

# Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação

Processamento Digital de Imagens - PDI

## Relatório 2

Resolução da Lista 2

**Discente:**

Carlos Estevão Bastos Sousa - **20181018030043**

**Docente:**

Prof. Dr. Pedro Pedrosa Rebouças Filho

Fortaleza, 16 de novembro de 2018

# Sumário

<b>Translação, Rotação e Escala . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>Contraste, Brilho e Gamma . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>Filtragem Passa-Baixa no Domínio da Frequência . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>Filtragem Passa-Alta no Domínio da Frequência . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>Transformada Haar . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>Detecção da pele (modelo HSV) fazendo uso de webcam . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>Rastreio de objeto usando o formato HSV . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>Operações Morfológicas: Erosão e Dilatação . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>Operações Morfológicas: Detecção de objetos conectados . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>Transformações Morfológicas: Gradiente morfológico . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>24</b>

# Transformações Geométricas: Translação, Rotação e Escala

Em termos de processamento de imagens digitais, uma transformação geométrica consiste em duas operações básicas: (1) uma transformação espacial de coordenadas e (2) interpolação de intensidade que atribui níveis de intensidade aos pixels transformados espacialmente. (GONZALEZ, 2010)

Transformações geométricas são operações elementares, porém bastante úteis para ocasiões onde faz-se necessário movimentar uma imagem, cortar partes desnecessárias, rotacionar, ampliar ou reduzir uma imagem.

## Translação

A técnica de translação movimenta a imagem nos eixos x e y em 4 direções (direita, esquerda, acima e abaixo), esta técnica mantém o tamanho original da figura. A matriz a seguir é utilizada para aplicação dessa técnica:

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & tx \\ 0 & 1 & ty \end{bmatrix} \quad (1)$$

A variável  $tx$  representa o número de pixels que será utilizado para movimentar a imagem para esquerda ou direita e  $ty$ , para cima e para baixo.

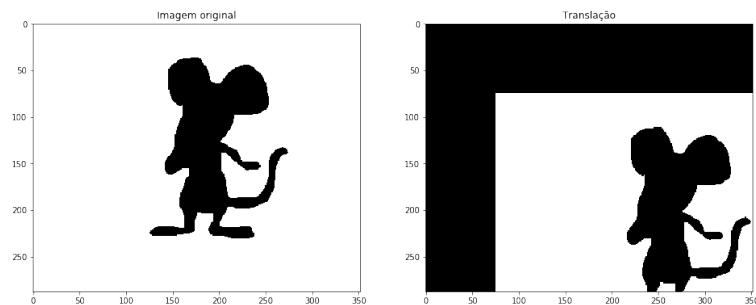


Figura 1 – Translação: 75 pixels à direita e 75 à esquerda. Fonte: autor

Percebe-se que ao aplicar o movimento de translação na imagem é gerado um novo plano de fundo com o intuito de preencher o vazio gerado pelo movimento da figura.

## Rotação

A rotação é uma transformação geométrica que permite que uma imagem gire com base no seu eixo central. A seguir é mostrada a matriz utilizada para esse procedimento.

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (2)$$

Para valores positivos a imagem é girada no sentido anti-horário, no caso de valores negativos a mesma é rotacionada em sentido contrário (horário).

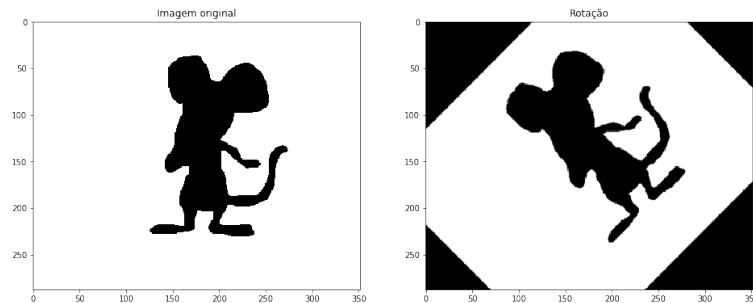


Figura 2 – Rotação: imagem rotacionada em  $45^\circ$ . Fonte: autor

Semelhante ao movimento de translação, a rotação mantém o tamanho atual da imagem, gerando um plano de fundo como preenchimento das áreas não cobertas.

## Escala

A escala é uma operação que diminui ou aumenta o tamanho de imagens ou objetos, nesta transformação é usada a ideia de interpolação, ou seja, a reorganização dos pixels em uma imagem com tamanho diferente do atual. Esta operação pode ser utilizada com a matriz a seguir:

$$E = \begin{bmatrix} cx & 0 & 0 \\ 0 & cy & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Neste procedimento as imagens ou objetos podem perder detalhes ao aumentar ou diminuir os mesmos.

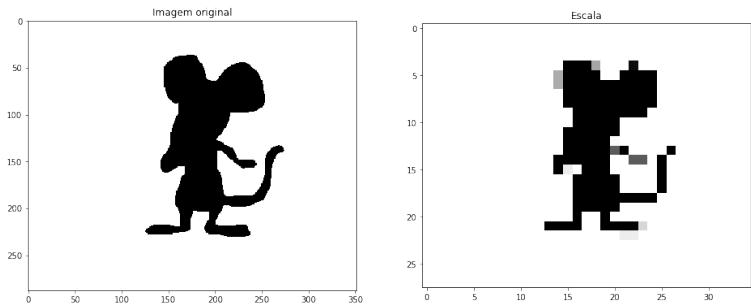


Figura 3 – Escala: imagem original e a mesma com apenas 10% do seu tamanho. Fonte: autor

É perceptível que na aplicação da transformação geométrica escala, apenas o objeto é alterado, o plano de fundo se mantém o mesmo.

# Contraste, Brilho e Gamma

## Brilho e Contraste (Transformação Linear)

A transformação linear de brilho e contraste podem ser representadas da seguinte forma:

$$S = c.F(x, y) + b \quad (4)$$

As variáveis  $b$  e  $c$  representam, respectivamente, o brilho e o contraste.



Figura 4 – Brilho e Contraste (transformação linear). Fonte: autor

Na figura 4 é possível visualizar a imagem original (esquerda) e o resultado de uma transformação linear de brilho e contraste com valores de 20 e 1.5 para  $b$  e  $c$  (direita). Os valores podem ser alterados e gerar diversos resultados como podem serem vistos a seguir.

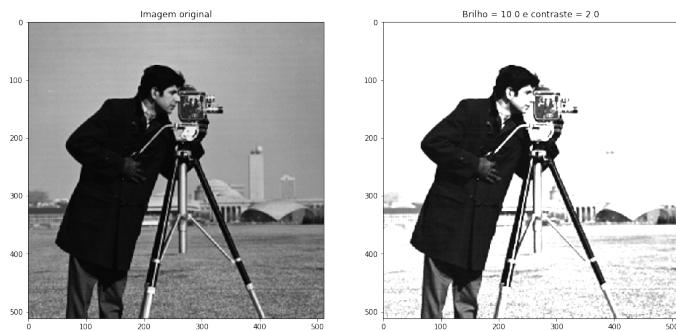


Figura 5 – Brilho e Contraste (transformação linear). Fonte: autor

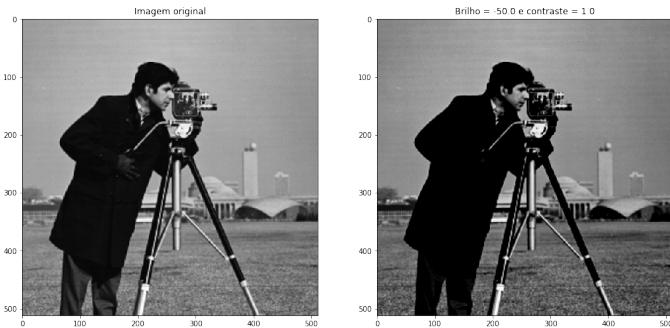


Figura 6 – Brilho e Contraste (transformação linear). Fonte: autor

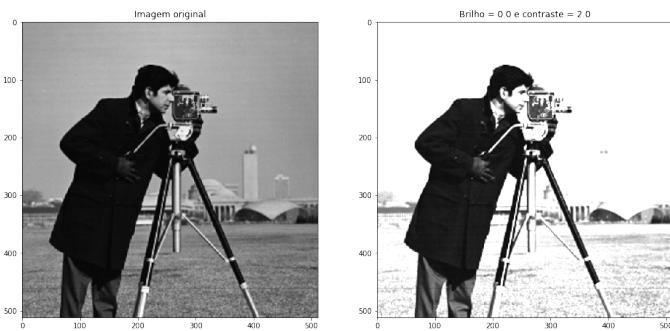


Figura 7 – Brilho e Contraste (transformação linear). Fonte: autor

Nota-se que com o ajuste linear, a imagem é totalmente alterada para o padrão de brilho e contraste inseridos.

## Correção de Gamma

A transformação exponencial (correção de gamma) pode ser representada pela seguinte equação.

$$S = c \cdot F(x, y)^\gamma \quad (5)$$

As variáveis  $c$  e  $\gamma$  representam, respectivamente, o contraste e o brilho.

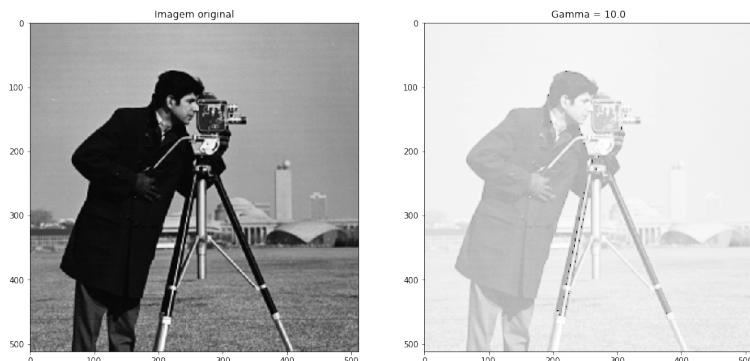


Figura 8 – Gamma. Fonte: autor

Neste tipo de ajuste a imagem é alterada com base nos tons de cores existentes na mesma, ou seja, no ajuste gamma, valores menores que 1 deixam mais visíveis os detalhes escuros enquanto que do contrário, realçam os mais claros.

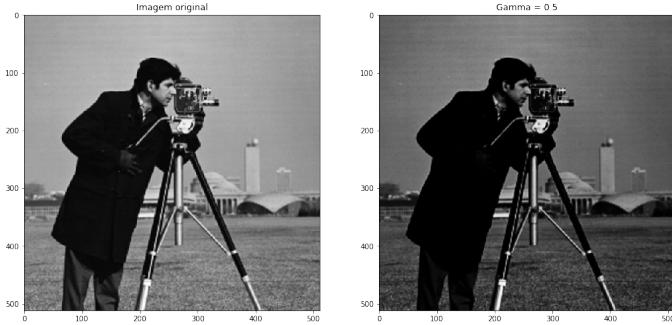


Figura 9 – Gamma. Fonte: autor

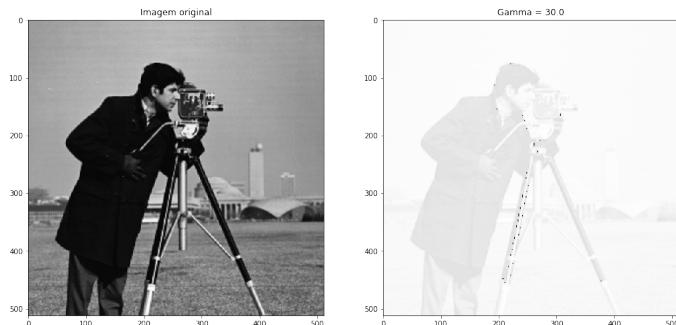


Figura 10 – Gamma. Fonte: autor



Figura 11 – Gamma. Fonte: autor

# Filtragem Passa-Baixa no Domínio da Frequência

A transformada de Fourier (análise espectral), em Processamento Digital de Imagens, é usada para analisar a frequência característica de vários filtros e encontrar o domínio da frequência de imagens.

$$F[m, n] = \frac{1}{UV} \int_0^U \int_0^V F(u, v) e^{j2\pi(um.x_0 + un.y_0)} du dv \quad (6)$$

A figura a seguir representa uma imagem original e a mesma no domínio da frequência.

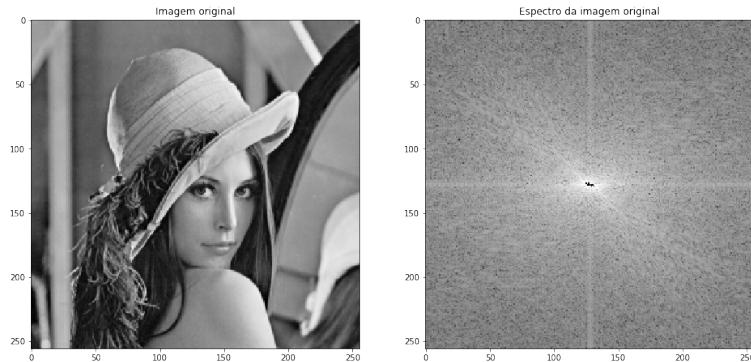


Figura 12 – Imagem original e seu espectro no domínio da frequência. Fonte: autor

Para aplicação do filtro passa-baixa foi escolhido o filtro gaussiano, o mesmo funciona reduzindo as frequências altas e pode ser representado pela seguinte equação.

$$w(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (7)$$

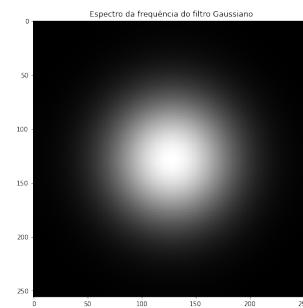


Figura 13 – Espectro da frequência do filtro Gaussiano. Fonte: autor

Diferente do domínio espacial, onde o processo de filtragem ocorria através de convoluções, no domínio da frequência o processo ocorre de forma bem mais simples, através de uma multiplicação pixel a pixel. Desta forma, ao aplicar o filtro passa-baixa no domínio da frequência, nota-se que a filtragem inversa gera uma imagem com o efeito de borramento (14), pois, operações nas bordas do espectro atenuam as altas frequências e mantém as baixas intactas.

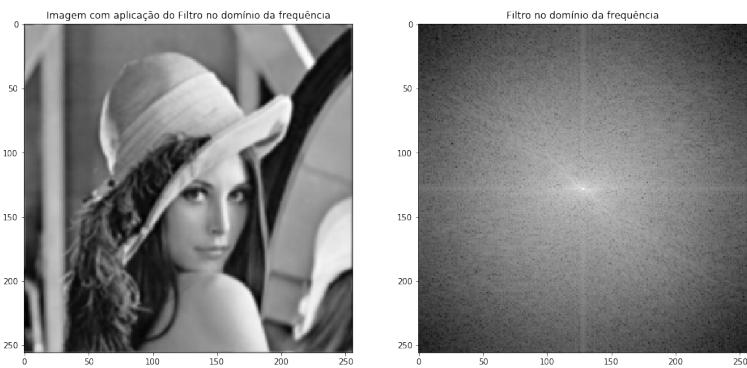


Figura 14 – Aplicação do filtro gaussiano através do domínio da frequência. Fonte: autor

# Filtragem Passa-Alta no Domínio da Frequência

Semelhante a filtragem anterior, a mesma utiliza a transformada de Fourier para alteração da imagem, a diferença é a escolha do filtro que passa a ser um filtro passa-alta.

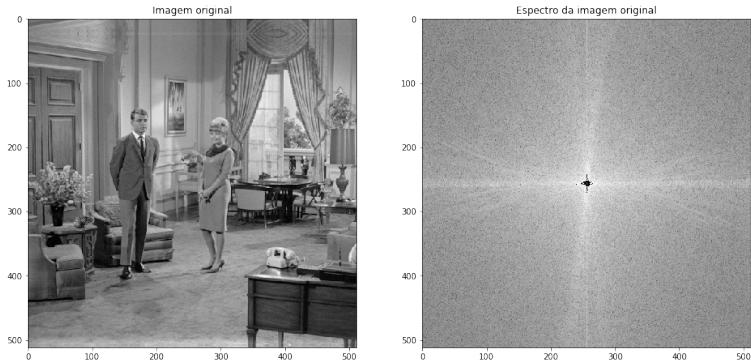


Figura 15 – Imagem original e seu espectro no domínio da frequência. Fonte: autor

O filtro escolhido com o intuito de realçar as bordas da imagem, foi o Laplaciano, ele atenua as baixas frequências e mantém as altas.

Para o caso de sinais bidimensionais e, utilizando o conceito de 4 adjacentes temos:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x) \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x) \quad (9)$$

Para sinais bidimensionais e utilizando 8 adjacentes:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x) \quad (10)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y+1) + f(x-1, y+1) - 2f(x) \quad (11)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x) \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x-1, y+1) + f(x-1, y-1) - 2f(x) \quad (13)$$

Para a aplicação do filtro Laplaciano, com o centro da matriz negativo e 4 vizinhos, foi obtido o seguinte resultado:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

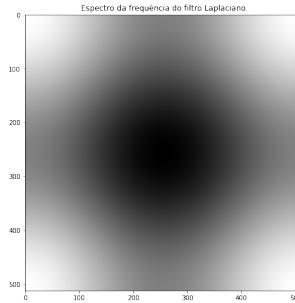


Figura 16 – Espectro da frequência do filtro Laplaciano. Fonte: autor

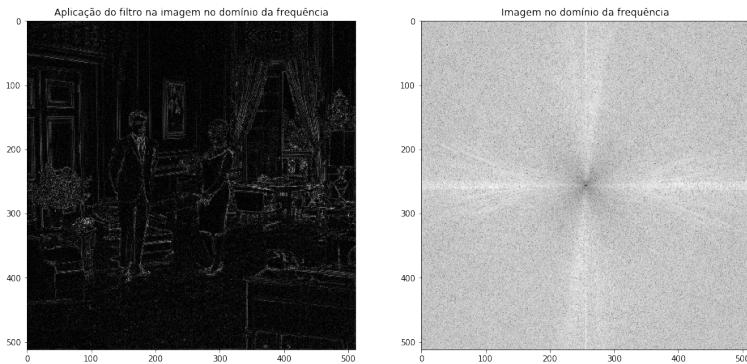


Figura 17 – Aplicação do filtro laplaciano através do domínio da frequência. Fonte: autor

Centro da matriz positivo e 4 vizinhos:

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

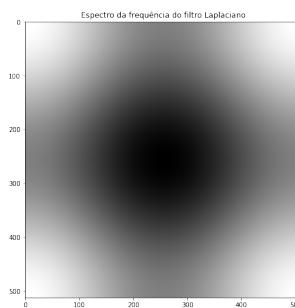


Figura 18 – Espectro da frequência do filtro Laplaciano. Fonte: autor

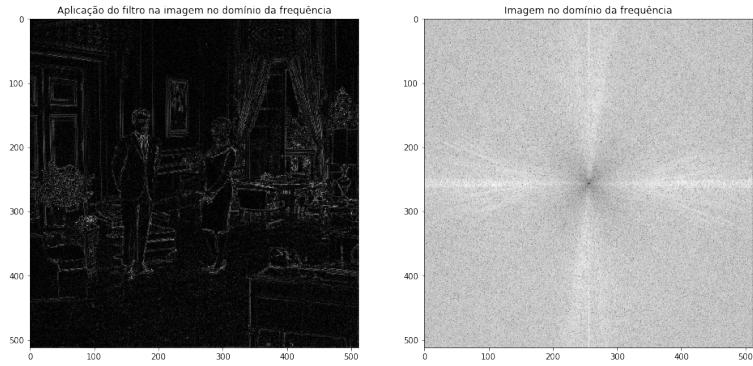


Figura 19 – Aplicação do filtro laplaciano através do domínio da frequência. Fonte: autor

Aplicação com o centro da matriz positivo e 8 vizinhos:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

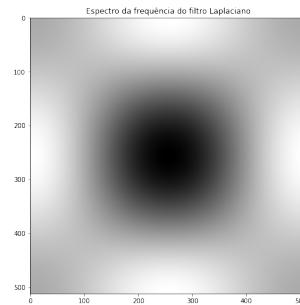


Figura 20 – Espectro da frequência do filtro Laplaciano. Fonte: autor

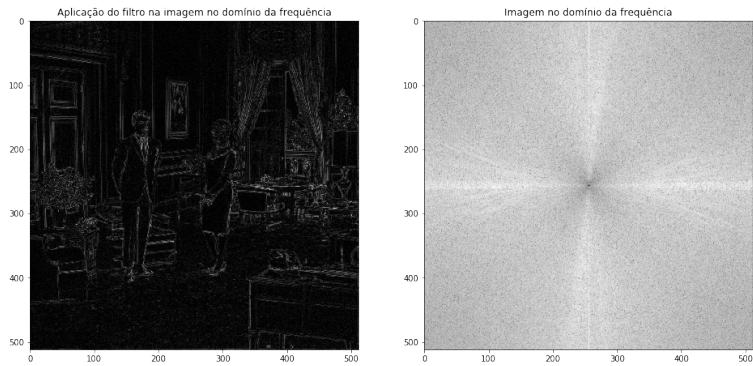


Figura 21 – Aplicação do filtro laplaciano através do domínio da frequência. Fonte: autor

Centro da matriz positivo e 8 vizinhos:

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

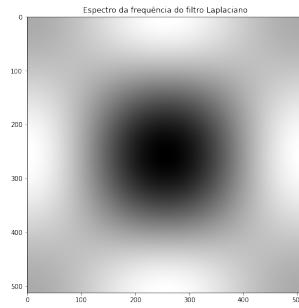


Figura 22 – Espectro da frequência do filtro Laplaciano. Fonte: autor

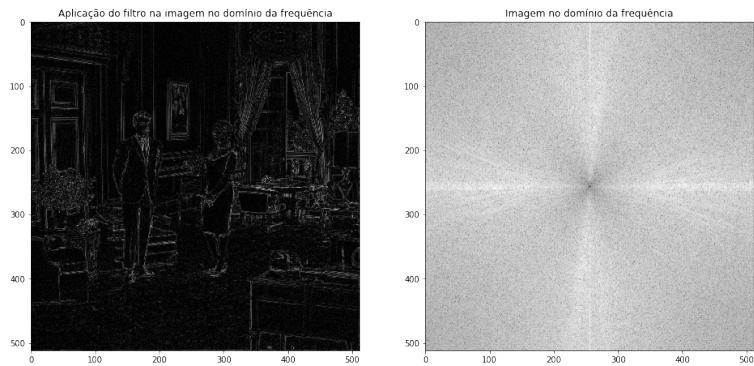


Figura 23 – Aplicação do filtro laplaciano através do domínio da frequência. Fonte: autor

# Transformada Haar

A transformada de Haar é um caso particular da transformada discreta de Wavelet. É uma transformada linear simples, utiliza sinais quadrados de frequência fixa para extrair informações do sinal e promove a compressão do mesmo. Esta transformada pode ser representada da seguinte forma:

$$T = H F H \quad (18)$$

Através da aplicação da transformada Haar são obtidas 4 imagens:

- Filtragem passa-alta com linhas horizontais;
- Filtragem passa-alta com linhas verticais;
- Filtragem passa-alta com linhas diagonais;
- A imagem original passa por um processo de filtragem passa-alta no qual, após este momento, é aplicado a mesma uma filtragem passa-baixa com o intuito de preservar suas características originais e, posteriormente, ocorrer mais um processo chamado downscaling.

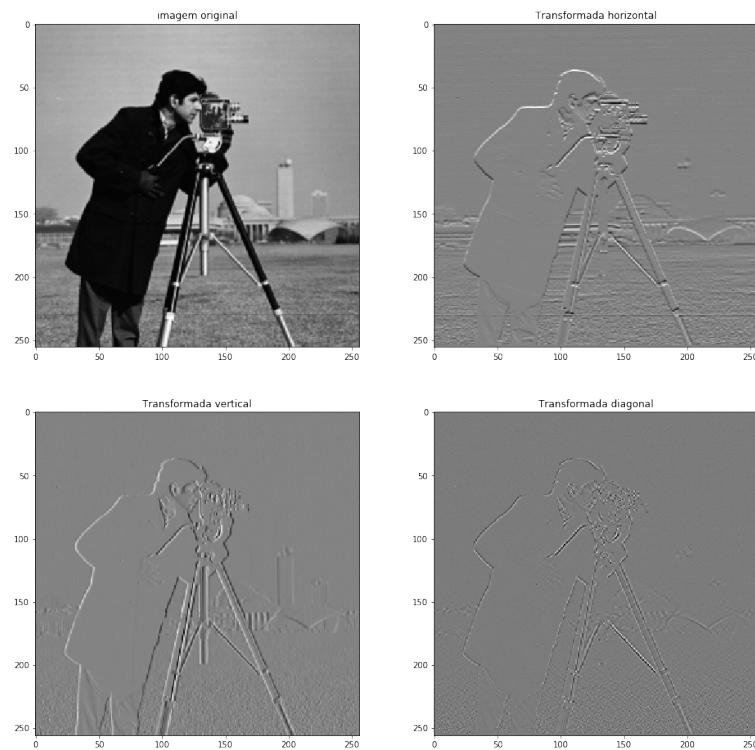


Figura 24 – Resultado da aplicação da transformada Haar. Fonte: autor

# Detecção da pele (modelo HSV) fazendo uso de webcam

O modelo HSV baseia-se na percepção humana da cor do ponto de vista dos artistas plásticos. Isto é, os artistas plásticos para obterem as várias cores das suas pinturas combinam a tonalidade com elementos de brilho e saturação. (GONÇALVES, 2011)

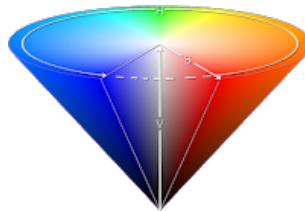


Figura 25 – Representação do modelo HSV. Fonte: <http://sidigicor.blogspot.com/2011/02/modelo-hsv.html>

O modelo HSV faz parte da categoria de cores artísticas e é representado por três níveis de tonalidade:

- *Hue* (matiz): é a cor com saturação e luminosidade com valores máximos.

Tabela 1 – Representação dos valores de matiz no modelo HSV.

Tom	Valores
Vermelho	0 ou 360
Amarelo	60
Verde	120
Ciano	180
Azul	240
Magenta	300

- *Saturation* (Saturação): indica intensidade da tonalidade, a quantidade de cinza na cor.
- *Value* (Valor): é a luminosidade da cor, se a mesma é clara ou escura.

O processo de captura do tom de pele ocorreu em 5 etapas: (I) captura do *frame* obtido pela webcam, (II) conversão do mesmo para HSV, (III) aplicação do *threshold* com a cor da pele definida, (IV) binarização da imagem através do limiar para geração da máscara e (V) aplicação da máscara a imagem capturada.

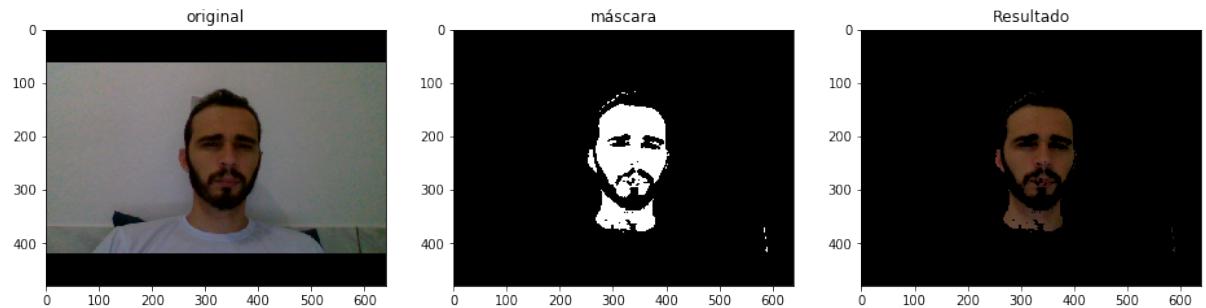


Figura 26 – Detecção da cor de pele. Fonte: autor

Ao utilizar modelo de cores HSV tornou-se mais fácil encontrar os intervalos de intensidade semelhantes a cor da pele, porém, durante a execução do código é possível encontrar algumas limitações, como por exemplo, a captura em diferentes tipos de iluminação e a cor da pele de pessoas com etnias diferentes.

# Rastreio de objeto usando o formato HSV

O processo inicial ocorreu semelhante ao método anterior, no qual foi iniciado com a (I) captura dos frames, (II) conversão de RGB para HSV, (III) aplicação do *threshold* desejado, (IV) binarização e (V) aplicação da máscara.

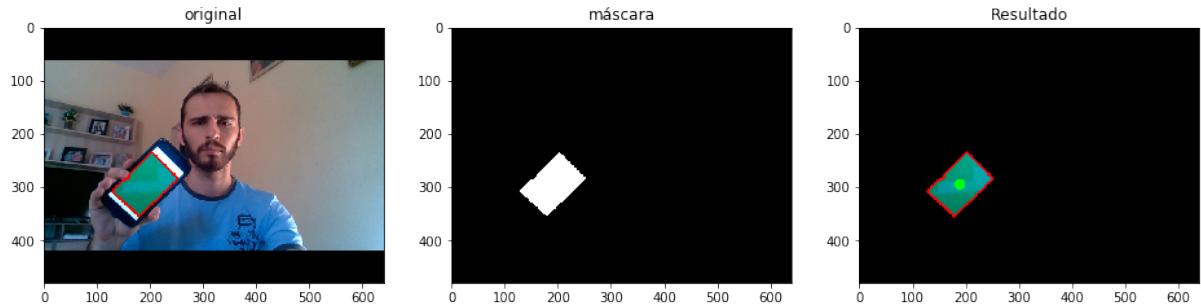


Figura 27 – Rastreio do objeto usando o modelo HSV. Fonte: autor

Para a captura foi utilizado um aparelho celular com uma imagem em tons de verde (27) que representou o objeto. É possível perceber na imagem que a cor selecionada não era uma cor pura, devido a luminosidade no ambiente, representando perfeitamente um objeto do mundo real.

Após o processo inicial, a partir da máscara, as bordas foram obtidas e executado o cálculo para localização do centróide, como é possível ver na imagem anterior.

# Operações Morfológicas: Erosão e Dilatação

As operações morfológicas baseiam-se na teoria de conjuntos, utilizam um elemento estruturante, aplicam o mesmo a uma imagem e resultam uma outra imagem como saída. Algumas operações morfológicas são erosão e dilatação, elas servem para remoção de ruídos, isolamento de elementos individuais, descoberta de buracos em imagens e etc, como é possível ver a seguir

## Dilatação

A operação de dilatação pode ser representada da seguinte maneira:

$$\text{dst}(x, y) = \max_{(x', y'): \text{element}(x', y') \neq 0} \text{src}(x + x', y + y') \quad (19)$$

A Operação Morfológica Dilatação consiste na convolução de uma imagem A com um kernel B. No momento que B é escaneado sobre A, é calculado o valor máximo e substituído em A, ou seja, é uma operação de maximização, pois, faz aumentar as regiões brilhantes dentro da imagem.



Figura 28 – Imagem original e a mesma após o processo de dilatação. Fonte: [https://docs.opencv.org/3.4/db/df6/tutorial\\_erosion\\_dilatation.html](https://docs.opencv.org/3.4/db/df6/tutorial_erosion_dilatation.html)

A seguir é possível ver alguns exemplos da aplicação da dilatação e 3 elementos estruturantes (retangular, elíptico e em cruz).

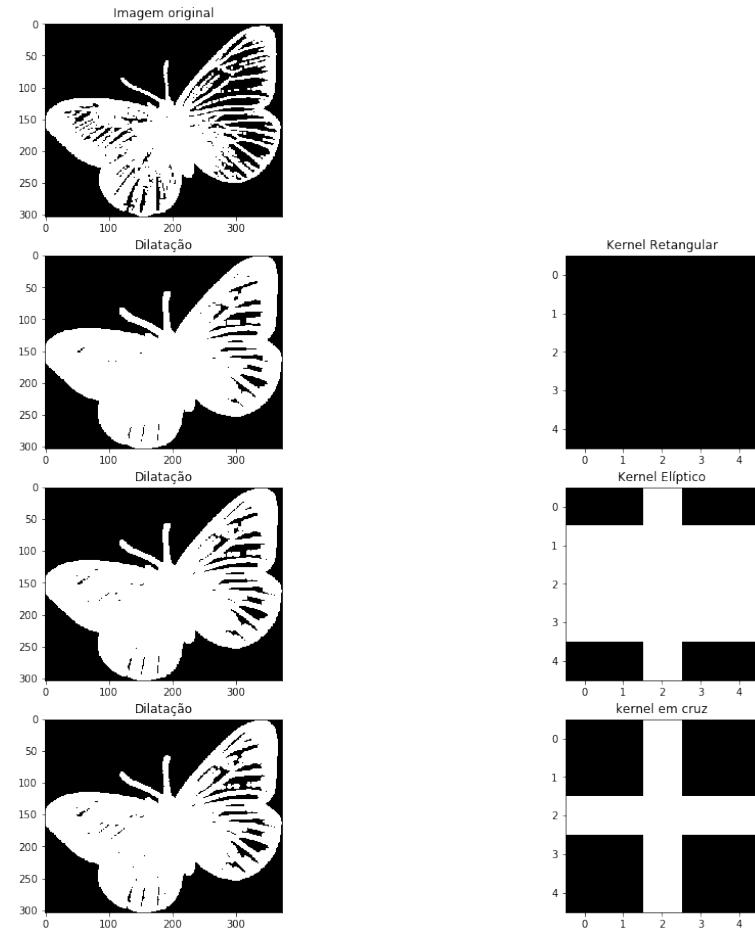


Figura 29 – Resultados da dilatação e elementos estruturantes utilizados. Fonte: autor

## Erosão

A erosão utiliza a mesma ideia da dilatação, a diferença fica por parte do valor calculado que passa a ser o mínimo, ou seja, é uma operação de minimização, diminuindo, assim, as regiões brilhantes da imagem.

A Erosão é representada da seguinte maneira:

$$dst(x, y) = \min_{(x', y'): \text{element}(x', y') \neq 0} \text{src}(x + x', y + y') \quad (20)$$



Figura 30 – Imagem original e a mesma após o processo de dilatação. Fonte: [https://docs.opencv.org/3.4/db/df6/tutorial\\_erosion\\_dilatation.html](https://docs.opencv.org/3.4/db/df6/tutorial_erosion_dilatation.html)

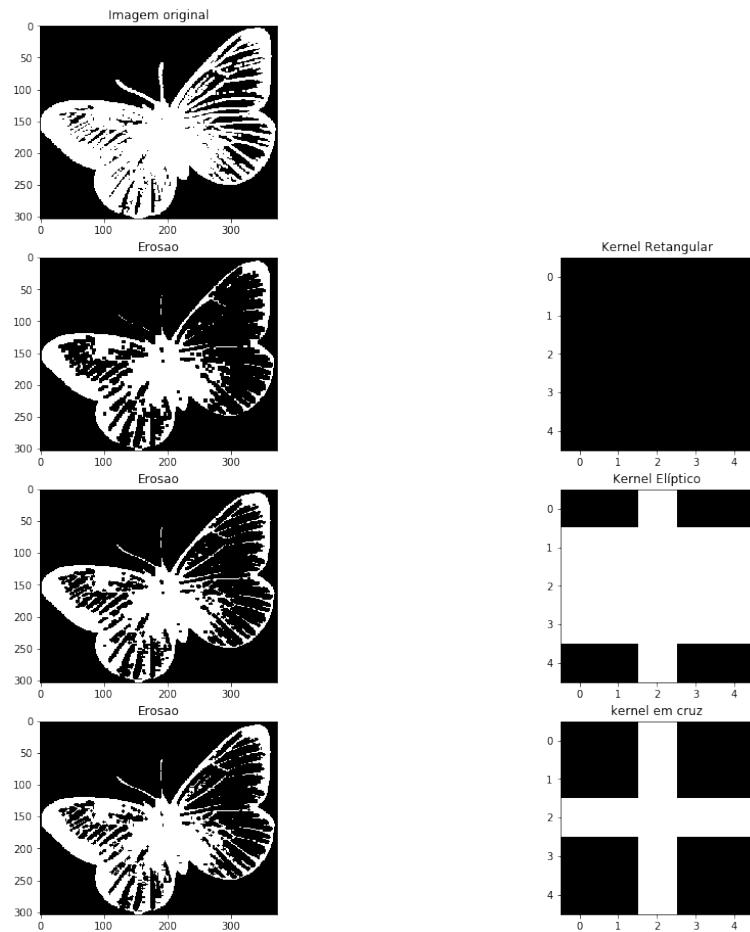


Figura 31 – Resultados da erosão e elementos estruturantes utilizados. Fonte: autor

# Operações Morfológicas: Detecção de objetos conectados

De acordo com MALLICK (2015) blob é um grupo de pixels conectados em uma imagem que compartilha algumas propriedades comuns (por exemplo, o valor da escala de cinza).

A detecção de objetos pode ser representada da seguinte forma:

$$X(k) = (X(k-1) + B) \cap A \quad (21)$$

Para a aplicação foi utilizado um *threshold* com valores de mínimo e máximo, afim de obter objetos conectados dentro de um certo limite de cores. Demais parâmetros foram necessários para configuração como tamanho da área, circularidade, convexidade e relação de inércia

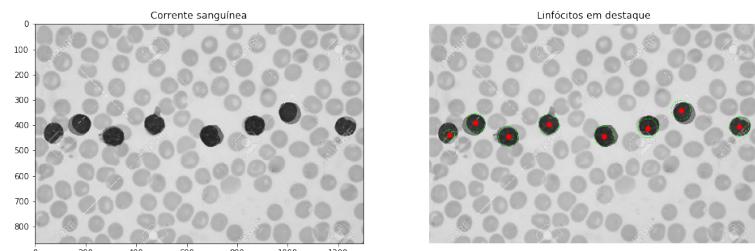


Figura 32 – Detecção de objetos conectados. Fonte: (esq) <https://es.123rf.com> e (dir) autor

Esta operação é bastante utilizada na análise de imagens, a figura 32 representa um esfregaço sanguíneo contendo hemácias e células linfóides (em destaque). A contagem de linfócitos é útil para a identificação de doenças, pois sua quantidade pode servir como um indicativo de doenças como gripe, alergias, toxoplasmose, rubéola, entre outros.

Como é possível verificar, a detecção de objetos conectados possui uma implementação simples e obtém um bom resultado na localização dos mesmos com padrões semelhantes em uma imagem.

# Transformações Morfológicas: Gradiente morfológico

O gradiente morfológico é representado da seguinte maneira:

$$g = (f \oplus b) - (f \ominus b) \quad (22)$$

No qual  $f$  é a imagem,  $b$  é o elemento estruturante,  $\oplus$  a operação de dilatação e  $\ominus$  a erosão. Como é possível perceber, este método utiliza a combinação entre erosão e dilatação para localização das bordas de uma imagem, funcionando como uma espécie de filtro passa-alta.

A operação de erosão reduz os tons brancos e a dilatação aumenta essas regiões. A subtração dessas ações resulta na imagem a seguir:

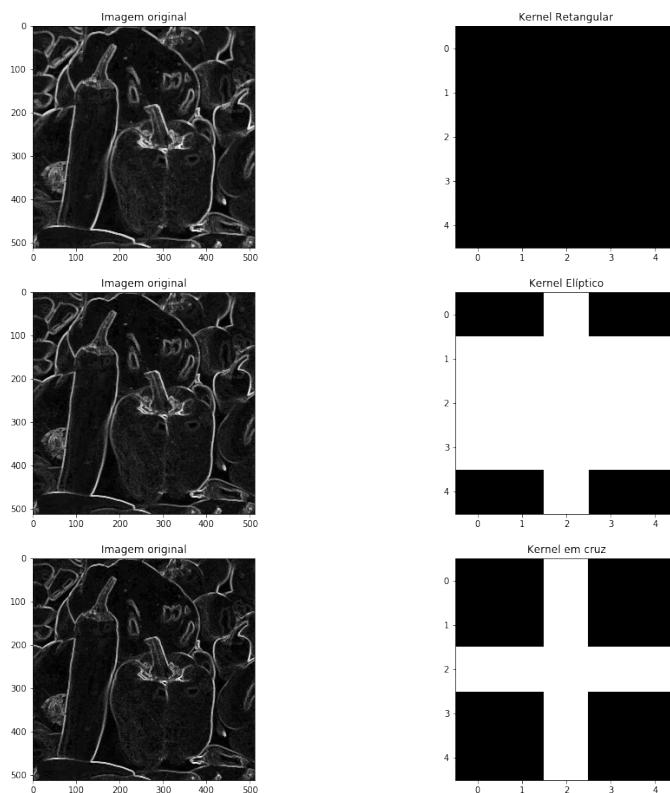


Figura 33 – Aplicação do gradiente morfológico. Fonte: autor

É perceptível que o gradiente morfológico é uma ótima operação quando se deseja obter as bordas de um objeto ou imagem. O mesmo funciona como um filtro passa-alta, porém com um menor custo computacional.

## Referências

- GONÇALVES, D. *Modelo HSV*. [S.l.], 2011. Disponível em: <<http://sidigicor.blogspot.com/2011/02/modelo-hsv.html>>. Acesso em: 18 nov. 2018. Citado na página 16.
- GONZALEZ, R. E. W. R. C. *Processamento Digital de Imagens*. São Paulo: Pearson, 2010. Citado na página 3.
- MALLICK, S. *Blob Detection Using OpenCV ( Python, C++ )*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<https://www.learnopencv.com/blob-detection-using-opencv-python-c/>>. Acesso em: 15 nov. 2018. Citado na página 22.