

Trabalho 2 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, various treatments were applied to images with a focus on morphological processing to conduct analyses on the provided figures in order to extract information from them. Additionally, segmentation was performed to obtain the components present in a specific image.

Index Terms—image, morphology, segmentation, open, closing, watershed, filter, threshold.

I. RESUMO

Neste trabalho foram feitos alguns tratamentos em imagens com foco em processamentos morfológicos para realizar análises nas figuras fornecidas para que se obtenham informações contidas nelas. Também, atrelado a isso, foi feita uma segmentação para obter os componentes presentes em uma imagem específica.

II. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é estudar e comparar algumas abordagens com processamentos morfológicos com finalidade de obter informações da imagem. Essas abordagens serão feitas em três imagens diferentes, uma representa um recorte de um circuito impresso, outra é uma foto de uma folha impressa com números e a última é uma imagem com várias células. Todas essas imagens estão em escala de cinza.

Para compreender os experimentos e a metodologia empregados neste estudo, é fundamental ter conhecimentos teóricos sobre os princípios do processamento de imagens digitais, incluindo o tratamento de imagens em escala de cinza, imagem binária e limiarização. O essencial é conhecer sobre morfologia matemática, principalmente as operações de dilatação, abertura, fechamento e watershed para a segmentação. 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 utilizados com um fluxo de operações para que cheguem ao resultado desejado. Serão apresentadas as técnicas empregadas em cada método. Cada etapa terá seu objetivo descrito na próxima seção.

Na seção seguinte, serão apresentados os resultados dos experimentos realizados, analisando se foi atingido o objetivo proposto e se é possível mais alguma alteração para melhorias. Por fim, serão discutidas as conclusões obtidas a partir

dos resultados e apontadas possíveis direções para pesquisas futuras nessa área.

III. METODOLOGIA

Este artigo está dividido em três etapas principais:

A. Inspeção de Circuitos Impressos

Esta etapa tem como objetivo usar uma imagem de entrada "pcb.jpg" e, por meio de operações morfológicas, obter a quantidade de buracos presentes na imagem e seus diâmetros em pixels. A imagem é um recorte de um circuito impresso, que precisa ser analisado para verificar se os componentes eletrônicos podem ser inseridos sem dificuldades.

Primeiramente, é feita a leitura da imagem como escala de cinza e, em seguida, é feita a binarização dessa imagem, transformando todos os pixels com valores acima de 128 em 255 (branco) e os demais em 0 (preto).

E então é feito o preenchimento dos buracos, porém antes disso é necessário encontrar os buracos da imagem. Para isso é feita a inspeção para encontrar os pontos que representam os contornos externos dos objetos. Com esses pontos é feito um loop para desenhar os contornos encontrados. Isso preenche os buracos presentes na imagem com a cor branca, gerando uma imagem preenchida.

Por fim, têm-se duas imagens, a original e uma semelhante a original porém com os buracos preenchidos, então é feita uma subtração entre elas e é obtida uma imagem resultante com apenas os buracos como objetos.

Com a imagem resultante é usada uma função que identifica os componentes conectados na imagem de buracos. Ela retorna o número total de componentes e uma matriz contendo informações estatísticas sobre cada componente, como posição, tamanho e área. Sendo assim, é possível obter o número de buracos da imagem e seus respectivos diâmetros em pixels.

B. Segmentação de Objetos em Relação ao Fundo

Neste procedimento, utiliza-se uma imagem de teste "morf_test.png" e é aplicada diferentes operações morfológicas para segmentar objetos de interesse em relação ao fundo. Também é feita investigações sobre a aplicação de filtros prévios para melhorar os resultados obtidos. O objetivo é obter uma imagem binária com o fundo branco e as imagens

pretas. A imagem aparenta ser uma foto de uma folha branca com vários números digitados sobre ela.

Primeiro é feita a leitura da imagem como escala de cinza e em seguida é feita a binarização dessa imagem com o método de Otsu, que determina automaticamente o valor de limiar.

Com a imagem binária com algumas falhas, é feito um fechamento morfológico para preencher buracos e lacunas com um elemento estruturante em forma de elipse. Estes buracos e lacunas é o que representa fundo da imagem, então é feita uma subtração da imagem binarizada com a imagem obtida depois da operação de fechamento, obtendo-se assim a imagem com o fundo removido.

Como o resultado obtido possui grandes chances de ter muito ruído, retrocede-se todas as etapas para aplicação de novas operações a fim de obter um resultado melhor. Primeiramente, aplica-se um blackhat (fechamento seguido pela diferença) para realçar detalhes escuros na imagem original com o mesmo elemento estruturante. Então é feita a binarização com o método de Otsu na imagem obtida na etapa anterior.

Com a nova imagem binarizada, os componentes conectados do passo anterior são rotulados por meio de uma função que atribui um rótulo a cada região conectada e também retorna estatísticas sobre cada região. Com base nas estatísticas das regiões obtidas no passo anterior, é realizada uma operação de limiarização para remover detalhes pequenos e ruídos. Regiões com área menor que um determinado limiar (neste caso, 5 pixels) são consideradas detalhes insignificantes e são descartadas.

Por último, é feita a inversão da imagem, obtendo um melhor resultado final em que o fundo é branco e os números são pretos.

C. Segmentação de Células

Este procedimento tem como objetivo usar uma imagem de entrada "img_cells.jpg" e, através de operações morfológicas, tratar a imagem para que no fim seja aplicada uma segmentação *watershed*. A imagem consiste de um conglomerado de células, que estão da cor preta em um fundo branco. Cada célula tem uma área branca dentro que representa o núcleo. Ao final espera-se uma segmentação de cada célula da imagem.

O procedimento começa fazendo a leitura da imagem em escala de cinza. Em seguida, a imagem é suavizada usando o filtro Gaussiano com um tamanho de kernel de 5x5. Isso tem como objetivo de diminuir um pouco as áreas que representam os núcleos das células. Após isso, é aplicado uma binarização inversa com o método de limiarização de Otsu.

Nesta etapa, as células estão brancas com buracos pretos, assim como o fundo da imagem. O objetivo agora é preencher as células por completo, para isso utiliza-se a mesma abordagem de preenchimento da seção III-A, onde primeiro encontra-se os contornos dos objetos e em seguida os preenche.

Em seguida, é realizado um processo de abertura morfológica na imagem preenchida utilizando um kernel de

tamanho 3x3. A abertura morfológica é feita com duas iterações para tirar imperfeições e até separar células que estão muito próximas e que acabaram se sobrepondo. O próximo passo é a dilatação da imagem resultante da abertura morfológica, utilizando novamente o kernel de tamanho 3x3 para obter o fundo (background). Então, é feita a transformação de distância, que é aplicada na imagem de abertura morfológica para determinar as regiões de primeiro plano (foreground).

Em seguida, é realizada a operação de fechamento morfológico na imagem de primeiro plano utilizando o mesmo kernel de tamanho 3x3. Regiões desconhecidas são obtidas subtraindo a imagem de plano de fundo dilatado do resultado do fechamento morfológico. A seguir, é realizada a rotulação dos componentes conectados na imagem resultante do fechamento morfológico, para obtenção dos marcadores e, por fim, a segmentação final é realizada usando a função que realiza o watershed, passando a imagem convertida e os marcadores como parâmetros.

IV. RESULTADOS

A. Inspeção de Circuitos Impressos

Para analisar os resultados, será mostrada a imagem após cada operação morfológica realizada. A imagem original carregada (Fig. 1) é passada pelo processo de binarização (Fig. 2), em seguida é preenchida (Fig. 3) e o resultado é subtraído da imagem original (Fig. 4).

Com a imagem resultante é possível saber quantos buracos foram encontrados e seus diâmetros. Essas quantias podem ser mostradas em um console como mostrado na Fig. 5 que mostra os seguintes resultados:

Número de buracos: 3,

Buraco 1 - Diâmetro: 35.233628199729644px,

Buraco 2 - Diâmetro: 35.467741261579384px,

Buraco 3 - Diâmetro: 35.64678198162763px.

Os valores dos diâmetros são aproximações obtidas nos cálculos.

É possível perceber que existe um buraco na imagem que não foi detectado pelo programa. Isto provavelmente é apenas algum problema na obtenção da imagem original, então deveria ter sido feito algo pelo programa para obter esse buraco apesar da falha. Foram feitos alguns procedimentos para obter os dados deste buraco falho, porém todos os métodos acabaram não sendo eficiente ou mal aplicados. Foram testados métodos como:

Erosão: Processo que diminui o tamanho dos objetos na imagem, o que pode ajudar a fechar pequenas aberturas nos buracos.

Preenchimento adaptativo: Em vez de preencher os contornos com uma única chamada, pode tentar preencher adaptativamente cada contorno individualmente.

Dilatação: Expande os objetos na imagem e pode ajudar a fechar pequenas aberturas nos buracos.

Ou combinações dessas operações que pode gerar abertura, fechamento, entre outros. Na maioria dos procedimentos, o resto da imagem ou os outros buracos eram afetados e comprometiam todo o resultado final.



Fig. 1. Imagem "pcb.jpg" original.



Fig. 2. Imagem "pcb.jpg" binarizada.



Fig. 3. Imagem "pcb.jpg" preenchida.

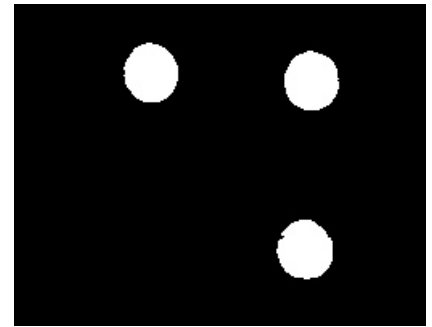


Fig. 4. Imagem "pcb.jpg" subtraída da imagem preenchida.

```
Número de buracos: 3
Buraco 1 - Diâmetro: 35.233628199729644 px
Buraco 2 - Diâmetro: 35.467741261579384 px
Buraco 3 - Diâmetro: 35.64678198162763 px
```

Fig. 5. Dados obtidos de "pcb.jpg".

B. Segmentação de Objetos em Relação ao Fundo

Para obter o resultado esperado, onde teremos uma imagem binária em que o fundo seja branco e os dígitos sejam pretos, começa com a imagem original (Fig. 6) e a binariza (Fig. 7).

Fica claro a grande presença de ruídos, logo segue-se uma outra metodologia antes de obter o resultado final.

A partir da imagem original, obtém-se o fundo da imagem (Fig. 8), então retira o fundo da imagem original (Fig. 9). Realiza o blackhat (Fig. 10), binariza (Fig. 11), retira os detalhes pequenos (Fig. 12) e, por fim, inverte a imagem e têm-se o resultado final (Fig. 13)

C. Segmentação de Células

Para que se tenha uma segmentação *watershed* das células a partir da imagem original (Fig. 14), primeiro passa-se um

filtro gaussiano (Fig. 15) e a binariza (Fig. 16).

Então é feito o preenchimento da imagem (Fig. 17). A partir daí são feitas as operações morfológicas de abertura (Fig. 18), dilatação (background) (Fig. 19), cálculo da função de distância (foreground) (Fig. 20) e fechamento (Fig. 21).

Por fim, é feita a subtração do background com o fechamento (unknown) (Fig. 22) e então é feita a segmentação *watershed* e obtém-se o resultado final (Fig. 23).

Analisando a imagem final segmentada, é possível notar que as células que estão nas bordas da imagem não foram segmentadas. Acredita-se que isto ocorreu pelo fato destas células não terem seus núcleos preenchidos na etapa de preenchimento de buracos. Caso isto seja verdade, foram feitas algumas pesquisas que citam um certo problema do framework utilizado (OpenCv) em realizar preenchimentos em buracos

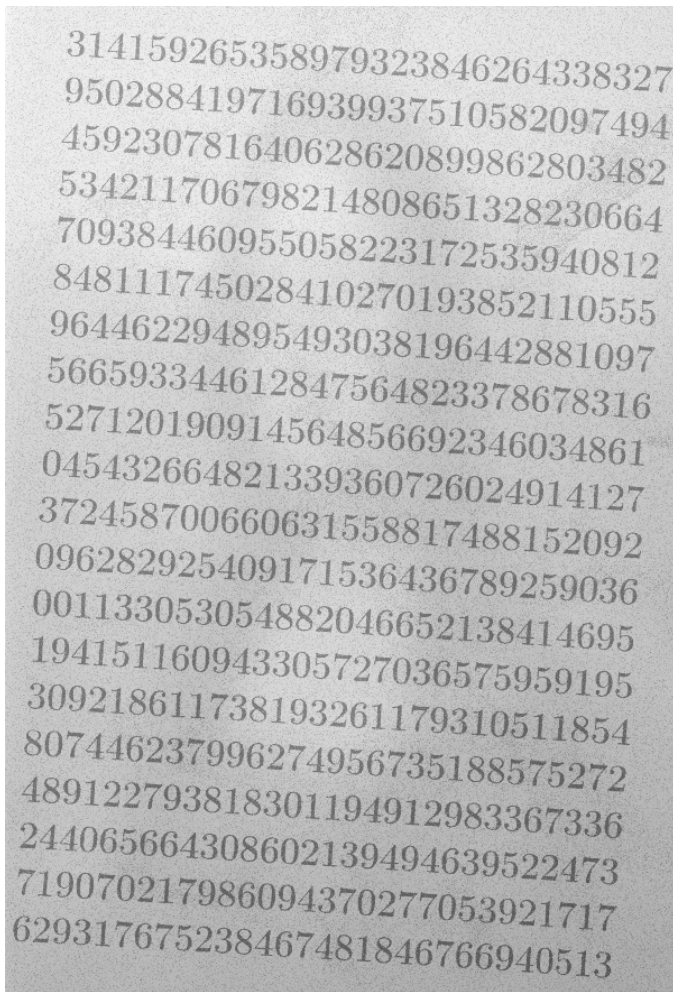


Fig. 6. Imagem "morf_test.png" original.

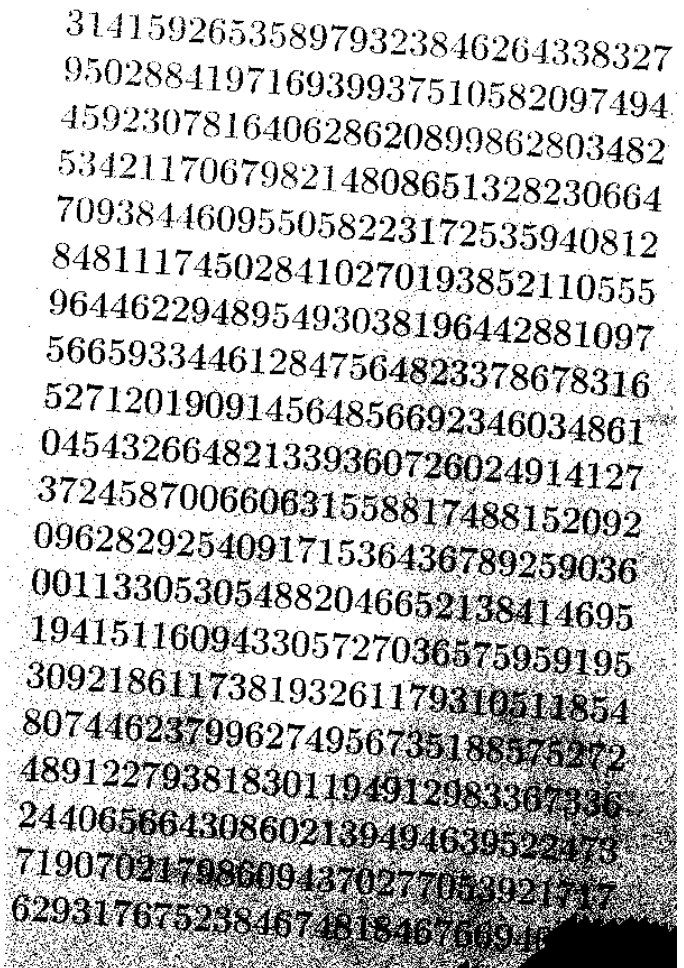


Fig. 7. Imagem "morf_test.png" binarizada.

que estão em contato com a borda.

Na procura de soluções para este problema, foram encontrados relatos de dois métodos principais, mas que, mesmo aplicados no programa, não trouxeram resultados positivos. Estes métodos seriam, adicionar uma borda arbitrária maior na imagem, assim o buraco não estaria mais em contato com a nova borda. Ou fazer todo o processo com a binarização padrão em vez da binarização inversa, fazendo a inversão apenas na última etapa.

Foram encontradas também soluções que usavam outros frameworks, porém este projeto está limitado a usar apenas um framework de imagem.

V. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram aplicados métodos de processamento morfológico em diferentes imagens com o objetivo de extrair informações e realizar segmentações. Os resultados obtidos demonstraram a eficácia desses métodos na obtenção dos resultados desejados.

A inspeção de circuitos impressos permitiu identificar e contar os buracos presentes na imagem, fornecendo informações

importantes para análise e design de circuitos eletrônicos. Porém também foram relatados problemas para tratamento de imagens que mostram buracos defeituosos, podendo atrapalhar em um ambiente de alta produção. Fica em aberto para estudos futuros o aperfeiçoamento desta técnica.

A segmentação de objetos em relação ao fundo possibilitou separar os objetos de interesse do fundo, destacando os números presentes na imagem e facilitando sua identificação. O resultado final se apresentou de forma bastante positiva, tendo uma aparência avançada de um scanner.

A segmentação de células foi capaz de identificar e separar as células individuais, permitindo análises mais detalhadas e estudos sobre características celulares. Também foram notadas deficiências na segmentação de células específicas que se encontram na borda das imagens.

No geral, os resultados mostraram que o processamento morfológico é uma técnica poderosa para o tratamento de imagens e extração de informações. A escolha adequada dos métodos e parâmetros é essencial para obter os melhores resultados em cada aplicação específica.



Fig. 8. Fundo da imagem "morf_test.png".



Fig. 9. Imagem "morf_test.png" após retirar o fundo.

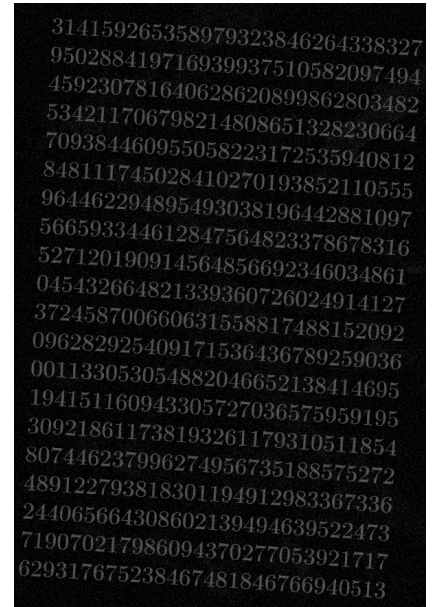


Fig. 10. Imagem "morf_test.png" após black-hat.

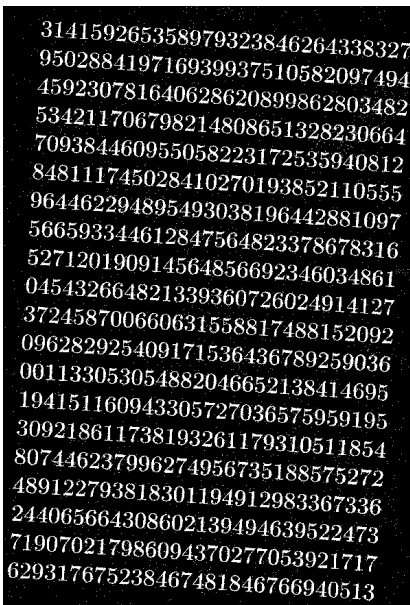


Fig. 11. Imagem "morf_test.png" com blackhat binarizado.

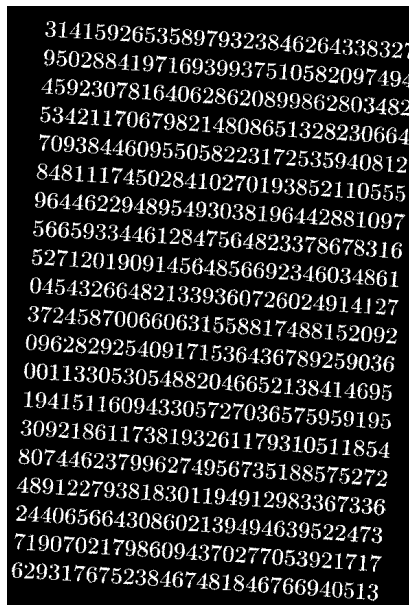


Fig. 12. Imagem "morf_test.png" remoção de detalhes.

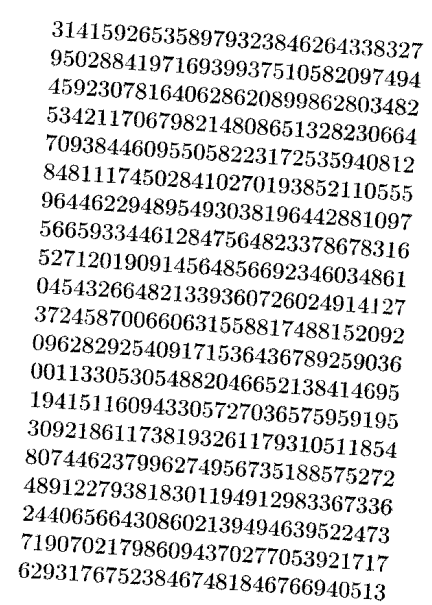


Fig. 13. Imagem "morf_test.png" final.

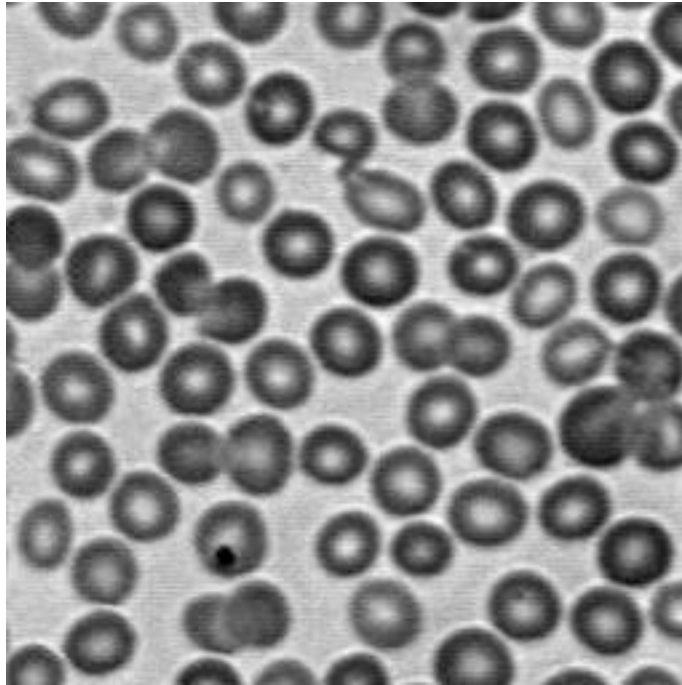


Fig. 14. Imagem "img_cells" original.

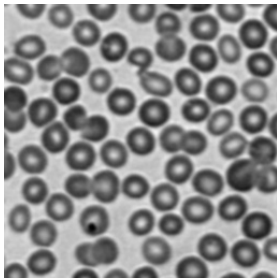


Fig. 15. Imagem "img_cells" após filtro gaussiano.

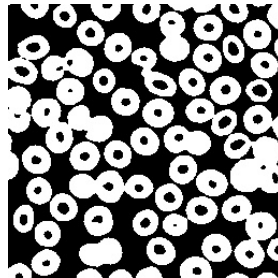


Fig. 16. Imagem "img_cells" binarizada.

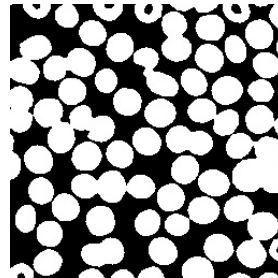


Fig. 17. Imagem "img_cells" preenchida.

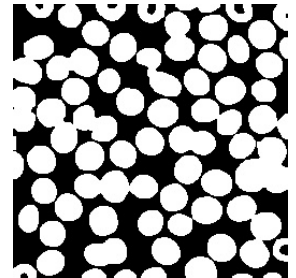


Fig. 18. Imagem "img_cells" após abertura.

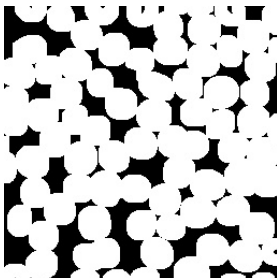


Fig. 19. Imagem "img_cells" após dilatação (background).

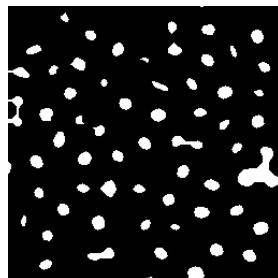


Fig. 20. Imagem "img_cells" após cálculo da função de distância (foreground).

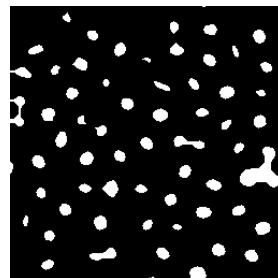


Fig. 21. Imagem "img_cells" após fechamento.

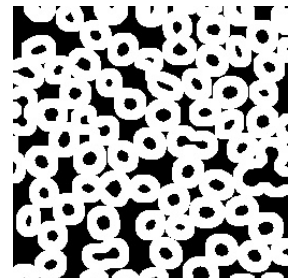


Fig. 22. Imagem "img_cells" após subtração (unknown).

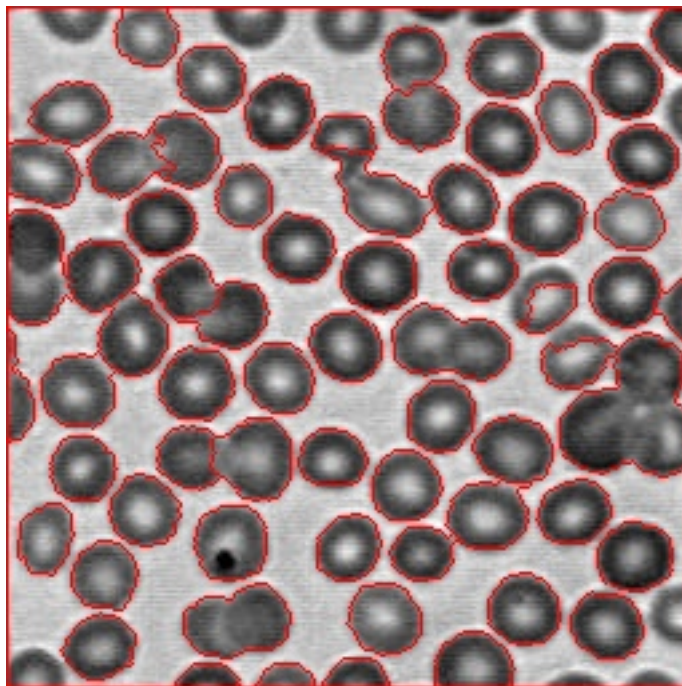


Fig. 23. Imagem "img_cells" segmentada com *watershed*.