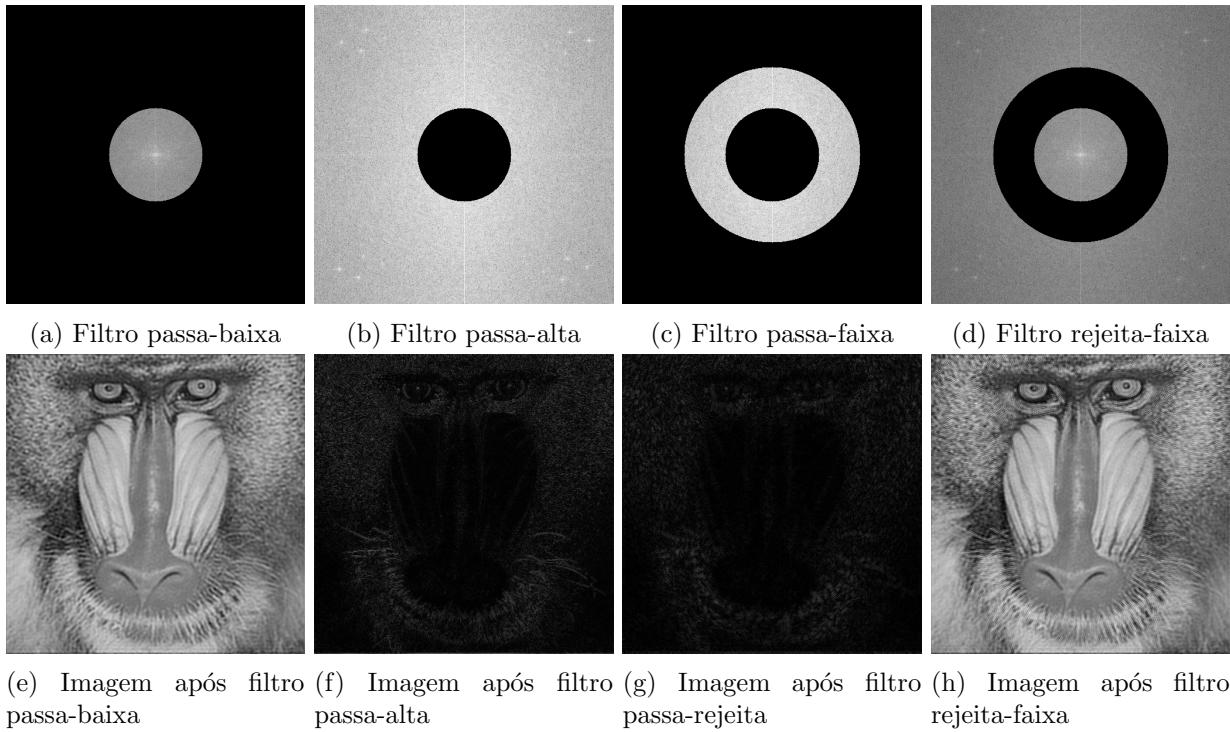
- Filtro passa-baixa: permite a passagem apenas das frequências mais baixas (centrais) do espectro. Na imagem resultante, observamos uma versão suavizada, com perda significativa de detalhes e textura.
- Filtro passa-alta: bloqueia as frequências baixas e mantém apenas as componentes de alta frequência. Na imagem resultante, vemos principalmente as bordas, texturas e detalhes finos.
- Filtro passa-faixa: observa-se que tanto os componentes muito grosseiros (baixa frequência) quanto os muito finos (alta frequência) foram atenuados. Enxergamos poucos detalhes da foto.
- Filtro rejeita-faixa: causa um efeito de suavização moderada. A imagem mantém as grandes estruturas e alguns detalhes finos, mas perde muita textura intermediária.



2.2 Raio interno 80, raio externo 150

Esta configuração trabalha com frequências mais elevadas em comparação com o caso anterior. Para esses raios escolhidos:

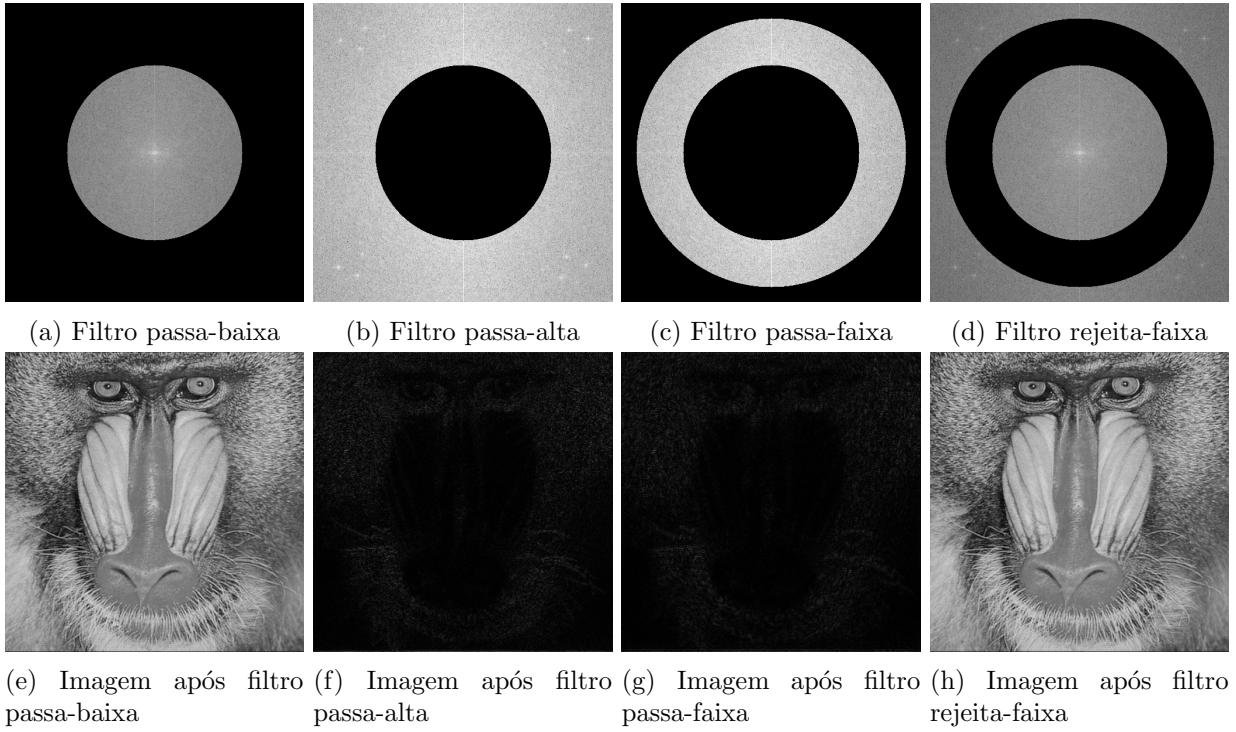
- Filtro passa-baixa: permite a passagem de mais componentes de frequência. A imagem resultante mantém mais detalhes que a versão anterior, preservando melhor a imagem, embora ainda apresente suavização geral.
- Filtro passa-alta: um filtro mais restritivo, removendo mais componentes de frequência baixa. Quase não se vê mais detalhes, o que antes já não se via muito.
- Filtro passa-faixa: perda significativa tanto de informações de baixa frequência quanto de texturas muito finas.
- Filtro rejeita-faixa: mantém componentes tanto altas como baixas. A imagem resultante combina suavização com realce acentuado de bordas, criando um efeito visual com características tanto de passa-baixa quanto de passa-alta.



2.3 Raio interno 150, raio externo 230

Esta configuração utiliza os raios maiores, trabalhando com frequências ainda mais elevadas.

- Filtro passa-baixa: permite a passagem de uma gama ainda maior de frequências. A imagem resultante preserva consideravelmente mais detalhes, mantendo boa parte da estrutura original, embora ainda apresente suavização sutil de texturas muito finas.
- Filtro passa-alta: extremamente restritivo, mantendo apenas componentes de frequência muito alta.
- Filtro passa-faixa: captura componentes de frequência muito alta por conta do raio alto. Também quase não se vê nada.
- Filtro rejeita-faixa: mantém a maioria dos componentes de frequência (baixas e algumas altas fora desta faixa). É visualmente similar à imagem original, com leve modificação nas texturas mais finas, já que as frequências rejeitadas representam uma porção menor do espectro total.



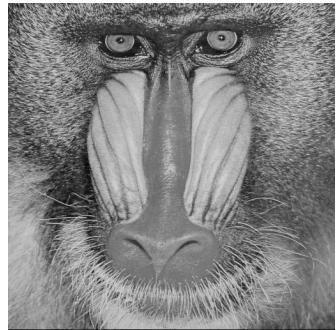
Este comportamento ilustra o princípio fundamental do processamento de imagens no domínio da frequência: as frequências baixas (próximas ao centro do espectro) correspondem a estruturas gerais e áreas homogêneas, enquanto frequências altas (afastadas do centro) correspondem a detalhes finos, bordas e texturas. O ajuste dos raios permite controlar precisamente quais componentes da imagem serão preservados ou removidos, possibilitando diversas aplicações como realce, suavização, segmentação e extração de características específicas.

2.4 Compressão e histogramas

Implementamos uma técnica de compressão de imagem baseada na Transformada de Fourier, explorando as propriedades do domínio da frequência. A compressão é realizada através da eliminação seletiva de coeficientes de frequência considerados menos significativos, mantendo apenas aqueles cuja magnitude supera um limiar predefinido (0,5% ou 0.005 da magnitude máxima, conforme implementado na função `compress_fft`).

Podemos analisar a imagem comprimida e observar uma degradação visual significativa em comparação com a imagem original. A compressão resultou em perda de detalhes finos e textura, especialmente nas áreas dos pelos e características faciais mais sutis. No entanto, a estrutura geral e as características principais permanecem reconhecíveis, demonstrando a capacidade da FFT de preservar informações visuais fundamentais mesmo após uma compressão considerável.

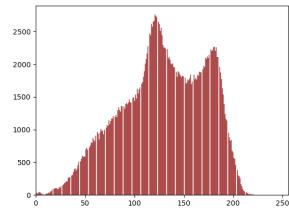
Os histogramas ressentados revelam mudanças importantes na distribuição de intensidade dos pixels após a compressão. A imagem original apresenta um histograma de distribuição mais desigual e ampla, com picos distintos em diferentes níveis de intensidade, característico de uma imagem com boa definição de contraste e detalhes. Já o histograma da imagem comprimida apresenta uma distribuição mais concentrada e suavizada, com redução na amplitude dos picos e vales. Esta mudança entre os histogramas ratifica a observação visual de que a compressão resultou em uma imagem com menor variação tonal e detalhamento reduzido.



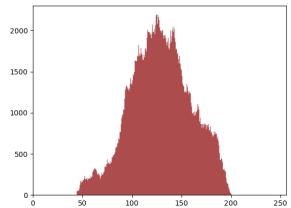
(a) Imagem original



(b) Imagem comprimida



(c) Histograma original



(d) Histograma comprimida