

Detecção Automática de Glaucoma em Imagens de Pacientes Não Colaborativos Usando o Diâmetro Limbar

João Vitor Miranda Roma¹, João Dallyson Sousa de Almeida¹,
Jorge Antonio Meireles Teixeira, Geraldo Braz Junior¹

¹Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Caixa Postal 65.085-580 - São Luís - MA – Brasil

{jvvr2.0, jdallyson, jorgemeireles1, ge.braz}@gmail.com

Abstract. *Congenital glaucoma is a visual problem that affects children and decreases the patient's visual capacity, possibly leading to blindness. Early diagnosis of such pathology is important, however, there are difficulties in applying exams that consist of sedating the patient and using a ruler to measure the limbus diameter. In this study, a computational method that uses image processing techniques is developed, avoiding patient sedation and guaranteeing accuracy in the measurements. The results are compatible with the values obtained by the manual measurement method. The performance achieved indicates that the developed method has the potential for application in ophthalmic offices.*

Resumo. *O glaucoma congênito é um problema visual que atinge crianças e diminui a capacidade visual do paciente, podendo levar até à cegueira. O diagnóstico precoce de tal patologia é importante, no entanto, existem dificuldades em aplicar exames que consistem em sedar o paciente e utilizar uma régua para aferir o diâmetro do limbo. Neste estudo é desenvolvido um método computacional que utiliza técnicas de processamento de imagens, evitando assim a sedação dos pacientes e garantindo precisão na aferição de medidas. Os resultados alcançados são compatíveis com os valores obtidos pelo método manual de medição. O desempenho atingido indica que o método desenvolvido tem potencial de aplicação em consultórios oftalmológicos.*

1. Introdução

A visão é um dos mais importantes sentidos no desenvolvimento físico e cognitivo normal de uma criança. O desenvolvimento motor e a capacidade de comunicação são prejudicados na criança com deficiência visual. O diagnóstico precoce de doenças, um tratamento efetivo e um programa de estimulação visual precoce permitem que a criança possa ter uma integração maior com seu meio (GRAZIANO; LEONE, 2005). As estruturas do olho humano podem ser divididas em três camadas: externa, composta pela esclera, córnea e limbo; medial, onde está a íris, pupila, coróide e corpo ciliar; e interna, composta pela retina. O olho capta a luz através da córnea, a luz entra em contato com a íris e penetra o globo ocular de forma controlada por meio da pupila. Em seguida, atinge o cristalino, que atua como uma lente responsável pela focalização. Por fim, os raios luminosos convergem para a retina, onde células fotossensíveis enviarão impulsos elétricos para o cérebro através do nervo óptico (SILVA, 2019).

Glaucoma é uma designação genérica a um grupo de doenças oculares distintas que provocam danos no nervo óptico e perda da visão (NATIONAL EYE INSTITUTE,

2015). Segundo um levantamento de Couto Junior (2016), o glaucoma congênito é a causa de 16% dos casos de crianças cegas e 15% dos casos de crianças com baixa visão no Brasil. A Figura 1 apresenta os principais componentes da camada externa do olho. O limbo é a borda entre a córnea e a esclera. Crianças com glaucoma unilateral possuem um olho maior que o outro, e conseqüentemente, possuem um limbo maior que o outro. Crianças com glaucoma bilateral possuem os dois olhos com o tamanho alterado, fora do normal. Assim, é possível detectar a presença ou ausência do glaucoma nesse grupo de pacientes por meio da mensuração do diâmetro limbar.

Alguns exames para detectar o glaucoma, como a retinografia, necessitam da colaboração do paciente, exigindo um posicionamento correto e estático do corpo e dos olhos durante sua realização, e precisando que o paciente interaja com o médico, fornecendo algumas informações durante o processo (FRAZÃO, 2017). Nesse contexto, existem dificuldades em aplicar os métodos usuais em crianças de 0 a 3 anos que não conseguem colaborar da maneira adequada durante os exames (SILVEIRA, 2018). Os pacientes que não podem colaborar costumam ser sedados para permitir que o especialista verifique o tamanho do limbo. Esta medida nem sempre é precisa, pois o mesmo utiliza uma régua próxima ao olho para aferir o diâmetro limbar, como exibido na Figura 2. Neste contexto, faz-se oportuno o desenvolvimento de soluções computacionais para evitar a sedação do paciente e garantir precisão na aferição das medidas.

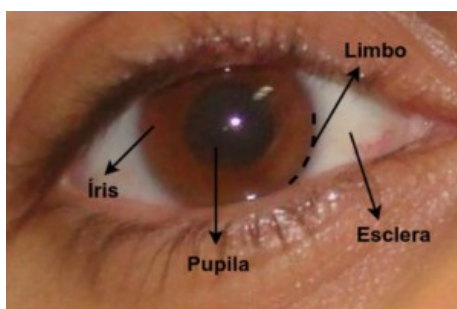


Figura 1. Estrutura externa do olho humano.

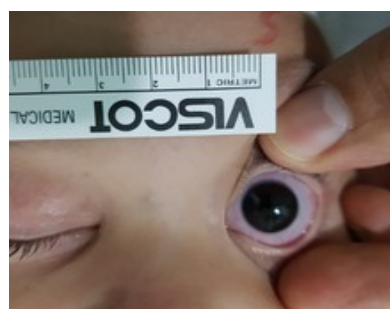


Figura 2. Medição do limbo em paciente sedado.

Almeida et al. (2015) propuseram um método para detectar estrabismo, utilizando SVM para detectar os olhos e a transformada de Hough para detectar a região circular do limbo. Rocha (2018) automatizou a contagem microscópica de ovos de mosquito da dengue a fim de evitar falhas e erros provenientes da contagem manual. Utilizando um Raspberry Pi e um módulo de câmera acoplada, e um software que é composto por algoritmos de pré-processamento de imagens e detecção para, utilizando as imagens capturadas pelo hardware, detectar a presença de ovos em palhetas. Silveira et al. (2018) propuseram um dispositivo portátil e de baixo custo baseado em uma placa Raspberry Pi, com funcionalidades semelhantes aos dispositivos Photoscreeners¹ disponíveis no mercado. Tem o propósito de incorporar diferentes métodos computacionais para detectar patologias da visão. Diante do contexto apresentado, o objetivo deste estudo é desenvolver um método computacional para aferir o tamanho do limbo em pacientes não colaborativos (crianças) utilizando técnicas de processamento de imagens, visando ser executado em um dispositivo portátil para detectar casos da patologia da visão glaucoma congênito.

¹ Dispositivos que através da análise de imagens são capazes de detectar patologias da visão.

2. Materiais e Método

No dispositivo portátil, o componente responsável pela aquisição das imagens é a Câmera Raspberry Pi v2, de 8MP (megapixels). Para a interação homem-máquina, o componente utilizado é um display de 5 polegadas touchscreen. Há uma interface gráfica desenvolvida em Python, que é responsável pela realização dos exames e todo o processo de cadastro de pacientes e métodos computacionais. O dispositivo possui uma placa de circuito desenvolvida para exercer a função de fornecer iluminação para a aquisição de imagens através da câmera em ambientes de pouca iluminação. A placa dispõe LEDs (Light Emitting Diode) posicionados formando um círculo de aproximadamente 4,5 cm de diâmetro ao redor da câmera.

O envólucro que organiza os componentes eletrônicos possui suportes para o encaixe das mãos do operador com um formato ergonômico. Na lateral, encontram-se aberturas para as portas do Raspberry. O tamanho e formato do dispositivo busca reproduzir o padrão dos equipamentos disponíveis no mercado. Para medir a distância entre o dispositivo e o rosto do paciente, utiliza-se o Sensor Ultrassônico HC-SR04, devido ao seu baixo custo e facilidade de integração com o Raspberry Pi. Para integrar o sensor de distância ao dispositivo, foi desenvolvida uma nova placa de circuito. A versão modificada do dispositivo pode ser vista na Figura 3.



Figura 3. Dispositivo com nova placa de circuito.

As imagens dos pacientes são processadas passando pelas etapas exibidas na Figura 4. Na 1ª etapa é realizada a captura da imagem, em paralelo, é executada a 2ª etapa, onde o sensor de distância acoplado no dispositivo é acionado para aferir a distância entre o dispositivo e o rosto do paciente, o valor registrado é armazenado.

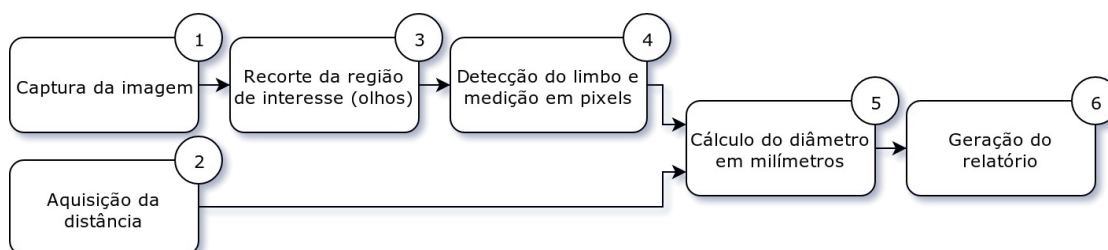


Figura 4. Etapas do método proposto.

Em seguida, ocorre a 3ª etapa, a detecção das características de rosto e olhos por meio do algoritmo de Viola-Jones (2001) (Figura 5a). Neste momento, antes da 4ª etapa, é feito um tratamento na imagem para facilitar a detecção de círculos, iniciando com um ajuste do contraste, por meio da equalização do histograma (Figura 5b); A suavização da imagem, reduzindo ruído (Figura 5c); A binarização da imagem, por meio da limiarização, para segmentar a íris da esclera (Figura 5d); E a extração das

bordas, usando o Detector de bordas de Canny (1986), encontrando o limbo (Figura 5e). Sucede-se então a 4ª etapa, com a detecção do círculo correspondente ao limbo utilizando o detector de círculos de Hough (1962) (Figura 5f).

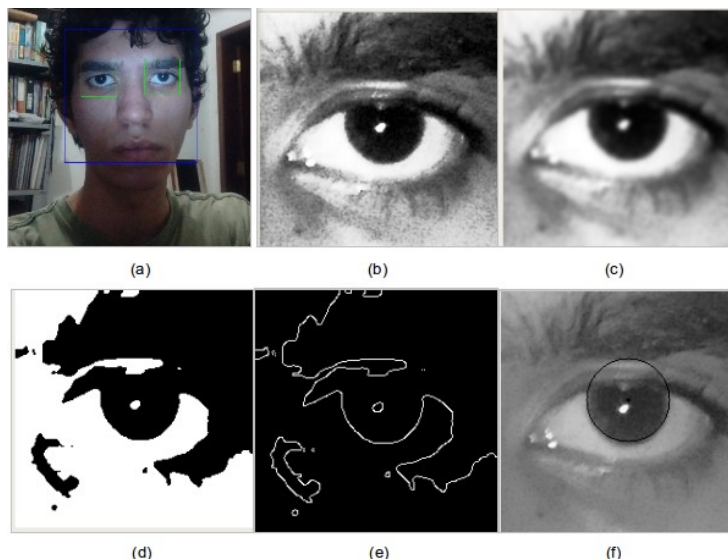


Figura 5. Etapas do tratamento da imagem para detecção de círculos.

O tamanho em pixels não tem relação direta com o tamanho real do objeto, faz-se necessária então uma conversão do diâmetro do limbo de pixels para milímetros (5ª etapa), para que seja armazenado e reportado nesta unidade de medida. A técnica de conversão proposta consiste em, com base na distância armazenada durante a captura da foto e no tamanho do limbo em pixels, seja calculado o tamanho em milímetros, conforme ilustrado na Figura 6.

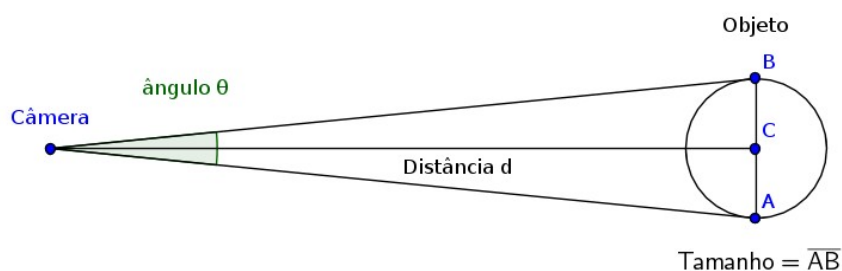


Figura 6. Representação geométrica.

$$\frac{\theta}{Tam_{px}} = \frac{\hat{ang.}}{res.} \Rightarrow \theta = Tam_{px} \cdot \frac{\hat{ang.}}{res.}$$

$$\theta = Tam_{px} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{62, 2^\circ}{3280} + \frac{48, 8^\circ}{2464} \right)$$

$$\therefore \theta = Tam_{px} \cdot 0,01938430471^\circ \quad (1)$$

$$tg(\theta) = \frac{cat.op.}{cat.adj.} \Rightarrow tg(\theta) = \frac{Tam_{mm}}{d} \Rightarrow Tam_{mm} = d \cdot tg(\theta)$$

$$\therefore Tam_{mm} = d \cdot tg(Tam_{px} \cdot 0,01938430471^\circ) \quad (2)$$

O ângulo θ representa a fração do campo de visão da câmera que compreende o tamanho do objeto a ser medido. Por meio de uma regra de três simples, utilizando o diâmetro do limbo em pixels, a resolução da Câmera Raspberry Pi v2 em pixels e o campo de visão da câmera, em graus, informado na sua documentação, é possível descobrir o ângulo θ , (Equação 1). Com base no ângulo θ e na distância d medida entre a câmera e o objeto (em milímetros), é possível descobrir uma aproximação do tamanho do objeto em milímetros por meio de trigonometria (Equação 2).

3. Resultados

O dispositivo foi submetido a testes simulando a realização de exames com o intuito de validar o funcionamento do método de medição do diâmetro limbar. As simulações foram realizadas com um paciente adulto em ambiente interno com luz natural indireta frontal ao rosto. Os dados obtidos estão descritos na Tabela 1, os diâmetros encontrados para o olho direito (OD) e esquerdo (OE) foram compatíveis como o resultado do método manual de medição, aproximadamente 13 mm de ambos os lados.

Tabela 1. Resultado do método de medição do diâmetro limbar.

Exame	Distância (mm)	Diâm. OD (mm)	Erro OD (mm)	Diâm. OE (mm)	Erro OE (mm)	Tempo de exec. (s)
1	287,2	13,4	0,4	13	0	41,017
2	272,9	13,5	0,5	12,9	0,1	42,526
3	281,6	13,2	0,5	12,6	0,4	37,135
4	307,6	14	1	14,4	1,4	41,23
5	288,1	13,1	0,1	12,7	0,3	37,991
6	322,7	14,6	1,6	14	1	36,865
7	318,9	13	0	13	0	33,351
8	333,5	13,3	0,3	12,6	0,4	33,204
9	323,4	13,6	0,6	12,7	0,3	31,159
10	321,6	13,3	0,3	13,1	0,1	32,504
Média	-	13,5 ± 0,34	0,53	13,1 ± 0,44	0,4	36,6982

O tempo médio de execução foi de aproximadamente 37 segundos. O tempo apresentado representa o processo completo do método, incluindo a captura da imagem, aquisição da distância, processamento da imagem e a geração do relatório em PDF. As funções de captura de imagem e medição da distância são realizadas aproximadamente nos primeiros 5 segundos, apenas neste momento é necessário que o paciente fique em posição estática, o restante do tempo é utilizado no processamento da imagem capturada. O tempo prolongado deve-se ao fato de serem realizadas diversas operações com imagens de alta resolução em um hardware com capacidade de processamento limitado. O dispositivo salva os resultados do exame em um relatório no formato PDF (6ª etapa). A emissão do relatório é feita a partir dos resultados obtidos pelo método que foi executado durante a avaliação do paciente. Os dados do paciente selecionado são utilizados para a identificação. Após a geração do relatório, o usuário poderá exportá-lo para uma mídia externa.

4. Conclusões

O método desenvolvido demonstrou funcionar de forma coerente com o que foi proposto. Conseguiu-se realizar medições do diâmetro limbar com base em processamento de imagens. Os resultados obtidos através do método desenvolvido são compatíveis com os valores obtidos pelo método manual de medição. Técnicas computacionais que tornam a detecção de patologias da visão mais acessíveis aumentam a taxa de detecção precoce e, conseqüentemente, favorecem a taxa de tratamento precoce, reduzindo assim a incidência de baixa de visão na população. O desempenho obtido pela técnica desenvolvida indica que, com a melhoria do hardware utilizado e a realização de mais treinamento e testes para validar a precisão das medições, a metodologia proposta tem potencial de aplicação em consultórios oftalmológicos.

Referências

- ALMEIDA, J. D. S., Silva, A. C., Teixeira, J. A. M., Paiva, A. C., & Gattass, M. Computer-aided methodology for syndromic strabismus diagnosis. *Journal of digital imaging*, 28(4), 462-473, 2015.
- CANNY, John. A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, n. 6, p. 679-698, 1986.
- COUTO JUNIOR, Abelardo; OLIVEIRA, Lucas Azeredo Gonçalves de. As principais causas de cegueira e baixa visão em escola para deficientes visuais. *Rev Bras Oftalmol*, v. 75, n. 1, p. 26-29, 2016.
- FRAZÃO, ARTHUR. Exames que identificam o Glaucoma. *Tua Saúde*. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/exame-de-glaucoma/>>. Acesso em: 21 dez. 2018.
- GRAZIANO, Rosa Maria; LEONE, Cléa Rodrigues. Problemas oftalmológicos mais frequentes e desenvolvimento visual do pré-termo extremo. *J Pediatr (Rio J)*, v. 81, n. 1 Supl, p. S95-100, 2005.
- HOUGH, Paul VC. Method and means for recognizing complex patterns. U.S. Patent n. 3,069,654, 18 dez. 1962.
- NATIONAL EYE INSTITUTE. Facts About Glaucoma. Disponível em: <https://nei.nih.gov/health/glaucoma/glaucoma_facts>. Acesso em: 21 dez. 2018.
- ROCHA, Carlos Diego Franco da. Aplicação do algoritmo Haar Cascade em um Sistema Embarcado para detecção de ovos do mosquito *Aedes Aegypti* em Palhetas de Ovitampas / Carlos Diego Franco da Rocha. – Pau dos Ferros, RN, 2018.
- SILVA, Italo Francyles Santos da. Detecção automática da presença de patologia na visão baseada em imagens do teste de Brückner. 2019. 97 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, 2019.
- SILVEIRA, R. M., Almeida, J. D., Teixeira, J. A., Maia, I. M., Paiva, A. C., & Júnior, G. B. (2018, July). Dispositivo de Baixo Custo para Detecção de Patologias da Visão. In *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde*. SBC.
- VIOLA, Paul et al. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *CVPR (1)*, v. 1, p. 511-518, 2001.