

*Processamento e Análise de Imagens (MC940)*

*Análise de Imagens (MO445)*

*Universidade Estadual de Campinas*

*Instituto de Computação*

*Professor: Helio Pedrini*

*Aluno: Renan Gomes Pereira 103927*

*Trabalho 3*

## **Introdução**

O objetivo deste trabalho é estudar as técnicas de meio-ton. As técnicas de meio-ton são processos que empregam padrões formados por pontos pretos e brancos para reduzir o número de níveis de cinza de uma imagem. Estas técnicas são muito utilizadas na impressão de imagens em jornais e revistas sendo necessários apenas dois tons, o tom da tinta e o tom do papel, para a impressão dessas imagens[1].

Estudou-se dois métodos para a geração de imagens meios-ton: técnicas de pontilhado ordenado e com difusão de erro. Foram implementadas duas técnicas de pontilhado ordenado, utilizando o conjunto de dez padrões e a matriz de pontilhado ordenado de Bayer. A técnica de pontilhado por difusão de erro implementada foi a de Floyd-Steinberg. Mais detalhes sobre estas técnicas podem ser encontradas em [2].

## **Técnicas de Pontilhado Ordenado**

O algoritmo de pontilhado ordenado utiliza um conjunto de padrões formados por pontos pretos e brancos. Foram utilizadas duas máscaras M de tamanho  $m \times m$  para esta etapa. O conjunto de dez padrões (Figura 1) e a matriz de pontilhado ordenado de Bayer (Figura 2).

Inicialmente os *pixels* da imagem são normalizados no intervalo  $[0, 1]$ . Os valores das células da matriz M são usados como limiares e caso o valor da célula

seja maior que o valor do pixel, substitui-se o pixel por preto, caso contrário substitui-se o pixel por branco.

$$M_{3 \times 3} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 6 & 8 & 4 \\ \hline 1 & 0 & 3 \\ \hline 5 & 2 & 7 \\ \hline \end{array}$$

Figura 1. Conjunto de dez padrões

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

Figura 2. Matriz de pontilhado ordenado de Bayer

A aplicação desta técnica para uma imagem  $I$  de tamanho  $X^*Y$  vai produzir na saída uma imagem  $I'$  de tamanho  $mX^*mY$ , ou seja, a imagem de saída sofreu um aumento de escala.

## Técnicas de Pontilhado por Difusão de erro

Assim como no caso anterior, as técnicas de pontilhado por difusão de erro também transforma a imagem original em uma imagem contendo apenas valores preto e branco, porém esta técnica considera os valores ao redor de cada pixel. A técnica de pontilhado por difusão de erro de Floyd-Steinberg consiste em percorrer todos os pixels da imagem de acordo com uma certa ordem de varredura e para cada pixel, se o seu valor for maior que 128, troque-o para 255. Caso contrário, troque-o para 0. Armazene seu erro e distribua o erro aos pixels adjacentes de acordo com a Figura 3 abaixo.

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

Figura 3. Distribuição do erro na técnica de pontilhado com difusão de erro de Floyd-Steinberg.

Como esta técnica leva em consideração os valores ao redor de cada *pixel*, a ordem de varredura pode produzir resultados diferentes no processo de *dithering*. A Figura 4 [1] ilustra 3 tipos de varreduras.

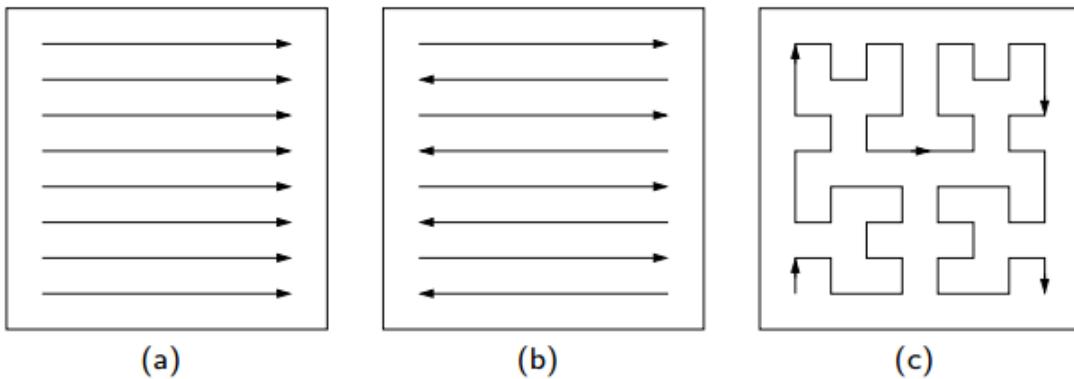


Figura 4. Diferentes tipos de varreduras em uma imagem. (a) unidirecional; (b) alternada; (c) curva de Hilbert.

Neste trabalho, foram implementadas as formas de varredura unidirecional e alternada.

Este tipo de técnica não altera as dimensões da imagem, diferindo neste aspecto da técnica de pontilhado ordenado.

## Procedimentos

Foi criado um programa utilizando o software MATLAB R2014a para o sistema operacional Windows 8.1 64 bits. Este programa permite que o usuário escolha quais métodos deseja rodar através de um script *main.m*. O programa lê as imagens escolhidas pelo usuário, inserindo o nome das imagens que ele deseja

pontilhar em um *cellarray* construído no início do *script main.m*. Em seguida, o *script* pontilha as imagens de acordo com cada método e salva as imagens resultantes no diretório *output*. O diretório *output\_aluno* contém os resultados obtidos na máquina do aluno.

O código foi dividido da seguinte forma:

**main.m** – *script* que coordena a chamada das outras funções. É possível escolher quais métodos rodar através de variáveis booleanas no início do arquivo. O usuário especifica um diretório com as imagens em formato PGM na variável *input\_dir* e escolhe quais images deste diretório serão pontilhadas através do *cellarray images*.

**conjunto\_dez\_padroes.m** - função que recebe uma imagem em níveis de cinza e retorna uma imagem pontilhada pela técnica de pontilhado ordenado utilizando a máscara do conjunto de dez padrões.

**bayer\_matrix.m** - função que recebe uma imagem em níveis de cinza e retorna uma imagem pontilhada pela técnica de pontilhado ordenado utilizando a máscara da matriz de Bayer.

**difusao\_erro\_floyd\_steinberg.m** - função que recebe uma imagem em níveis de cinza e retorna uma imagem pontilhada pela técnica de pontilhado por difusão de erro utilizando o método de Floyd-Steinberg. Foram implementadas duas formas de varreduras na imagem: unidirecional e alternada. A forma utilizada pela função é definida no parâmetro booleano *alternate*, se true, varredura alternada, caso contrário, varredura unidirecional. Um detalhe importante de implementação é a inserção de uma borda de zeros ao redor da imagem para não ser necessário considerar casos de borda no interior do laço. E no final a imagem é retornada sem essa borda adicional. Além disso, a imagem é convertida para uma matriz de pontos flutuantes para evitar perdas na distribuição dos erros.

## Resultados

**Forma de varredura:** Para verificar se a forma de varredura da imagem na hora de aplicar a técnica de pontilhado por difusão de erro alterava o resultado foi analisada a Figura 5 (a) de entrada. Como ilustrado nas Figuras 5 (b) e (c), o resultado obtido para as varreduras unidirecional e alternada foram diferentes como já espera esperado, pois esta técnica leva em consideração os valores ao redor de cada pixel. O modo de varredura alternado é mais indicado pois evita os efeitos de direcionalidade na imagem resultante que são causados pela varredura unidirecional.

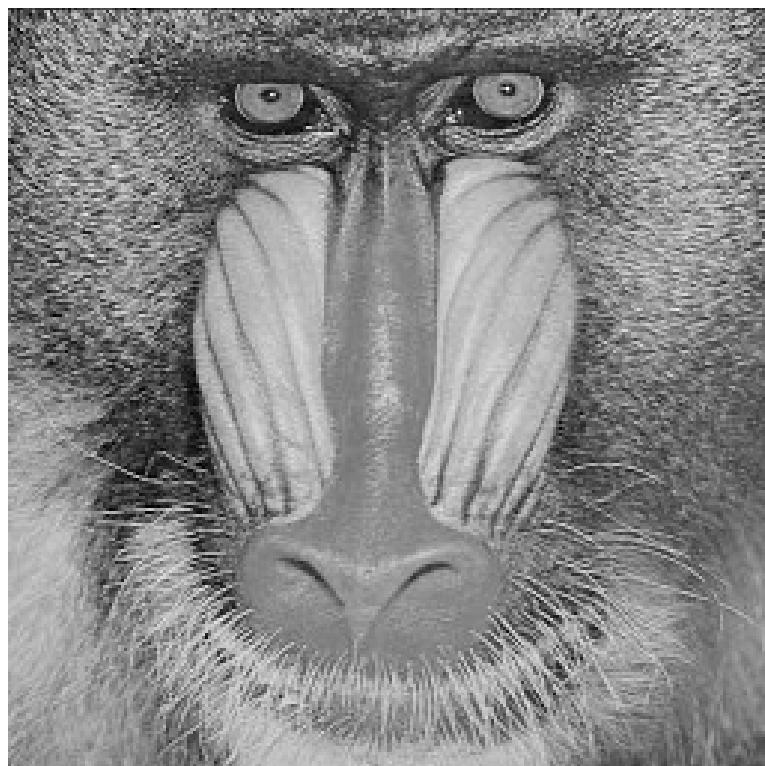


Figura 5. (a) imagem original

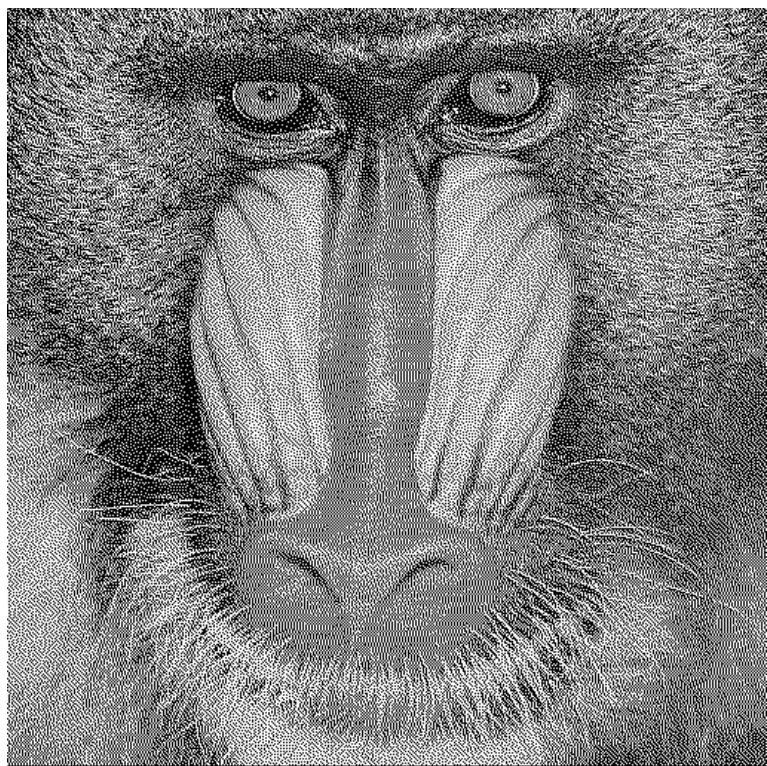


Figura 5. (b) varredura unidirecional

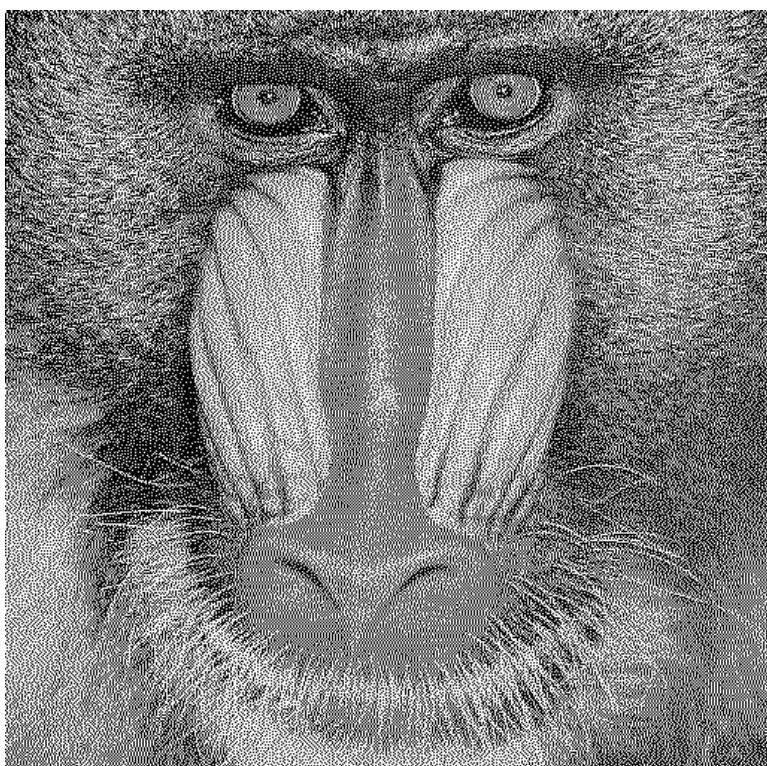


Figura 5. (c) varredura alternada

Pela análise da Figura 5, podemos notar pequenas diferenças nos padrões mas é possível perceber que a varredura alternada produziu resultados melhores visualmente.

**Observação:** Os resultados apresentados a partir deste ponto para as técnicas de pontilhado por difusão de erro serão os resultados da **varredura alternada**. Para visualizar os resultados completos e com a resolução original das imagens, recomenda-se visualizar o diretório `output_aluno` fornecido com este relatório.

**Técnicas de pontilhado ordenado:** A Figura 6 mostra o resultado da comparação dos resultados da técnica de pontilhado ordenado utilizando o conjunto de dez padrões com a matriz de Bayer. A imagem original está presente na Figura 6 (a). A Figura 6 (b) contém o resultado da técnica de pontilhado ordenado utilizando o conjunto de dez padrões e a Figura 6 (c) utilizando a matriz de Bayer.



Figura 6. (a) imagem original



Figura 6. (b) Conjunto de dez padrões

**Observação: ao inserir as imagens no LibreOffice, elas ficaram algumas linhas verticais, provavelmente devido ao redimensionamento da imagem, contudo, essas linhas NÃO estão presentes nas imagens de resultado.**



Figura 6. (c) Matriz de Bayer

Visualmente, os resultados obtidos com o conjunto de dez padrões foi pior do que com a matriz de Bayer.

**Observação:** Os resultados apresentados a partir deste ponto para as técnicas de pontilhado ordenado serão os resultados utilizando o **conjunto de dez padrões**. Para visualizar os resultados completos, recomenda-se visualizar o diretório `output_aluno` fornecido com este relatório.

**Comparando as técnicas:** As Figuras 7 a 9 mostram os resultados das técnicas de pontilhamento ordenado e por difusão de erro para diferentes imagens de entrada. Visualmente, em geral, a técnica de pontilhamento por difusão de erro apresentou melhores resultados do que técnica de pontilhamento ordenado. Por um lado, a difusão de erro é computacionalmente (em relação ao tempo de processamento) mais custosa pois ela leva em consideração os valores ao redor de cada *pixel*. Por outro lado, o pontilhado ordenado com uma máscara M de tamanho  $m^m$  em uma imagem I de tamanho  $X^Y$  retorna uma imagem de dimensões  $mX^mY$ , aumentando o consumo de memória e de espaço em disco. Portanto, o uso de uma técnica ou de outra pode depender da aplicação.



Figura 7. (a) Figura original

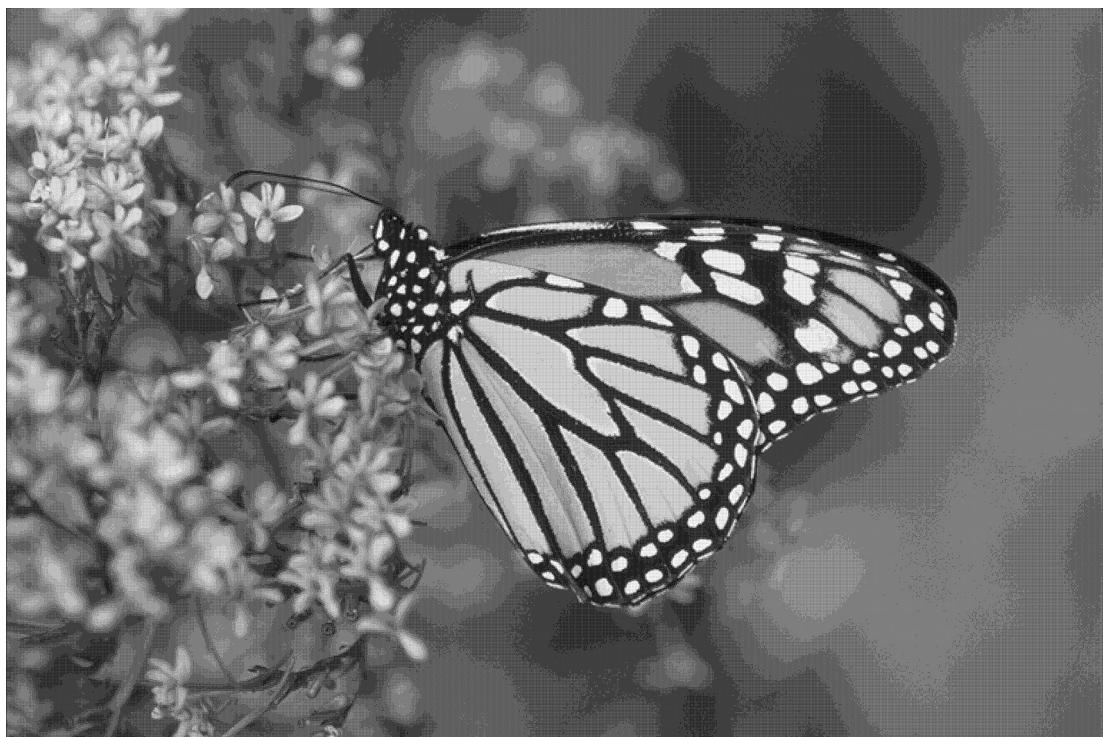


Figura 7. (b) Pontilhado Ordenado utilizando a Matriz de Bayer



Figura 7. (c) Pontilhado por difusão de erro

A Figura 7(b) e (c) mostra claramente a diferença do resultado entre as duas técnicas.

A Figura 8(a) mostra um gradiente de níveis de cinza. Pela Figura 8(b) e (c) nota-se claramente o fato do pontilhado ordenado não considerar os valores ao redor de cada pixel.

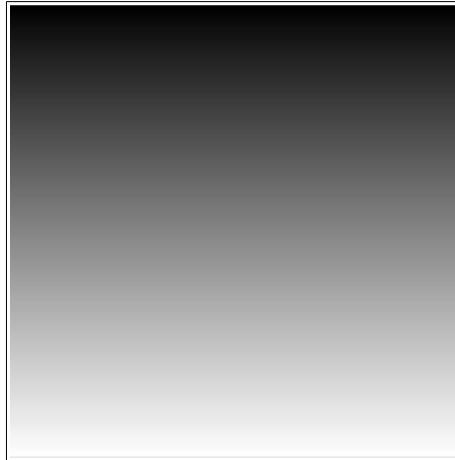


Figura 8. (a) Figura original de um gradiente

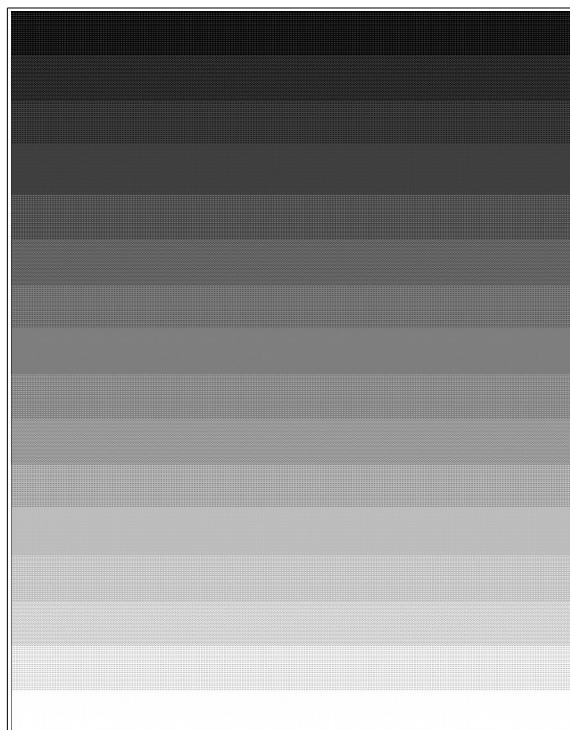


Figura 8. (b) Pontilhado Ordenado

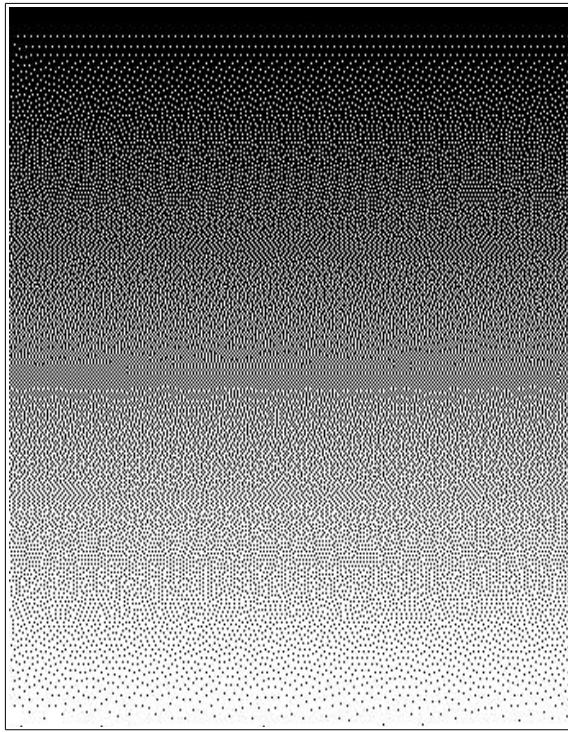


Figura 8. (c) Pontilhado por difusão de erro

**Sonnet for Lena**

O dear Lena, your beauty is so vast  
It is hard sometimes to describe it fast.  
I thought the entire world I would impress  
If only your portrait I could compress.  
Alas! First when I tried to use VQ  
I found that your cheeks belong to only you.  
Your silky hair contains a thousand lines  
Hard to match with sums of discrete cosines.  
And for your lips, sensual and tactful  
Thirteen Crays found not the proper fractal.  
And while these setbacks are all quite severe  
I might have fixed them with hacks here or there  
But when filters took sparkle from your eyes  
I said, 'Damn all this. I'll just digitize.'

*Thomas Colthurst*

Figura 9. (a) Figura original

## Sonnet for Lena

O dear Lena, your beauty is so vast  
It is hard sometimes to describe it fast.  
I thought the entire world I would impress  
If only your portrait I could compress.  
Alas! First when I tried to use VQ  
I found that your cheeks belong to only you.  
Your silky hair contains a thousand lines  
Hard to match with sums of discrete cosines.  
And for your lips, sensual and tactful  
Thirteen Crays found not the proper fractal.  
And while these setbacks are all quite severe  
I might have fixed them with hucks here or there  
But when filters took sparkle from your eyes  
I said, 'Damn off this. I'll just digitize.'

*Thomas Cuthbert*

Figura 9. (b) Pontilhado ordenado

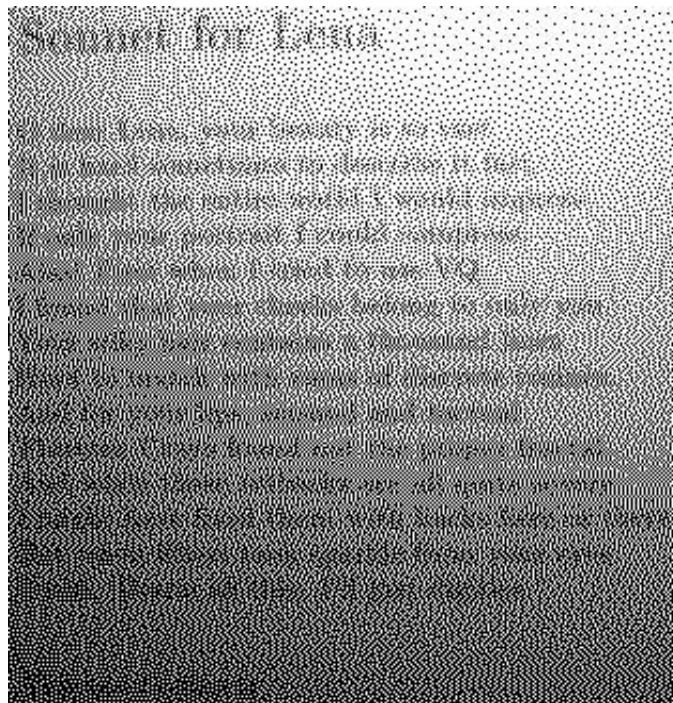


Figura 9. (c) Pontilhado por difusão de erro

A Figura 9 mostra um resultado onde é possível ler o texto no interior da imagem apenas na técnica de pontilhado ordenado.

## Conclusões

O objetivo deste trabalho foi estudar as técnicas de meio-tom. Os métodos estudados foram as técnicas de pontilhado ordenado e com difusão de erro. Foram implementadas duas técnicas de pontilhado ordenado, utilizando o conjunto de dez padrões e a matriz de pontilhado ordenado de Bayer. A técnica de pontilhado por difusão de erro implementada foi a de Floyd-Steinberg.

Os resultados obtidos foram satisfatórios para ambas as técnicas. O uso de cada técnica depende da aplicação. A técnica de pontilhado ordenado gasta mais memória pois aumenta o tamanho da imagem, por outro lado, a técnica de pontilhado por difusão de erro é mais lenta.

O uso do MATLAB foi bastante satisfatório para o desenvolvimento deste trabalho. Conforme o conhecimento da linguagem MATLAB vai aumentando a cada trabalho, o tempo de desenvolvimento dos *scripts* e funções é bem menor, além disso, aumenta a exploração poder do MATLAB em lidar com vetores e matrizes e, consequentemente, aumenta a eficiência temporal do código.

## Bibliografia

[1] Site professor Hélio. Aula sobre Técnicas de Realce de Imagens. (Acessado em Outubro 2015)

[http://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MC940/aula\\_realce.pdf](http://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MC940/aula_realce.pdf)

[2] Enunciado do trabalho 3. Site professor Hélio acessado em (outubro 2015)

<http://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MC940/trabalho3.pdf>