

Segmentação de Exsudatos em Imagens de Fundo de Olho para Detecção de Retinopatia Diabética

Nigel da Silva Lima¹, Lucas Bezerra Maia¹,
Geraldo Braz Júnior¹, João Dallyson Sousa de Almeida¹

¹Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Av. dos Portugueses, 1966 - Bacanga, São Luís - MA, 65080-805

nigelnaiquel.comp@gmail.com, lucasmaia1202@gmail.com

ge.braz@gmail.com, joao.dallyson@ufma.br

Abstract. *Diabetic retinopathy is a retinal disease that causes microvascular changes in the retina and can lead to blindness. One of the changes caused by diabetic retinopathy is the presence of hard exudates, which are deposits of lipoproteins that can be observed as yellow spots in the fundus images of the eye. Several techniques of automatic segmentation of these regions have been addressed by several authors. In this work, a methodology of automatic segmentation of hard exudates is proposed through the use of adaptive equalization of histograms.*

Resumo. *A retinopatia diabética é uma doença retinal que causa mudanças microvasculares na retina e pode levar a cegueira. Uma das mudanças causadas pela retinopatia diabética é a presença de exsudatos duros, que são depósitos de lipoproteínas que podem ser observados como pontos amarelados nas imagens de fundo de olho. Diversas técnicas de segmentação automática dessas regiões vem sendo abordadas por diversos autores. Neste trabalho, propõe-se uma metodologia de segmentação automática de exsudatos duros por meio da utilização de equalização adaptativa de histogramas.*

1. Introdução

Diabetes é uma doença crônica na qual o corpo não produz insulina, resultando em altos níveis de açúcar no sangue, ou altas taxas de glicose. Este quadro, ao longo dos anos, pode ocasionar danos a órgãos, vasos sanguíneos e nervos [Sociedade Brasileira de Diabetes 2017].

No Brasil, cerca de 6.2% da população é diagnosticada com diabetes [Sociedade Brasileira de Diabetes 2017]. Este número vem crescendo cada vez mais ao redor do mundo, alcançando 400 milhões de pessoas diagnosticadas, cerca de 8.5% de toda a população mundial [IDF 2015].

Dentre os danos causados nos vasos sanguíneos, a diabetes pode resultar em uma doença conhecida por Retinopatia Diabética, que é uma série de fatores causados por materiais anormais depositados nas paredes dos vasos sanguíneos da retina que é a região conhecida por "fundo de olho". Tais fatores podem ser caracterizados como micro-aneurismas, hemorragias e exsudatos.

Os exsudatos são regiões de fluido extravascular onde há alta concentração de proteínas e implicam alterações significantes nas regiões danificadas. Na região da retina, os exsudatos podem ser classificados como duros ou moles, são depósitos de lipoproteínas e indicam aumento da permeabilidade vascular retiniana [Conselho Brasileiro de Oftamologia 2017]. Visualmente, podem ser identificados como pontos amarelos na região macular da retina em diversas formas.

Uma das técnicas utilizadas para o diagnóstico de retinopatia diabética é a fundoscopia, que consiste em examinar as artérias, veias e nervos da retina através dos meios transparentes do olho [AbcMed 2013]. Este exame é realizado com um aparelho médico chamado oftalmoscópio, o qual lança um feixe de luz na região ocular e, através da reflexão desse feixe de luz na retina, é possível ver toda a sua estrutura.

Juntamente com a livre disponibilidade de diversos bancos de imagens digitalizadas de fundo de olho, viu-se a oportunidade da elaboração de técnicas de segmentação das regiões lesionadas, a fim de auxiliar no diagnóstico de retinopatia diabética. Uma delas, descrita em [Zubair et al. 2016], utiliza a localização do disco óptico mostrada em [Zubair et al. 2013], e as características de iluminação da imagem para a segmentação das regiões contendo exsudatos duros.

O objetivo deste trabalho é propor um método de segmentação de exsudatos duros em imagens de fundo de olho através de pré-processamentos na imagem, localização do disco óptico (DO), equalização adaptativa de histogramas (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) e média das intensidade da imagem.

2. Metodologia

Para a metodologia de segmentação dos exsudatos duros em imagens de fundo de olho, propõe-se um processo como mostrado na Figura 1. Para o processamento, apenas o canal verde da imagem é utilizado, como demonstrado em [Zubair et al. 2016], pois as regiões de interesse apresentam uma tonalidade amarela. O processo é dividido em dois: onde um é responsável pela localização da região do disco óptico, e o outro para a segmentação das regiões contendo os exsudatos duros baseados nos valores de intensidade da imagem.

2.1. Aquisição das imagens de fundo de olho

Como objeto de estudo, utilizou-se o banco de imagens DIARETDB1 - Standard Diabetic Retinopathy Database, que é um banco de imagens gratuito para fins de pesquisa na área de diagnóstico de retinopatia diabética. O banco consiste de 89 imagens, das quais 5 não possuem a patologia. Cada imagem é acompanhada por 4 máscaras feitas por especialistas identificando as regiões que contém: exsudatos duros e moles, microaneurismas e hemorragias. 22 imagens do banco não foram utilizadas na geração de resultados pois apresentam diferenças de iluminação não abordadas nesta metodologia, restando 67 imagens.

2.2. Pré-processamento para realce de contraste e localização da região do disco óptico

Em imagens de fundo de olho, pode-se observar que os exsudatos são visualmente identificados por regiões amareladas e com alto índice de iluminação. Também com características similares, o disco óptico pode ser erroneamente identificado como exsudato no

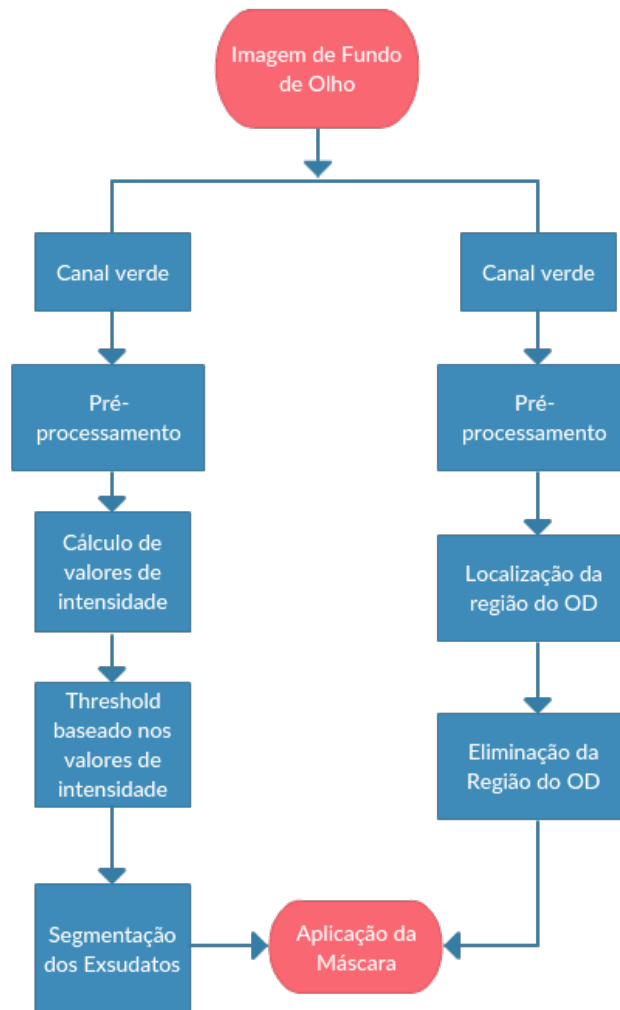


Figura 1. Fluxograma da técnica proposta.

processo de segmentação. Sendo assim, é necessário identificar a região na qual o DO se encontra, para então eliminá-lo como possível exsudato.

Para este fim, utiliza-se o realce do contraste da imagem através da equalização de histograma adaptativa [Sasi 2013], realçando as regiões da imagem. Considerando que o OD é sempre a região com maior média de iluminação, a imagem é varrida procurando a região com maior média de iluminação e, então, identificando-a como região do disco óptico (Figura 2), para posteriormente ser eliminada.

2.3. Cálculo dos valores de intensidade

Levando-se em conta que as regiões onde os exsudatos duros tem alto valor de intensidade, os valores de média e desvio padrão das intensidades são calculados para cada imagem. Tais valores servem como parâmetros para a aplicação do threshold no processo de separação das regiões.

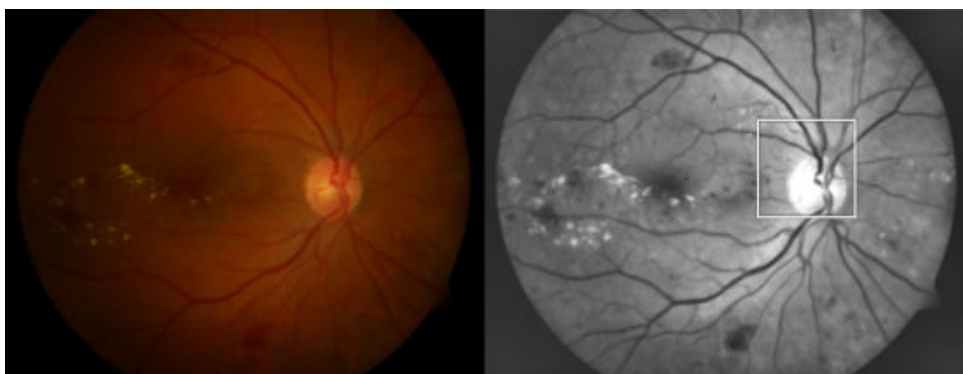


Figura 2. Localização estimada da região do disco óptico.

2.4. Threshold baseado nos valores de intensidade

Cada imagem de fundo de olho pode variar de iluminação consideravelmente. Sendo assim, os valores de média e desvio padrão são utilizados a fim de obter uma dinamicidade nos parâmetros de threshold para extrair as áreas desejadas. Como valor de threshold, subtrai-se o desvio padrão da média, como mostrado na equação 1.

A Figura 3 mostra os estágios para a aplicação do threshold: A imagem à direita mostra a imagem de fundo de olho original; a central mostra a aplicação do realce no canal verde da imagem original; por fim, a última imagem mostra a área segmentada após a aplicação do threshold demonstrado na equação 1.

$$T = \bar{x} - s^2 \quad (1)$$



Figura 3. Estágios da segmentação dos exsudatos duros.

3. Resultados

Como resultados da segmentação, foi feito um comparativo da máscara resultante, aplicada na imagem de fundo de olho, em relação a máscara disponibilizada pelo DIA-RETDB1. Em parte dos casos, a técnica proposta segmenta boa parte das áreas dos exsudatos, como mostra a Figura 4.

A fim de calcular a precisão (P) com a qual a metodologia obteve em segmentar as imagens de fundo de olho, foi utilizada a fórmula 2, onde TP é o total verdadeiros positivos (regiões segmentadas corretamente) e FP é o total de falsos positivos (regiões segmentadas erroneamente). Em termos de falsos positivos, obteve-se também a taxa média de falsos positivos (TFP), que é a quantidade média obtida pelo total de falsos

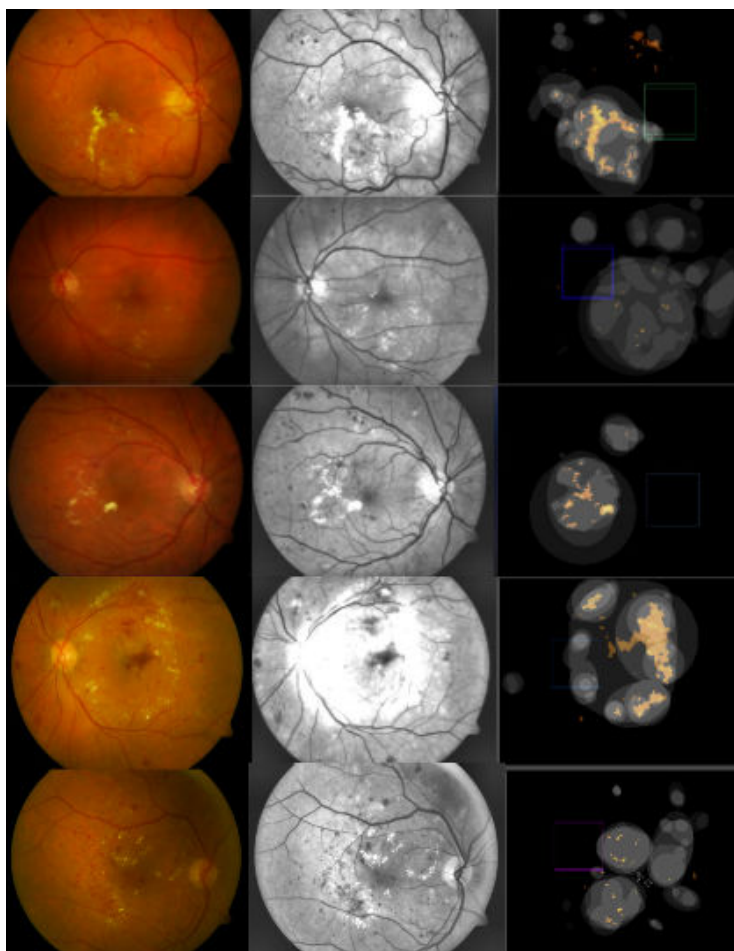


Figura 4. Comparativo de resultados de segmentação com ground truth.

positivos (FP) pela quantidade de imagens do banco utilizado (TI), como mostrado na fórmula 3.

$$P = TP / (TP + FP) \quad (2)$$

$$TFP = FP / TI \quad (3)$$

Aplicando as fórmulas citadas, os resultados são mostrados na Tabela 1. A precisão obtida foi de 0.69, ou seja, a metodologia conseguiu segmentar as regiões com exsudatos duros corretamente 69% das vezes. Porém, obteve uma taxa média de falsos positivos de 1,6.

Tabela 1. Resultados

Taxa média de falsos positivos	1,6
Precisão	0,69

A metodologia se mostrou muito sensível a iluminação da imagem de fundo de olho, mesmo com os valores de threshold calculados de forma dinâmica mostrado em

[Zubair et al. 2016]. Além disso, a localização do disco óptico por certas vezes era encontrada de forma errônea, fazendo com que ele seja identificado como falso positivo.

Sendo assim, os resultados apontam que a metodologia necessita de melhorias na correção da iluminação da imagem, na estimativa de parâmetros de threshold e um aperfeiçoamento da técnica de localização da área do disco óptico.

4. Conclusão

Neste trabalho, foi proposto uma metodologia de segmentação automática de exsudatos duros para diagnóstico de retinopatia diabética através do uso de equalização adaptativa de histogramas. Tendo em vista os resultados apresentados, viu-se que o uso da equalização adaptativa de histogramas e o cálculo de valores parcialmente segmentam as regiões dos exsudatos duros, porém, necessitam de melhorias.

Trabalhos futuros incluem um estudo mais aprofundado na estimativa dos parâmetros de segmentação no cálculo dos valores de intensidade, tal como o aperfeiçoamento da localização da região do disco óptico que não seja apenas baseada na identificação da região com maior luminosidade. Além disso, buscar técnicas de filtragem que possam melhor corrigir a iluminação das imagens a fim de manter um padrão mais apropriado para a segmentação de exsudatos duros.

Referências

- AbcMed (2013). Fundo de olho ou fundoscopia: como é realizado? Quem deve fazer? O que este exame pode diagnosticar? Disponível em: <<http://www.abc.med.br/p/exames-e-procedimentos/376400/fundo+de+olho+ou+fundoscopia+como+e+realizado+quem+deve+fazer+o+que+este+exame+pode+diagnosticar.htm>>. Acessado em: 24 de Janeiro de 2017.
- Conselho Brasileiro de Oftamologia (2017). Doenças - Retinopatia Diabética. Disponível em: <http://www.cbo.com.br/pacientes/doencas/doencas_retinopatia_diabetica.htm>. Acessado em: 24 de Janeiro de 2017.
- IDF (2015). *IDF Diabetes Atlas*. International Diabetes Federation.
- Sasi, N. M. (2013). Contrast limited adaptive histogram equalization for qualitative enhancement of myocardial perfusion images. *Scientific Research*.
- Sociedade Brasileira de Diabetes (2017). O Que é Diabetes? Disponível em: <<http://www.diabetes.org.br/para-o-publico/diabetes/o-que-e-diabetes>>. Acessado em: 24 de Janeiro de 2017.
- Zubair, M., Ali, H., and Javed, M. Y. (2016). Automated segmentation of hard exudates using dynamic thresholding to detect diabetic retinopathy in retinal photographs. *International Conference on Innovative Computing*.
- Zubair, M., Yamin, A., and Khan, S. A. (2013). Automated detection of optic disc for the analysis of retina using color fundus image. *Imaging Systems and Techniques (IST), 2013 IEEE International Conference*.