

Trabalho 1 de Introdução a Processamento de Imagens

1st Gabriel Henrique Souza de Melo
Departamento de ciência da Computação
Universidade de Brasília
Brasília, Brasil
gabrielhsm1402@gmail.com

Abstract—In this work some methods were made with the purpose of expanding an image in order to compare the obtained results. Some images were also enhanced with power law techniques and histogram equalization.

Index Terms—image, expansion, power-law, histogram, equalization, super-resolution.

I. RESUMO

Neste trabalho foram feitos alguns métodos com a finalidade de expansão das dimensões de uma imagem a fim de comparar os resultados obtidos. Também foi realizado o realce de algumas imagens com técnicas power-law e equalização de histograma.

II. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é investigar e comparar diferentes métodos de ampliação de imagens, bem como explorar técnicas de realce de imagem. A ampliação de imagens é um processo fundamental na área de processamento de imagens, pois permite aumentar a resolução de uma imagem, buscando preservar a qualidade e os detalhes visuais. O realce de imagem, por sua vez, visa melhorar a qualidade visual de uma imagem, destacando características importantes e melhorando a percepção visual.

Para compreender os experimentos e a metodologia empregados neste estudo, é fundamental ter conhecimentos teóricos sobre os princípios do processamento de imagens digitais, incluindo a representação das imagens em forma de matrizes de pixels, as transformações de intensidade e as operações básicas de processamento de imagens, como manipulação de histograma. Esses conhecimentos teóricos serão essenciais para entender a metodologia empregada nos experimentos e a interpretação dos resultados obtidos.

Nas próximas seções, serão abordados os detalhes dos métodos de ampliação de imagem utilizados: TAM2, TMM e SUPERRES. Serão apresentadas as técnicas empregadas em cada método. Em seguida, será discutido o processo de realce de imagem, com ênfase nos métodos de correção gamma (Power-Law) e equalização de histograma. Essas técnicas têm como objetivo realçar as características visuais das imagens e melhorar sua qualidade visual.

Na seção seguinte, serão apresentados os resultados dos experimentos realizados, comparando os métodos de ampliação de imagem e demonstrando os efeitos dos métodos de realce

de imagem. Por fim, serão discutidas as conclusões obtidas a partir dos resultados e apontadas possíveis direções para pesquisas futuras nessa área.

III. METODOLOGIA

Este artigo tem dois objetivos principais:

A. Ampliação de Imagem

Nesta etapa serão testados 3 métodos para alcançar este objetivo:

1) *TAM2*: Será criada uma função TAM2 que receberá dois argumentos, primeiro a imagem que deseja ser ampliada e segundo um número par que multiplicará o número de linhas e colunas da imagem original para que se obtenha as dimensões da nova imagem.

Considerando a imagem original com dimensões (m,n) representada por uma matriz A. Quando usada a função na forma TAM(img, k), o resultado será uma nova matriz B com dimensões $(m \cdot k, n \cdot k)$. Nesta nova matriz cada elemento a_{ij} da matriz A é repetido k vezes tanto nas linhas quanto nas colunas. Por exemplo, se a matriz A é:

$$\begin{bmatrix} 10 & 12 \\ 5 & 7 \end{bmatrix},$$

o valor de k é 2, então B é igual a:

$$\begin{bmatrix} 10 & 10 & 12 & 12 \\ 10 & 10 & 12 & 12 \\ 5 & 5 & 7 & 7 \\ 5 & 5 & 7 & 7 \end{bmatrix}.$$

Dessa forma, a função TAM2 aumenta a imagem original repetindo cada linha e cada coluna, resultando em uma nova matriz com o dobro do tamanho nas dimensões.

2) *TMM*: Realiza um aumento da imagem por meio da média dos valores dos pixels adjacentes. Seja a imagem original representada por uma matriz A de dimensões (m, n), onde m é o número de linhas e n é o número de colunas. A matriz A pode ser escrita como:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}.$$

A função TAMM recebe como parâmetro a matriz A e realiza o aumento da imagem, resultando em uma nova matriz B de dimensões (2m, 2n). A matriz B pode ser representada por:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \frac{a_{11}+a_{12}}{2} & a_{12} & \dots & a_{1n} & \frac{a_{1n}+a_{1n-1}}{2} \\ \frac{a_{11}+a_{21}}{2} & \frac{a_{11}+a_{12}+a_{21}+a_{22}}{4} & \frac{a_{12}+a_{22}}{2} & \dots & \frac{a_{1n}+a_{1n-1}+a_{2n}+a_{2n-1}}{4} & \frac{a_{1n}+a_{1n-1}}{2} \\ a_{21} & \frac{a_{21}+a_{22}}{2} & a_{22} & \dots & a_{2n} & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & \frac{a_{m1}+a_{m1+1}}{2} & a_{m1+1} & \dots & a_{mn} & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Nota-se que a última linha e a última coluna apenas repete o único valor que seria usado para o cálculo da média

Na matriz B, cada elemento a_{ij} é expandido para uma submatriz de tamanho 2×2 , sendo a média dos valores dos pixels adjacentes calculada para preencher os elementos da nova matriz. As médias são calculadas considerando os elementos adjacentes horizontalmente e verticalmente. Por exemplo, se a matriz A é:

$$A = \begin{bmatrix} 10 & 12 \\ 5 & 7 \end{bmatrix}$$

A matriz B resultante após a aplicação da função TAMM com arredondamento para cima seria:

$$B = \begin{bmatrix} 10 & 11 & 12 & 12 \\ 8 & 9 & 10 & 10 \\ 5 & 6 & 7 & 7 \\ 5 & 6 & 7 & 7 \end{bmatrix}$$

Assim, a função TAMM aumenta a imagem original aplicando a média dos valores

3) *SUPERRES*: A função *SUPERRES* realiza super-resolução em duas imagens de entrada A e B. O processo pode ser resumido da seguinte forma:

- Verifica se as imagens têm as mesmas dimensões.
- Obtém a altura (h), a largura (w) e o número de canais de cores das imagens.
- Calcula as novas dimensões para a imagem final C: nova altura ($2h$) e nova largura ($2w$).
- Cria uma matriz vazia para a imagem final, representada como uma matriz 3D de valores inteiros, sem sinal, de 8 bits.
- Combina as duas imagens de entrada na imagem final usando matrizes:
- Para as posições ímpares, atribue os valores de pixel de A nas posições $(2i + 1, 2j + 1)$ da matriz final.
- Para as posições pares, atribue os valores de pixel de nas posições $(2i, 2j)$ da matriz final.
- Retorna a matriz da imagem final.

B. Realce de Imagens

1) *Power-Law (Correção Gamma)*: O filtro Power-Law é utilizada para ajustar o contraste de uma imagem, realçando

detalhes de baixa intensidade e suavizando as áreas de alta intensidade. Utiliza-se uma função de potência na imagem original.

Cada pixel da imagem é elevado a uma potência específica,

$$I_{saída} = c \cdot (I_{entrada}^{\gamma}) \quad (1)$$

Onde:

- $I_{saída}$ é a intensidade do pixel na imagem resultante após a aplicação do filtro;
- $I_{entrada}$ é a intensidade do pixel na imagem original;
- γ é o parâmetro de potência que controla o ajuste do contraste;
- c é uma constante de normalização opcional para ajustar a faixa de intensidade resultante.

Quando a potência γ de (1) é menor que 1, o filtro realça os detalhes de baixa intensidade, por outro lado, quando a potência é maior que 1, o filtro suaviza as áreas de alta intensidade

2) *Equalização de Histograma*: A equalização de histograma é um processo que redistribui as intensidades dos pixels em uma imagem, melhorando o contraste global. Isso é feito calculando o histograma original, o histograma acumulado pela equação de distribuição acumulada (2), normalizando-o e, em seguida, mapeando os valores de intensidade dos pixels para novos valores com base no histograma acumulado normalizado.

$$S_k = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad (2)$$

IV. RESULTADOS

A. Ampliação de Imagem

1) *TAM2*: Para avaliar a função TAM2 foi usada uma imagem de entrada RGB "fruit1.png" (Fig.1) e primeiramente o aumento com o fator k igual a 2 (Fig.2). Em seguida com o valor igual a 8 (Fig.3).

As imagens no documento não são tão visíveis, porém ao comparar com as imagens geradas pelo programa para notar que a transformação da imagem original (Fig.1) para a primeira ampliação (Fig.2) perdeu-se qualidade, ficando mais quadriculada. Já as diferenças da Fig.2 para a Fig.3 são pouco perceptíveis além do aumento das dimensões da imagem, logo aumento também das áreas quadriculadas.

2) *TAMM*: Para a função TAMM foi usada a imagem RGB "fruit1.jpg" (Fig.4) e a imagem obtida com o dobro de dimensões é mostrada pela Fig.5. Comparando as duas imagens, nota-se que o resultado é bastante semelhante com o da função TAM2, onde a imagem dobra suas dimensões com perdas de qualidade e deixando a imagem com aparência de pixels maiores.



Fig. 1. "fruit1.jpg" Tamanho original



Fig. 2. "fruit1.jpg" Com fator 2



Fig. 3. "fruit1.jpg" Com fator 8



Fig. 4. "fruit1.jpg" Tamanho original



Fig. 5. "fruit1.jpg" Após a função TMM

3) *SUPERRES*: Para a função *SUPERRES* foram usadas as imagens RGB "fruit1.jpg" (Fig.6) e "fruit2.jpg" (Fig.7), que são bastante semelhantes. Ao aplicar a função de interpolação entre as duas obtém-se a Fig.8.

Comparando as imagens de entrada com a imagem de saída, primeiramente observa-se um escurecimento da imagem. Isso se dá pelo fato de a imagem ter um aspecto "xadrez", em que os pixels localizados nas coordenadas que não são puramente par ou puramente ímpares são preenchidos com zeros. Caso faça mais alterações manuais pelo sistema operacional, a imagem pode ficar mais escura ou mais clara.

Mesmo com o dobro do tamanho de dimensões das imagens de entrada, a imagem de saída tem uma qualidade boa em comparação aos outros métodos visto, já que aqui não fica com aspectos quadriculados, apesar de ficar levemente embaçada.

B. Realce de Imagens

Nesta etapa serão usadas três imagens como teste para avaliação dos métodos: "crowd.png" (Fig.9), "university.png" (Fig.10) e "car.png" (Fig.11)

1) *Power-Law (Correção Gamma)*: Para a verificação do Power-Law foram usados dois valores para γ em (1) nas três imagens: 0.5 e 1.5.

Os melhores valores de γ para cada imagem foram:

- "crowd.png" - 0.5 (Fig.12);
- "university.png" - 0.5 (Fig.13);
- "car.png" - 1.5 (Fig.14).

Olhando para as imagens originais, é fácil notar que as imagens "crowd.png" e "university.png" são escuras, diferente da imagem "car.png" onde a imagem possui uma alta intensidade. Logo, como esperado, as imagens com tons

mais escuros ficariam mais nítidas ao aplicar um γ menor que 1, já para a imagem mais clara as cores suavizariam mais, melhorando a nitidez, com um *gamma* maior que 1.

2) *Equalização de Histograma*: Usando as mesmas imagens da etapa anterior, será feita uma equalização dos seus respectivos histogramas. Após isso será mostrado um histograma e a CDF (Função de distribuição acumulada). (Fig.15), (Fig.16), (Fig.17).

A equalização do histograma e a CDF da imagem "car.png" pode ser comparada antes e depois pelas Fig.18 e Fig.19.

Nota-se como a distribuição dos valores dos pixels ficou espalhada de forma bem mais homogênea após a equalização. E, por consequência, o gráfico de CDF ficou de forma mais linear, mostrando uma melhora na visibilidade da imagem já que antes a imagem estava concentrada em valores de alta intensidade.

V. CONCLUSÃO

Neste artigo foi possível perceber a variabilidade de formas de aumentar as dimensões de uma imagem, porém é notável a dificuldade de fazê-lo sem que ocorra perda de qualidade. Quanto maior é o aumento de uma imagem, maior é a percepção humana das imperfeições causadas pelo processo.

O primeiro método mostra as imperfeições da simples repetição dos pixels como forma de ampliar uma imagem. O segundo método não foge do mesmo padrão, pois usando a média entre pixels não afeta de forma efetiva as imperfeições. O último método se mostrou o mais eficiente se feito com duas imagens muito bem capturadas e bem semelhantes, o que pode ser um empecilho, além do problema do escurecimento da imagem que talvez possa ser corrigido com tratamento de cores ou brilho de pixel a pixel, que se tratados os problemas visuais são apenas partes borradas da imagem.

Para a parte de realce de imagem não é possível definir um método mais eficiente, já que cada imagem gera um resultado distinto das outras.

Para as imagens escuras o valor de γ abaixo de 1 gerou bem mais visibilidade apesar de possuir menos contraste se comparado com suas equalizações, pois nesse, o brilho em certas partes acabou gerando ruídos. Já para a imagem com mais intensidade, apesar de ter um bom resultado e uma boa visibilidade com γ maior que 1, a equalização gerou contrastes bastantes homogêneos e deixando uma imagem bem mais coerente com o desejado até mesmo aparentando uma qualidade melhor que a original.



Fig. 6. "fruit1.jpg" Tamanho original



Fig. 7. "fruit2.jpg" Tamanho original

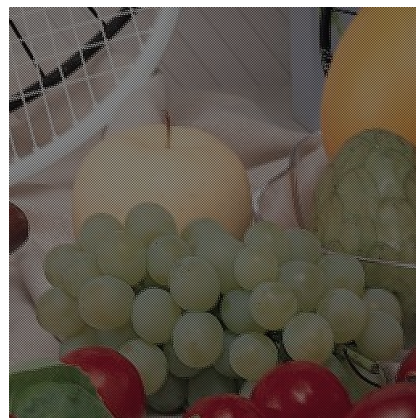


Fig. 8. Super-resolução das imagens "fruit1.jpg" e "fruit2.jpg"



Fig. 9. Imagem original "crowd.png"



Fig. 10. Imagem original "university.png"



Fig. 11. Imagem original "car.png"



Fig. 12. "crowd.png" com γ igual a 0.5



Fig. 13. "university.png" com γ igual a 0.5



Fig. 14. "car.png" com γ igual a 1.5



Fig. 15. "crowd.png" equalizado



Fig. 16. "university.png" equalizado



Fig. 17. "car.png" equalizado

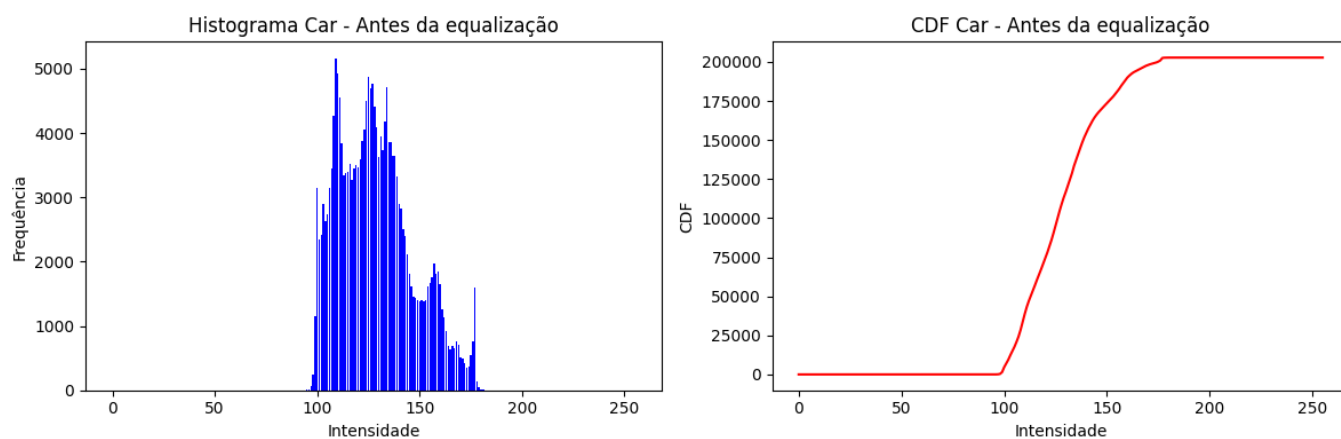


Fig. 18. Histograma e CDF de "car.png" antes da equalização

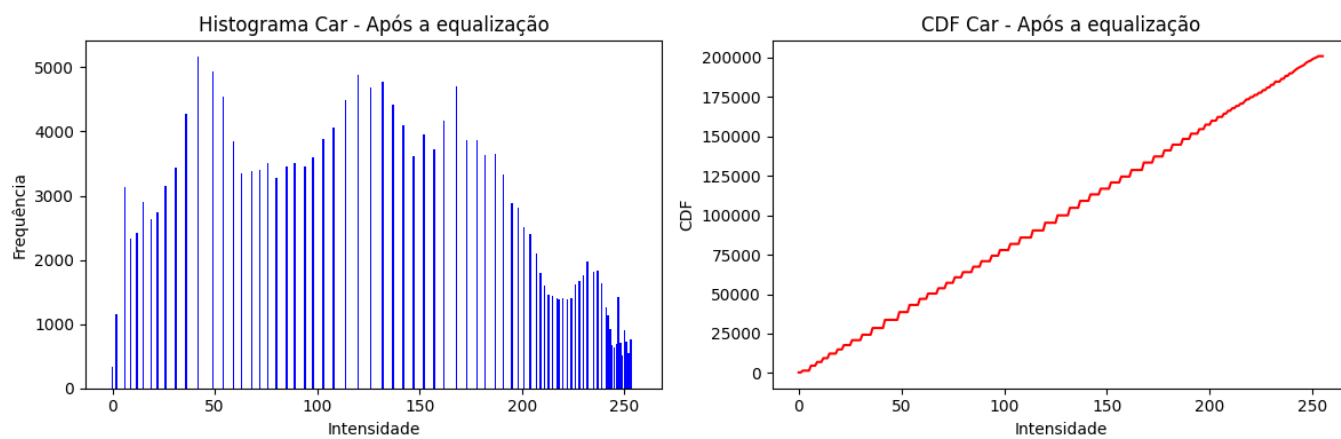


Fig. 19. Histograma e CDF de "car.png" depois da equalização