

Trabalho 2

MO443 - Introdução ao Processamento de Imagem Digital

Thales Eduardo Nazatto
074388
tenazatto@gmail.com

I. INTRODUÇÃO

A técnica de Meios-Tons (*half-toning*), mencionada em [1], é um processo que usa pontos pretos e brancos para formar padrões reduzindo os níveis de cinza de uma imagem. Isso acontece porque o olho humano atenua as diferenças dos pontos pretos e brancos com esses padrões, produzindo uma ilusão de ótica de que a imagem possua tons de cinza claros e escuros. Consiste, basicamente, em imprimir em cada unidade de resolução um círculo de tinta preta cujo tamanho é inversamente proporcional à intensidade da imagem na unidade de resolução. Dessa forma, os pontos ficam menores nas regiões claras da imagem e maiores nas regiões escuras.

Tal técnica é bastante utilizada na impressão de jornais e revistas, uma vez que antigamente as impressoras imprimiam apenas o tom preto e o tom branco, se provando necessária a partir desta restrição. Neste relatório, discutiremos a respeito de duas técnicas em particular:

- **Pontilhado Ordenado (Ordered Dithering):** Cada ponto da imagem é substituído por um padrão de pontos que depende da intensidade de cor de cada ponto e dos limiares utilizados para definir o padrão. Um padrão conhecido é a matriz de Bayer, mostrada na figura 1.
- **Pontilhado com difusão de erro (dithering with error diffusion):** Procuram distribuir a diferença entre o valor exato de cada ponto e seu valor aproximado a um conjunto de pontos adjacentes. Neste trabalho, será abordado a difusão de erro de *Floyd-Steinberg*. Sua distribuição está ilustrada na figura 2.

$$M_{4 \times 4} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0 & 12 & 3 & 15 \\ \hline 8 & 4 & 11 & 7 \\ \hline 2 & 14 & 1 & 13 \\ \hline 10 & 6 & 9 & 5 \\ \hline \end{array}$$

Figura 1. Matriz de pontilhado ordenado de Bayer

A seção II definirá a metodologia do programa elaborado para a execução desses filtros, a seção III discutirá a respeito dos experimentos realizados e, por fim, as conclusões a respeito dos experimentos e sugestões serão realizadas no seção IV.

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

Figura 2. Distribuição de erro na técnica de pontilhado com difusão de erro de *Floyd-Steinberg*

II. METODOLOGIA

A. Execução e utilização do programa

Para executar os filtros em questão, foi criado um programa na linguagem *Python*. Nele foram realizados 2 técnicas de pontilhado ordenado, utilizando 10 padrões de cor em uma matriz 3 x 3 e utilizando 17 padrões de cor em uma matriz 4 x 4 (também conhecida como matriz de Bayer), e a técnica de pontilhado com difusão de erro de *Floyd-Steinberg*, conforme detalhados na descrição do trabalho presente em [2].

Para executar o programa, é necessário o *Python 3* e são necessárias as seguintes bibliotecas instaladas:

- **NumPy:** Utilizada para realizar os cálculos matriciais necessários para manipular as imagens.
- **OpenCV:** Utilizado para manipular as imagens em tons de cinza e gerar as imagens de saída.

Para utilizar o programa, *flags* foram configuradas para realizar experimentos de forma separada:

- **-images:** Utilizada para listar as imagens que serão filtradas. Parâmetro obrigatório
- **-dither:** Utilizado para enumerar a técnica de pontilhado a ser utilizada (1 para pontilhados ordenados com 10 padrões, 2 para pontilhados ordenados com matriz de Bayer e 3 para *Floyd-Steinberg*).
- **-change-dir:** Utilizada para fazer a varredura de imagem mudando as direções a cada linha de pixels.

B. Entrada e Saída de dados

Como entrada de dados, foi utilizado um banco de imagens presente em [4], que possui 7 imagens no formato PGM. A saída de dados serão imagens binárias no formato PBM, disponibilizados em uma pasta **result_images** que o programa também criará caso não exista. Para as técnicas de pontilhado

ordenado, devido a natureza de sua técnica é gerada uma imagem com 9 ou 16 vezes mais pixels que a imagem original dependendo da técnica. A técnica de pontilhado com difusão de erro de *Floyd-Steinberg* gerará uma imagem do mesmo tamanho da imagem original.

C. Abordagens tratadas nos algoritmos

Nas técnicas de pontilhado ordenado, é gerado uma nova matriz de pixels para acomodar a nova imagem. Após a matriz estar gerada, a imagem antiga é iterada e seus pixels são normalizados para ter valores de 0 a 9 ou 0 a 16. Uma matriz de pixels referente a este valor normalizado é gerada e estes pixels são preenchidos na nova matriz, gerando a imagem binária resultante.

Na técnica de pontilhado com difusão de erro de *Floyd-Steinberg*, conforme mencionados em [1] e [2], o valor do pixel é substituído por 0 caso seu valor seja até 127 ou 1 caso seu valor seja maior que 127, o erro é calculado pela subtração entre o valor antigo e o valor novo multiplicado por 255 e os pixels adjacentes são atualizados conforme o erro calculado.

Todas as abordagens realizadas neste programa foram iterativas. Como a forma de varredura muda o resultado da imagem na visualização ao olho humano, foram implementadas duas formas de varredura: Uma da esquerda para a direita, fazendo iterações de modo tradicional, e outra em zigue-zague, mudando a direção a cada linha que é passada, invertendo no processo as posições das matrizes de pontilhado e de cálculo de erro.

III. EXPERIMENTOS E DISCUSSÃO

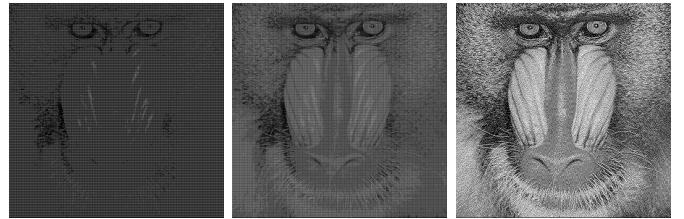
Para este trabalho, devido a diferentes contestações nos resultados ilustraremos os experimentos utilizando imagens variadas. Devido a saída do programa implementado ser imagens binárias não serão realizadas análises de histograma neste relatório pois a frequência de duas intensidades de cor não trará resultados muito relevantes para este trabalho. Apenas análises de diferenças entre os algoritmos serão citadas.

Primeiramente, usando a imagem *baboon.pgm* como exemplo, foi feita a execução do programa utilizando cada técnica em modo de varredura da esquerda para a direita para verificar as diferenças entre as três, presentes na figura 3. A primeira diferença a ser notada é que, enquanto as técnicas de pontilhado ordenado possuem um aspecto quadriculado enquanto a técnica de pontilhado com difusão de erro de *Floyd-Steinberg* possui um aspecto ruidoso. Isso acontece pois a natureza do algoritmo do pontilhado ordenado substitui o pixel por uma matriz de pontos, algoritmo do pontilhado com difusão de erro age pixel por pixel, sem substituição.

A segunda diferença é relacionada a preservação dos detalhes da imagem original. Na técnica de pontilhado com difusão de erro de *Floyd-Steinberg* os detalhes são bem mais preservados do que nas técnicas de pontilhado ordenado, que apresenta uma perda de detalhes inversamente proporcional ao tamanho de sua matriz de pontilhado. A proporcionalidade se deve ao fato do uso da limiarização, mencionada em [4], utilizada para determinar os pontilhados da matriz: Quanto

menor a matriz utilizada, maior o limiar de intensidade do pixel para determinar os pontos. Consequentemente, mais intensidades serão determinadas por uma única combinação de pontos na matriz e a imagem por si só será menos detalhada.

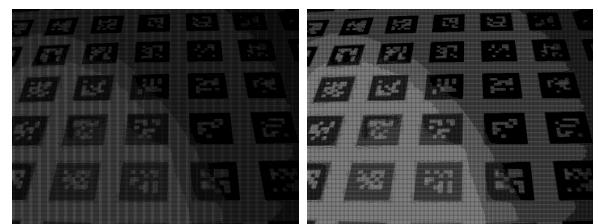
A terceira diferença é relacionada ao tamanho em relação a imagem original. As três técnicas, por serem imagens binárias, apresentam tamanhos bastante inferiores. *Floyd-Steinberg* foi a técnica que apresentou menor tamanho, uma vez que a imagem resultante tem o mesmo número de pixels que a imagem original.



(a) Pontilhado ordenado (b) Pontilhado ordenado (c) Pontilhado com di-
com matriz de dez com matriz de Bayer. fusão de erro de *Floyd-
Steinberg*.

Figura 3. Diferenças entre as técnicas de pontilhado.

Para o segundo experimento, usando a imagem *fiducial.pgm* como exemplo, foi feita a execução do programa utilizando a técnica de pontilhado ordenado com matriz de dez posições em ambos os tipos de varreduras para verificar as diferenças nos modos de varredura nesta técnica, presentes na figura 4. Como a matriz de pontilhado acaba se espelhando a cada pixel na varredura alternada, a proximidade entre os pontos pretos é bem mais evidente, deixando a imagem com aparência mais escura. O aspecto quadriculado também é bem mais perceptível com a varredura alternada, e os ruídos presentes nestas imagens em regiões onde a imagem original revela gradientes nas intensidades dos pixels são atenuados em relação a varredura da esquerda para direita.



(a) Varredura alternada. (b) Varredura da esquerda para direita.

Figura 4. Comparação entre as formas de varredura utilizando a técnica de pontilhado ordenado com matriz de dez posições.

Para o terceiro experimento, usando a imagem *retina.pgm* como exemplo, foi feita a execução do programa utilizando a técnica de pontilhado ordenado com matriz de Bayer em ambos os tipos de varreduras para verificar as diferenças nos modos de varredura nesta técnica, presentes na figura 5. Nele, podemos ver as mesmas características presentes no segundo experimento, entretanto como a imagem é mais homogênea

em suas intensidades há a impressão de perdas de detalhe na varredura invertida, uma vez que ela confere à imagem um pontilhado vertical, alterando pretos e brancos a cada coluna.

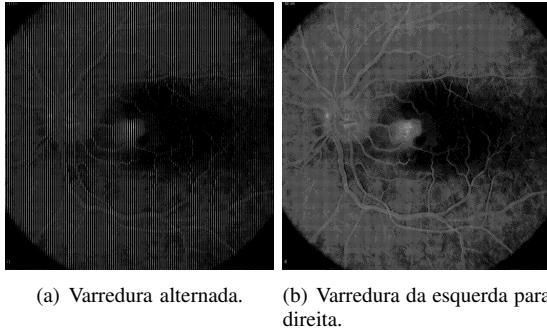


Figura 5. Comparação entre as formas de varredura utilizando a técnica de pontilhado ordenado com matriz de Bayer.

Para o quarto e último experimento, usando a imagem *peppers.pgm* como exemplo, foi feita a execução do programa utilizando a técnica de pontilhado com difusão de erro de *Floyd-Steinberg* em ambos os tipos de varreduras para verificar as diferenças nos modos de varredura nesta técnica, presentes na figura 6. Nesta a diferença entre ambas as imagens é ainda mais evidente, com a imagem gerada com a varredura alternada obtendo um resultado com um aspecto bem esbranquiçado, ainda que os detalhes da imagem sejam evidentes.

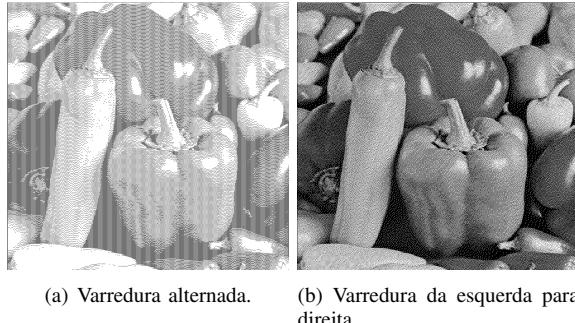


Figura 6. Comparação entre as formas de varredura utilizando a técnica de pontilhado com difusão de erro de *Floyd-Steinberg*.

Nesta técnica, podemos notar padrões ruidosos que podem ser bastante indesejados ao olho humano quando notados, conforme ilustrado na figura 7. Nela, um *zoom* foi realizado na figura *wedge.pgm* para como os ruídos presentes na varredura da esquerda para direita são extremamente mais incômodos que os da varredura alternada.

IV. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Podemos concluir que, como vantagem, as técnicas de Meios-Tons consistem em transformar uma imagem em uma imagem binária com o mínimo de perdas de detalhe possível, mas com um tamanho muito menor. Como desvantagem, enquanto as técnicas de pontilhado ordenado dependem de

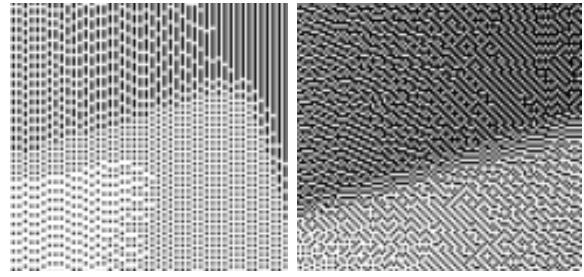


Figura 7. Imagem em *zoom* para ilustrar ruídos indesejados nas formas de varredura.

sua matriz para terem o máximo de fidelidade possível, a técnica de pontilhado com difusão de erro de *Floyd-Steinberg* gera padrões que podem ser desagradáveis ao olho humano. Podemos concluir também que a varredura da imagem importa na executar estas técnicas, podendo atenuar estas desvantagens caso os pixels sejam pontilhados de forma alternada.

Como trabalhos futuros, é possível realizar mais técnicas como as técnicas de pontilhado com difusão de erro de *Burkes, Stevenson e Arce e Stucki*, o uso de mais matrizes de pontilhado para verificar as diferenças em seu detalhamento, e mais varreduras como a curva de *Hilbert*, bastante útil para a geração destas. Entretanto, a implementação de tais técnicas presentes neste trabalho são suficientes para um aprendizado consistente sobre as técnicas de Meios-Tons, assim como sua importância.

REFERÊNCIAS

- [1] http://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MO443/aula_realce.pdf
- [2] <http://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MO443/trabalho2.pdf>
- [3] http://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MO443/aula_segmentacao.pdf
- [4] http://www.ic.unicamp.br/~helio/imagens_pgm/