

# Relatório Trabalho 2

## MC920 - Introdução ao Processamento de Imagem Digital

Victor Costa Dominguite - RA: 245003

Abril 2023

## 1 Introdução

Neste trabalho foram aplicados nove métodos diferentes de binarização de imagens, utilizando tanto limiarização global quanto local. Isto é, métodos em que o limiar são definidos globalmente, como uma constante para toda a imagem, ou localmente, considerando apenas os pixels contidos em uma janela ao redor do pixel cujo valor se deseja determinar.

Ao longo deste relatório serão discutidas as implementações dos métodos, as constantes escolhidas e os resultados obtidos em cada etapa.

## 2 Execução dos programas

Foram escritos nove programas (arquivos \*.py), cada um correspondendo a um método de binarização. Para executar cada um desses, basta rodar seu *script* em python (isto é, em um terminal, executar o comando `python3 {nome_do_arquivo}.py`).

Vale notar que a imagem utilizada (“monarch.pgm”) deve estar em um diretório chamado “images”, o qual, por sua vez, deve estar no mesmo diretório do programa que está sendo executado.

É necessário também que os pacotes `cv2`, `numpy` e `matplotlib` estejam instalados, pois os programas os utilizam para realizar a leitura, manipulação e apresentação das imagens, além da construção dos histogramas de níveis de cinza das imagens pós-processamento.

## 3 Análise das soluções e resultados obtidos

### 3.1 Método Global

A leitura da imagem, nessa etapa, assim como em todas as outras, foi feita com o uso da função `imread` do `cv2`, a qual devolve uma matriz bidimensional do tipo `numpy.array` contendo os valores de cada pixel na imagem.

Para o cálculo do limiar global  $T$ , foi fornecido ao algoritmo um chute inicial de valor igual à média de intensidade de todos os pixels da imagem. Em seguida, para aprimorar o valor do limiar, foi utilizada o método proposto por Ridler e Calvard, que consiste em calcular a média dos pixels cuja intensidade é menor que  $T$  e a média de intensidade dos pixels com valores maiores ou iguais a  $T$ . O valor médio entre essas duas médias será o novo limiar. Esse procedimento é repetido até que o novo valor calculado de  $T$  seja igual ao calculado na iteração anterior.

Por fim, foi encontrado o valor de limiar  $T = 129$ .

O resultado e a imagem original estão apresentados abaixo:



Figura 1: imagem original *monarch.pgm*



Figura 2: resultado do método global

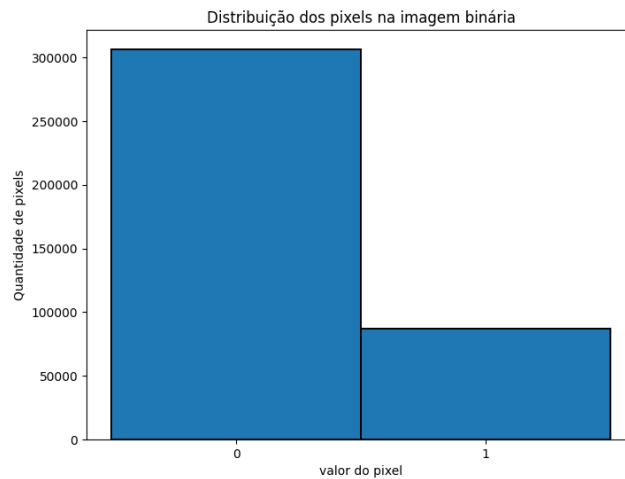


Figura 3: histograma do método global

É possível observar, tanto pela imagem resultante, quanto pelo histograma, que a quantidade de pixels pretos é consideravelmente maior que a de pixels brancos. No caso, cerca de 77,9% dos pixels da imagem são pretos. Ainda assim, o método apresentou um resultado satisfatório, especialmente considerando sua simplicidade, sendo que pelo menos os detalhes e contornos das divisões das asas da borboleta podem ser bem discernidos.

### 3.2 Método de Otsu

Assim como para o método anterior, a leitura da imagem foi feita novamente com o uso da função `cv2.imread`.

O método de Otsu foi aplicado utilizando a função `threshold` do `opencv`, passando como parâmetro `cv2.THRESH_BINARY+cv2.THRESH_OTSU`, que indica que a operação de binarização a ser realizada deve empregar o método de Otsu.

O limiar resultante calculado pela função foi  $T = 130$ , muito próximo ao valor utilizado no método global. Portanto, utilizando o método de Otsu, foi gerada uma imagem binária praticamente igual à do método anterior, conforme pode ser observado nas figuras a seguir.



Figura 4: imagem original *monarch.pgm*

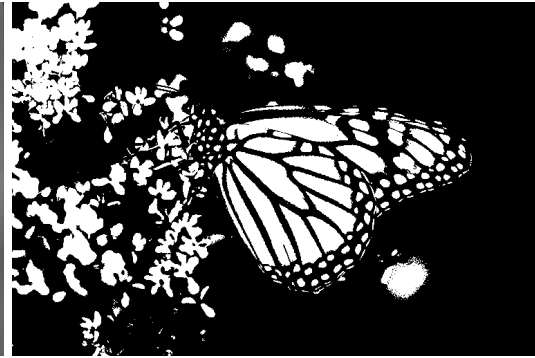


Figura 5: resultado do método de Otsu

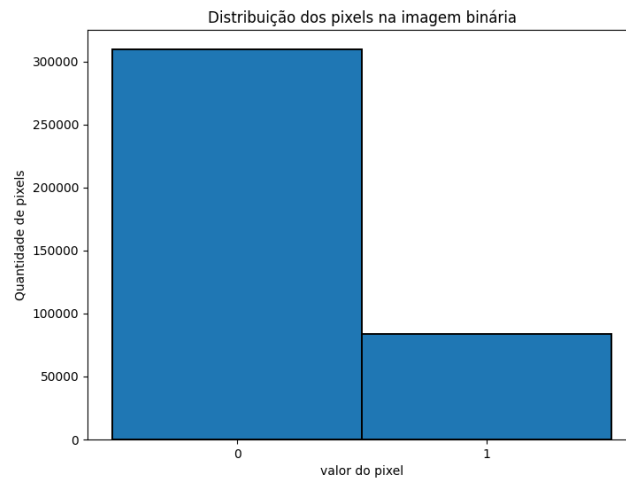


Figura 6: histograma do método de Otsu

Novamente, como o resultado está muito semelhante ao do método global, a imagem final apresenta uma quantidade muito maior de pixels pretos do que brancos, sendo que os primeiros representam cerca de 78,7% dos pixels da imagem. Um aumento de menos de 1% em relação ao método global.

### 3.3 Método de Bernsen

O método de Bernsen foi o primeiro em que se empregou a limiarização local. O procedimento utilizado para empregar os métodos de limiarização local foi praticamente o mesmo para todos os casos, somente alterando a forma de cálculo do limiar. Primeiramente, é adicionada uma borda (*padding*) à imagem original para que as extremidades originais da imagem pudessem ser processadas. Esse *padding* foi criado a partir da função `np.pad`, especificando o modo de preenchimento como `'symmetric'` para que a borda fosse feita refletindo os pixels externos da imagem. Esse modo foi escolhido, pois dessa forma obtém-se uma maior consistência com os valores de intensidade da região em que se está analisando.

Em seguida, a imagem é percorrida com o uso de dois *loops* encadeados e a máscara é aplicada a cada pixel para o cálculo do limiar local.

No método de Bernsen, foi utilizada uma vizinhança de tamanho 9, isto é, uma janela de tamanho 9 por 9 pixels. Essa vizinhança proporcionou um resultado satisfatório por inspeção visual, considerando que os detalhes e objetos da imagem podem ser bem discernidos. Em relação aos últimos métodos, nesse pode-se observar melhor os detalhes e contornos das flores sobre as quais a borboleta está pousada, além de apresentar um contorno mais visível da borboleta em si. Por outro lado, há uma quantidade razoável de ruído no fundo da imagem.

Os resultados podem ser observados nas figuras a seguir.



Figura 7: imagem original *monarch.pgm*

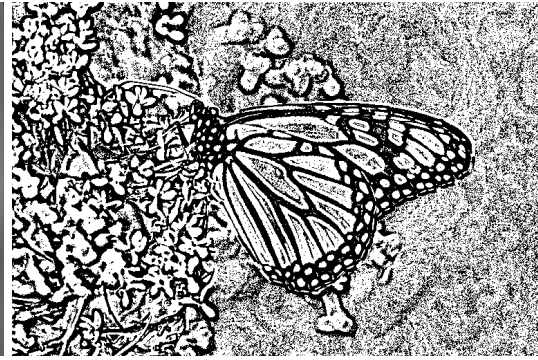


Figura 8: resultado do método de Bernsen

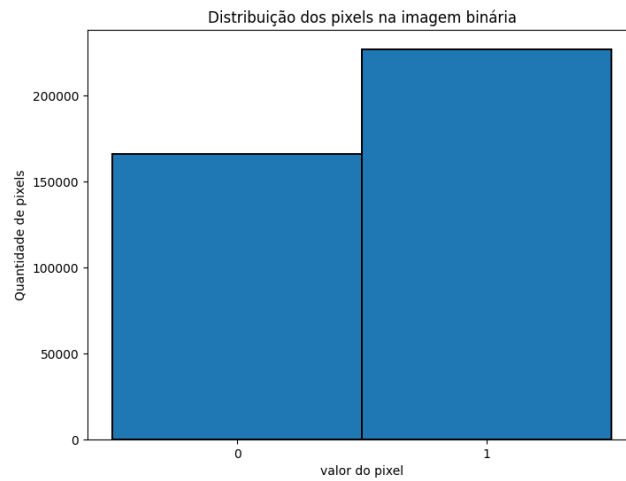


Figura 9: histograma do método de Bernsen

Em contraste com os métodos globais, o método de Bernsen apresentou uma quantidade muito maior de pixels brancos, que passaram a ser a maioria, conforme é possível observar pelo histograma da Figura 9. No caso, os pixels pretos compõem cerca de 42,3% da imagem resultante.

### 3.4 Método de Niblack

O método de Niblack foi executado empregando basicamente os mesmos passos que o método de Bernsen, porém com alteração no tamanho da vizinhança. No caso, foi utilizada uma vizinhança de 15 pixels e a constante  $k$  que multiplica o desvio padrão na fórmula da obtenção do limiar foi de 0,2.

O resultado da binarização pode ser observado na Figura 11.



Figura 10: imagem original *monarch.pgm*      Figura 11: resultado do método de Niblack

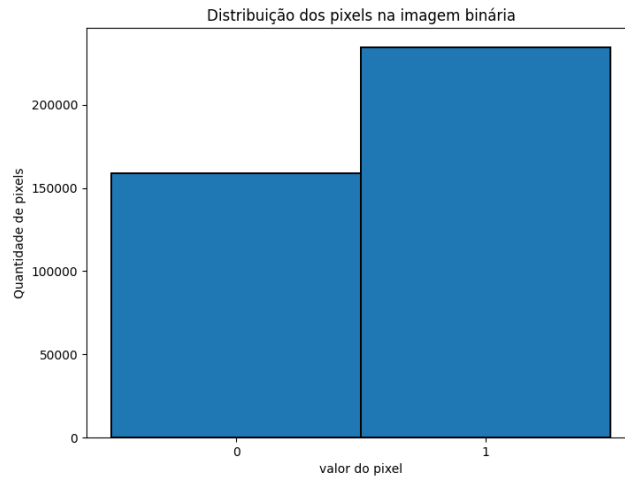


Figura 12: histograma do método de Niblack

A imagem resultante é visualmente muito semelhante à do método de Bernsen, inclusive em relação à proporção de pixels pretos, cerca de 2% menor para o método de Niblack (40,4% de pixels pretos). Essa quantidade a mais de pixels brancos pode ser resultado do maior tamanho da vizinhança, o que fez com que regiões próximas a linhas pretas apresentassem uma "borda" branca mais espessa.

### 3.5 Método de Sauvola e Pietaksinen

O processo de aplicação da limiarização local para o método de Sauvola e Pietaksinen seguiu os mesmos passos dos métodos anteriores, porém com novas constantes para determinar os limiares locais. Mais especificamente, foram utilizadas os valores sugeridos pelos autores do método para as constantes, isto é,  $R = 128$  e  $k = 0,5$ . Já em relação à vizinhança, foi utilizado o mesmo tamanho de janela que o método anterior, com dimensões de 15 por 15 pixels.

O resultado para a aplicação do método foi surpreendentemente positivo, especialmente para destacar os detalhes da borboleta na imagem. É possível observar todos os detalhes e contornos das asas e corpo do animal, sem ruídos. Por outro lado, os demais detalhes da imagem foram perdidos. Por exemplo, não é possível distinguir as flores do cenário, sendo que elas passaram a ser apenas pontos pretos na imagem, sem um desenho definido.

A imagem resultante pode ser observada na Figura 14 a seguir.



Figura 13: imagem original *monarch.pgm*

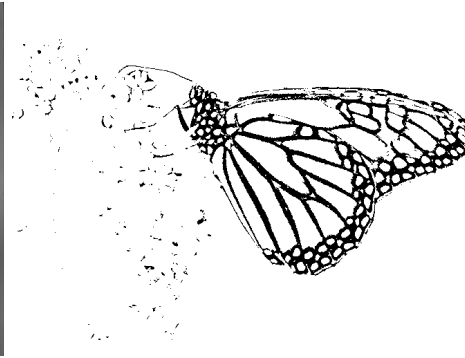


Figura 14: resultado do método de Sauvola e Pietaksinen

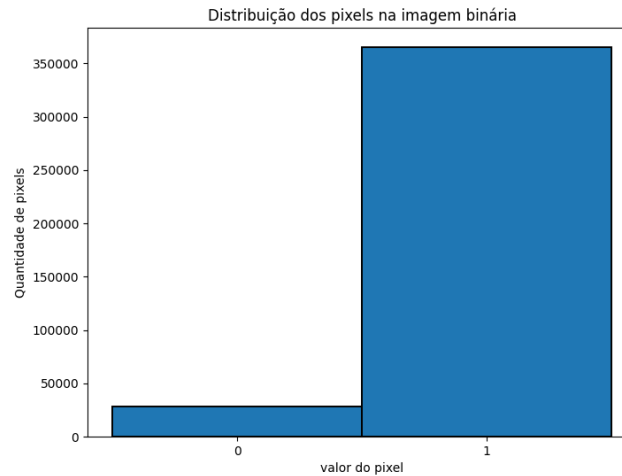


Figura 15: histograma do método de Sauvola e Pietaksinen

Diferentemente dos métodos anteriores, esse é o primeiro no qual se pode observar uma grande predominância de pixels brancos. Esse fato pode ser visto tanto pela inspeção da imagem binarizada quanto pelo histograma da imagem, que aponta para uma quantidade substancialmente maior de pixels brancos. Mais especificamente, os pixels pretos representam apenas 7,1% de todos da imagem resultante.

### 3.6 Método de Phansalskar, More e Sabale

Para empregar o método de Phansalskar, More e Sabale, foram utilizadas os valores para as constantes sugeridas pelos autores, com exceção do valor de  $p$ . Assim, as constantes utilizadas foram:  $k = 0,25$ ,  $R = 0,5$ ,  $q = 10$  e  $p = 0,5$ . A alteração no valor sugerido de  $p$  foi feita, pois com o valor original apareciam manchas pretas na imagem, em meio ao fundo branco. A diminuição no valor de  $p$  fez com que o limiar local para cada pixel fosse menor e, com isso, os "borrões" pretos sumiram, uma vez que pixels que antes eram definidos como pretos passaram a ser definidos como brancos. Em relação ao tamanho da vizinhança, não houve alterações, ainda sendo utilizada a janela de 15 por 15 pixels.

Uma diferença na aplicação desse método foi a necessidade de se normalizar as intensidades dos pixels da imagem para valores entre 0 e 1.

O método, de maneira geral, apresentou um ótimo resultado, mostrando um contorno claro e bem definido da borboleta, tanto das asas, quanto do corpo e até mesmo as antenas podem ser discernidas. De certa forma, o resultado se assemelha ao do método de Sauvola e Pietaksinen, porém com a vantagem de apresentar os contornos da borboleta mais visíveis, além de ser possível também observar

o contorno das flores sobre as quais a borboleta repousa. Por outro lado, há alguns poucos ruídos e inconsistências nas proximidades do contorno das asas da borboleta.

O resultado pode ser visto na Figura 17.



Figura 16: imagem original *monarch.pgm*



Figura 17: resultado do método de Phansalskar, More e Sabale

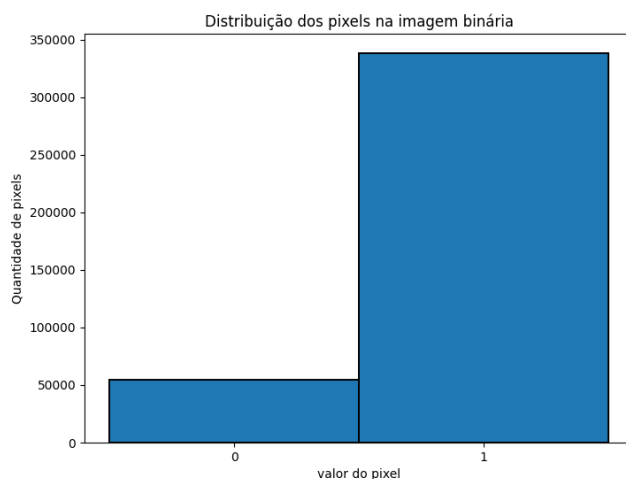


Figura 18: histograma do método de Phansalskar, More e Sabale

Assim como no método anterior, é possível observar pelo histograma e pela imagem resultante que há uma predominância de pixels brancos. Para esse método, a fração de pixels pretos foi de somente 13,9%, que, apesar de ser uma distribuição desproporcional de cores, ainda apresenta quase o dobro de pixels pretos que a imagem gerada pelo método de Sauvola e Pietaksinen.

### 3.7 Método do Contraste

Para o método do contraste, foi novamente utilizada uma vizinhança de tamanho 15, a qual apresentou um resultado satisfatório. Os contornos dos objetos podem ser vistos muito claramente, sendo muito bem definidos, tanto na borboleta, quanto nas flores. Porém, ao fundo da imagem, é possível notar uma grande quantidade de ruído, que aparece até mesmo no interior das seções das asas da borboleta. A aplicação do método está apresentado na Figura 20.



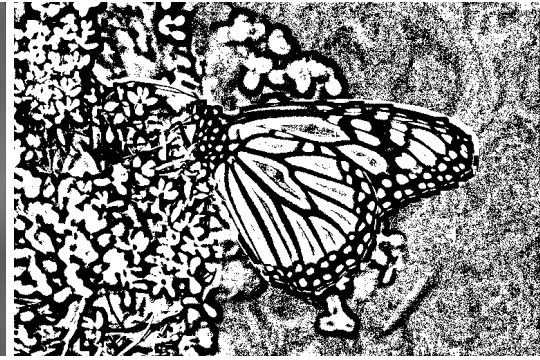


Figura 19: imagem original *monarch.pgm*      Figura 20: resultado do método do contraste

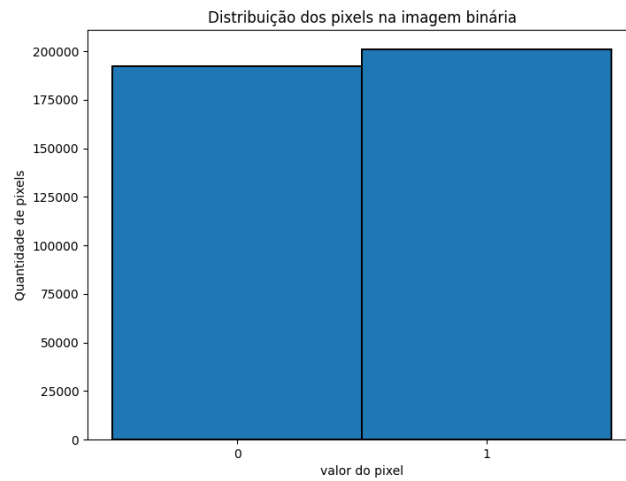


Figura 21: histograma do método do contraste

Esse método apresentou um resultado com uma distribuição de cores muito equilibrada, com os pixels pretos representando cerca de 48,9% do total.

### 3.8 Método da Média

No método da média, foi mais uma vez utilizada a vizinhança de tamanho 15. À constante subtraída da média foi atribuído o valor  $C = 15$ . O resultado apresentou uma qualidade surpreendentemente boa, com contornos bem definidos, especialmente para a borboleta, enquanto as flores estão razoavelmente bem definidas. Há muito pouco ruído na imagem e algumas pequenas inconsistências no interior das asas da borboleta. O resultado pode ser visto na Figura 23 a seguir.





Figura 22: imagem original *monarch.pgm*

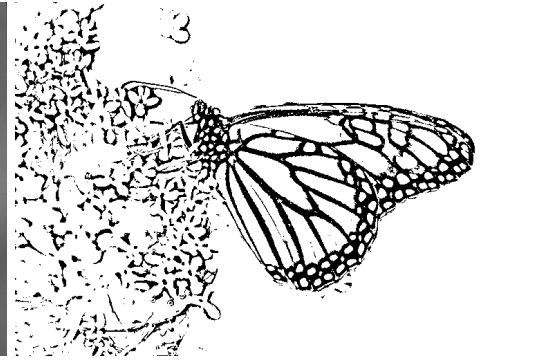


Figura 23: resultado do método da média

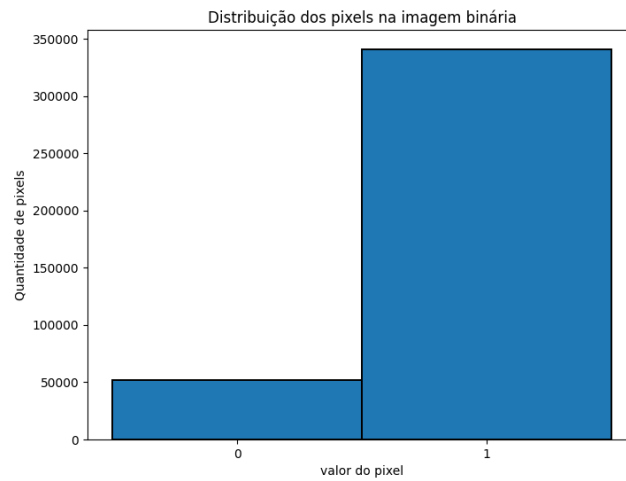


Figura 24: histograma do método da média

Semelhantemente aos métodos dos itens 3.5 e 3.6, a imagem resultante apresenta a grande maioria dos pixels da cor branca, sendo que os pixels pretos representam apenas 13,3% do total.

### 3.9 Método da Mediana

Para o método da mediana, foi utilizado um tamanho diferente para a vizinhança em relação aos outros métodos, agora de 25 por 25 pixels. O resultado obtido foi visualmente similar ao método do contraste, apresentado no item 3.7. Novamente, tem-se os contornos da borboleta e das flores bem visíveis, embora não tão grossos quanto no método do contraste e uma quantidade considerável de ruído ao fundo da imagem e também no interior das asas da borboleta. O corpo da borboleta também acaba se misturando às flores.

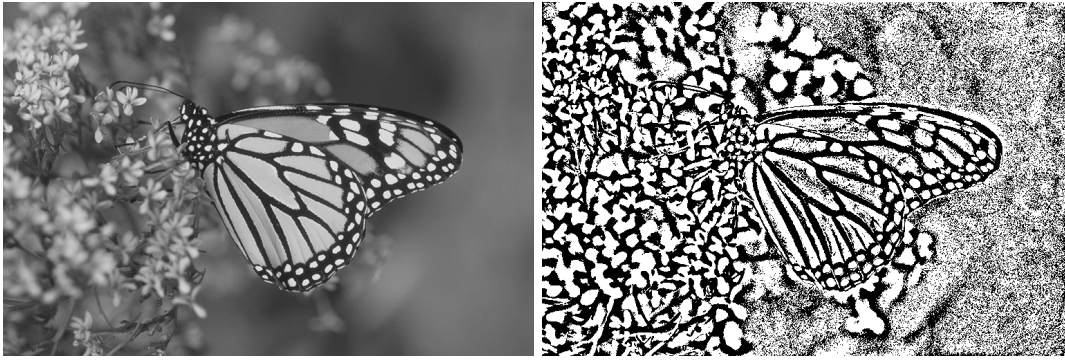


Figura 25: imagem original *monarch.pgm*      Figura 26: resultado do método da mediana

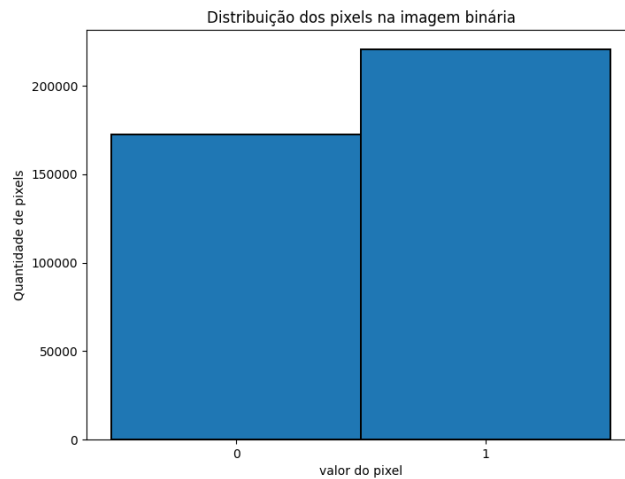


Figura 27: histograma do método da mediana

Analisando o histograma da Figura 27, é possível observar um certo balanceamento entre as cores da imagem, com os pixels pretos representando 43,9% do número total de pixels.

## 4 Conclusão

Os diferentes métodos de limiarização apresentam suas particularidades que podem torná-los melhores ou piores dependendo da sua aplicação. Para o uso que foi feito nesse trabalho, com a imagem utilizada, alguns métodos apresentaram um melhor desempenho na separação dos objetos e do fundo.

De maneira geral, os métodos globais são mais simplistas. O fundo, em sua maior parte, acaba sendo definido como da cor preta, o que faz com que ele, em alguns casos, se misture com os contornos dos objetos. Por outro lado, há uma baixa presença de ruído, formando regiões mais homogêneas na imagem.

Já os métodos de limiarização local apresentam resultados mais variados entre si. Em vários deles, como é o caso do método de Bernsen, o de Niblack, o do contraste e o da mediana, há uma presença notável de ruído no fundo da imagem. Porém, na maioria dos casos, o ruído não interfere muito na identificação dos objetos.

A variação dos diversos parâmetros utilizados pelos métodos leva a mudanças na imagem resultante, por exemplo, na distribuição de pixels pretos e brancos, na quantidade de ruído, entre outros fatores. O tamanho da vizinhança é um parâmetro também muito relevante e presente em todos os métodos de limiarização local. Um efeito que é possível observar, causado pela alteração do tamanho da vizinhança, é o tamanho da borda branca adjacente aos contornos dos objetos. Essa borda branca pode ser vista mais claramente, por exemplo, no método de Niblack, no interior das asas da borboleta.

Um fato observável seria que janelas muito pequenas acabam gerando um maior ruído, enquanto

janelas maiores, em alguns casos, podem gerar uma perda de detalhes importantes dos contornos dos objetos.

Em outros métodos de limiarização local, como o de Sauvola e Pietaksinen, o de Phansalskar, More e Sabale ou o da média, é possível observar uma grande predominância de pixels brancos, sendo que todo o fundo é constituído de pixels brancos, enquanto apenas os contornos dos objetos são formados de pixels pretos. Esses três métodos apresentaram resultados surpreendentes, sendo capazes de identificar muito bem os objetos, sem misturá-los com o fundo e praticamente sem ruído, na maior parte dos casos. Por outro lado, alguns detalhes acabam desaparecendo, como é o caso das flores na imagem gerada pelo método de Sauvola e Pietaksinen.

Em suma, embora haja métodos que gerem resultados visualmente melhores que outros, com o devido ajuste de parâmetros, é possível que todos os métodos apresentados produzam imagens resultantes satisfatórias.