

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PRÁTICA DE SEGMENTAÇÃO E BINARIZAÇÃO DE IMAGENS UTILIZANDO O SOFTWARE COMERCIAL IMAGE-PRO PLUS 6.0

Agmar José de Jesus Silva (UFRJ) E-mail: agmarster@gmail.com
Áquila Vieira do Nascimento (UFRJ) E-mail: aquila.vieira@gmail.com

Resumo: Este trabalho descreveu em detalhes um conjunto de procedimentos experimentais implementados para uma situação específica, visando a realização das etapas de segmentação e binarização de imagens em níveis de cinza com a utilização de um software tradicional e comercial de processamento de imagens, o *Image-Pro Plus 6.0* (Media Cybernetics, Silver Spring, EUA). Para tal, foram adquiridas as imagens de duas faces de uma moeda de R\$ 0,25 (25 centavos) e, em seguida, os procedimentos necessários para segmentação e binarização destas imagens foram realizados em quatro etapas, ou seja, uma transformação para níveis de cinza, duas etapas de aplicação de filtros/máscaras e uma etapa de segmentação por limiarização (*thresholding*). Para executar a transformação para níveis de cinza foi escolhida a classe *gray scale 8*, a qual gerou uma nova imagem com 8 bits e 256 tons de cinza, ou seja, um tamanho considerado leve e adequado às demais etapas de processamento. Na metodologia adotada, uma das filtragens foi feita antes da limiarização, utilizando o filtro *flatten*, o qual realizou um processo de uniformização de pixels da imagem, contribuindo para diminuir as variações de intensidade dos pixels de fundo em relação aos pixels dos objetos de interesse. Já o filtro *median*, o qual foi aplicado após a limiarização, atuou reduzindo o grau de ruído na imagem e, conseqüentemente, conferiu maior nitidez e definição ao objeto binarizado.

Palavras-chave: Imagens Digitais, Processamento de Imagens, Filtros, Segmentação e Binarização, *Image-Pro Plus 6.0*.

IMPLEMENTATION OF A PRACTICAL METHODOLOGY OF IMAGE SEGMENTATION AND BINARIZATION USING THE IMAGE-PRO PLUS 6.0 COMMERCIAL SOFTWARE

Abstract: This work described in details a set of experimental procedures implemented for a specific case, aiming at the accomplishment of the steps of gray scale images segmentation and binarization, using for this the *Image-Pro Plus 6.0* (Media Cybernetics, Silver Spring, USA), a traditional and commercial image processing software. For this end, the images of the two sides of a coin of R\$ 0.25 (25 cents) were acquired and then the procedures needed for segmentation and binarization of these images were performed in four steps, i.e., the conversion of the original images to gray scale object, two filters/masks application steps, and one step of segmentation by thresholding. To perform the conversion to gray scale it was chose the gray scale class 8, which generated new images with 8 bits and 256 shades of gray, a size considered light and suitable for additional processing steps. In the methodology adopted, one of the filtering step was done before the thresholding, using the *flatten* filter, which performed a process of the image pixels uniformization, thus contributing to reduce the intensity variations of the background pixels relative to the pixels of the objects of interest. On the other hand, the *median* filter, which was applied after the thresholding, acted reducing the degree of noise in the image, and consequently, making the binary object more sharpness and defined.

Keywords: Digital Images, Image Processing, Filters, Segmentation and Binarization, *Image-Pro Plus 6.0*.

1. Introdução

As técnicas de processamento de imagens têm uma importância elevada para a comunidade científica do mundo todo devido à grande diversidade de aplicações existentes ou que ainda podem vir a ser criadas e/ou melhoradas. A maior vantagem do processamento de imagens é que se obtém tanto uma melhoria significativa da informação visual para a interpretação humana quanto um ajuste de condições que permitem uma análise eficiente por sistemas computacionais (FILHO e NETO, 1999; GONZALEZ e WOODS, 2001; WOJNAR, 1999).

Desta forma, as técnicas de processamento de imagens têm se desenvolvido e se solidificado nos mais diversos campos da ciência, sendo utilizadas atualmente para resolver uma grande variedade de problemas incluindo exames médicos/diagnósticos, controle de qualidade de produtos industriais, monitoramento de áreas geográficas com o uso de imagens de satélites, contagem de componentes celulares, análise quantitativa em microestruturas de aços, análise de partículas e fases em materiais cerâmicos e compósitos, análise de fissuramento (*crazing*) em polímeros, microscopias (óptica–MO, eletrônica de varredura–MEV, eletrônica de transmissão–MET, e de força atômica–AFM), entre muitas outras aplicações (FRANCISCO *et al.*, 2004; TORRES e ZOQUI, 2019; FILHO e NETO, 1999; GONZALEZ e WOODS, 2001; MOREIRA, 2002; WOJNAR, 1999).

Após a etapa de aquisição, a imagem digital pode ser submetida a um ciclo de processamento e análise, o qual consiste basicamente em um conjunto de técnicas e ferramentas computacionais que permitem representar e transformar imagens digitais em “objetos binarizados”, com o auxílio do computador. Desta forma, o usuário poderá dispor de recursos necessários para realizar medidas importantes nestes objetos (quantificações), tais como área, perímetro, diâmetro, ângulos, entre outras (GONZALES e WOODS, 2001; FILHO e NETO, 1999; VICTER e SILVA, 2019).

Existem diversos softwares para processamento de imagens, contudo, todos eles realizam etapas prévias de segmentação e binarização, quando o objetivo é a identificação e quantificação de parâmetros nos objetos. O processo da segmentação consiste em subdividir uma imagem em suas partes (ou objetos constituintes), e se baseia nas propriedades básicas dos níveis de cinza da mesma, buscando detectar discontinuidades e similaridades (FILHO e NETO, 1999; VICTER e SILVA, 2019). Nesse processo é feita uma escolha criteriosa de limites (ou faixas) de valores dos níveis de cinza [0, 255], os quais assumirão valores novos e binários, ou seja, preto (0) e branco (1) (FILHO e NETO, 1999; GONZALEZ e WOODS, 2001).

Diferentes aplicações exigem diferentes tipos de programas (softwares) de processamento e análise de imagens. As atividades permitidas por estes softwares vão desde etapas de edição e manipulação de imagens fotográficas até tarefas bem mais complexas como, por exemplo, o tratamento de imagens de trabalhos científicos, situação esta que pode demandar operações morfológicas e transformações matemáticas, entre outros recursos. Para tanto, tais softwares realizam uma integração eficiente entre processamento de imagens e técnicas computacionais de alto desempenho, por exemplo, inteligência artificial e reconhecimento de padrões (FILHO e NETO, 1999).

Conforme reportado por Filho e Neto (1999), há uma grande variedade de softwares disponíveis no mercado para processamento de imagens. Alguns deles são o *Global Lab Image* e o LATIM (Laboratório de Tratamento de Imagens), este último que é um software para processamento de imagens com caráter didático, o qual foi desenvolvido em 1989 pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e escrito em linguagem Pascal (FILHO e NETO, 1999). Outros exemplos incluem o *PC_Image*, o qual possui uma poderosa gama de operações para processamento de imagens, o *ImageJ* (software de domínio público, desenvolvido em Java pelo *National Institutes of Health/EUA* e dedicado ao processamento e análise de imagens) (IMAGEJ, 2019; TORRES e ZOQUI, 2019), e o *Image-Pro Plus*, da *Media Cybernetics (Silver Spring, EUA)*, o qual é considerado um dos softwares mais completos de processamento e análise de imagens (IMAGE-PRO PLUS, 2019; INFAIMON, 2019).

Torres e Zoqui (2019) avaliaram a tixotomabilidade das ligas AA7004 e AA7075 através da caracterização microestrutural utilizando o software de processamento e análise de

imagens digitais *ImageJ*. Victor e Silva (2019) fizeram um estudo comparativo de técnicas de limiarização de histogramas em imagens de nódulos de mamografia utilizando o software *Scilab* para implementar e testar algoritmos de abordagem global e local na identificação de danos potenciais aos seios. Francisco *et al.* (2004) desenvolveram e avaliaram uma (macro) rotina informatizada utilizando o programa *Image-Pro Plus 4.5* para a contagem automática de núcleos imunopositivos para o antígeno nuclear em célula proliferante.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo geral desenvolver habilidades de utilização de ferramentas de segmentação e binarização de imagens em níveis de cinza utilizando o software *Image-Pro Plus 6.0*. Já o objetivo específico foi segmentar e gerar a forma binarizada das duas faces de uma moeda de R\$ 0,25 (25 centavos) a partir das imagens originais de cada uma destas faces previamente aquisitadas com o auxílio de uma câmera semiprofissional comercial. Cabe salientar que a rota experimental proposta é de fácil exequibilidade e plausível de adequação para outras situações diversas. Portanto, configura-se em uma metodologia prática para ser empregada nas etapas iniciais do processamento de imagens em escala de cinza com vistas a etapas posteriores como, por exemplo, identificação, contagem e medição de parâmetros de objetos binarizados. Assim, essa metodologia pode ser de grande utilidade principalmente para pesquisadores e/ou usuários iniciantes no tema e ainda com pouca bagagem de uso do software *Image-Pro Plus 6.0* ou correlatos.

2. Estado da arte e conceitos em processamento de imagens

2.1. Princípios em imagens

Uma imagem é uma representação visual de um objeto ou grupo de objetos. O seu processamento é feito através de programas computacionais (softwares) adequados. No entanto, para que isto seja possível, a imagem precisa estar digitalizada, ou seja, convertida para o formato numérico.

O processo de digitalização divide uma imagem em uma rede bidimensional (matriz com N linhas e M colunas) de pontos de dimensões muito pequenas, os quais são denominados de pixels (ou elementos de imagem). Cada pixel é identificado por sua posição na rede, sendo estas posições correspondentes cada uma delas a um par ordenado composto por uma linha (x) e uma coluna (y), tal como exemplificado na Figura 1, na qual está demonstrada a localização dos pixels (0,0) e (18,22) na matriz global de pixels que compõe a imagem em questão (FILHO e NETO, 1999; START-UP GUIDE, 1993).

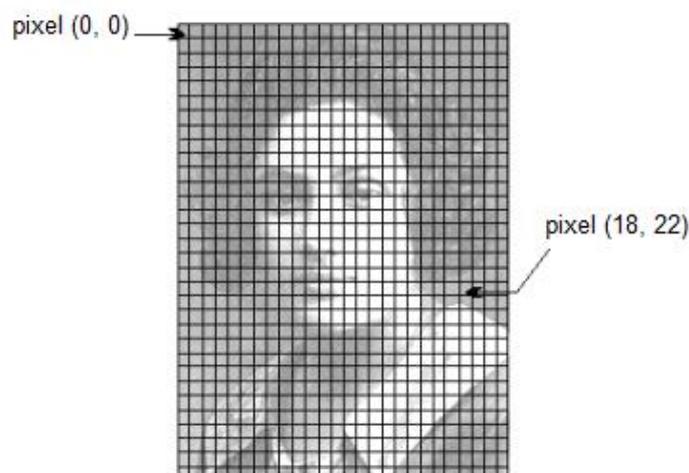


Figura 1 — Ilustração da disposição de pixels em uma matriz de dados. (Fonte: Adaptado de START-UP GUIDE, 1993).

A escala de níveis de cinza (*Gray Scale*) são valores em tons de cinza que o pixel pode assumir, os quais variam do completamente preto ao completamente branco, passando por uma série de valores intermediários. Em uma imagem em escala de cinza de 8 bits, um pixel com o valor 0 é completamente preto, enquanto que um de valor 255 é completamente branco. O pixel 127 representa um grau cinza exatamente na metade do caminho entre o preto e o branco (cinza médio), e um valor de pixel de valor 64 tem uma cor cinza a meio caminho entre o cinza médio e o preto (START-UP GUIDE, 1993; FILHO e NETO, 1999).

A quantidade de bits utilizada por pixel representa a profundidade de cores da imagem, ou seja, a quantidade de bits por pixel (BPP). O número de bits por pixel usado para representar cada valor do pixel determina a classe da imagem, por exemplo, *Gray Scale 8*, *Gray Scale 12*, *Gray Scale 32*, ou as classes RGB 24, 36 e 48 (START-UP GUIDE, 1993).

Para uma imagem que utiliza o padrão RGB (Red, Green, Blue) (imagens coloridas), a representação utilizada é a de 8 bits para cada canal de informação, contabilizando um total de 24 bits por pixel, o que permite gerar mais de 16 milhões de cores diferentes. Para imagens em tons de cinza é comum utilizar 8 bits para cada pixel, totalizando 256 níveis possíveis de cinza, como mostrado na Figura 2 (START-UP GUIDE, 1993). Já as imagens binárias necessitam de apenas um bit por pixel, totalizando duas cores por imagem (GAZZONI *et al.*, 2006, FILHO e NETO, 1999).

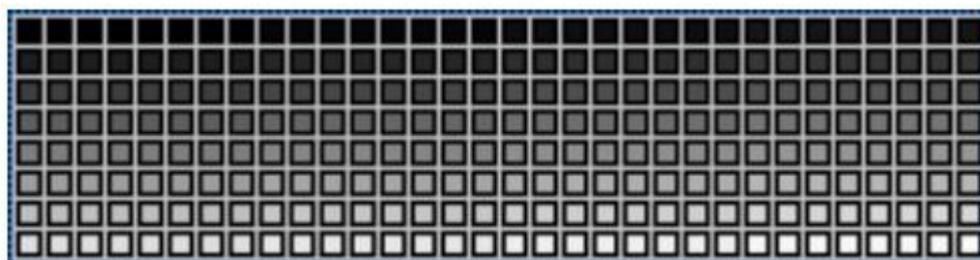


Figura 2 — 256 tons da escala em níveis de cinza. (Fonte: Adaptado de START-UP GUIDE, 1993).

2.2. Filtros, máscaras, segmentação e binarização

O principal objetivo da segmentação é preparar uma imagem para que a mesma esteja apta à extração de atributos (ou características) que são de interesse científico e/ou tecnológico. A segmentação é feita a partir da escolha de níveis de cinza, os quais assumem valores no intervalo de $[0, 255]$, levando à obtenção de imagens binarizadas, e possibilitando assim a extração de informações fundamentais para a identificação tanto de descontinuidades (particionamento da imagem com base em mudanças bruscas nos níveis de cinza, indicando a presença de pontos isolados, linhas ou bordas na imagem) quanto de similaridades (agrupamento de pontos da imagem que apresentam valores similares para um determinado conjunto de características) em regiões da imagem segmentada e binarizada.

As aplicações desta técnica envolvem diversas áreas existentes, tais como as engenharias, a biologia, a medicina, e outras (FILHO e NETO, 1999; GONZALEZ e WOODS, 2001; WOJNAR, 1999).

Para que a segmentação possa ser realizada, a imagem necessita estar convertida para níveis de cinza entre 0 e 255, constituindo o histograma da imagem. O histograma pode ser definido como o conjunto de números dispostos num gráfico de barras, indicando o percentual de pixels numa dada imagem que apresentam determinado nível de cinza. Através da visualização do histograma de uma imagem pode-se obter uma indicação de sua qualidade quanto ao níveis de contraste e brilho médio (imagem predominantemente clara ou escura) (FILHO e NETO, 1999; NEVES e PELAES, 2001).

Uma forma de segmentação muito comum que se observa nos softwares de processamento de imagens é a segmentação por limiarização, também conhecida por “*thresholding*” (FILHO e NETO, 1999). O processo consiste em separar as regiões da imagem em duas classes (o fundo e o objeto), produzindo uma imagem binária à saída. Neste processo ocorre uma bipartição do histograma, convertendo os pixels cujo tom de cinza é maior ou igual a um certo valor de limiar (T) em branco, e os demais, em preto, tal como exemplificado na Figura 3a–b.

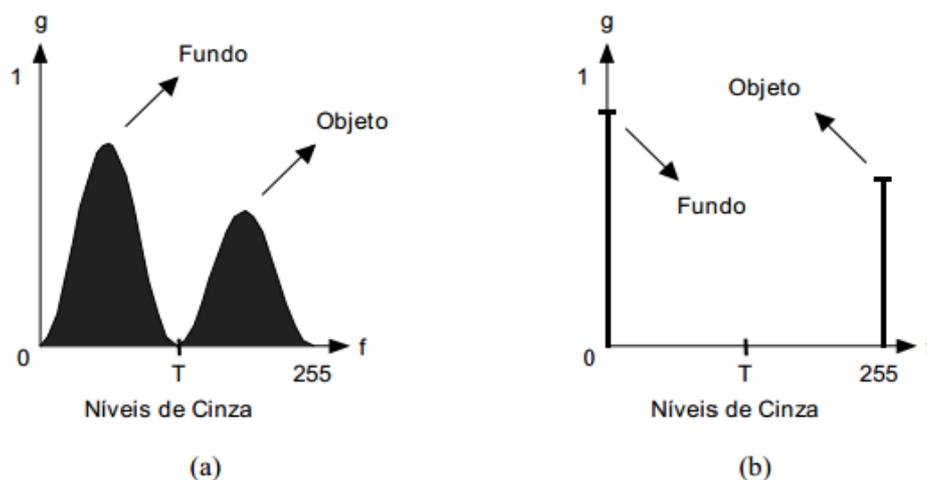


Figura 3 — Segmentação de uma imagem em níveis de cinza utilizando um limiar T: histograma original (a), e histograma da imagem segmentada e binarizada (b). (Fonte: Adaptado de FILHO E NETO, 1999).

No caso de imagens em níveis de cinza, a segmentação é bastante favorecida, porém, mesmo assim é necessário ter cuidado na execução do processo para evitar efeitos indesejados na imagem decorrentes de uma escolha não ideal de um valor específico de limiar T entre os pontos compreendidos na faixa de 0 a 255.

De forma matemática, a operação de segmentação pode ser descrita como uma técnica de processamento na qual uma imagem de entrada $f(x,y)$ de N níveis de cinza produz, na saída, uma imagem $g(x,y)$, que é chamada de imagem segmentada. Normalmente, $g(x,y)$ apresenta 2 níveis de cinza, sendo (FILHO e NETO, 1999):

$$G(x,y) = 1 \text{ se } f(x,y) \geq T \quad (01)$$

$$G(x,y) = 0 \text{ se } f(x,y) < T \quad (02)$$

Nesta condição, os pixels rotulados com “1” correspondem aos objetos, enquanto aqueles com “0”, ao fundo (ou *background*), sendo T o valor de tom de cinza pré-definido, o qual é denominado de limiar T (FILHO e NETO, 1999).

Para obter imagens bem segmentadas, muitas vezes é necessário realizar etapas de tratamento destas durante o processamento. Esses tratamentos podem ser realizados através da aplicação de filtros, os quais podem ser empregados tanto antes quanto após a etapa de segmentação da imagem, e têm a função de ampliação ou redução de contraste, de realce, de suavização ou de eliminação de padrões periódicos nas imagens que estão sendo tratadas.

Estes filtros se classificam como técnicas no domínio espacial e técnicas no domínio da frequência. Os métodos de filtragem que trabalham no domínio espacial operam diretamente sobre a matriz de pixels, que é a imagem digitalizada, e normalmente utilizam de operações com máscaras, as quais recebem o nome de filtros espaciais (FILHO e NETO, 1999, GONZALEZ e WOODS, 2001).

Já na filtragem no domínio da frequência, a imagem é transformada do domínio espacial para o da frequência por uso de uma transformada de *Fourier* (*FFT transformer*). O principal uso deste tipo de filtragem tem aplicação no tratamento de imagens com periodicidade, ou seja, com variações da intensidade de cinza perfeitamente senoidais (FILHO e NETO, 1999).

3. Procedimento experimental

A parte procedimental deste trabalho consistiu em adquirir as imagens das duas faces de uma moeda de R\$ 0,25 (25 centavos) (parte 1, com uma etapa) e, em seguida, realizar os procedimentos necessários para segmentação e binarização destas imagens (parte 2, com as etapas de 2 a 5), conforme mostra a Tabela 1. Esta tabela apresenta, na coluna da esquerda, a listagem de todas as etapas que foram implementadas e, na coluna da direita, os respectivos equipamentos e/ou softwares empregados.

A Tabela 1 mostra que a primeira etapa constituiu na aquisição das imagens do objeto selecionado, o que foi feito com o auxílio de uma câmera fotográfica semiprofissional *Canon EOS 600 D* (LOJA CANON ONLINE, 2019). As imagens foram captadas utilizando o modo automático da câmera. Neste modo, o microprocessador da mesma é quem faz a escolha mais adequada dos parâmetros, a partir do sistema ótico (distância focal) e da medida da quantidade de fótons de luz da cena. A partir deste controle, a câmera fotográfica ajusta automaticamente a sensibilidade (número ISO), a abertura do diafragma (número f) e a velocidade do obturador. Neste caso, em particular, estes parâmetros receberam, respectivamente, os seguintes valores selecionados pela máquina: fator ISO 100, velocidade do obturador 1/60 e abertura do diafragma de $f/5,6$.

As etapas seguintes (2 a 5) (parte 2 do trabalho) foram realizadas com o emprego do software *Image-Pro Plus 6.0*, e envolveram fases tanto de melhoramento das imagens (aplicações de filtros e/ou máscaras) quanto etapas de segmentação e binarização propriamente ditas das melhores imagens obtidas. Neste aspecto, vale ressaltar que tanto as etapas de aplicação de filtros quanto a segmentação e binarização não seguiram nenhum modelo preliminar, ou seja, a rota de atividades implementada na Tabela 1 utilizou apenas a metodologia de “tentativas e erros”, porém, tendo por base conhecimentos prévios adquiridos tanto em sala de aula quanto pela leitura de artigos, livros, teses e manuais de softwares de tratamento e processamento de imagens, além de textos em websites da área.

Tabela 1 – Sequência de etapas empregadas para o processo de segmentação e binarização das imagens captadas. (Fonte: AUTORES, 2020).

Etapas	Equipamento/software
1) Aquisição das imagens das duas faces de uma moeda de R\$ 0,25 (25 centavos) (<i>parte 1</i>)	Máquina <i>Canon EOS 600 D</i> . Modo automático, com ISO 100, velocidade do obturador 1/60 e abertura $f/5,6$
2) Transformação para níveis de cinza (<i>parte 2</i>)	<i>Image-Pro Plus 6.0</i>
3) Processamento para melhoramento (<i>parte 2</i>)	<i>Image-Pro Plus 6.0</i>
4) Segmentação e binarização (<i>parte 2</i>)	<i>Image-Pro Plus 6.0</i>
5) Tratamento da imagem binarizada (<i>parte 2</i>)	<i>Image-Pro Plus 6.0</i>

O fluxograma da Figura 4 apresenta o detalhamento (caminho percorrido, ordem e descrição) das etapas realizadas no software *Image Pro Plus 6.0*, logo após a aquisição da imagem na câmera *Canon EOS 600 D*.

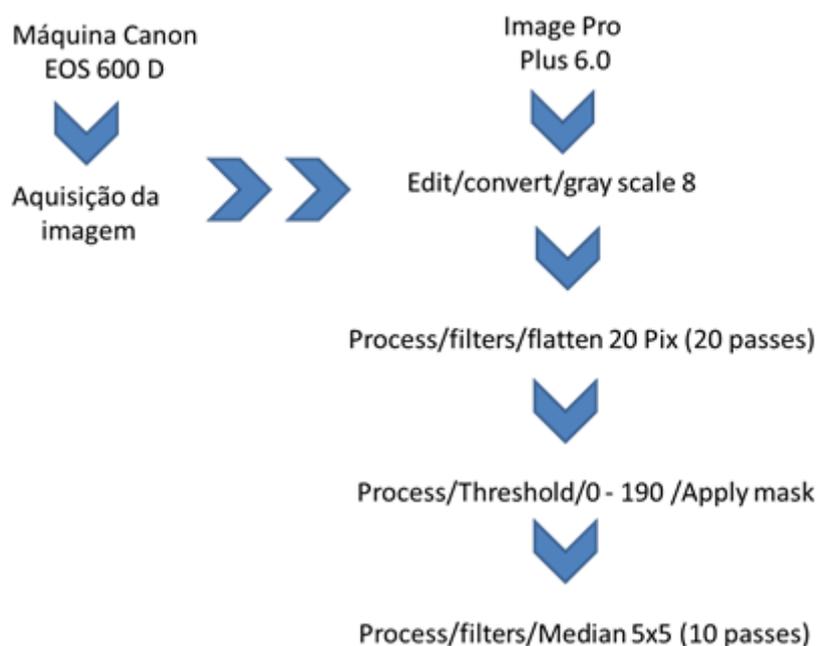


Figura 4 — Fluxograma geral e resumido das etapas desenvolvidas durante a captura, tratamento, segmentação e binarização das imagens. (Fonte: AUTORES, 2020).

4. Resultados e discussão

4.1. Conversão para escala de cinza

O primeiro passo do processamento das imagens na plataforma do software *Image Pro Plus 6.0* consistiu na conversão das imagens iniciais (Figura 5a–b) para a forma de objetos em níveis de cinza (Figura 5c–d), utilizando para tal a escala *gray scale 8*. A escolha desta escala produziu novas imagens com 8 bits de armazenamento por pixel, totalizando 256 tons (ou níveis) de cinza. A imagem nesta escala de conversão requer um menor tempo de processamento e resulta num menor tamanho final quando comparada com imagens em níveis de cinza superiores. Em termos práticos, esta é também a escala em níveis de cinza mais comumente encontrada em figuras em geral.

Através de uma binarização inicial foi verificado que a imagem não apresentou um bom resultado, uma vez que o processo levou à formação de duas regiões muito distintas em termos de brilho, contraste e definição de objetos, as quais foram melhor destacadas traçando-se uma linha imaginária para separar as partes superior (S) e inferior (I) da imagem, tal como pode ser visto na Figura 6.

Desta forma foi necessário realizar um pré-tratamento na imagem antes de seguir para a etapa de binarização definitiva. Embora as imagens originais tenham sido adquiridas com a câmera *CANON* no seu modo automático, houve inconvenientes (não uniformidades), o que provavelmente teve relação com as condições externas, sendo a principal delas a luminosidade ambiental, que não teve sua intensidade manipulada e/ou controlada por nenhuma ferramenta de trabalho no ato de captura das imagens. Portanto, para a superação deste problema foi necessária uma filtragem posterior da imagem, conforme descrito a seguir.

A obtenção de imagens digitais de alta qualidade em câmeras fotográficas está diretamente relacionada ao conhecimento técnico do usuário sobre os parâmetros envolvidos no processo fotográfico de produção de imagens, isto é, a profundidade de campo, a abertura do diafragma, a distância focal, o fator ISO, e também às condições de luminosidade naturais, ambientais e externas (artificiais). Estes fatores somados constituem os aspectos fundamentais

e imprescindíveis no trabalho de obtenção de fotografias de melhor qualidade, onde o objetivo seja destacar algum aspecto ou enfatizar um determinado efeito esperado, ou ainda, que visem um processamento posterior para determinação e/ou cálculo de um ou mais parâmetros da imagem fotografada.



Figura 5 — Representação das duas faces da moeda (cara e coroa) no estado inicial (a–b). Mesmas imagens após a transformação para níveis de cinza (c–d). (Fonte: AUTORES, 2020).



Figura 6 — Resultado da primeira tentativa de binarização da imagem inicial. (Fonte: AUTORES, 2020).

4.2. Etapa de filtragem com o filtro *Flatten* e máscara 3x3

Para corrigir as não uniformidades verificadas na Figura 6, foi selecionado o filtro *flatten*. Porém, antes da aplicação deste filtro foi verificado o histograma da imagem, o qual se apresentou distribuído conforme observado na Figura 7. Este histograma indicou que houve variações na intensidade dos níveis de cinza, sugerindo de fato uma não uniformidade em termos de brilho e contraste na imagem. Os pixels concentrados em valores próximos ao limite superior da escala de cinza caracterizam uma imagem predominante clara, porém, a existência de três picos largos praticamente sobrepostos nesta região, como verificado, é indicativo de diferentes tons de cinza, o que não é uma situação ideal para se obter um valor ótimo de limiar (T) e, conseqüentemente, uma imagem binarizada de forma adequada e com vistas a etapas posteriores de quantificação de parâmetros de interesse. Essa quantificação pode ser feita quando se obtém uma separação adequada entre fundo e objeto, o que requer um histograma que apresente as regiões de picos e, entre elas, um vale onde deve ser fixado um valor de limiar (T).

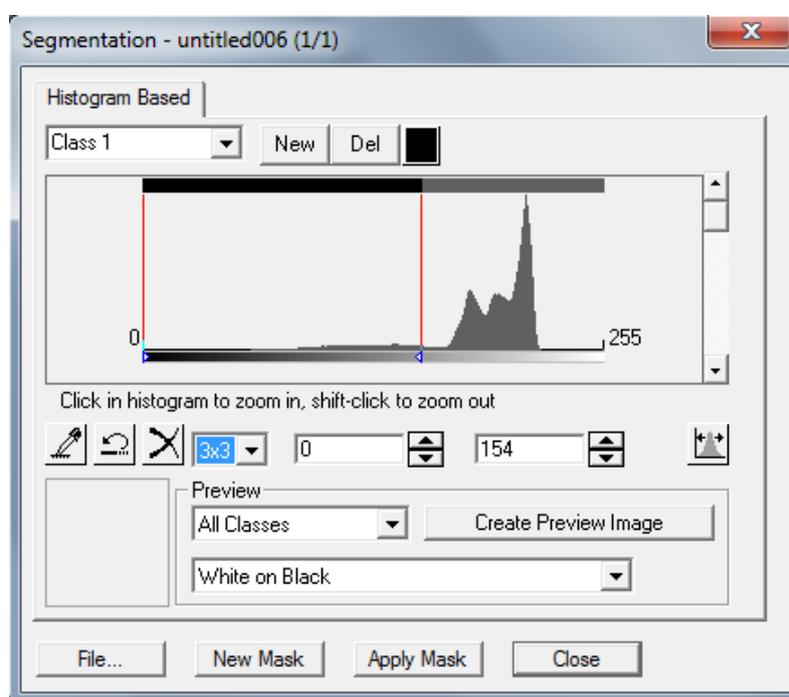


Figura 7 – Histograma da imagem inicial binarizada. (Fonte: AUTORES, 2020).

Contudo, após a aplicação do filtro *flatten* (20 passes), tal como pode ser visto na Figura 8a, observou-se então uma mudança na distribuição do histograma, ou seja, uma redução do número de picos juntamente com um estreitamento de banda na imagem que foi posteriormente segmentada, tal como pode ser verificado na Figura 8b. O resultado deste processo foi uma elevação na quantidade de objetos binários que constituíam a imagem original em níveis de cinza, após ser segmentada.

Em termos teóricos, a alteração promovida pelo filtro *flatten* foi de uniformizar as variações de intensidade dos pixels de fundo em relação aos objetos de interesse na imagem (desenhos e caracteres nas faces da moeda).

Durante o processo de segmentação e binarização com a função *thresholding* (segmentação por limiarização, que devolve como resultado a imagem binarizada) (Figura 8b), foi feito o ajuste do valor limiar em 190, sendo esta a representação da melhor condição obtida nos

testes realizados. Em seguida, procedeu-se com a aplicação da máscara de tamanho (3x3), resultando na imagem final binarizada, conforme mostra a Figura 9.

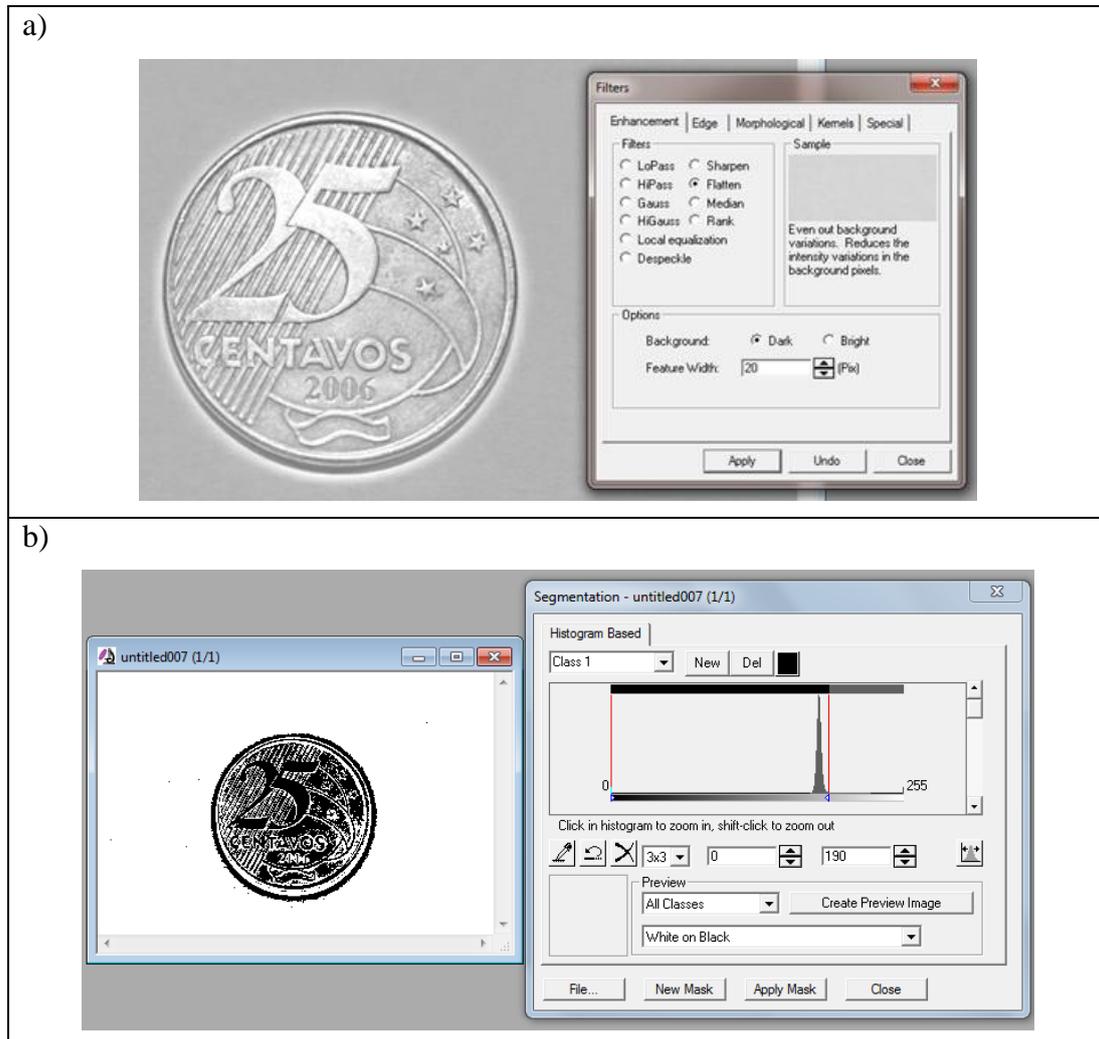


Figura 8 — Aplicação do filtro *flatten 20 Pix* (20 passos) (a). Segmentação e binarização utilizando a função *thresholding* (segmentação por limiarização) (b). (Fonte: AUTORES, 2020).



Figura 9 — Imagem binarizada, após aplicação da máscara (3x3). (Fonte: AUTORES, 2020).

A máscara é aplicada sobre um pixel da imagem, ou seja, um pixel central de posição (x,y) , e o seu valor (imagem de saída), é substituído por um novo valor, $g(x,y)$, o qual depende dos valores dos pixels vizinhos e dos coeficientes da máscara. Os coeficientes são multiplicados pelos valores de cinza de cada pixel superposto pela máscara (posições correspondentes) e somados. Este valor substitui o valor do pixel central, ou seja, $f(x,y) \rightarrow g(x,y)$.

O tamanho da máscara utilizada (3x3) foi o valor ideal para a imagem em questão, uma vez que um aumento superior levava a uma perda de qualidade da mesma, ou seja, um aumento excessivo no tamanho da matriz de pixels resultava em um maior efeito da vizinhança sob os pixels centrais de interesse, gerando um resultado indesejável (perda de resolução).

4.3. Etapa de filtragem com o filtro *Median* e máscara 5x5

Finalmente, com a imagem binarizada, foi possível aplicar a última etapa de processamento, uma vez que a imagem neste estágio, apesar de binarizada, ainda apresentava uma grande quantidade de objetos menores que, além disso, continham bordas não muito bem definidas, necessitando de melhoramento. Para tanto, foi aplicado o filtro *median*, juntamente com uma máscara (5x5), conforme pode ser visto na Figura 10. O filtro *median* (ou filtro da mediana) trata-se de um filtro que utiliza abordagem não-linear para o melhoramento de imagens, atuando de forma a substituir o pixel central com o valor mediano em sua vizinhança (FILHO e NETO, 1999).

Conforme Filho e Neto (1999), o filtro da mediana tem aplicação principalmente em situações onde há limitações do filtro da média, ou seja, nos casos onde o objetivo é a remoção de ruídos em imagens, mas preservando bordas e detalhes finos da mesma. Nesses casos existe a alternativa de se utilizar o filtro da mediana, tal como foi então realizado.

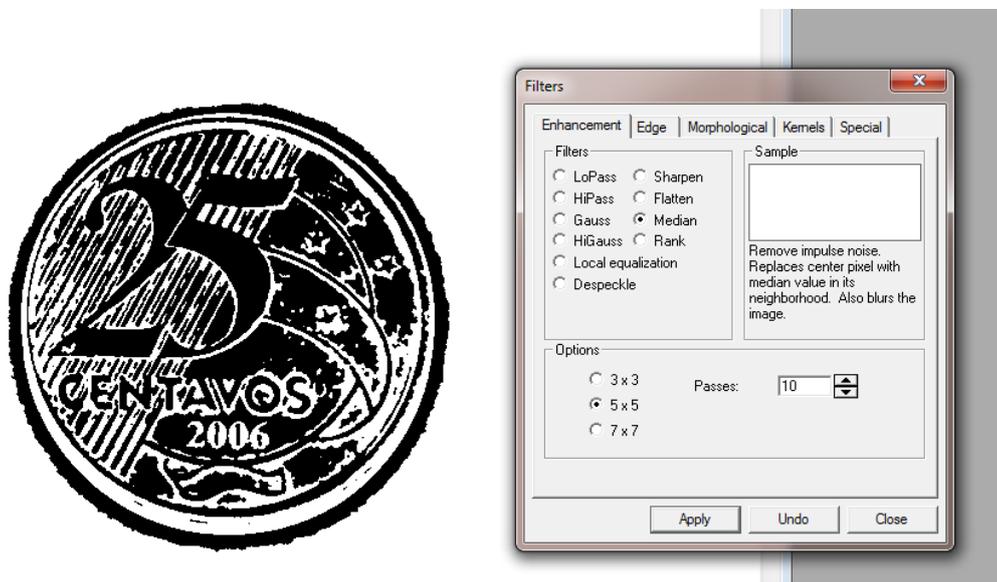


Figura 10 – Aplicação do filtro *median* pós-processo de segmentação/binarização para obtenção da imagem final segmentada, binarizada e tratada. (Fonte: AUTORES, 2020).

Conforme pode ser conferido no resultado da Figura 10, a grande utilidade do filtro da mediana, no caso em questão, foi a diminuição de ruído na imagem, suavização e obtenção de contornos mais nítidos. A máscara (5x5) foi a que apresentou o melhor resultado final na imagem em questão. Na prática, foi possível perceber que o uso de janelas maiores resultava

em uma situação onde os objetos começavam a se confundir com a vizinhança, ocasionando problemas em termos de delimitação destes, além de redução da qualidade final da imagem. A escolha do número de passes foi baseada no grau desejado de melhoramento, sendo que 10 passes foi o número que resultou na melhor condição visual possível da imagem.

Após todo o trabalho descrito ter sido realizado em ambas as faces da moeda, obtiveram-se as imagens finais segmentadas e binarizadas, com resolução e nitidez satisfatórios e com o maior número de objetos possíveis, conforme pode ser visto de forma conjunta na Figura 11a–b.

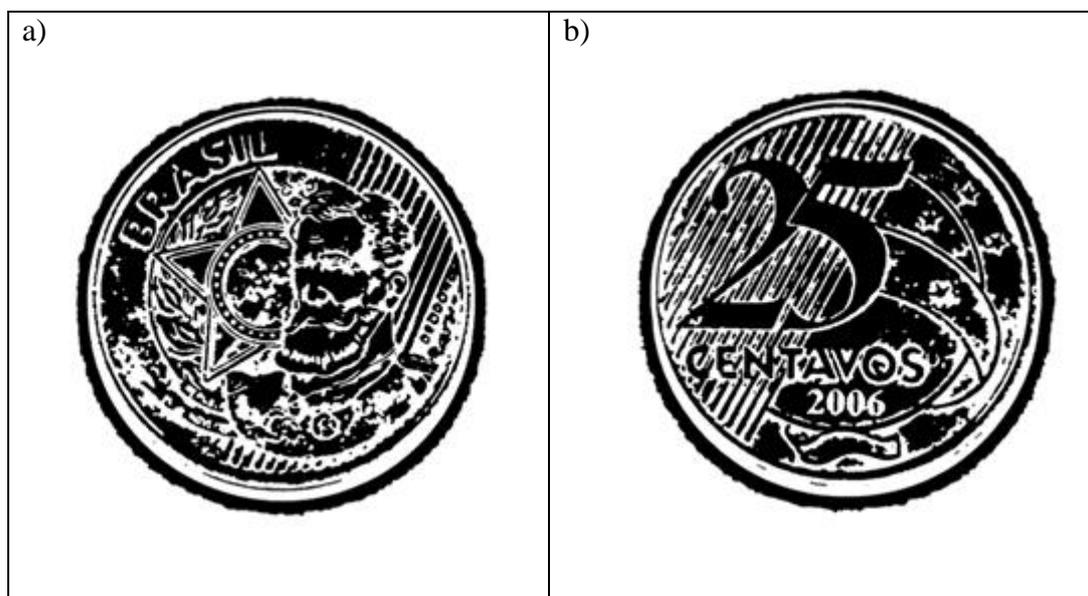


Figura 11 — Representação das duas faces da moeda de R\$ 0,25 após as etapas de segmentação, binarização e filtragem final. (Fonte: AUTORES, 2020).

5. Conclusões

Mediante as dificuldades práticas encontradas e os resultados obtidos, foi possível concluir que a etapa de aquisição da imagem é de extrema importância, uma vez que esta interfere no grau de dificuldade que pode ser encontrado durante as etapas posteriores de segmentação e binarização da mesma.

Cada imagem possui um tratamento diferenciado por meio de filtros e máscaras em função das diferenças de condição inicial e de características próprias. Desta forma, é necessário verificar a necessidade de promover ou não filtragens antes e/ou após a segmentação e binarização. Neste trabalho, em específico, foi necessária a aplicação de filtragens antes e após a segmentação, para somente assim obter uma binarização de qualidade satisfatória. Em uma situação onde fosse de interesse, tal imagem estaria então na condição ideal para seguir para etapas de reconhecimento de padrões e/ou quantificação de objetos.

Os parâmetros de ajustes, tais como o valor de limiar T , filtros, máscaras e seus números de passes, entre outros, devem ser cuidadosamente testados e determinados, pois, embora o usuário tenha o poder de escolha destes parâmetros, é preciso ter ciência de que pequenas alterações podem promover mudanças significativas e não desejadas nos resultados.

Apesar da qualidade não muito adequada da imagem inicial adquirida, a rota experimental delineada e executada no trabalho permitiu um processo de segmentação e binarização de boa qualidade, habilitando a imagem para processamentos posteriores de interesse no software de imagem.

6. Referências

- FILHO, O.M. & NETO, H.V.** *Processamento digital de imagens*. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.
- FRANCISCO, J.S., MORAIS, H.P. & DIAS, E.P.** *Evaluation of the Image-Pro Plus 4.5 software for automatic counting of labeled nuclei by PCNA immunohistochemistry*. Brazilian Oral Research, v. 18, n. 2, p. 100–104, 2004.
- GAZZONI, J.C., MARCON, C.L., FRANCISCON, M.A. & MORAES, F.B.** *Limiarização e binarização na análise de objetos em imagens digitais*. Synergismus Scyentifica UTFPR, v. 1, n. 1, p. 685–695, 2006.
- GONZALEZ, R.C. & WOODS, R.E.** *Digital image processing*. New Jersey: Prentice Hall, 2nd Edition, 2001.
- IMAGEJ.** *Software ImageJ*. Disponível em: <<https://imagej.nih.gov/ij/>>. Acessado em outubro de 2019.
- IMAGE-PRO PLUS.** *Photo analysis and professional image software*. Disponível em: <<http://www.mediacy.com/imageproplus>>. Acessado em outubro de 2019.
- INFAIMON.** *Software de Imagem Image-Pro Plus*. Disponível em: <https://www.infaimon.com/pt-pt/producto/image-pro-plus/>. Acessado em outubro de 2019.
- LOJA CANON ONLINE.** *Câmaras SLR digitais EOS e câmaras compactas - Canon EOS 600D*. Disponível em <https://www.canon.pt/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_600_d/>. Acessado em outubro de 2019.
- MOREIRA, I.M.** *Reconhecimento de padrões de caracteres numéricos com redes neurais artificiais*, 2002. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Planalto Catarinense, UNIPLAC, 2002.
- NEVES, S.C. & PELAES, E.G.** *Estudo e implementação de técnicas de segmentação de imagens*. Revista Virtual de Iniciação Acadêmica, v. 1, n. 2, p. 1–11, 2001.
- RUSS, J.C.** *The image processing handbook*. Boca Raton: CRC Press, 5th Edition, 2007.
- START-UP GUIDE.** *Image-Pro Plus Version 6.0 for Windows™*. Silver Spring: Copyright Media Cybernetics, 1993.
- TORRES, L.V. & ZOQUI, E.J.** *Caracterização de parâmetros metalúrgicos de ligas semissólidas através de software de imagem*. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 11, n. 3, p. 1–6, 2019.
- VICTER, S.M.C.C. & SILVA, B.S.I.** *Estudo comparativo de técnicas de limiarização de histogramas em imagens de nódulos de mamografia*. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão, v. 4, n. 3, p. 1–17, 2019.
- WOJNAR, L.** *Image analysis – applications in materials engineering*. Boca Raton: CRC Press, 1999.