

Trabalho 1

Introdução ao Processamento de Imagens

Lucas Lessa Surname
Departamento de Engenharia Elétrica - ENE.
Brasília, Brasil
lucasslessaeng@gmail.com

Resumo—Na primeira questão, foi desenvolvido um algoritmo destinado ao aumento do tamanho de uma imagem, no qual duas abordagens foram testadas. Sendo o primeiro adicionando pixels similares e o segundo calculando a média. Adicionalmente, nesse mesmo item, duas imagens semelhantes foram somadas com o intuito de avaliar a qualidade resultante da nova imagem.

Na segunda questão, foram empregadas duas técnicas de realce: a correção Gamma (*Power-Law*) e a Equalização de Histograma. No caso da Correção Gamma, duas configurações de parâmetros distintas foram avaliadas, a fim de determinar o melhor resultado de cada uma delas. Quanto à Equalização de Histograma, foi observado que a curva CDF (*Cumulative Distribution Function* - Função de Distribuição Cumulativa) adquire um formato de linha reta ascendente após a equalização da imagem, exatamente como se espera na teoria.

Index Terms—realce espacial, Correção Gamma, pixel, Equalização de Histograma, histograma e função de distribuição acumulada.

I. INTRODUCTION

A implementação de algoritmos destinados à modificação do tamanho de imagens, bem como algoritmos de realce de imagens, como a Equalização de Histograma e a Correção Gamma é o foco desse trabalho.

Ao aumentar o tamanho de uma imagem, é necessário modificar os pixels da mesma. Os pixels representam os elementos individuais de uma imagem e contêm valores numéricos que variam de 0 a 255, indicando os níveis de cada canal de cor (RGB) ou a escala de cinza. Existem diversas técnicas de interpolação, que consiste no processo de estimar valores desconhecidos com base em dados conhecidos [1]. No livro “Processamento Digital de Imagens” de Gonzalez e Woods [1], são mencionadas três técnicas principais: a **Interpolação por vizinho mais próximo**, a **Interpolação Bilinear** (que envolve 4 pixels vizinhos) e a **Interpolação Bicúbica** (que envolve 16 pixels vizinhos). Além disso, tem-se a técnica de Ampliação por replicação, na qual os pixels originais são replicados para preencher a área ampliada da imagem, que foi utilizada na questão 1.1. Ao ampliar uma imagem, são os novos pixels que são modificados, enquanto no processo de realce é a magnitude dos pixels que é modificada, visando aprimorar características específicas da imagem.

Neste trabalho foi utilizado duas técnicas de realce: Correção Gamma e Equalização de histograma. A Correção Gamma, também chamada de Transformação de potência, apresenta a seguinte forma:

$$s = cr^\gamma \quad (1)$$

Sendo c e γ constantes positivas. Considerando o nível de intensidade de saída s e o de entrada r , a Correção Gamma permite variar a intensidade do brilho deixando a imagem mais clara ou mais escura. Segue imagem retirada de [1], mostrando o efeito da Correção Gamma:

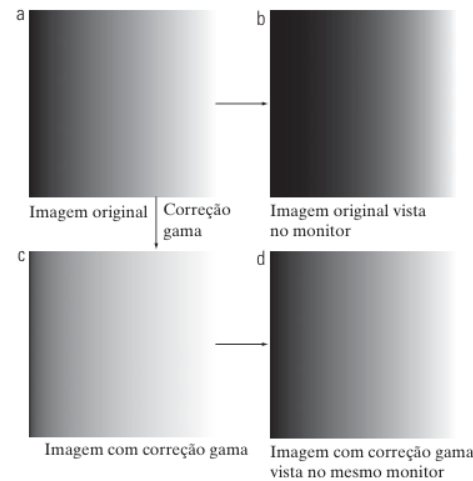


Figura 3.7 (a) Imagem com variação gradativa de intensidade (gradiente). (b) Imagem vista em um monitor simulado com gama igual a 2,5. (c) Imagem com correção gama. (d) Imagem corrigida vista no mesmo monitor. Compare (d) e (a).

Figura 1. Figura 3.7 do Processamento Digital de Imagens, [1]

A Correção Gamma apresenta diversas aplicações no campo da medicina, sendo utilizada para clarear imagens de ressonância magnética que ficaram muito escuras.

A Equalização de histograma tem como objetivo melhorar o contraste e a distribuição dos pixels, ou seja, apresentar uma frequência uniforme de diferentes valores de brilho. A equalização de histograma pode realçar detalhes e tornar a imagem mais nítida.

Nas seções seguinte será explicado a Metodologia II usado no algoritmo para processar a imagem em cada questão. E depois disso, em Resultados III, serão mostrados as imagens processadas.

II. METODOLOGIA

A linguagem utilizada foi *python* e a biblioteca para o processamento de imagens foi *Open Computer Vision Library - OpenCV*.

A. Questão 1.1

Após a definição da função *TAM2*, que recebe como parâmetros a imagem original a ser aumentada e o valor “*n*” que indica a quantidade de vezes que a imagem será ampliada, uma matriz é criada com dimensões “*n*” vezes maiores em relação à quantidade de colunas e linhas da imagem original. Para preencher essa matriz, foi escolhido o valor -1.

Utilizando a técnica de fatiamento (*slice*), os elementos da imagem original são inseridos na nova matriz, pulando “*n*” linhas e “*n*” colunas, para cada um dos três canais de cor.

Através de dois laços *for*, um para as linhas e outro para as colunas, os valores -1 na nova matriz são substituídos pelos elementos dos pixels vizinhos.

Segue imagem explicando o procedimento:

10	12
5	7

Tabela I
IMAGEM ORIGINAL

10	10	12	12
10	10	12	12
5	5	7	7
5	5	7	7

Tabela II
IMAGEM AUMENTADA EM 2 VEZES, $n = 2$.

B. Questão 1.2

Aproveitando da subseção anterior o *slice*, foi implementado a função *argwhere* do *numpy*, que devolve em lista todas as posições do elemento passado como parâmetro, neste caso -1. Com isso foi realizado dois *for*, um para calcular a média de todas as linhas pares (0, 2, 4, 6, 8.....) e outro para fazer a calcular a média pela coluna, ou seja, preencher os valores das linhas ímpares com a média das linhas de cima e de baixo.

C. Questão 1.3

Criando uma nova matriz com o dobro de tamanho da imagem original e preenchendo com zero todos as posições, combinou-se as duas imagens *fruits1.jpeg* e *fruits2.jpeg*. Para melhor ilustrar o processo de combinar as duas imagens, segue um exemplo de operação:

10	8
7	5

Tabela III
IMAGEM I

9	6
3	4

Tabela IV
IMAGEM 2

Posicionando a Figura III nas posições pares da nova matriz criada, ou seja $(0,0) \rightarrow (0,0)$, $(0,1) \rightarrow (0,2)$ e etc. E a Figura IV nas posições ímpares da nova imagem, $(0,0) \rightarrow (1,1)$, $(0,1) \rightarrow (1,3)$ e etc. Segue nova matriz/imagem criada :

10	0	8	0
0	9	0	6
7	0	5	0
0	3	0	4

Dado que a implementação do preenchimento da nova imagem foi deixada em aberto, optou-se por utilizar a técnica de interpolação bilinear, com uma modificação especial aplicada às bordas. Conforme mencionado na seção I, a interpolação bilinear emprega os quatro pixels vizinhos, seguindo o mesmo procedimento adotado nesta etapa. No entanto, nas bordas, foi calculada a média considerando apenas os dois vizinhos mais próximos: o pixel seguinte e o pixel anterior, no caso das linhas, e o pixel superior e o pixel inferior, no caso das colunas.

D. Questão 2.1

Para realizar a Correção Gamma, foram seguidas as instruções presentes na documentação oficial do *OpenCV*, uma vez que a função *cv.Pow* foi considerada obsoleta. Ao definir a função responsável pela Correção Gamma, uma tabela é criada para armazenar os valores corrigidos de intensidade. Essa tabela é preenchida por meio de uma lista de compreensão, na qual cada valor de intensidade γ é multiplicado por 255, visando assegurar que os valores se mantenham dentro do intervalo de 0 a 255. A função *cv2.LUT* é então aplicada com o intuito de mapear os valores de intensidade da imagem de entrada *src* de acordo com a tabela de Correção Gamma. Essa função realiza uma transformação de pesquisa (*lookup*) na imagem, utilizando a tabela fornecida como referência.

E. Questão 2.2

No processo de Equalização de Histograma, foi utilizada a função nativa *cv2.equalizeHist* do *OpenCV*, a qual requer a imagem original como parâmetro e retorna a imagem equalizada. Para avaliar o efeito da equalização, foram gerados gráficos da função de distribuição acumulada (CDF) tanto antes quanto depois da equalização, bem como o histograma da imagem. Para essa finalidade, a função *hist* da biblioteca *matplotlib.pyplot* foi empregada para plotar o histograma, enquanto a função *cumsum* foi utilizada para calcular a soma acumulada da CDF após sua normalização. Posteriormente, o gráfico foi plotado com o auxílio da função *plot* da biblioteca *matplotlib.pyplot*, a fim de visualizar o efeito da equalização. Foi optado por deixar o item 2.3 da questão 2 na seção III onde será melhor explicado e comentado sobre os dois métodos utilizados na questão 2 indicando qual teve um desempenho melhor.



Figura 6. Imagem aumentada usando a função Tamm em 2 vezes.



Figura 8. Imagem original, fruit1.jpeg

Pode-se perceber que os detalhes da maçã perto do pote transparente ficou muito melhor do que a imagem original, pois deixou a borda mais nítida.

Comparando a imagem original com a aumentada pela média, têm-se:

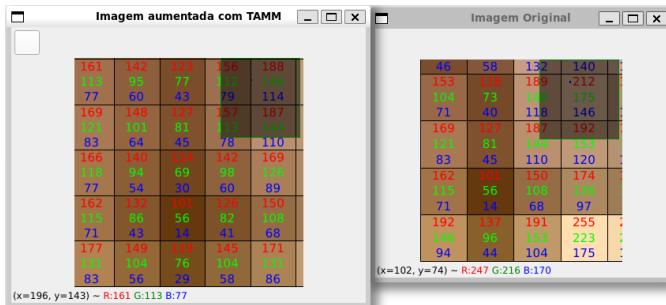


Figura 7. Comparação no pixel da imagem original e da aumentada usando a função Tamm.



Figura 9. Imagem original, fruit2.jpeg

C. Questão 1.3

Repetindo as duas imagens originais que foi usado, fruit1.jpeg e fruit2.jpeg.:

Concatenando as duas imagens originais em uma só, e utilizando do método explicado em II, temos a seguinte imagem:



Figura 10. Imagem concatenada utilizando a função *SUPERRES*.

A imagem anterior demonstra uma clara melhoria nas bordas, resultando em um aumento da nitidez. Essa melhoria é visível, por exemplo, no cabo da maçã, que apresenta uma redução na aparência pixelada e uma maior definição dos detalhes.



Figura 11. Comparação no pixel da imagem original e da aumentada usando a função *SUPERRES*.

D. Questão 2.1

Como o valor de $\gamma < 1$ a imagem tende a ficar mais escura e com $\gamma > 1$ a imagem fica mais clara. Segue a imagem *car.png* e a Correção Gamma para valores maiores e menores do que 1.



Figura 12. Imagem original, *car.png*



Figura 13. Correção Gamma de *car.png* com $\gamma = 0.78$.



Figura 14. Correção Gamma de *car.png* com $\gamma = 1.2$.

A imagem com $\gamma = 1.2$ se apresentou mais clara e $\gamma = 0.78$ mais escura como esperado pela teoria. Entre as duas a que ficou melhor visualmente foi a Figura 13.

Com a imagem *crowd.png* obteve-se os seguintes resultados:



Figura 15. Imagem original, crowd.png



Figura 18. Imagem original, university.png



Figura 16. Correção Gamma de crowd.png com $\gamma = 0.5$.



Figura 19. Correção Gamma de university.png com $\gamma = 0.5$.

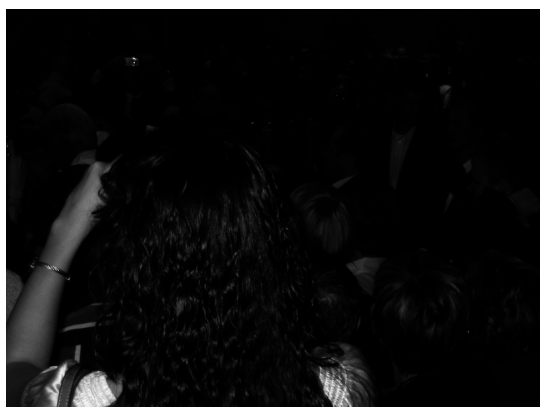


Figura 17. Correção Gamma de crowd.png com $\gamma = 2$.

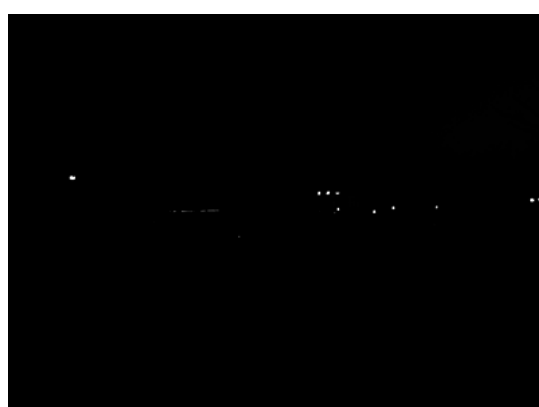


Figura 20. Correção Gamma de university.png com $\gamma = 3$.

Por ser uma imagem mais escura, o γ que possibilitou enxergar melhor os detalhes foi com $\gamma = 0.5$. A imagem 17 fica mais nítida no fundo, onde pode-se observar um maior número de pessoas.

A imagem university.png também é mais escura, e a Correção Gamma mais adequada foi a de menor valor, no caso, $\gamma = 0.5$.

Na imagem acima o chão pode ser visto com mais detalhes, assim como os prédios no fundo.

E. Questão 2.2

Segue as equalizações das imagens car.png, crowd.png e university.png



Figura 21. Equalização de Histograma de car.png



Figura 22. Equalização de Histograma de crowd.png



Figura 23. Equalização de Histograma de university.png

A Equalização de Histograma se mostrou a melhor das transformações com as imagens dadas. Porém, na Figura 22, a imagem ficou um pouco “estourada”, muito claro na borda inferior esquerda. Na Figura 17, teve um resultado mais satisfatório, porém os detalhes no fundo da imagem a equalização de histograma teve um melhor desempenho.

Observando o histograma da imagem car.png, obteve-se o seguinte resultado:

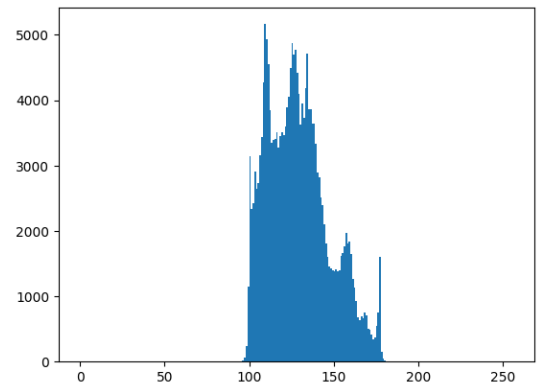


Figura 24. Histograma de car.png antes da Equalização de Histograma

Pode-se perceber que a imagem está com a maioria dos pixels com o nível de brilho maior que 100.

Segue função de distribuição acumulada da mesma imagem (car.png):

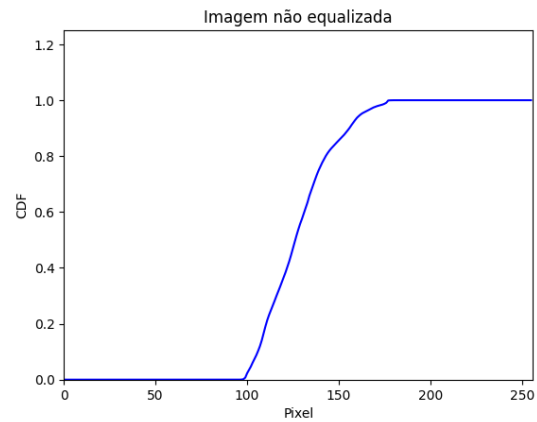


Figura 25. CDF de car.png antes da Equalização de Histograma

Realizando os mesmos procedimentos acima para a imagem equalizada, obteve-se:

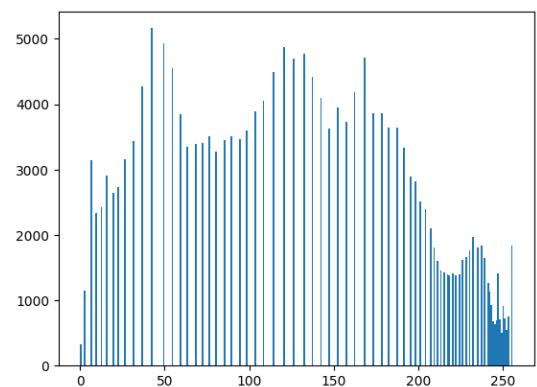


Figura 26. Histograma de car.png depois da Equalização de Histograma

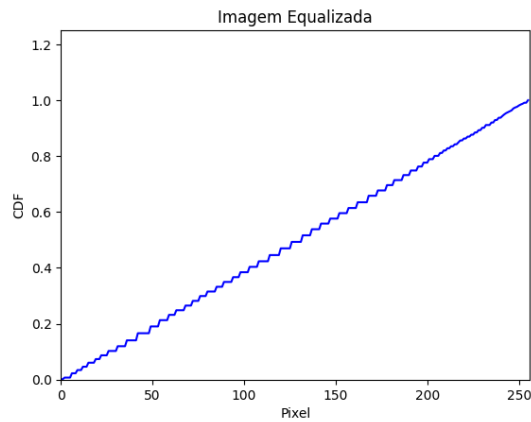


Figura 27. CDF de car.png depois da Equalização de Histograma

A Figura acima apresenta o resultado esperado na teoria, uma curva linear e crescente saindo da origem.

F. Questão 2.3

Ao avaliar as duas transformações, tanto a Correção Gamma quanto a Equalização de Histograma, é possível observar que a equalização obteve resultados mais satisfatórios em todas as imagens. Apenas na imagem crowd.png, a Correção Gamma apresentou uma diferença quase equivalente em termos de melhoria, com $\gamma = 3$.

IV. CONCLUSÃO

Em conclusão, todas as tarefas foram concluídas com êxito, alcançando os resultados esperados. Na primeira questão, a imagem foi ampliada através da duplicação dos pixels, resultando em uma imagem com maior granularidade e pixelação. Contudo, o método de ampliação baseado nos valores médios dos pixels demonstrou um aprimoramento superior, proporcionando uma maior nitidez no resultado geral. Além disso, a combinação das duas imagens na tarefa 1.3 resultou em um resultado satisfatório, evidenciando uma melhoria na nova imagem.

No contexto da questão 2, ao avaliar diferentes técnicas de transformação de imagens, a Equalização de Histograma se destacou como o método mais eficiente para as imagens fornecidas. Esse método apresentou um desempenho superior na melhoria da qualidade geral e do contraste das imagens.

Em uma perspectiva mais abrangente, as análises e experimentos realizados ressaltam os desafios do pré-processamento de imagens, tanto no processo de ampliação quanto no processamento para uma melhor visualização da imagem. Como sugestão adicional, recomenda-se ao leitor realizar uma interpolação bicúbica das imagens para verificar se ela proporciona uma melhoria visual. A interpolação bicúbica leva em consideração 16 pixels vizinhos e tende a fornecer resultados mais nítidos. Além disso, em relação às transformações de realce no domínio espacial, é possível testar outras técnicas, como a transformação logarítmica, o realce paramétrico, e entre outras, que podem ser mais adequadas para um determinado tipo de imagem.

REFERÊNCIAS

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Processamento de imagens digitais*. Editora Blucher, 2000.