

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE INFORMÁTICA  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

DANIEL MUPTUALIS MARASCHIN GUTTERRES

**Proposta e Implementação de uma  
Ferramenta para Análise de Imagens de  
Retinografia Digital**

Trabalho de Graduação.

Prof. Dra. Luciana Nedel  
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Maestri  
Co-orientador

Porto Alegre, junho de 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitora de Graduação: Profa. Valquiria Link Bassani

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Flávio Rech Wagner

Coordenador do CIC: Prof. João César Netto

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores do Instituto de Informática da UFRGS pelo excelente ensino que nos é oferecido em nosso curso de graduação, em especial à Professora Luciana Nedel por oferecer seu apoio, orientar esse trabalho e por tranquilizar-me nos momentos críticos da confecção do mesmo. Agradeço também ao Projeto ELSA pela excelente oportunidade de aprimoramento como programador Java. Junto ao Projeto ELSA gostaria de estender meus agradecimentos também ao Professor Marcelo Maestri pela idéia que originou esse trabalho, e pela disponibilização de seu tempo e sua equipe para os testes da ferramenta resultante. Agradeço também à minha família por me proporcionar entre tantas outras coisas, um bom ambiente para convívio e por me ensinar desde cedo a importância do estudo. Estendo também esse agradecimento aos meus primos e primas por servirem de modelo de adultos jovens durante a minha adolescência, e em especial meus primos Carlo Fernando, Marcio Alessandro e Nélio Evandro, pela influência na minha decisão pela faculdade de computação.

Por fim, gostaria de oferecer um agradecimento especial à minha namorada e companheira nesses últimos cinco anos, Nadjia Feller. Seu companheirismo, dedicação e carinho fizeram sempre eu me esforçar, perseverar e manter a sanidade mesmo quando o cansaço e o stress estavam em níveis altos, e a situação parecia demasiadamente difícil. A sua presença deixava os momentos de lazer e descontração sempre mais agradáveis e as longas jornadas de trabalhos e estudos menos cansativas. A ti, meu amor e meu muito obrigado.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>11</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>13</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 Motivação.....	17
1.2 O Projeto ELSA.....	18
1.3 Objetivos.....	18
1.4 Organização.....	19
<b>2 RETINOGRAFIA</b> .....	<b>21</b>
2.1 Como é Usada a Retinografia.....	22
2.2 Como é Realizada a Retinografia.....	22
2.3 Lesões Identificadas Durante o Exame.....	28
2.4 Ferramentas de Auxílio ao Exame.....	28
<b>3 FERRAMENTAS RELACIONADAS</b> .....	<b>33</b>
3.1 Ferramentas Existentes para o Auxílio a Exames de Retinografia.....	33
3.2 Comparativo de Ferramentas de Visualização de Imagens Médicas.....	35
<b>4 A FERRAMENTA</b> .....	<b>39</b>
4.1 Descrição e Apresentação da Ferramenta.....	39
4.2 Implementação.....	56
4.2.1 Plugins.....	56
4.2.2 Macro Language.....	58
4.2.3 Criação de Ferramentas Usando Macro Language.....	60
<b>5 AVALIAÇÃO COM USUÁRIOS</b> .....	<b>61</b>
5.1 Treinamento.....	61
5.2 Utilização.....	62
5.3 Resultados observados.....	63
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>75</b>
<b>ANEXO: PROTOCOLO DE LEITURA DE RETINOGRAFIA</b> .....	<b>77</b>
<b>APÊNDICE: FORMULÁRIO DE USABILIDADE</b> .....	<b>105</b>



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AVC	Acidente Vascular Cerebral
DD	Diâmetro de disco óptico
DICOM	Digital Imaging Communications in Medicine
ELSA	Estudo Longitudinal da Saúde do Adulto
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
HDL	High Density Lipoproteins
ISO	International Organization for Standardization
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
PACS	Picture Archiving and Communication System
ROI	Rectangle of Influence
SUS	Sistema Único de Saúde
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USP	Universidade de São Paulo



## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1: Exemplo de retina normal</i> .....	21
<i>Figura 2.2: Demonstração de posicionamento de paciente frente ao retinógrafo</i> .....	23
<i>Figura 2.3: Exemplo de retinografia centrada no disco óptico</i> .....	24
<i>Figura 2.4: Exemplo de retinografia centrada na mácula</i> .....	24
<i>Figura 2.5: Círculos concêntricos centralizados sobre a íris e pupila</i> .....	25
<i>Figura 2.6: Exemplo de retinografia obstruída por pálpebra</i> .....	25
<i>Figura 2.7: Exemplo de retinografia de olho claro</i> .....	26
<i>Figura 2.8: Exemplo de retinografia com halo excessivo</i> .....	26
<i>Figura 2.9: Exemplo de retinografia com pouco halo</i> .....	27
<i>Figura 2.10: Exemplo de retinografia em olho com pouca dilatação de pupila ou flash baixo</i> .....	27
<i>Figura 2.11: Exemplo de grade macular</i> .....	30
<i>Figura 2.12: Exemplo do disco óptico – as anotações na imagem pode ser desconsideradas por serem utilizadas em outro contexto</i> .....	30
<i>Figura 3.1: Exemplo de utilização do RAS para medição de calibre de segmento de vaso</i> .....	35
<i>Figura 4.1: Demonstração da abertura de imagens na ferramenta</i> .....	41
<i>Figura 4.2: Retinografia centrada na mácula e seleção da grade Macular</i> .....	42
<i>Figura 4.3: Digitação de ângulo de inclinação da grade Macular</i> .....	42
<i>Figura 4.4: Grade Macular apontando para aproximadamente “8 horas” do disco óptico</i> .....	43
<i>Figura 4.5: Pequenos vasos próximos à mácula e acúmulo de glicídios</i> .....	43
<i>Figura 4.6: Descoloração da pigmentação em forma de crescente junto ao disco óptico</i> .....	44
<i>Figura 4.7: Aplicação do filtro de equalização de cores</i> .....	44
<i>Figura 4.8: Equalização de cores aplicada duas vezes e crescente ressaltado</i> .....	45
<i>Figura 4.9: Indicação da ferramenta de restauração da imagem original</i> .....	45
<i>Figura 4.10: Imagem original restaurada e indicação da aplicação de filtro de inversão de cores</i> .....	46
<i>Figura 4.11: Imagem com cores invertidas e indicação do ponto escuro do acúmulo de lipídios</i> .....	46
<i>Figura 4.12: Magnificação em 100% sobre acúmulo de lipídios e seleção da ferramenta de grade de Lesões</i> .....	47
<i>Figura 4.13: Aplicação da grade de Lesão sobre acúmulo de lipídios, com valor padrão de 50 micra</i> .....	47
<i>Figura 4.14: Grade de Lesão aplicada sobre acúmulo de lipídios com tamanho inferior a 50 micra</i> .....	48
<i>Figura 4.15: Comparação visual entre fotos diferentes de um mesmo olho com artefatos de câmera indicados</i> .....	48
<i>Figura 4.16: Imagem centrada no disco óptico e seleção da grade de disco óptico</i> .....	49
<i>Figura 4.17: Aplicação da grade de disco óptico sobre o centro do disco óptico</i> .....	49
<i>Figura 4.18: Indicação da invocação do menu de Luminosidade/Contraste</i> .....	50
<i>Figura 4.19: Apresentação do menu de Luminosidade/Contraste</i> .....	50
<i>Figura 4.20: Indicação da invocação ferramenta de canais de cores</i> .....	51
<i>Figura 4.21: Quebra de imagem RGB em seus canais de cores</i> .....	51
<i>Figura 4.22: Conversão de espectros de cores na imagem original</i> .....	52
<i>Figura 4.23: Composição dos canais de cores, com ausência da cor vermelha</i> .....	52
<i>Figura 4.24: Composição dos canais de cores, com ausência das cores vermelha e azul</i> .....	53
<i>Figura 4.25: Tons de cinza da cor verde</i> .....	53
<i>Figura 4.26: Indicação da aplicação de filtro de tons de cinza da cor verde</i> .....	54
<i>Figura 4.27: Aplicação de filtro de tons cinza da cor verde em nova janela aberta</i> .....	54
<i>Figura 4.28: Indicação de cruzamento artério-venular com suspeita de compressão de vasos</i> .....	55
<i>Figura 4.29: Imagem com 100% de magnificação, com aplicação de grade de Lesão com diâmetro de 1000 micra</i> .....	55
<i>Figura 4.30: Grade de Lesão com diâmetro de 1000 micra indica que a escavação não apresenta risco de glaucoma</i> .....	56

<i>Figura 4.31: Diagrama de classes relacionado a criação do plugin GreenFilter.</i>	58
<i>Figura 4.32: Diagrama de classe de Functions.java.</i>	59
<i>Figura 5.1: Avaliação da ferramenta por usuário.</i>	62
<i>Figura 5.2: Degeneração em forma de crescente em torno do disco óptico.</i>	65
<i>Figura 5.3: Degeneração em forma de crescente em torno do disco óptico.</i>	65
<i>Figura 5.4: Degeneração da pigmentação da mácula.</i>	66
<i>Figura 5.5: Degeneração da pigmentação da mácula.</i>	66
<i>Figura 5.6: Degeneração da pigmentação da retina.</i>	67
<i>Figura 5.7: Degeneração da pigmentação da retina.</i>	67
<i>Figura 5.8: Indicação de drusas.</i>	68
<i>Figura 5.9: Estreitamento de vaso por cruzamento.</i>	68
<i>Figura 5.10: Artefato de câmera.</i>	69
<i>Figura 5.11: Artefatos de câmera.</i>	69
<i>Figura 5.12: Artefatos de câmera.</i>	70
<i>Figura 5.13: Artefato de câmera que gerou dúvidas sobre ser despigmentação.</i>	70
<i>Figura 5.14: Artefatos que geraram dúvida sobre serem lesões.</i>	71
<i>Figura 5.15: Comparação de fotos do mesmo olho para esclarecer dúvidas sobre artefatos.</i>	71

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1 – Comparativo de ferramentas comerciais para retinografia.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 3.2 – Comparativo de ferramentas de visualização de imagens médicas .....</i>	<i>37</i>



## RESUMO

Existe atualmente uma carência de profissionais de saúde especialistas em exame de retinografia trabalhando para o SUS, e por causa disso uma grande parcela da população não possui o atendimento e acompanhamento adequado para algumas doenças que podem causar prejuízos à visão, e indicar outros problemas de saúde. Uma possível solução a esse problema seria a utilização de uma ferramenta que auxilie profissionais leigos a detectarem mais facilmente indicadores de problemas relacionados à retinopatia diabética e outros fatores de risco à saúde de pacientes de serviços de prevenção.

Neste trabalho foi construída uma ferramenta baseada no visualizador de imagens de código aberto ImageJ, escolhido após pesquisa sobre diversos visualizadores de imagem e a identificação que softwares comerciais não oferecem todas as ferramentas necessárias, de acordo com requisitos sugeridos por retinografistas e trabalhos de pesquisa em retinopatia diabética do Departamento de Oftalmologia e Ciências Visuais da Universidade de Wisconsin e de Wang (2009).

A implementação foi feita em etapas, visando a criação de uma funcionalidade de cada vez, onde ao final obteve-se grades para medição e configuração de lesões, e filtros que auxiliem o profissional da saúde a encontrar mais facilmente problemas, ou sinais indicativos de dano à saúde de pacientes.

Foi realizado treinamento, seguido por uma sessão de testes com usuários onde cada um avaliou um conjunto de fotos de um dado paciente, e os resultados obtidos foram posteriormente comparados aos resultados de um especialista utilizando a mesma ferramenta.

A ferramenta demonstrou ser de fácil entendimento, e confortável de ser utilizada, além de auxiliar a encontrar diversos pontos de interesse por uma equipe de estudantes de medicina que realizam pesquisa na área de oftalmologia.

**Palavras-Chave:** DICOM, retinografia, retinopatia diabética, usabilidade, visualização de imagens digitais.



## **Proposal and Implementation of a Tool for Analysis Fundus of the Eye Digital Images Analysis**

### **ABSTRACT**

There is currently a shortage of health professionals specialized in fundus of the eye examination working for the SUS (Brazilian public health care), and due to this, a large portion of the Brazilian population lacks adequate monitoring and treatment for some diseases that could bring harm to vision, and also indicate other health problems. A possible solution to this problem would be the use of a tool that helps lay professionals to more easily detect signals of problems related to diabetic retinopathy and other risk factors for patient's health who seek prevention services.

In this project we constructed a tool based on the open source image viewer ImageJ, chosen after the evaluation of various image viewers. We also identified that commercial software do not provide all the necessary tools, according to requirements suggested by ophthalmologists and research papers on diabetic retinopathy by the Department of Ophthalmology and Visual Sciences, University of Wisconsin and Wang (2009).

The implementation was done in stages, aiming to create a feature at a time. At the end we obtained grids for measurement and definition of injuries, and filters that help health professionals to more easily find problems or signs of health damage to the patients.

Training was also provided, followed by a test session with users. Each subject evaluated a set of pictures of a given patient, and the results were then compared to the results of an expert using the same tool.

The tool has proved to be easy to understand, and comfortable to be used, besides helping to find several points of interest by a team of medical students who use to perform research in ophthalmology.

**Keywords: DICOM, ophthalmoscopy, diabetic retinopathy, usability, digital image visualization.**



# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introduz o trabalho desenvolvido. Inicialmente, é apresentada a motivação para o desenvolvimento deste trabalho. Em seguida, o projeto no qual este trabalho se insere é descrito. Finalmente, são apresentados os objetivos e a organização do restante do trabalho.

## 1.1 Motivação

Um dos problemas atuais no Sistema Único de Saúde (SUS) é a dificuldade de acesso da população ao exame de retinografia. São realizados entre 10000 e 11000 exames desse tipo, por mês, em todo Brasil, segundo dados do Ministério da Saúde (DATASUS, 2010). Retinografia é a tomada de fotos de fundo de olho (retina), seguida da avaliação dessas imagens para a constatação de risco à acuidade visual e à saúde do paciente. Esse procedimento é muito importante por ajudar a prevenir doenças cardiovasculares e retinopatia diabética (lesão à retina causada por diabetes, que pode levar à cegueira).

Uma possível solução para esse problema seria a contratação de mais profissionais especializados, porém a compensação financeira oferecida pelo SUS é muito inferior à oferecida por clínicas particulares, o que dificulta o incentivo a especialistas buscarem o SUS. Outra solução proposta seria o treinamento de profissionais leigos auxiliados por ferramentas especificamente construídas para esse tipo de exame, e com supervisão e acompanhamento de profissionais especializados. Essa alternativa apresenta um custo muito menor para o setor público de saúde podendo, portanto, alcançar uma porção maior da população, mas esbarra no fato das ferramentas existentes serem proprietárias, licenciadas por unidade por um custo elevado, em alguns casos em processo de tornar-se obsoleta, ou ainda, em formato de arquivo proprietário e sem conformidade com padrões internacionais.

O projeto ELSA (<http://elsa.org.br>) consiste em avaliar e acompanhar a saúde de 15.000 funcionários de instituições federais de ensino do Brasil ao longo de vinte anos. Para esse fim é realizada uma série de exames e questionários para avaliar os padrões sócio-econômicos e de saúde dos participantes. Um desses exames é a retinografia, que pode ajudar a prevenir doenças cardiovasculares e sintomas de retinopatia diabética ao avaliar imagens de fundo do olho dos participantes.

Dentro do escopo do projeto ELSA foi proposta uma ferramenta para auxiliar no exame da retinografia. Ela foi projetada para oferecer compatibilidade com o padrão

DICOM NEMA PS3 (ISO 12052) para assim poder trabalhar em conjunto com grandes repositórios de exames médicos.

## **1.2 O Projeto ELSA**

O Projeto ELSA (Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto) é uma pesquisa de âmbito nacional, composta por seis instituições públicas de ensino superior, e tem o propósito de investigar a incidência e os fatores de risco para doenças crônicas, em particular, as cardiovasculares e o diabetes. Em cada centro integrante do estudo, os sujeitos da pesquisa – 15 mil funcionários de instituições públicas de ensino superior, com idade entre 35 e 74 anos – fazem exames e entrevistas nas quais são avaliados aspectos como condições de vida, diferenças sociais, relação com o trabalho, gênero e especificidades da dieta da população brasileira. Estes indivíduos serão acompanhados e terão seus dados coletados durante mais de vinte anos, dados estes que serão armazenados e gerenciados através de um sistema on-line.

A produção de dados dentro do projeto se dá através de entrevista face-a-face e da realização de exames (medidas antropométricas; pressão arterial; eritrograma, leucócitos e plaquetas, proteína C reativa ultra-sensível, creatinina, colesterol total, HDL colesterol, triglicerídeos e teste de tolerância à glicose; eletrocardiograma; foto de fundo de olho; exames ecocardiográficos, espessura da parede da artéria carótida; onda de pulso; ultra-sonografia hepática). Também são utilizadas bases de dados de saúde para o monitoramento de desfechos de saúde (morte, internação, afastamento do trabalho por motivo de doença). Além disso, espécimes biológicos são armazenados para investigações futuras.

Após a realização dos exames, é gerado um laudo que é enviado para o participante. Esse laudo contém o resultado do exame, assim como orientações para o participante e seu médico, caso seja detectada alguma anomalia ou problema.

Participam do estudo seis instituições de ensino superior e pesquisa de seis estados das regiões nordeste, sudeste e sul do país: FIOCRUZ, UFBA, UFES, UFMG, UFRGS e USP. Como estudo multicêntrico, envolve diversas entidades em seis diferentes cidades brasileiras, onde cada uma delas possui um Centro de Investigação que coleta as informações do participante e as envia ao Centro de Dados. O Estudo também nucleia seis Centros de Leitura de Exames Especializadas, Biotecas e o Laboratório Central.

## **1.3 Objetivos**

Esse trabalho se propõe a estudar os métodos e procedimentos utilizados para realizar um exame de retinografia, analisar os requisitos dessa ferramenta para projetá-la e desenvolvê-la, e após validação, poder oferecê-la como software livre ao Ministério da Saúde como parte de uma opção para reduzir o problema da falta de diagnóstico para retinopatia diabética.

## **1.4 Organização**

O restante deste texto está organizado da seguinte forma: no Capítulo 2, é apresentado o exame de retinografia, como é feito e sua avaliação, seguido por tipos de lesões que podem ser encontradas, e por fim a apresentação das ferramentas utilizadas para facilitar o exame; no Capítulo 3, apresentamos ferramentas existentes no mercado atualmente para esse tipo de exame, apresentando seus pontos fortes e falhas, seguido por um comparativo de ferramentas de visualização de imagens de código aberto, candidatas à modificação para criar a ferramenta proposta nesse trabalho; no Capítulo 4 é descrita a implementação e as decisões de projeto; no Capítulo 5 é apresentado o modo como foi conduzida a avaliação com os usuários e os resultados observados; por fim, no Capítulo 6, são apresentadas as conclusões observadas nesse trabalho, assim como sugeridas possíveis mudanças para o desenvolvimento dessa ferramenta.



## 2 RETINOGRRAFIA

A retinografia é uma fotografia do fundo do olho. Apresenta um padrão característico de pigmentação da retina vermelho-alaranjado com variação de tons de acordo com condições genético-raciais. Também permite visualizar estruturas diferenciadas do fundo de olho como o disco óptico, a mácula e a árvore vascular. A árvore vascular são os vasos principais que se distribuem a partir do disco óptico em quatro arcadas principais que vão bifurcando-se, ramificando-se e reduzindo seu calibre em direção à periferia do olho. Podemos ver um exemplo de retinografia de um olho considerado normal na figura 2.1 com a mácula sendo a estrutura circulada à esquerda na imagem, e o disco óptico a estrutura clara circulada no centro da imagem.

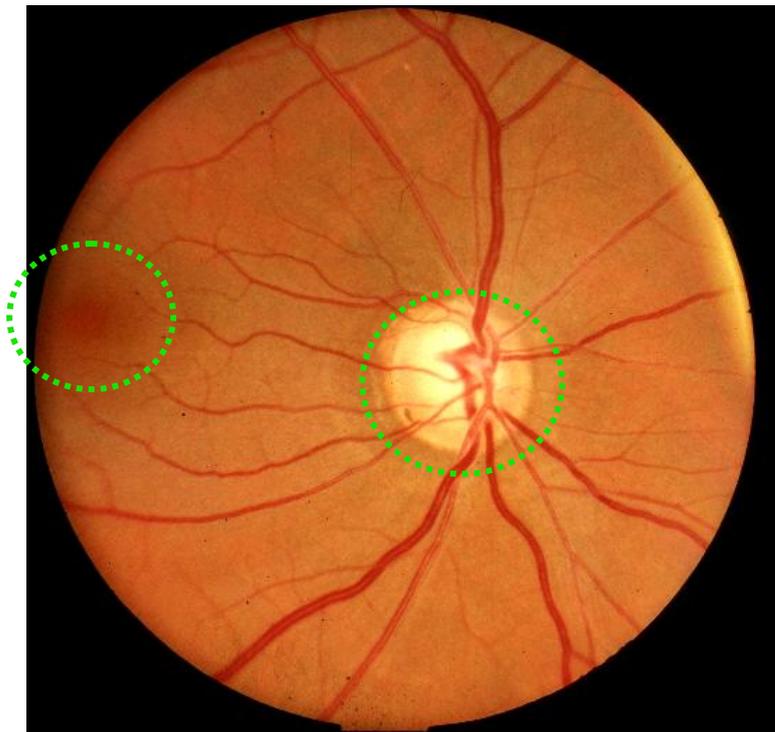


Figura 2.1: Exemplo de retina normal (Manual de treinamento de aquisição de retinografia – Projeto ELSA, 2009).

## 2.1 Como é Usada a Retinografia

A retinografia é utilizada para detectar mudanças no padrão regular da pigmentação e mudança abrupta no trajeto dos vasos da retina. Essas alterações levantam suspeita de anormalidades ou lesão de fundo de olho que podem ser associadas com doenças sistêmicas como retinopatia diabética e doenças cardiovasculares. Além disso, a retinografia pode indicar a presença de outros problemas oftalmológicos. Em muitos casos de problemas na retina, o paciente é encaminhado à cirurgia com laser, que cauteriza os novos vasos, ou lesões, evitando assim a ocorrência de derrames, que podem acarretar em prejuízo visual.

## 2.2 Como é Realizada a Retinografia

O paciente é conduzido até a sala de exame. A luminosidade da sala é gradativamente diminuída para que suas pupilas dilatem-se naturalmente, sem a necessidade de colírio. O responsável pelo exame posiciona o participante em frente à câmera do retinógrafo e enquanto os olhos deste acostumam-se com a diminuição de luminosidade, conduz uma série de perguntas sobre a visão e saúde dos olhos.

A fotografia do fundo de olho é feita utilizando uma câmera especial que emite uma forte fonte de luz (flash) que atravessa a pupila e reflete na retina. Essa reflexão é então capturada pela câmera e enviada a um computador através de um software de controle.

Para a captura de fotos, o participante apóia o queixo em um suporte junto ao retinógrafo, conforme podemos observar na figura 2.2, e o operador solicita para olhar para um alvo luminoso à sua frente. Esse alvo tem sua posição alterada pelo operador para fazer o participante olhar a frente ou para o lado do nariz, permitindo uma foto de retina centrada no disco óptico no primeiro caso, conforme podemos ver exemplo na figura 2.3, e centrada na mácula no segundo caso, segundo o exemplo da figura 2.4. O operador deve então centralizar a câmera à íris e à pupila do participante para direcionar a onda de luz emitida pela câmera conforme podemos ver na figura 2.5.

Esse procedimento é repetido caso o participante pisque - pois a pálpebra obstrui a visão completa da retina, como podemos ver na figura 2.6 - ou a imagem seja distorcida por cílios refletidos. O exame resulta então em 4 fotos, sendo uma de disco óptico e uma de mácula, para cada olho.

Algumas imagens apresentam estruturas arteriais muito complexas e aparentes. Isso ocorre em casos de olhos com pouca pigmentação (olhos azuis, por exemplo, como mostrado na figura 2.7), e apresentam vasos posteriores à retina criando um padrão “tigroide”, além de por vezes haver uma reflexão excessiva de luz ou halo que esconde detalhes importantes da imagem apesar de não indicarem problemas como exemplificado na figura 2.8. Apesar disso alguns halos não interferem na qualidade do diagnóstico e não é necessária uma nova foto, como podemos constatar ao ver a figura 2.9. O inverso pode ocorrer em olhos com muita pigmentação, que favorece o contraste com estruturas mais claras, tais como o disco óptico, vasos e lesões com pigmentação

diferente, pois absorve parte da luz emitida pelo retinógrafo e elimina reflexos indesejáveis. Essa absorção, por outro lado, aliada a pouca dilatação da pupila ou flash baixo, pode prejudicar a qualidade da imagem, e com isso não permitir a visualização de estruturas importantes, como vemos na figura 2.10.



Figura 2.2: Demonstração de posicionamento de paciente frente ao retinógrafo (Manual de Treinamento de Aquisição de Retinografia – Projeto ELSA, 2009).

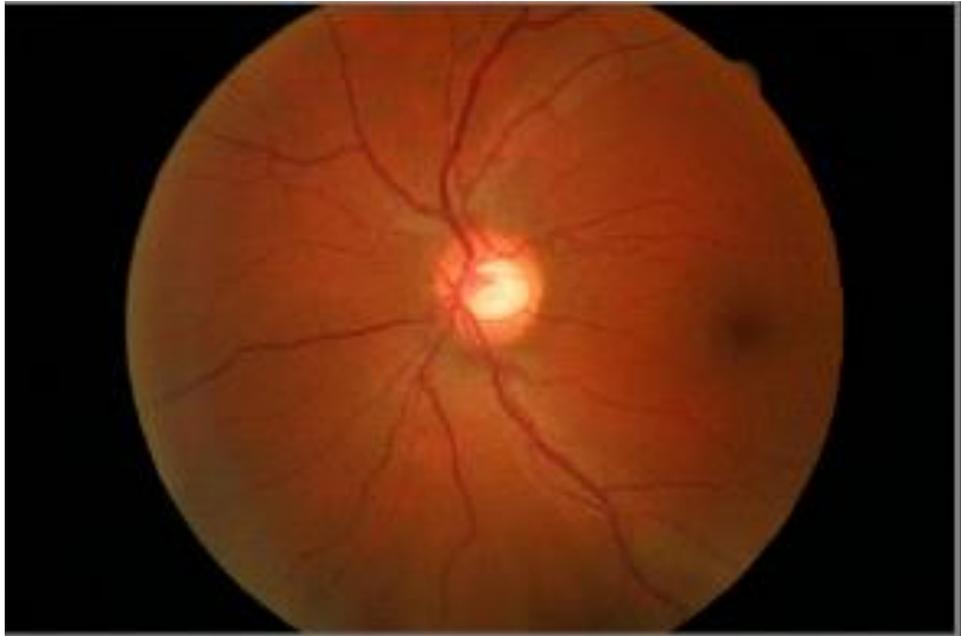


Figura 2.3: Exemplo de retinografia centrada no disco óptico (Manual de Treinamento de Aquisição de Retinografia – Projeto ELSA, 2009).

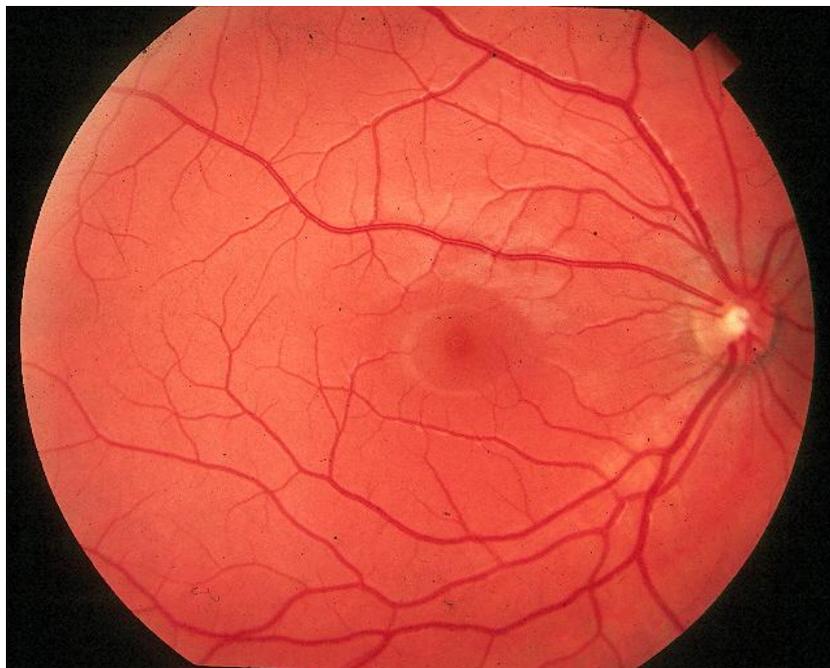


Figura 2.4: Exemplo de retinografia centrada na mácula (Manual de Treinamento de Aquisição de Retinografia – Projeto ELSA, 2009).

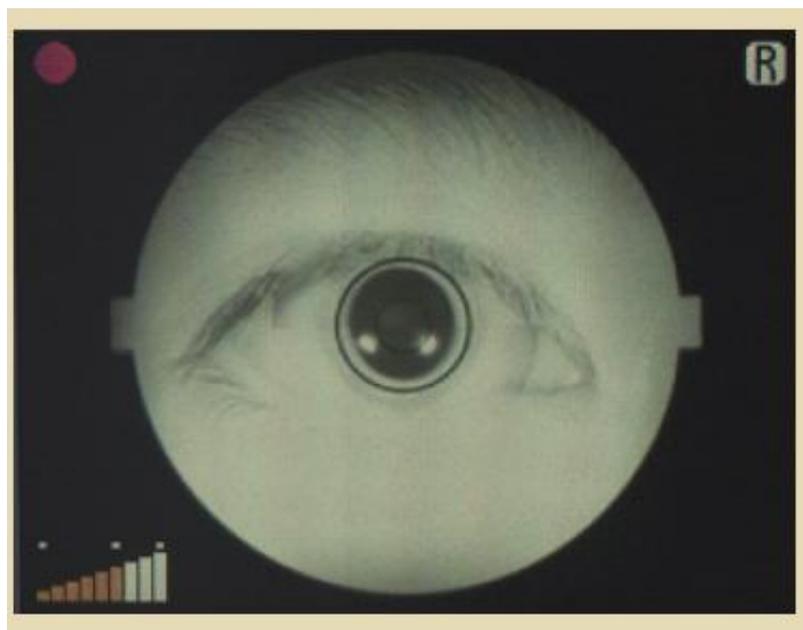


Figura 2.5: Círculos concêntricos centralizados sobre a íris e pupila (Manual de Treinamento de Aquisição de Retinografia – Projeto ELSA, 2009).

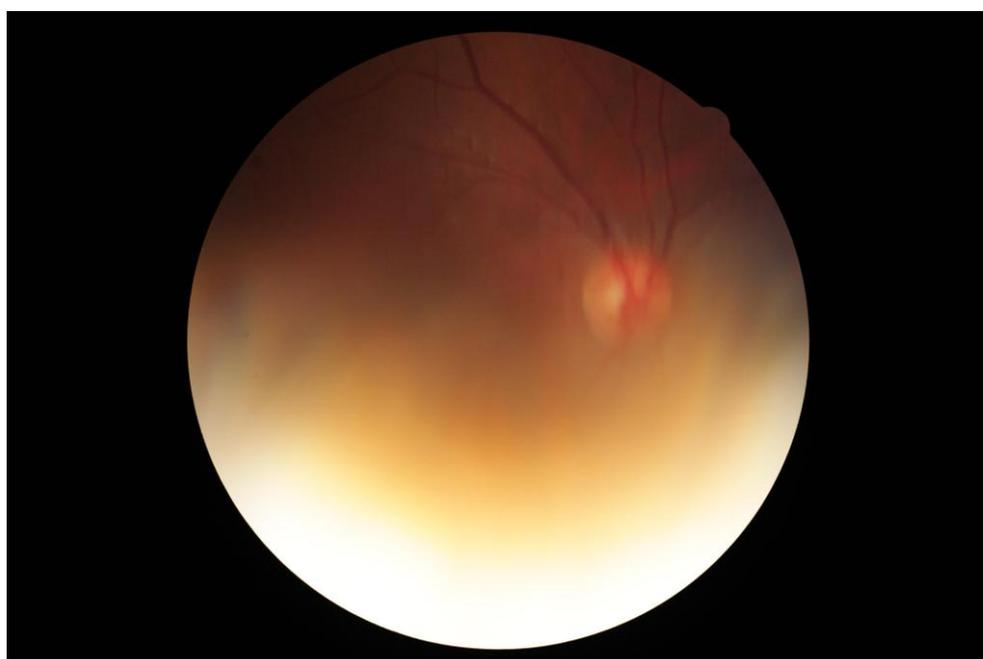


Figura 2.6: Exemplo de retinografia obstruída por pálpebra (Manual de Treinamento de Aquisição de Retinografia – Projeto ELSA, 2009).



Figura 2.7: Exemplo de retinografia de olho claro (Manual de Treinamento de Aquisição de Retinografia – Projeto ELSA, 2009).



Figura 2.8: Exemplo de retinografia com halo excessivo (Manual de Treinamento de Aquisição de Retinografia – Projeto ELSA, 2009).



Figura 2.9: Exemplo de retinografia com pouco halo (Manual de Treinamento de Aquisição de Retinografia – Projeto ELSA, 2009).

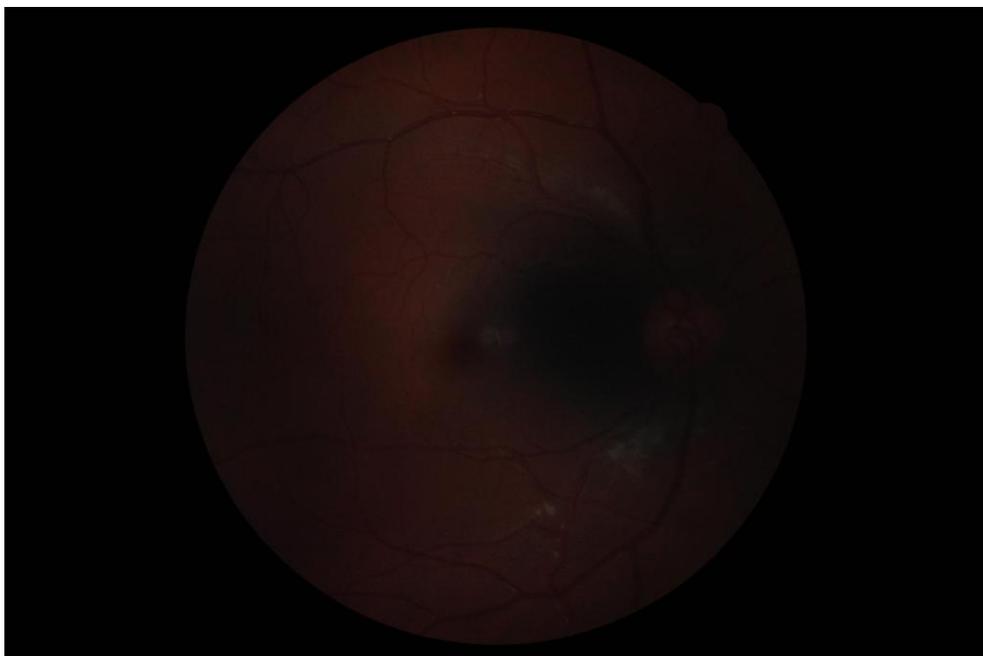


Figura 2.10: Exemplo de retinografia em olho com pouca dilatação de pupila ou flash baixo (Manual de Treinamento de Aquisição de Retinografia – Projeto ELSA, 2009).

## **2.3 Lesões Identificadas Durante o Exame**

Alguns exemplos de anormalidades que podem ser encontradas durante um exame de retinografia são:

1. Pontos ou manchas vermelhas densas apontam a possibilidade de hemorragias na retina. Podem ser causadas por um aumento de pressão arterial ou por diabetes no participante;
2. Pontos ou manchas brancas podem representar áreas de isquemia (falta de circulação local) ou cicatrizes de inflamação;
3. Áreas com acúmulo de pigmentação marrom-esverdeada podem representar nevus. Nevus são equivalentes a pintas ou sinais encontradas na pele;
4. Estreitamento dos vasos da retina pode indicar uma probabilidade maior de sofrer evento cardiovascular;
5. Pontos ou manchas amareladas podem indicar acúmulo de lipídios associados a diabetes;
6. Edemas (acúmulo de líquido) podem indicar diabetes ou inflamações;
7. Mudança abrupta de trajeto dos vasos na retina pode indicar diabetes, hipertensão arterial, tumores ou inflamações.

Essas anormalidades ou lesões podem ser raras ou numerosas dependendo da gravidade da doença que as está provocando, e podem levar também a prejuízo à visão.

## **2.4 Ferramentas de Auxílio ao Exame**

Algumas ferramentas podem ser utilizadas para aumentar a precisão do laudo da retinografia. Manipulação do contraste e brilho e magnificação da imagem ajudam a distinguir manchas e pigmentos não nocivos de hemorragias, isquemias e edemas. O aumento do contraste também auxilia a visualização de fotos que ficaram muito escuras devido à absorção de luz pelo pigmento, a pupila pouco dilatada ou ainda, pela utilização de um flash com intensidade baixa. A magnificação também pode ser utilizada para perceber estreitamento dos vasos.

Uma grade macular centralizada sobre a mácula da retina permite a divisão da imagem em diversos setores compreendidos entre as arcadas vasculares temporais superior e inferior (área entre os vasos principais que nascem no disco óptico e aproximam-se à temporal), o que possibilita a classificação das lesões de acordo com os

quadrantes que elas se encontram. Após ser aplicada sobre a mácula, a grade é rotacionada para compensar torção do globo ocular. Com isso, conforme vemos na figura 2.11, ela divide a imagem com três círculos concêntricos e diversos setores:

1. A região da mácula, dentro do círculo central;
2. Uma região circular interna dividida em quatro quadrantes ao redor da mácula, entre o círculo interno e o círculo central;
3. Uma região intermediária dividida em quatro quadrantes entre o círculo externo e o círculo central;
4. Uma região externa dividida em oito setores fora do círculo exterior.

O conceito por trás da grade macular é classificar topograficamente as lesões na área acima em relação à posição da mácula, pois essa é a principal região para a acuidade visual máxima, e determinar o risco de prejuízo visual da seguinte forma:

- Lesões mais distantes do centro têm menos risco de afetar a visão;
- Lesões mais próximas ao centro (mácula) têm mais risco de afetar a visão, influenciando a decisão médica de tratamento ou observação;

Também classifica risco por extensão da lesão:

- Lesão que ocupa apenas uma área de círculo ou até duas áreas de anel;
- Lesão em apenas um quadrante (menor risco);
- Lesão presente nos quatro quadrantes (maior risco de afetar a visão).

Lesões que se estendem por diversas seções são classificadas como grandes ou pequenas, longe do círculo central, dentro do círculo central, etc. Se ficarem no limite, serão registradas como presente nas duas zonas, mas também há o registro de tamanho (por isso a necessidade de círculos de tamanho pré-determinado na ferramenta de medição de lesões, para possibilitar comparação de tamanhos). Sabe-se do risco maior ou menor por outros trabalhos prévios, específicos, que já quantificaram o risco pelo tamanho e localização. A ferramenta é proposta apenas para auxiliar a identificação dessas lesões de maior ou menor risco (Wang, 2009).

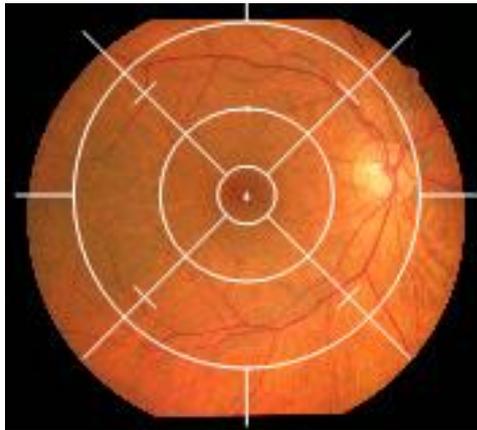


Figura 2.11: Exemplo de grade macular (imageSpectrum User Manual Review – Canon Medical Systems, 2008).

A grade do disco óptico, apresentada na figura 2.12, é composta de três círculos concêntricos. É posicionada sobre o disco óptico e utilizada para definir, orientar e delimitar zonas válidas para medida do calibre vascular, detecção de anormalidades vasculares como cruzamentos arterio-venosos, espasmos arteriulares focais (estreitamento súbito dos vasos), além de facilitar a divisão em quadrantes para o registro de localização dessas anormalidades. O índice artério-venular é um dado biológico que se associa com risco de morbidade ou mortalidade cardiovascular. Ou seja, um paciente com razão alterada (baixa) tem uma chance maior de sofrer um evento cardiovascular (infarto, AVC, etc) e morrer por isso, do que um paciente com a razão normal.

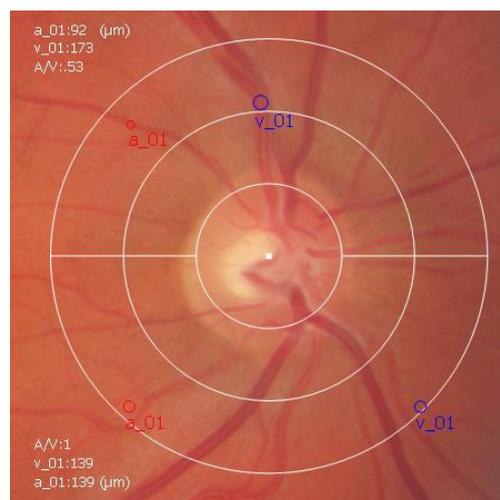


Figura 2.12: Exemplo do disco óptico – as anotações na imagem pode ser desconsideradas por serem utilizadas em outro contexto (imageSpectrum User Manual Review – Canon Medical Systems, 2008).

Um filtro de tons de cinza da cor verde permite acentuar o contraste entre estruturas vermelhas e a retina. Isso salienta o desenho e trajeto dos vasos e pontos hemorrágicos, eliminando reflexos indesejáveis na avaliação dessas estruturas, principalmente em fundos de olho com pigmentação muito avermelhada (como por exemplo, em caso de olhos claros). Isso permite identificar mais facilmente constrições focais de vasos, lesões hemorrágicas associadas à retinopatia diabética, hipertensiva ou outras alterações vasculares ou oculares. Além disso, esse filtro facilita a detecção de glaucoma, pois acentua o contraste entre a retina sadia e a porção alterada por perda de fibras nervosas, que ocorre a partir do disco óptico e segue de forma arqueada em direção lateral superior ou inferior, nos casos mais graves.

A ferramenta de filtro de inversão de cores processa a imagem que está sendo avaliada, e calcula o negativo colorido, ressaltando artefatos de câmera (sujeira ou danos à lente), e lesões que podem apresentar-se obscurecidas por outras estruturas na imagem.

A ferramenta de grade de Lesões permite dimensionar e aplicar círculos à imagem, para dessa forma caracterizar periculosidade de lesões e edemas de acordo com seu tamanho. Essa ferramenta também é usada para medir a cavidade do disco óptico, para indicar presença ou formação de glaucoma.



## **3 FERRAMENTAS RELACIONADAS**

Nesse capítulo são apresentados dois conjuntos de ferramentas que foram estudadas nas fases iniciais da confecção desse trabalho. O primeiro apresenta algumas ferramentas que são utilizadas comercialmente para a realização do exame de retinografia, citando seus pontos fortes e fracos. O segundo grupo, apresenta ferramentas open-source que foram estudadas como possíveis bases para serem modificadas para tornarem-se úteis ao exame de retinografia, tecendo uma comparação entre itens desejáveis para justificar a escolha do ImageJ.

### **3.1 Ferramentas Existentes para o Auxílio a Exames de Retinografia**

Algumas ferramentas que auxiliam o exame de retinografia foram analisadas, porém elas demonstraram-se insatisfatórias às necessidades, justificando a criação de uma nova ferramenta que possua as funcionalidades apresentadas no Capítulo 2.4 e esteja em conformidade com o padrão DICOM, padrão que estabelece o formato para arquivos de imagens médicas e regras para comunicação com servidores PACS médicos.

A primeira ferramenta analisada foi o Canon imageSpectrum Review (Canon 2009), produzido e licenciado pela Canon Medical Systems Division. As versões desenvolvidas para o sistema operacional Windows XP possuem todas as ferramentas necessárias enquanto as novas versões, para Windows Vista não estão muito avançadas ainda, segundo contato telefônico com a divisão de suporte técnico da Canon Medical Systems Division. Essa ferramenta suporta formato de arquivo JPEG e DICOM, porém está atrelada incondicionalmente à imagens presentes em um servidor próprio instalado em conjunto com a ferramenta. Apesar de estar de acordo com o padrão DICOM para armazenamento e transmissão de imagens, aproveita-se de uma lacuna no padrão para bloquear acesso a outros servidores que não da Canon. A lacuna no padrão reside no fato de não especificar tempo para “timeout” de uma sessão de comunicação entre cliente e servidor, e foi identificado através de analisadores e “sniffers” de rede que a ferramenta encerra qualquer conexão que não com o seu próprio servidor, após aproximadamente 200 milissegundos, tempo raramente suficiente para operações de pesquisa no servidor, e impraticável para recuperação de imagens que sem compressão são armazenadas ocupando entre 30 e 40 Mb. Por possuir versões apenas para Windows, não oferece portabilidade fora da linha de sistemas operacionais produzidos pela Microsoft.

Outro software licenciado pela Canon Medical Systems Division é o EyeQ (Canon, 2010), porém sem oferecer suporte além da instalação, por ter desenvolvido sua própria ferramenta imageSpectrum Review apresentada no parágrafo anterior. Possui apenas versões para Windows, o que adiciona um problema para portabilidade, além de requerer conversão de imagens médicas para formato TIFF por não suportar outros formatos de arquivo, e não possuir comunicação com servidor de imagens médicas. Possui todas as ferramentas necessárias ao exame, e é utilizada por um dos principais centros de pesquisa em exames de retina o Departamento de Oftalmologia e Ciências Visuais da Universidade de Wisconsin. Outros fatores à objeção dessa ferramenta são seu custo elevado (variando de 26000 a 80000 dólares) para uma licença de dois anos, e falta de suporte torna inviável sua utilização em larga escala.

Um programa de visualização produzido pela Topcon Medical Systems é o IMAGEnet Lite (Topcon, 2010). Possui todos os filtros e ferramentas de manipulação da imagem, porém não possui as grades necessárias para medições e classificação de lesões, além da compra de cada sistema estar vinculada à compra de um aparelho retinógrafo da Topcon. Não foi possível efetuar testes para verificar se apresenta a mesma limitação a outros servidores de exames no padrão DICOM, por falta de licença do software. A documentação relativa à instalação e uso desse sistema está restrita apenas a clientes deles. Outra limitação é oferecer apenas suporte a Windows, o que limita a portabilidade do sistema.

Tabela 3.1 – Comparativo de ferramentas comerciais para retinografia

	Preço	Formato de arquivo	Sistema Operacional	Acesso à imagens
imageSpectrum Review	20000 dólares atrelado à compra de retinógrafo	DICOM, JPEG	Windows XP/Vista	Diretamente de servidor próprio
EyeQ	26000 a 80000 dólares	TIFF	Windows XP	A partir de arquivos locais
IMAGEnet Lite	Somente sob consulta	TIFF, PNG, JPEG	Windows XP	Diretamente de servidor próprio

Outros softwares estudados, relacionados à retinografia são IVAN (Shah et AL, 2009), CAIAR, e RAS (ainda não publicado, mas pode ser visualizado na figura 3.1), cujo foco é a medição automática da espessura dos vasos da retina, não se encaixando no escopo deste trabalho, e solucionando outros problemas, sem possuir o ferramental necessário para a solução dos problemas abordados nesse trabalho.

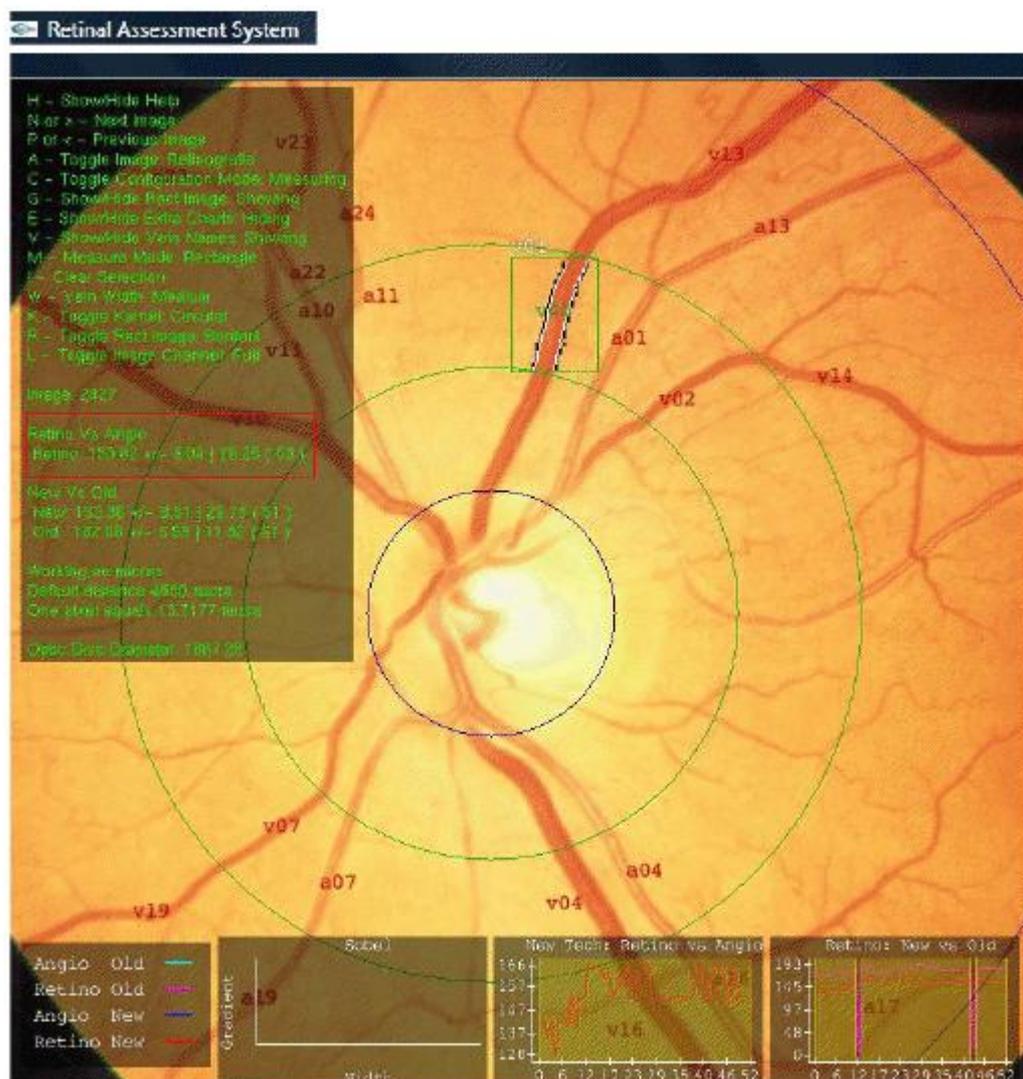


Figura 3.1: Exemplo de utilização do RAS para medição de calibre de segmento de vaso (Retinal vessel caliber and ambulatory blood pressure monitoring in hypertensive patients - Marcelo Krieger Maestri, 2010 – Não publicado).

### 3.2 Comparativo de Ferramentas de Visualização de Imagens Médicas

Foram analisados alguns programas open source de visualização de imagens médicas compatíveis com o padrão DICOM que oferecessem ferramentas para exames de retinografia ou possibilidade de criar essas ferramentas.

MedicalStudio (<http://www.medicalstudio.org>) ferramenta de código aberto que possibilita a visualização de imagens 2D e 3D. Utiliza GTK e VTK para visualização de imagens, e funciona em sistemas operacionais Linux e Windows, suportando diversos formatos de arquivos (TREVISAN, 2007). A falta de documentação e dos códigos fonte

disponíveis no site do grupo no período da pesquisa, torna uma avaliação mais detalhada restrita apenas a artigos científicos publicados com uso dela.

O visualizador 3D Slicer (<http://www.slicer.org/>) é provavelmente o mais completo e robusto dentre os visualizadores estudados, juntamente com o ImageJ. Seu desenvolvimento em C++ é um ponto positivo pela simplicidade oferecida, mas gera a necessidade de geração de código orientado à cada sistema operacional que ela será destinada a funcionar. Permite acesso à imagens DICOM através de uma expansão, e oferece suporte nativo a diversos formatos de imagens. Um empecilho seria a falta de acesso direto a um servidor DICOM, tornando necessário um estudo focado apenas para desenvolver essa comunicação obedecendo ao padrão DICOM.

A ferramenta de código aberto, Osirix DICOM Viewer (<http://www.osirix-viewer.com/>), é muito poderosa e completa dentro do padrão DICOM, oferecendo comunicação com servidores desse padrão e diversas ferramentas para análise de diferentes tipos de exames, porém infelizmente poucas dessas ferramentas são úteis a um exame de retinografia, sendo necessário desenvolvimento de todas elas para o seu efetivo uso nesse caso. Outro fator negativo é sua programação ser toda em Objective-C, linguagem pouco difundida, e de escassa documentação em comparação a outras linguagens utilizadas para programar ferramentas para exames médicos.

A ferramenta VisTrails (<http://www.vistrails.org>) apesar de mais utilizada para visualização de volumes, possui suporte à imagens 2D e ao padrão DICOM de imagens, apesar de não ser informado que outros formatos de imagens são suportados. Foi desenvolvido sobre a VTK (Visualization Toolkit) em linguagem Python, que por ser interpretada torna mais abrangente sua portabilidade. O maior fator negativo nessa ferramenta é o acesso à imagens no padrão DICOM se dar apenas por XML, tornando necessária a conversão dessas previamente.

O visualizador ImageJ (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>) foi escolhido pois de acordo com a tabela abaixo, dentre visualizadores com suporte a DICOM, é o mais completo considerando os requisitos desejados. Possui também um grande número de plugins (acima de 300 plugins publicados) com farta documentação desses. O fato de ser desenvolvido em Java foi outro fator de interesse, pois amplia a portabilidade a todos sistemas capazes de rodar sua máquina virtual. Seu acesso a servidores de imagens DICOM é feito através de um plugin construído sobre as ferramentas dcmsnd e dcmqry, ambas desenvolvidas em Java e dentro do padrão DICOM para oferecer suporte adicional ao servidor dcm4chee, considerado o estado da arte em servidores DICOM.

Tabela 3.2 – Comparativo de ferramentas de visualização de imagens médicas

	Linguagem	Sistema Operacional	Aquisição de Imagens
MedicalStudio	C++	Windows/Linux	Acesso a arquivos em disco
ImageJ	Java	Qualquer com suporte a JVM	Acesso a arquivos em disco/servidor
3D Slicer	C++	Windows/Linux/Solaris/Mac OS	Acesso a arquivos em disco
Osirix	Objective-C	Mac OS	Acesso a arquivos em disco/servidor
VisTrails	Python	Windows/Linux/Mac OS	Acesso a arquivos em disco/base XML



## 4 A FERRAMENTA

Nesse capítulo é apresentada a ferramenta com o passo-a-passo utilizado para o treinamento de usuários para testes de validação. Em seguida são apresentadas as abordagens utilizadas para a resolução de cada problema de implementação da ferramenta e as decisões realizadas no projeto dela.

### 4.1 Descrição e Apresentação da Ferramenta

Para utilizar a ferramenta é necessário executar o ImageJ, após a instalação. Em seguida é escolhida a imagem que se deseja trabalhar, acessando o menu “File->Open”, conforme figura 4.1. Na imagem 4.2 é selecionada a grade Macular para aplicar na imagem de retina centrada na mácula, e em 4.3, após clicar com o mouse no centro da mácula visualiza-se a caixa de entrada de dados para a digitação da inclinação da grade. A inclinação padrão é zero, porém nesse caso foi alterada para oito para compensar a torção do globo ocular, presente nessa imagem. A inclinação da grade deve fazer com que uma de suas arestas aponte para o quadrante inferior direito, mais especificamente entre oito e nove horas. Finalmente em 4.4 vemos a grade aplicada sobre a imagem.

Ao aproximarmos com zoom (embutido na roda de scroll do mouse) até o tamanho original da imagem conforme figura 4.5, podemos visualizar um grande número de pequenos vasos aproximando-se da mácula, porém sem representar dano ou risco à visão. Nessa mesma figura podemos visualizar uma estrutura branca externa ao segundo círculo, provavelmente um acúmulo de lipídios, que não apresenta risco à visão.

Afastando o zoom para visualizar a imagem inteira, percebe-se uma leve descoloração da pigmentação, em forma de crescente, na área indicada próxima ao disco óptico conforme indicado na figura 4.6, e que pode ser confirmada aplicando a equalização de cor conforme item da barra de ferramentas indicado na figura 4.7. O resultado da aplicação do filtro, presente na figura 4.8, aumenta a certeza de ser realmente uma descoloração da pigmentação e não um artefato (sujeira) de câmera. Essa descoloração em forma de crescente próxima ao disco óptico pode representar o início de um problema de visão relacionado à idade do paciente, e por isso, encaminhado a um oftalmologista para exames adicionais. Na figura 4.9 está indicado o comando de restauração da imagem original na barra de ferramentas, que apaga grades e remove filtros, e após sua aplicação, na figura 4.10 indicamos o filtro de inversão de cores.

Observa-se na figura 4.11, como resultado desse filtro, a confirmação que o acúmulo de lipídios identificado apenas com zoom na figura 4.5, não era um artefato de câmera.

Restaura-se a imagem e é aplicado um zoom sobre o acúmulo de lipídios até a magnificação estar condizente com o tamanho original da imagem (100% de zoom). Em seguida seleciona-se a ferramenta de medição de Lesões, conforme indicado na figura 4.12. Clica-se sobre o acúmulo e seleciona-se o tamanho desejado para o diâmetro da ferramenta ou digita-se conforme indicado pela figura 4.13. Nesse caso o diâmetro padrão de 50 micra é o indicado para englobar o acúmulo, sem sobras demasiadas de espaço interno à grade, conforme demonstrado pela figura 4.14. Toma-se nota dessa medida para anexar ao documento de encaminhamento ao oftalmologista (que irá avaliar o perigo de dano à visão por causa da descoloração indicada na figura 4.8).

Em seguida a imagem é restaurada e é aberta a outra imagem do mesmo olho. Uma rápida comparação entre as imagens permite identificar mais dois artefatos de câmera, pois apesar da retina estar em posição diferente, ambas fotos apresentam as mesmas estruturas exatamente no mesmo lugar, conforme indicado na figura 4.15. A grade de disco óptico é selecionada na figura 4.16 e aplicada clicando com o mouse no centro do disco óptico conforme visto na figura 4.17. Podemos notar o crescente de despigmentação da retina já notada anteriormente, mas dessa vez podemos delimitá-lo ao círculo imediatamente externo ao disco óptico, e novamente a recomendação é que se encaminhe esse paciente para um oftalmologista para exames adicionais, para verificar risco de degeneração da visão.

A imagem original é restaurada, e é invocado o menu de contraste e brilho, conforme indicado na figura 4.18. A manipulação desse controle se dá através da alteração de quatro barras horizontais, conforme a figura 4.19, onde as duas primeiras indicam os valores mínimo e máximo do contraste da imagem, respectivamente. A terceira barra indica a luminosidade da imagem e a última, o contraste. Essa ferramenta pode ser utilizada para descartar artefatos de câmera que se caracterizam como manchas brancas na imagem e salientar derrames causados por lesões, que não encontram-se presentes no conjunto de imagens dessa demonstração.

Restaura-se novamente a imagem original, e invoca-se o menu de canais de cores, da maneira indicada pela figura 4.20. Ao clicar sobre qualquer item, ele pedirá para converter a imagem em diversos canais de acordo com a figura 4.21, se for aceito, a imagem original pode ser criada novamente a partir do botão “More->Convert to RGB”, desde que todos canais estejam acionados e a combo marcada como “Composite”, conforme figura 4.22. É possível desabilitar canais específicos para gerar efeitos de cores que facilitem a localização de lesões ou reduzam o reflexo de vasos anteriores à retina em caso de olhos muito claros. Na figura 4.23 podemos observar o efeito da remoção do canal de cor vermelha, e na figura 4.24 a remoção dos canais vermelho e azul. É importante ressaltar que essa ferramenta é nativa ao ImageJ e por ser possível diferentes canais de cores para outros tipos de imagens, não é apresentado o nome do canal, e apenas uma numeração para eles. Outro ponto de interesse nesse menu, é trocar o valor da combo da “Composite” para “Grayscale”, que permite a manipulação de canais de cores para os seus respectivos tons de cinza. Na figura 4.25 podemos observar os tons de cinza da cor azul.

Após a conversão da imagem na sua versão original, aplica-se o filtro de tons de cinza da cor verde, como indicado pela figura 4.26. O resultado observado na figura 4.27 permite a visualização de cruzamentos de vasos e artérias na retina, o que pode indicar problemas de hipertensão, que pode vir a causar derrames na retina, prejudicando a visão, e também serve como sinal de alerta para possíveis problemas cardiovasculares. Um caso de cruzamento suspeito está indicado na figura 4.28 com magnificação de 100%.

Por fim, torna-se a utilizar a grade de Lesões, dessa vez para medição da escavação presente no disco óptico da imagem original. O disco óptico é composto por diversos feixes de nervos que funcionam analogamente à fibra ótica, transmitindo sinais luminosos. Ao longo do tempo os feixes de nervos rompem-se, causando uma impressão de escavação, e o glaucoma caracteriza-se pela acentuação demasiada dessa escavação. Sabendo que o diâmetro do disco óptico possui aproximadamente 1500 micra, aplica-se a grade de Lesão sobre a escavação do disco óptico com 1000 micra de diâmetro conforme a figura 4.29, utilizando magnificação de 100%. Se a escavação ultrapassar a grade, o glaucoma estará assinalado. No caso da imagem apresentada, podemos ver que a escavação está longe da grade, e, portanto sem risco de glaucoma.

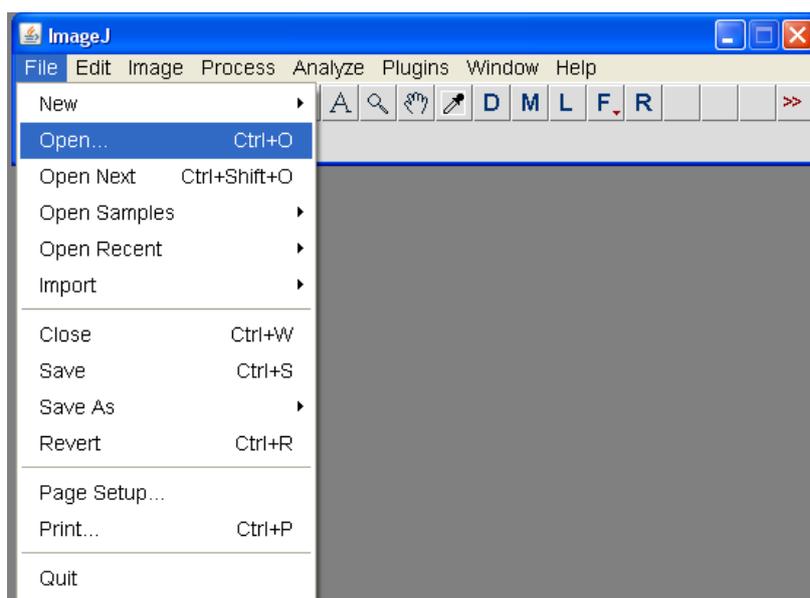


Figura 4.1: Demonstração da abertura de imagens na ferramenta.

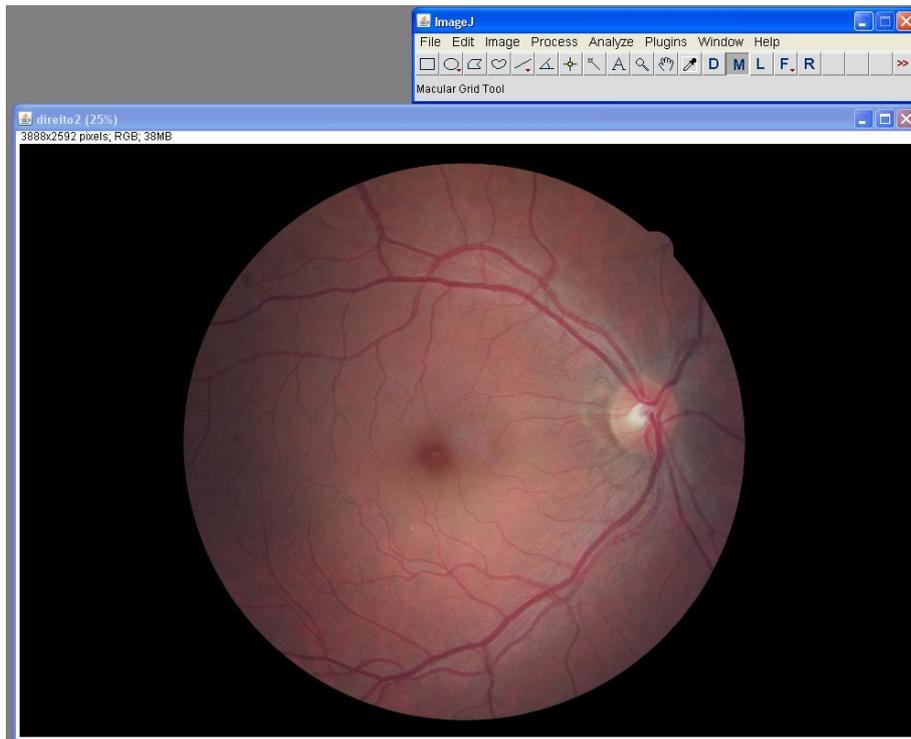


Figura 4.2: Retinografia centrada na mácula e seleção da grade Macular.

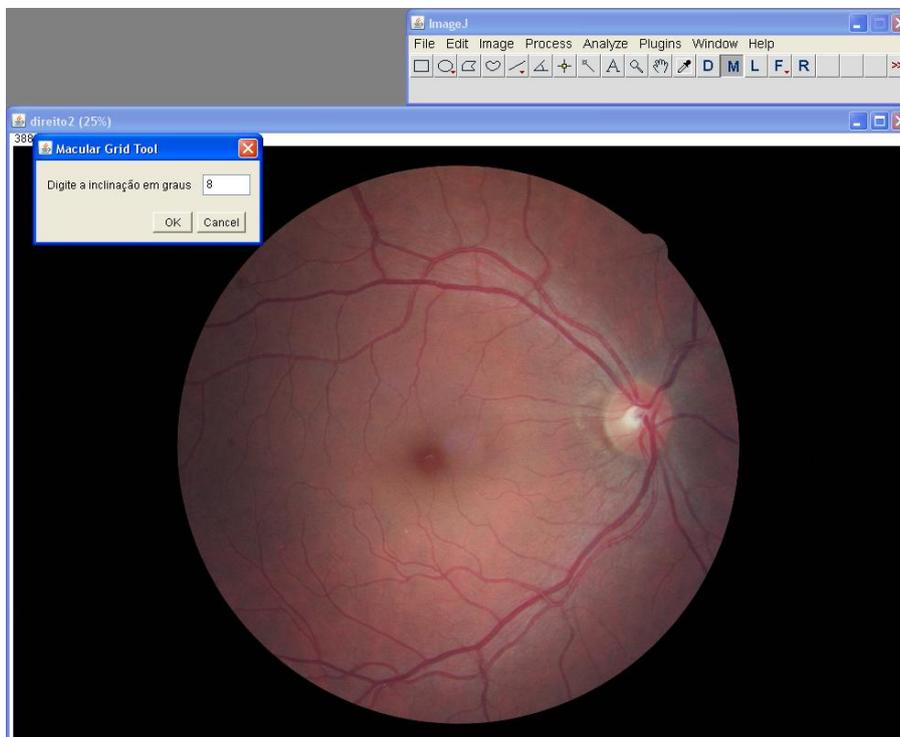


Figura 4.3: Digitação de ângulo de inclinação da grade Macular.

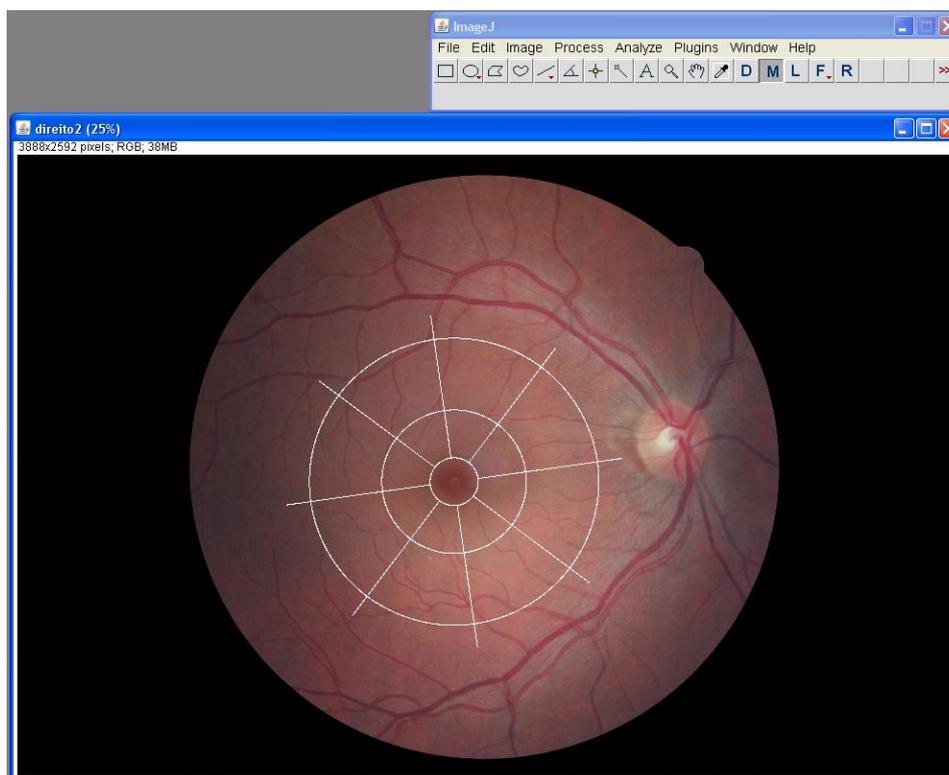


Figura 4.4: Grade Macular apontando para aproximadamente “8 horas” do disco óptico.

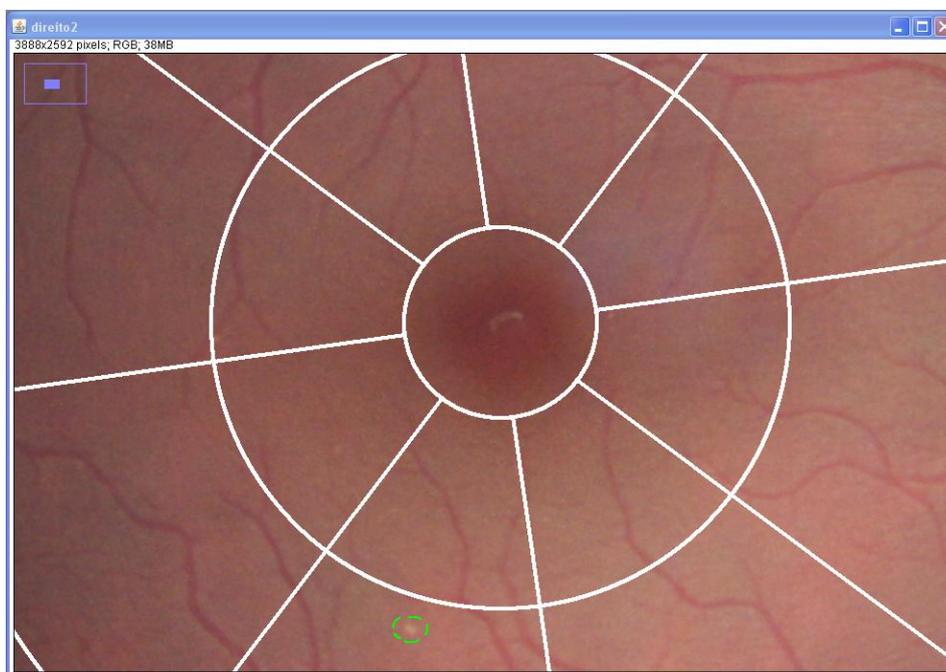


Figura 4.5: Pequenos vasos próximos à mácula e acúmulo de glicídios.

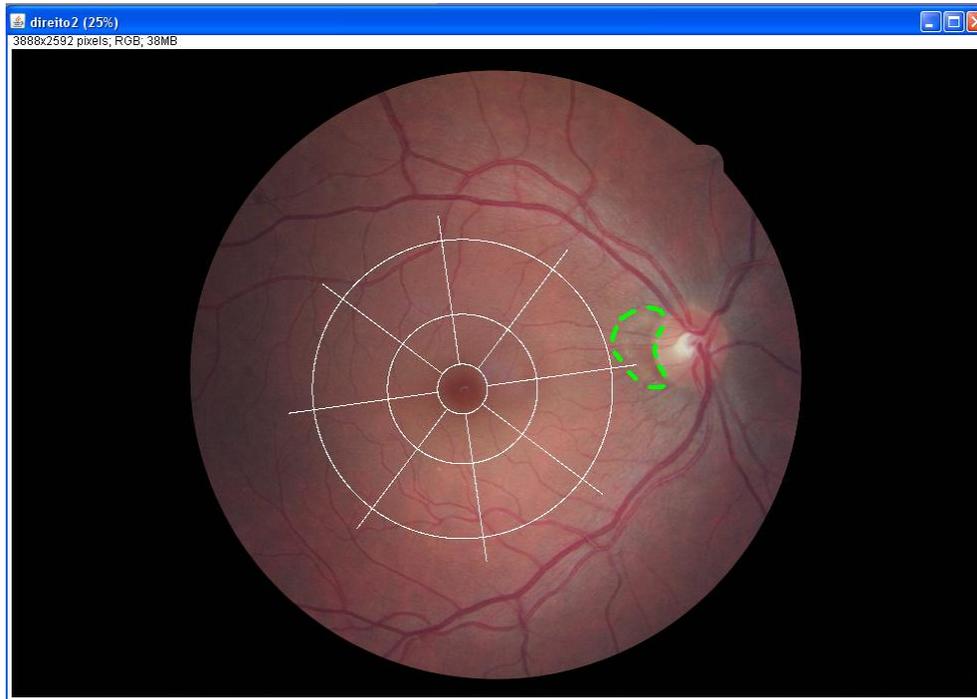


Figura 4.6: Descoloração da pigmentação em forma de crescente junto ao disco óptico.

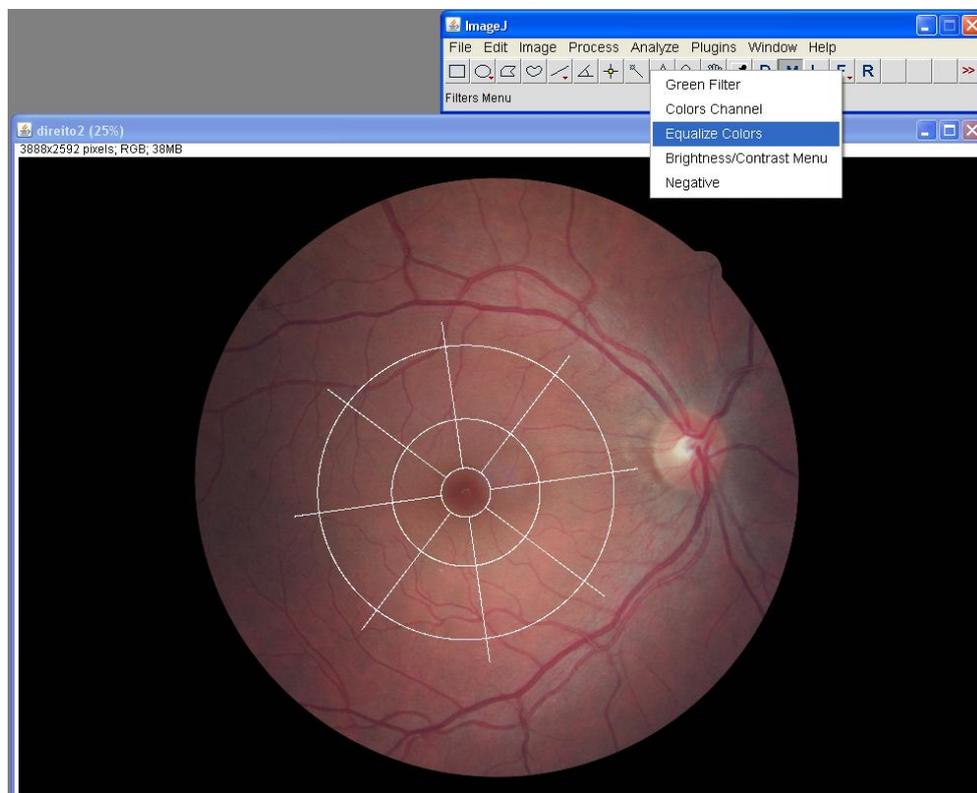


Figura 4.7: Aplicação do filtro de equalização de cores.

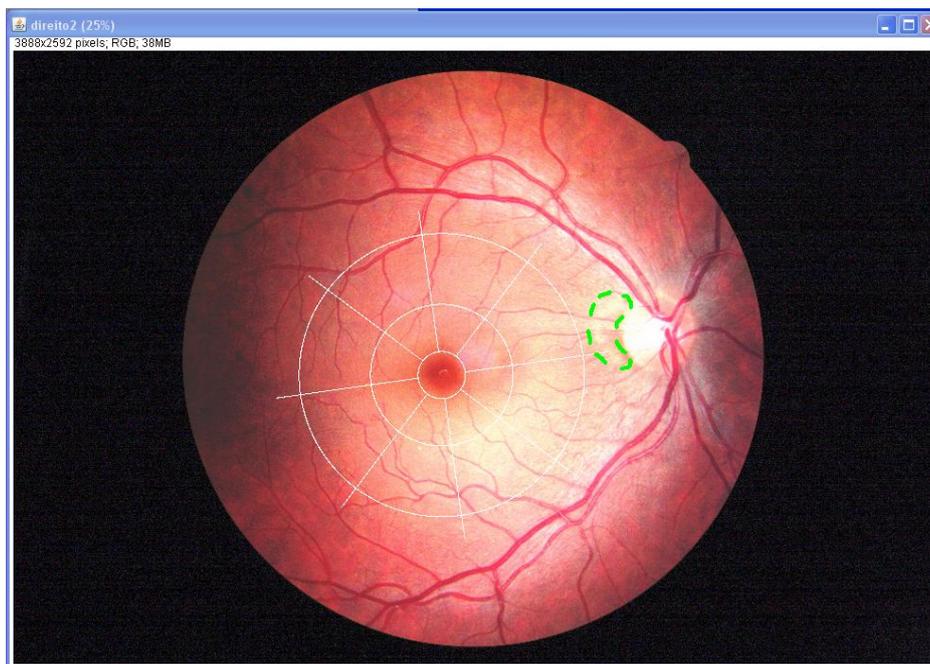


Figura 4.8: Equalização de cores aplicada duas vezes e crescente ressaltado.

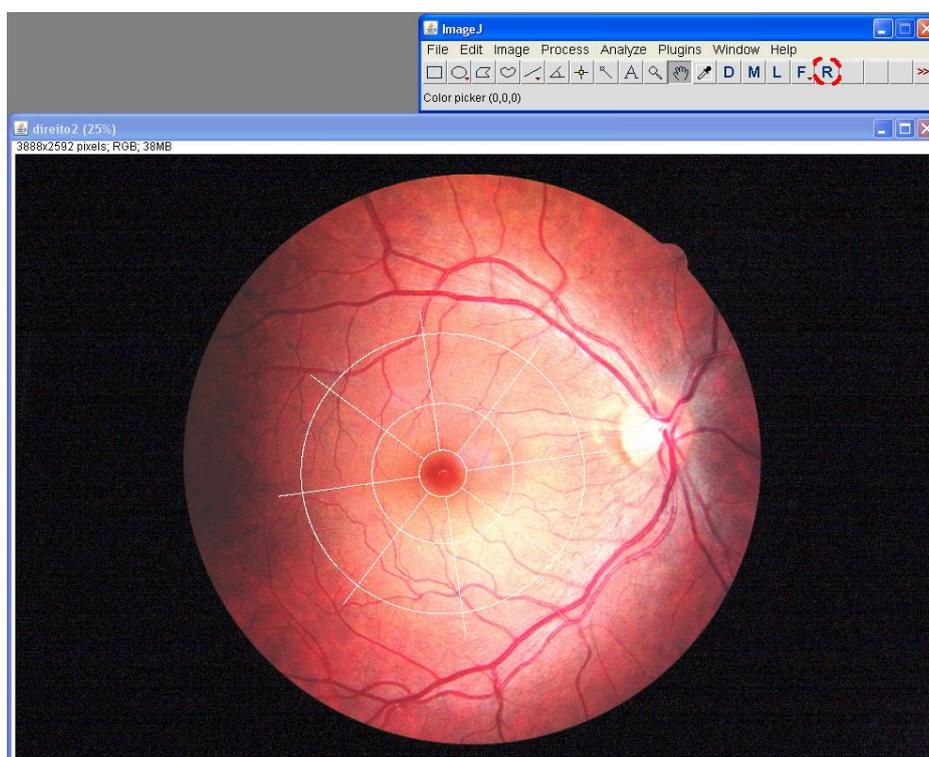


Figura 4.9: Indicação da ferramenta de restauração da imagem original.

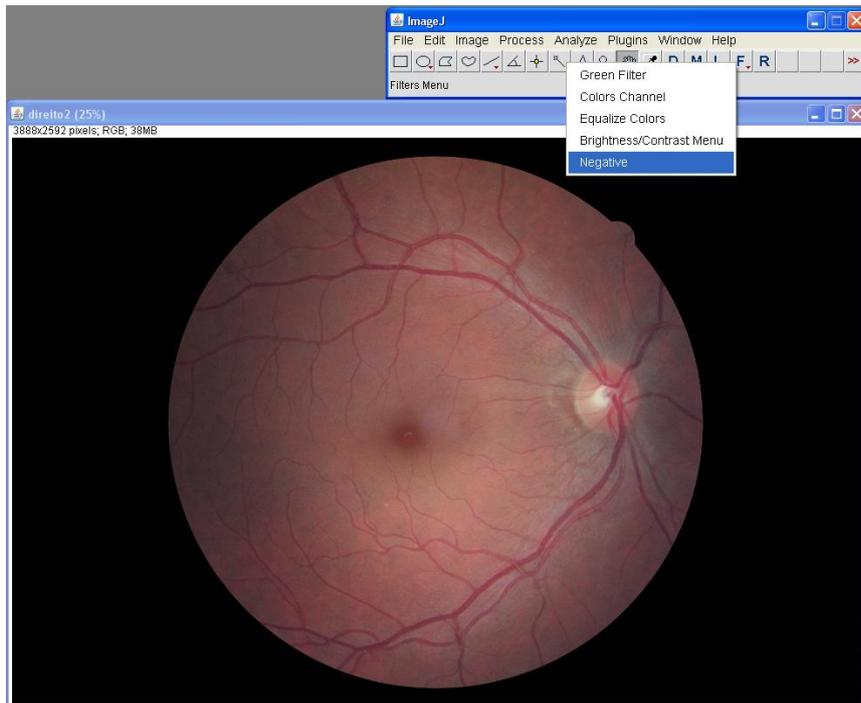


Figura 4.10: Imagem original restaurada e indicação da aplicação de filtro de inversão de cores.

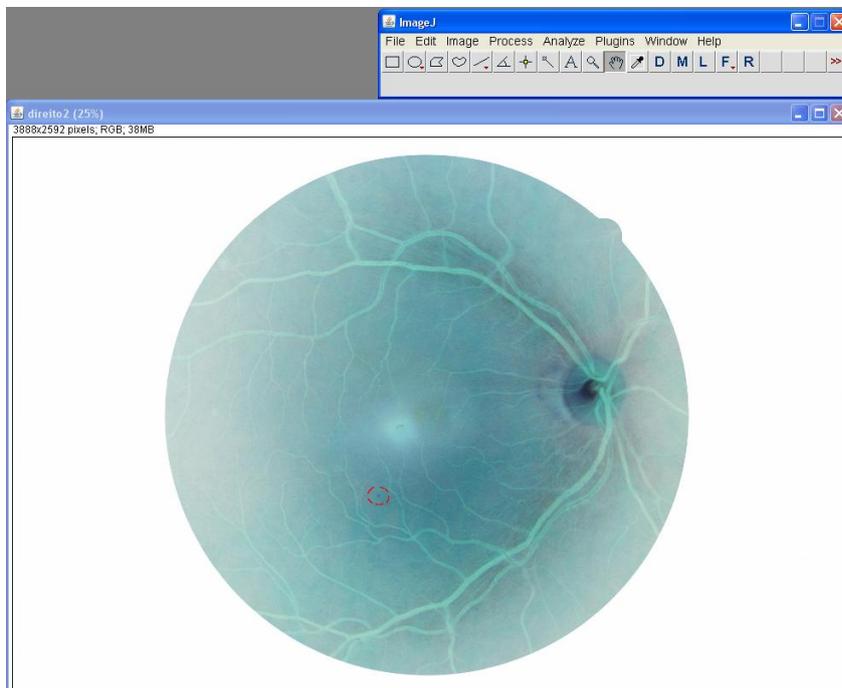


Figura 4.11: Imagem com cores invertidas e indicação do ponto escuro do acúmulo de lipídios.

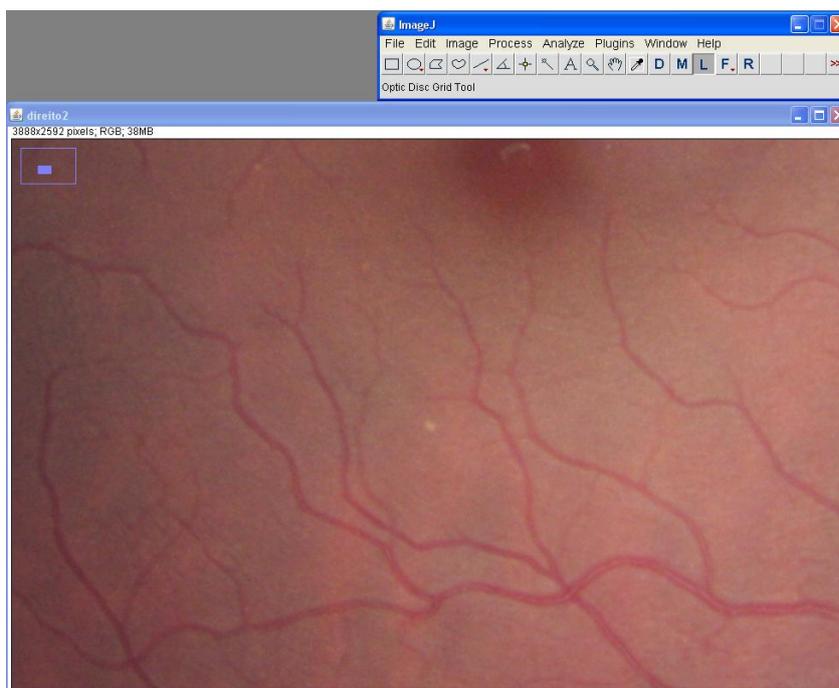


Figura 4.12: Magnificação em 100% sobre acúmulo de lipídios e seleção da ferramenta de grade de Lesões.

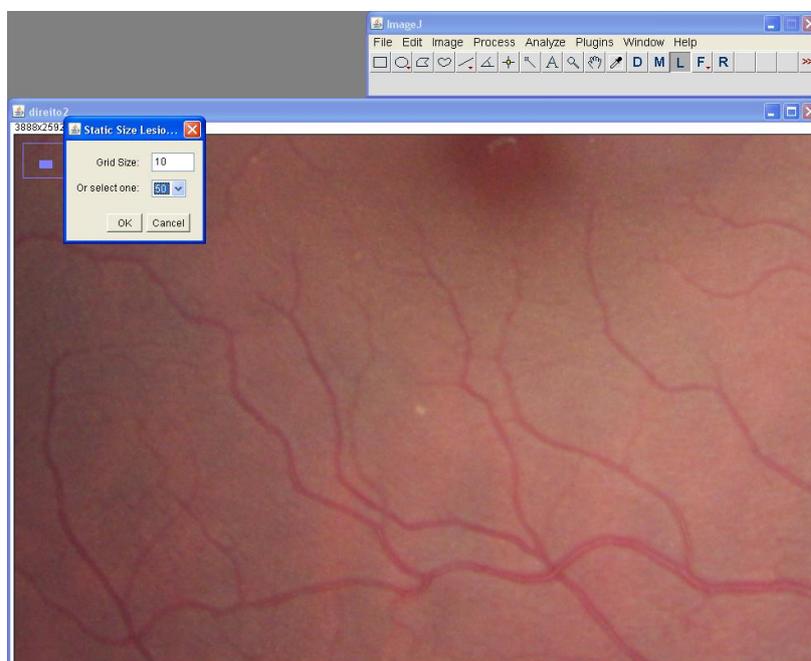


Figura 4.13: Aplicação da grade de Lesão sobre acúmulo de lipídios, com valor padrão de 50 micra.

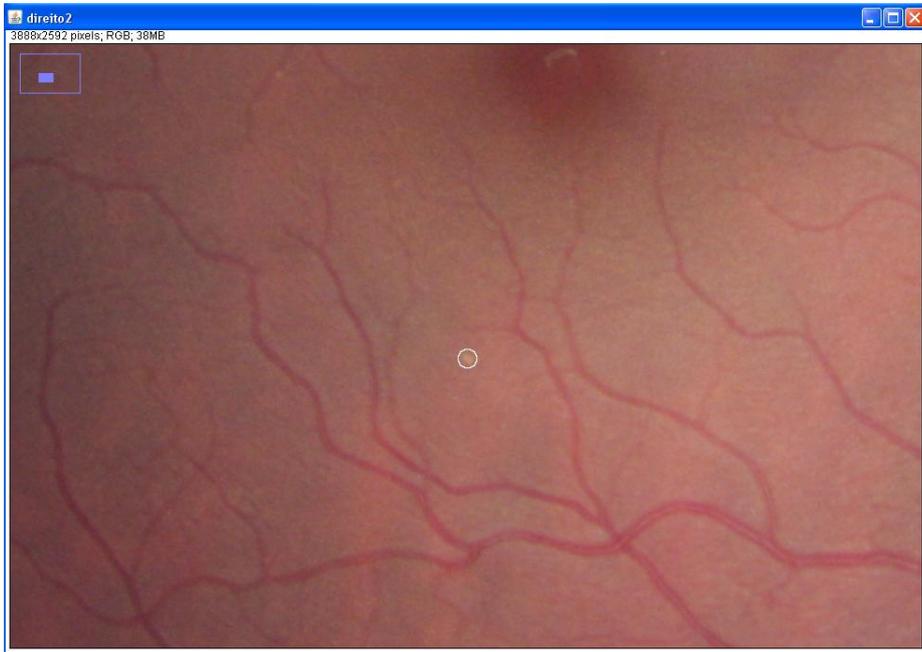


Figura 4.14: Grade de Lesão aplicada sobre acumulo de lipídios com tamanho inferior a 50 micra.

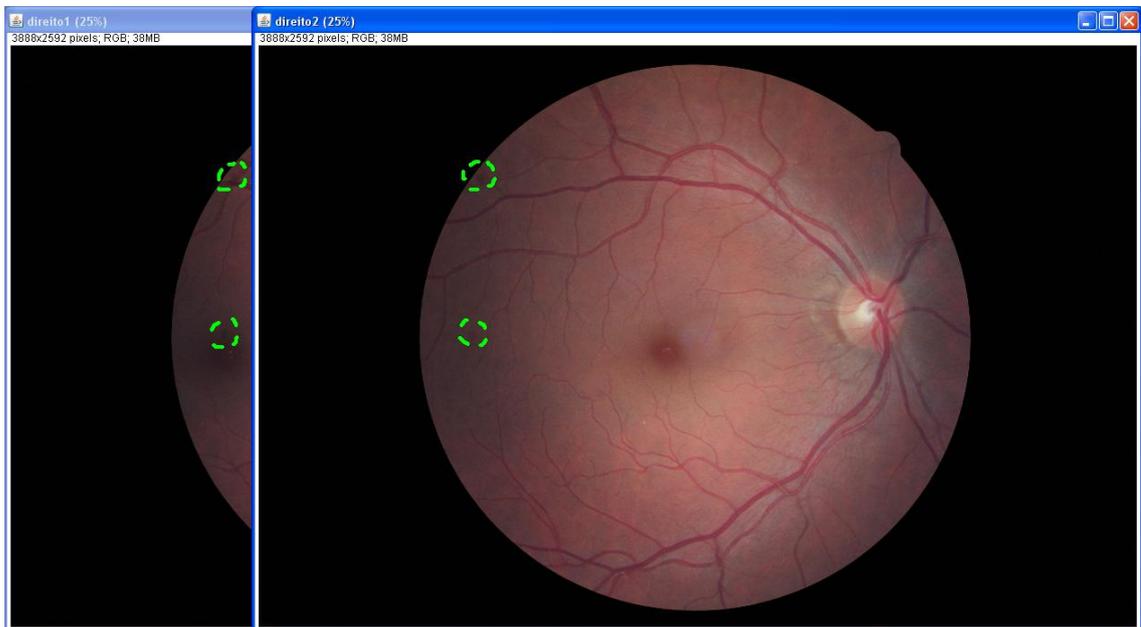


Figura 4.15: Comparação visual entre fotos diferentes de um mesmo olho com artefatos de câmera indicados.

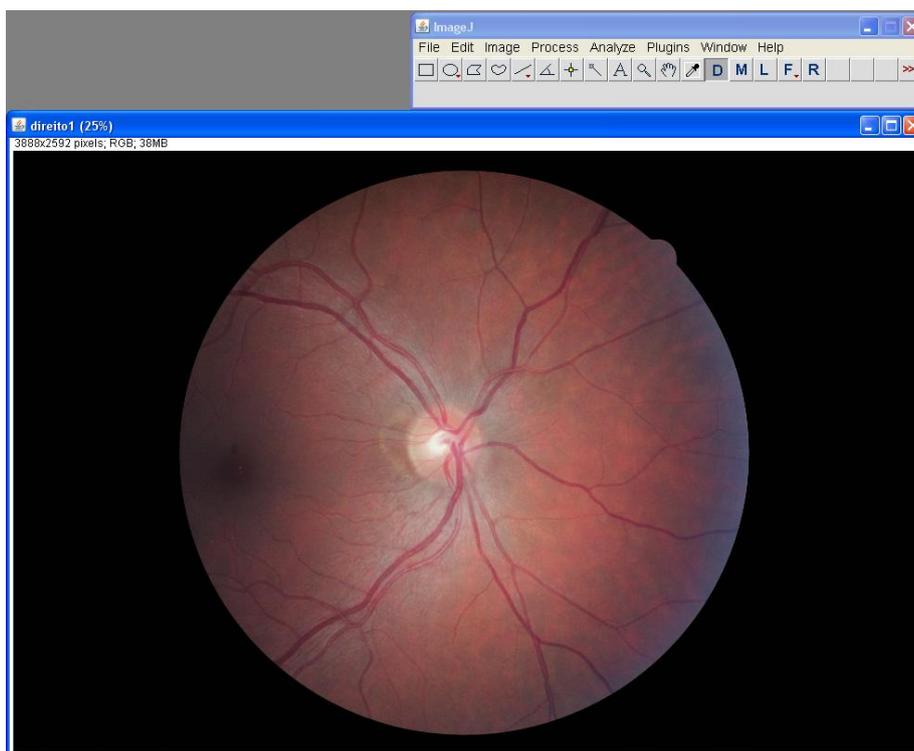


Figura 4.16: Imagem centrada no disco óptico e seleção da grade de disco óptico.

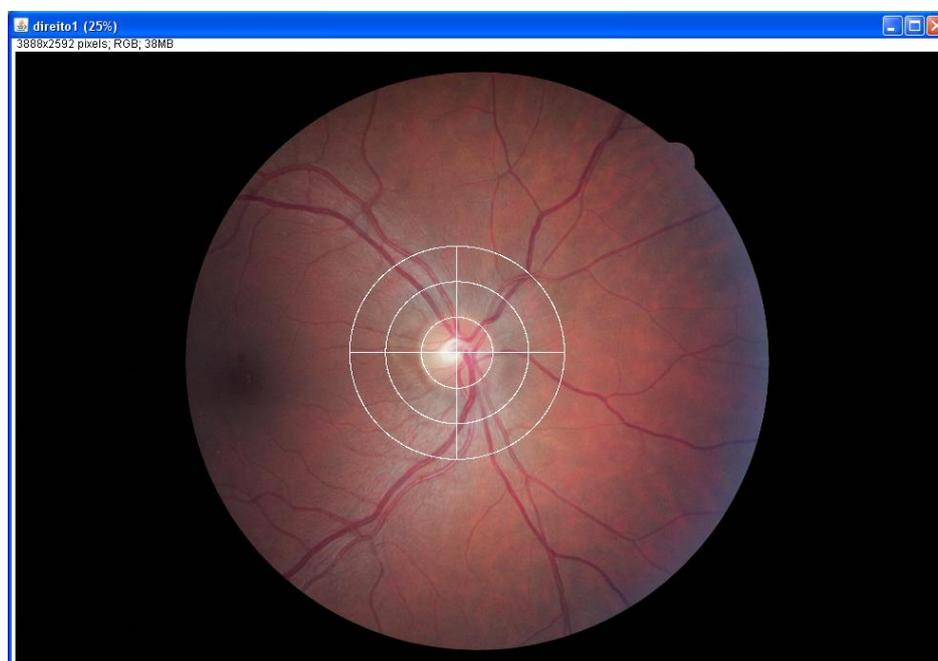


Figura 4.17: Aplicação da grade de disco óptico sobre o centro do disco óptico.

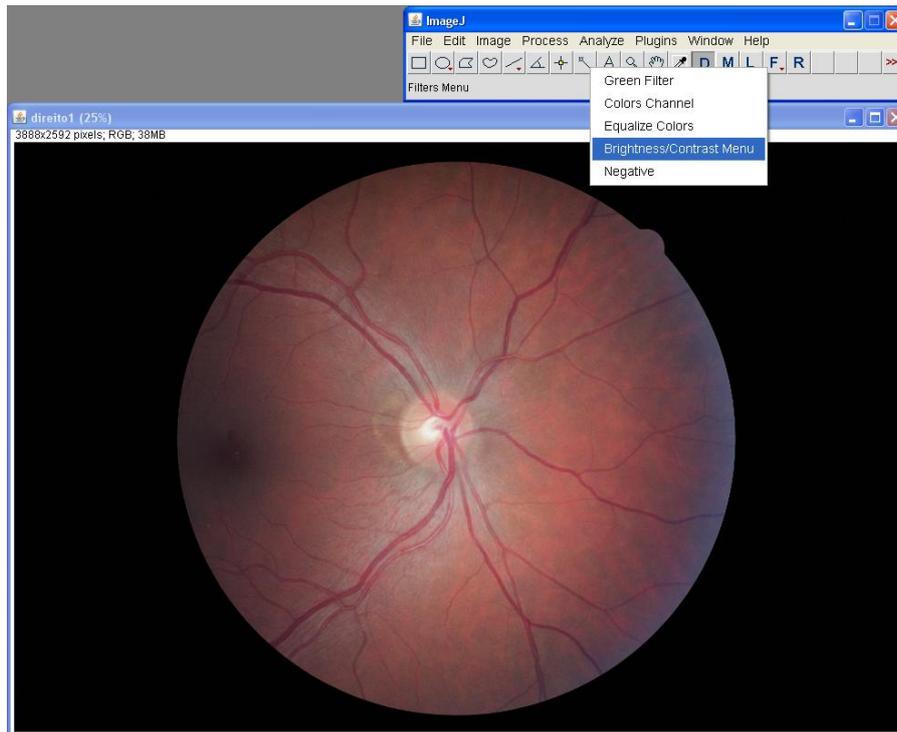


Figura 4.18: Indicação da invocação do menu de Luminosidade/Contraste.

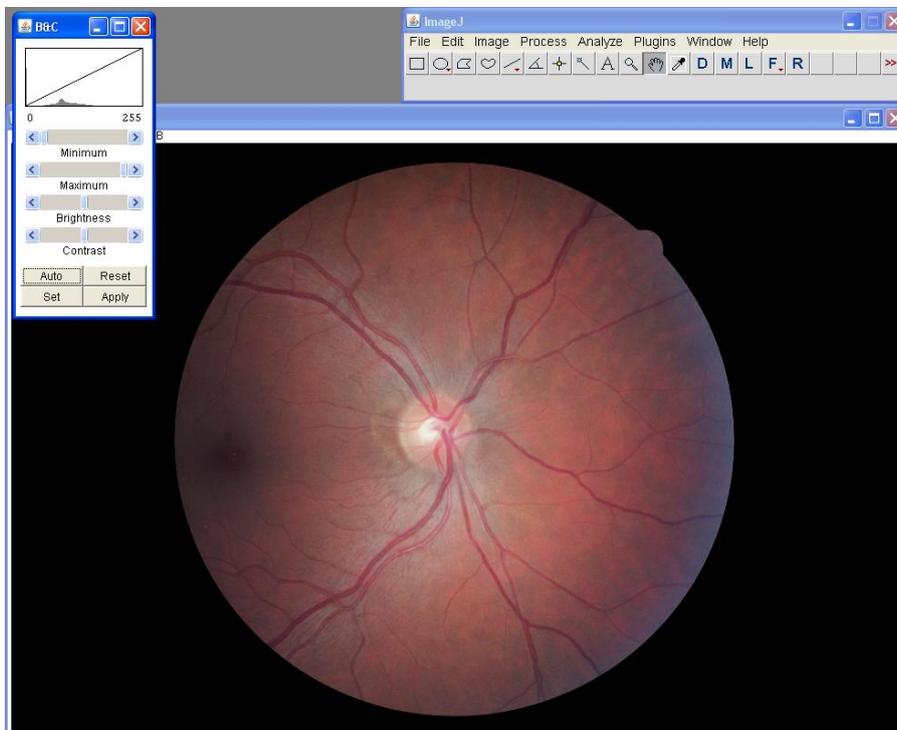


Figura 4.19: Apresentação do menu de Luminosidade/Contraste.

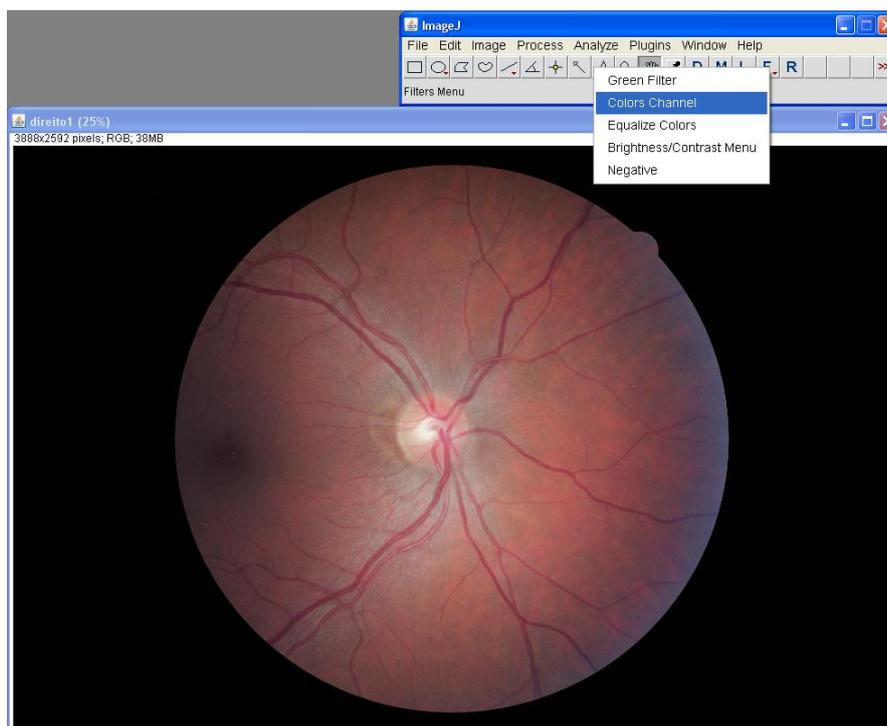


Figura 4.20: Indicação da invocação ferramenta de canais de cores.

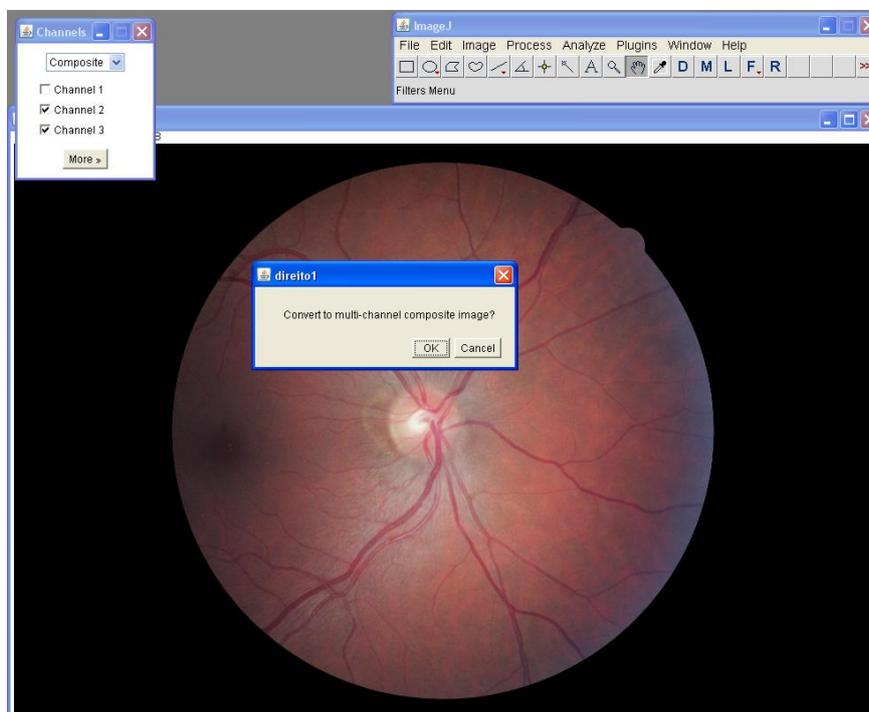


Figura 4.21: Quebra de imagem RGB em seus canais de cores.

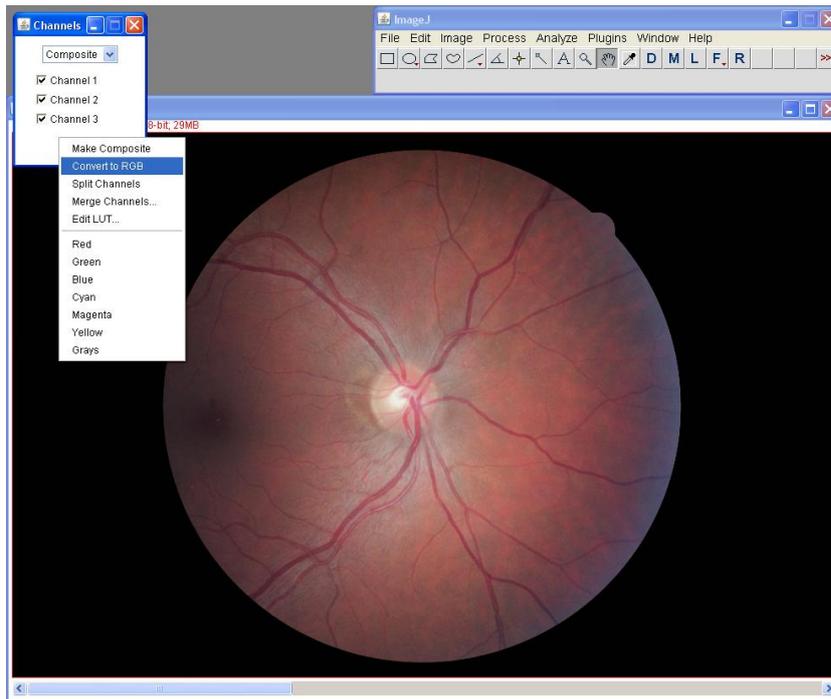


Figura 4.22: Conversão de espectros de cores na imagem original.

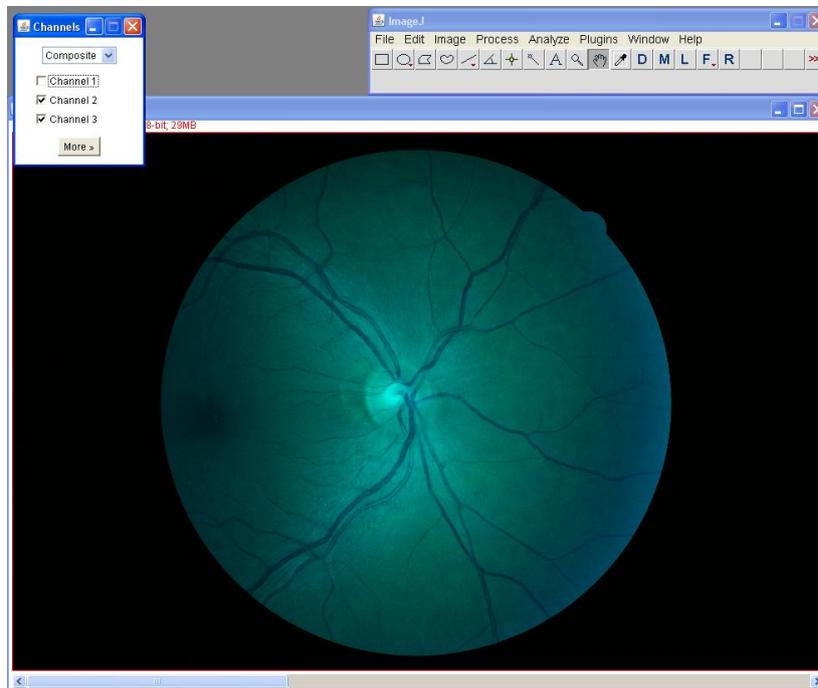


Figura 4.23: Composição dos canais de cores, com ausência da cor vermelha

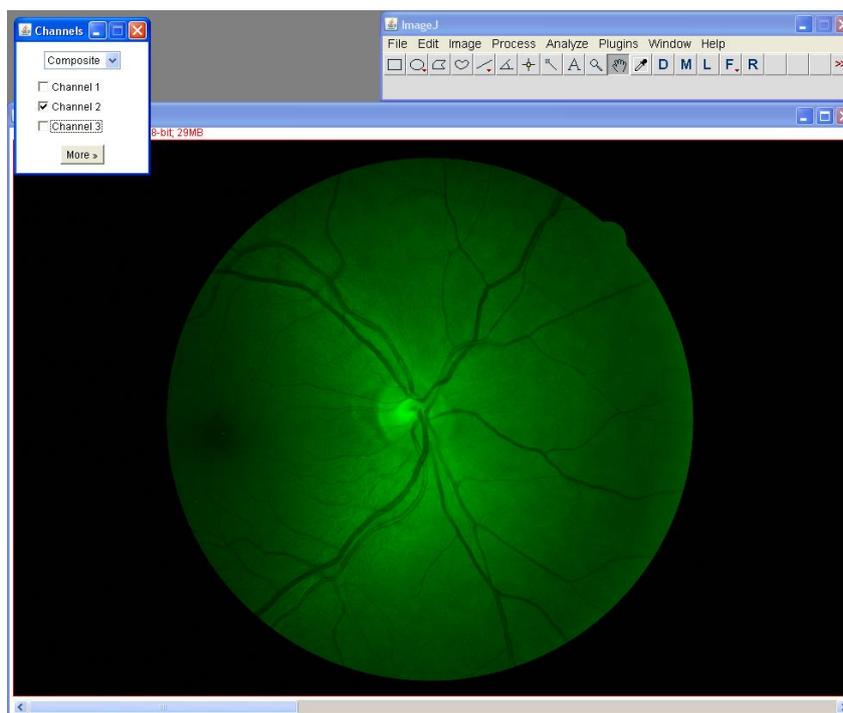


Figura 4.24: Composição dos canais de cores, com ausência das cores vermelha e azul.

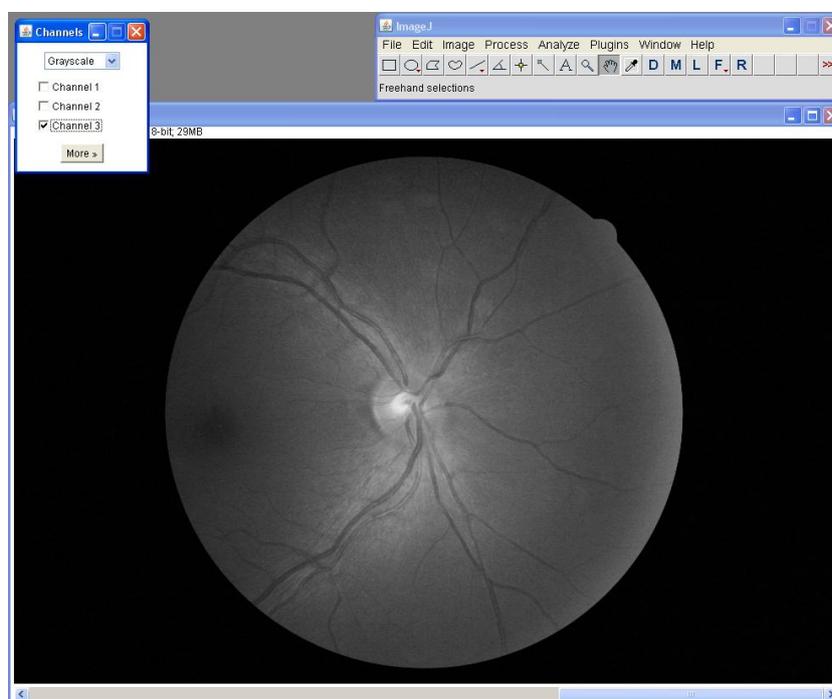


Figura 4.25: Tons de cinza da cor azul.

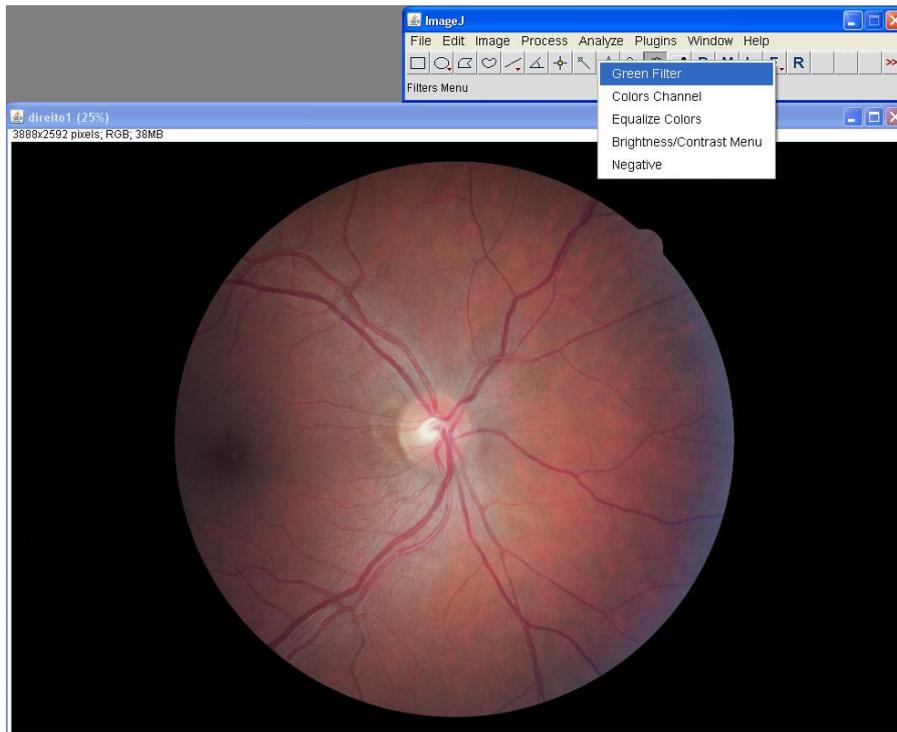


Figura 4.26: Indicação da aplicação de filtro de tons de cinza da cor verde.

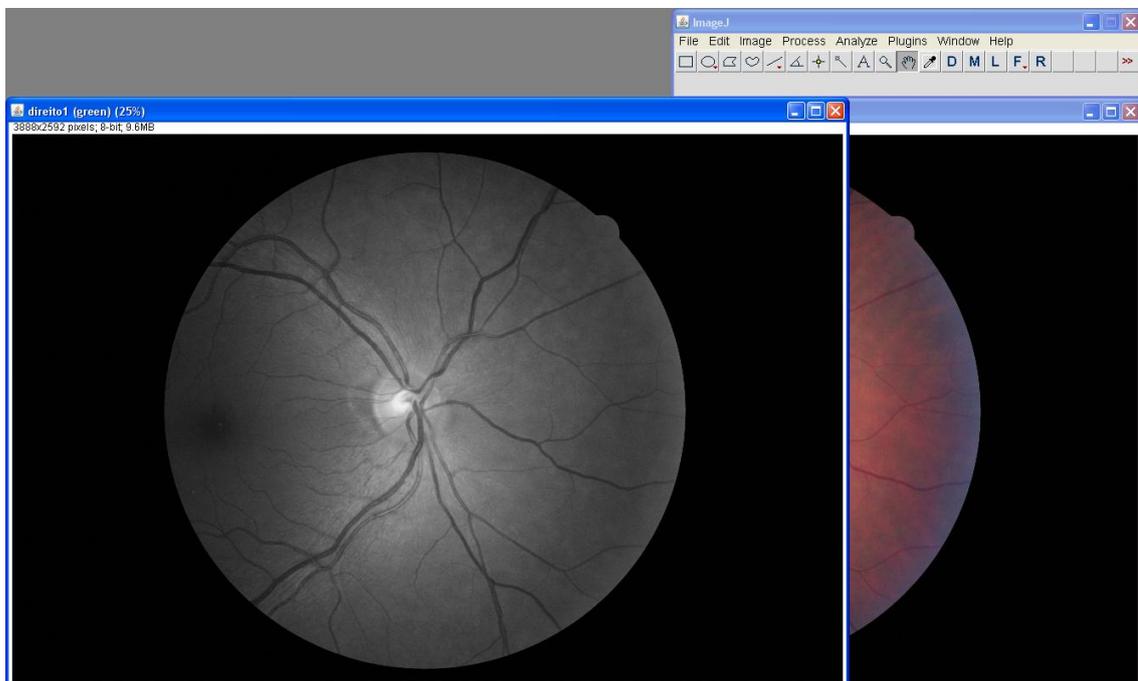


Figura 4.27: Aplicação de filtro de tons cinza da cor verde em nova janela aberta

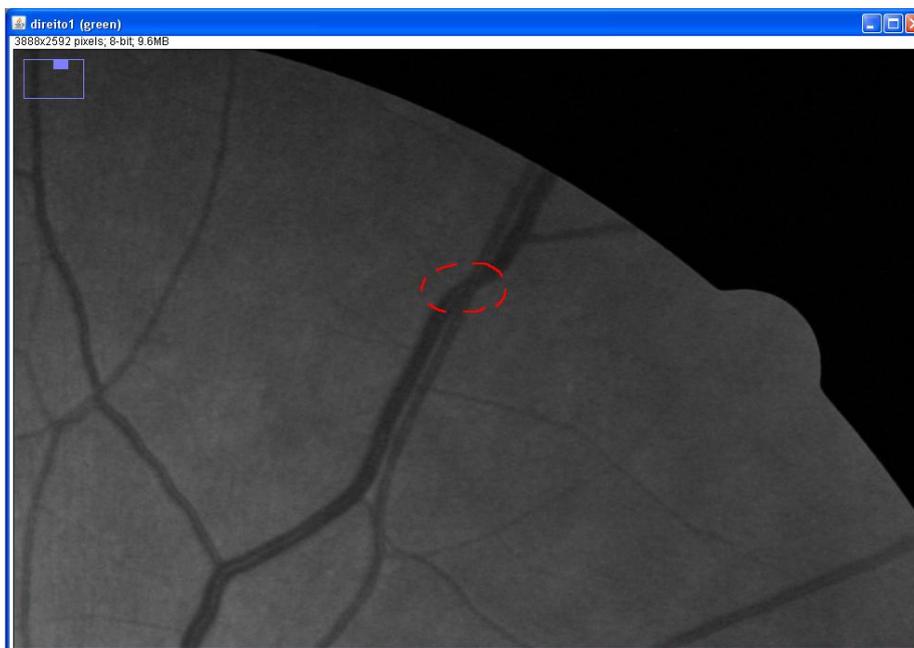


Figura 4.28: Indicação de cruzamento artério-venular com suspeita de compressão de vasos.

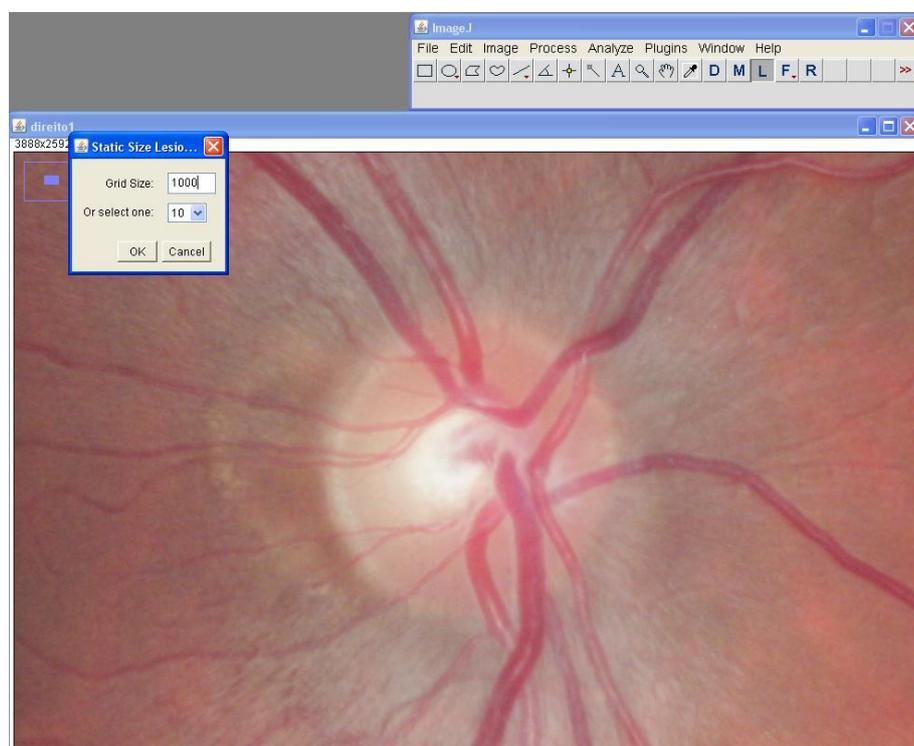


Figura 4.29: Imagem com 100% de magnificação, com aplicação de grade de Lesão com diâmetro de 1000 micra.

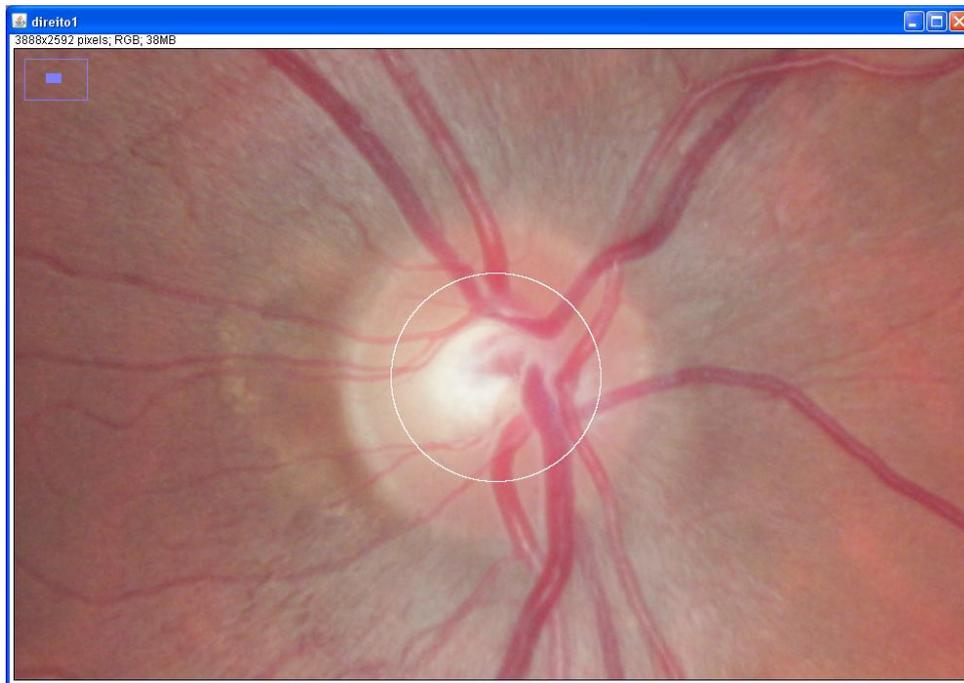


Figura 4.30: Grade de Lesão com diâmetro de 1000 micra indica que a escavação não apresenta risco de glaucoma.

## 4.2 Implementação

Algumas decisões foram tomadas no início e durante o projeto e refletem na ferramenta resultante. Ao início do projeto, foi identificada a necessidade de padronização de imagens, pois a ferramenta será utilizada em larga escala entre muitos centros de realização de exames (no escopo do Projeto ELSA, e futuramente pelo SUS), e a utilização de diversos tipos de imagens, em formatos diferentes dificultaria a intercomunicação entre esses centros. Para isso foram selecionadas as ferramentas de visualização apresentadas no capítulo anterior, e descartadas todas que não fornecessem suporte ao padrão DICOM (ISO 12052). Outro fator que pesou na decisão da ferramenta foi a familiaridade com a linguagem Java, além de essa linguagem facilitar a portabilidade da ferramenta para diversos sistemas operacionais, sem a necessidade de modificação de código ou bibliotecas.

### 4.2.1 Plugins

Após a leitura da documentação do ImageJ, fica bem claro a sugestão de implementação de novas funcionalidades ao ImageJ em forma de plugins que possam ser instalados na ferramenta sem a necessidade de modificação no seu kernel. Essa abordagem foi utilizada nas fases iniciais do projeto sendo a ferramenta de filtro de tons de cinza da cor verde e a ferramenta de manipulação de canais de cores construídas

dessa forma. Porém, esse método logo se provou muito limitado, e aos poucos as dependências com modificações do kernel se tornaram visivelmente necessárias.

Para a criação do filtro de tons de cinza da cor verde, foi criada uma classe no pacote `ij.plugins.filter` chamada `GreenFilter.java`. Essa classe implementa `PlugInFilter`, interface do ImageJ para filtros que processem imagens. Essa interface possui dois métodos que precisam ser implementados, “`setup`” e “`run`”. Adicionalmente foi criado um método privado “`splitGreen`” para realizar o tratamento da imagem.

No método “`setup`” é passado como parâmetro um objeto do tipo `ImagePlus`, classe do ImageJ para trabalhar com imagens de 8 bits, 16 bits, 32 bits, e RGB (esse último, o formato para tratamento das imagens de retinografia no filtro), e é criada uma cópia local desse objeto. Ao chamar a classe `GreenFilter`, o método “`setup`” é chamado automaticamente passando como parâmetro a imagem que estiver em foco.

O método “`run`” é criado recebendo como parâmetro um `ImageProcessor`, classe abstrata para tratamento de imagens RGB. Esse é o método chamado pela execução do plugin, e chama o método privado “`splitGreen`”.

O método “`splitGreen`” recebe como parâmetro um objeto `ImageStack`, que representa a imagem que está sendo visualizada. Dentro do método, essa imagem é repartida nas três cores (vermelho, verde e azul) utilizando uma instância da classe `ColorProcessor`, que é uma extensão da `ImageProcessor`, e retorna os tons de cinza de cada cor ao chamar o método “`getRGB`”. Ao final, os tons de cinza da cor verde são utilizados para criar um novo objeto `ImagePlus`, que é mostrado na tela como uma imagem em uma nova janela.

O diagrama UML de classes relacionado a essa estrutura pode ser encontrado na figura 4.31.

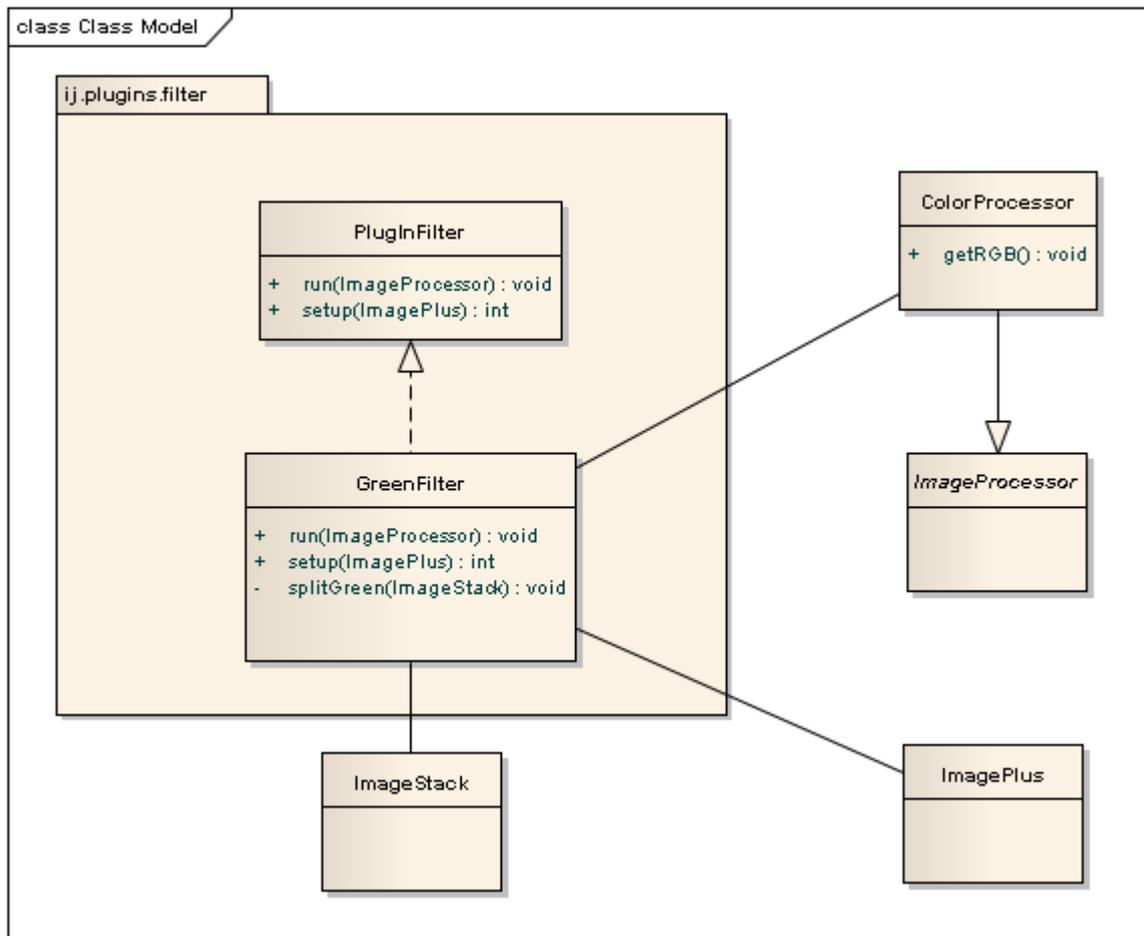


Figura 4.31: Diagrama de classes relacionado a criação do plugin GreenFilter.

#### 4.2.2 Macro Language

Após reparar na dificuldade oferecida para criar as novas funcionalidades, partiu-se para um segundo ponto sugerido pela documentação, que alterava apenas a interface do programa original, sem modificar o kernel dele. Essa solução provou-se extremamente complexa, pois cada modificação exigia uma grande alteração em diversos outros itens devido ao grande acoplamento da interface. Isso impactou negativamente na forma de maior tempo para resposta do programa e em grande esforço para redesenhar qualquer item da interface. Em especial, destaca-se a dificuldade de criar objetos desenhados em tela, pois esses precisam implementar um objeto ROI. Esses objetos são descritos ao longo de várias classes de interface, com muita interdependência, tornando impraticável a criação e teste de sequer uma ferramenta.

Por fim, ao analisar mais profundamente o código do ImageJ, foi possível perceber que a pseudolinguagem utilizada para desenhar e executar itens na barra de ferramentas poderia ser utilizada para implementar as ferramentas desejadas. A pseudolinguagem, chamada de “macro language” é interpretada pelo programa que gera então manipulações de imagens. Essa linguagem é descrita na documentação oficial como uma linguagem para criar chamadas às funções da ferramenta ou plugins. Porém, o que

a documentação falha em citar, é que essa linguagem possui um grande poder de expressão para funções de desenho, e permite a adição de mais expressões através de modificações no kernel do ImageJ.

Com isso em mente, foram desenvolvidas as funcionalidades que estavam sendo feitas como modificações da interface do programa. Dessa maneira, o acoplamento foi reduzido a ponto de serem necessárias apenas três adições ao kernel. O resultado da utilização desse método foi uma ferramenta de baixo acoplamento e facilmente modificável.

A descrição da pseudolinguagem pode ser encontrada no documento “functions.html” dentro do pacote “macros”, e sua implementação no pacote “ij.macro” na classe “Functions.java”. Essa classe implementa as interfaces “measurements” com definições de constantes para identificar medidas e “macroConstants”, com a definição de constantes que identificam cada funcionalidade. Em “Functions.java” cada identificador de uma funcionalidade está atrelado a um método específico de acordo com sua função, sendo elas “doFunction”, “getFunctionValue”, “getStringFunction” e “getArrayFunction”, representando funções que, respectivamente, executam ações, funções que retornam valores numéricos, funções que retornam objetos do tipo string, e funções que retornam arrays.

Nessa classe foram inseridas duas funções, “rotateX” e “rotateY”, que retornam valores inteiros e recebem como parâmetros o ângulo de inclinação e modulo do raio em coordenadas polares. Essas funções retornam a projeção desse raio em coordenadas cartesianas no eixo correspondente a cada função, resultante da aplicação de seno para “rotateY” e cosseno para “rotateX”. Essas extensões da pseudolinguagem são utilizadas para efetuar a rotação das divisões da grade macular.

A barra de ferramentas foi criada em um arquivo texto, que é lido pelo ImageJ e executado de acordo com as funções declaradas em “Functions.java”. Esse arquivo é colocado na pasta “Macros” do diretório de instalação do ImageJ.

O diagrama de classes da “Functions.java”, com alguns de seus métodos, pode ser encontrado na figura 4.32.

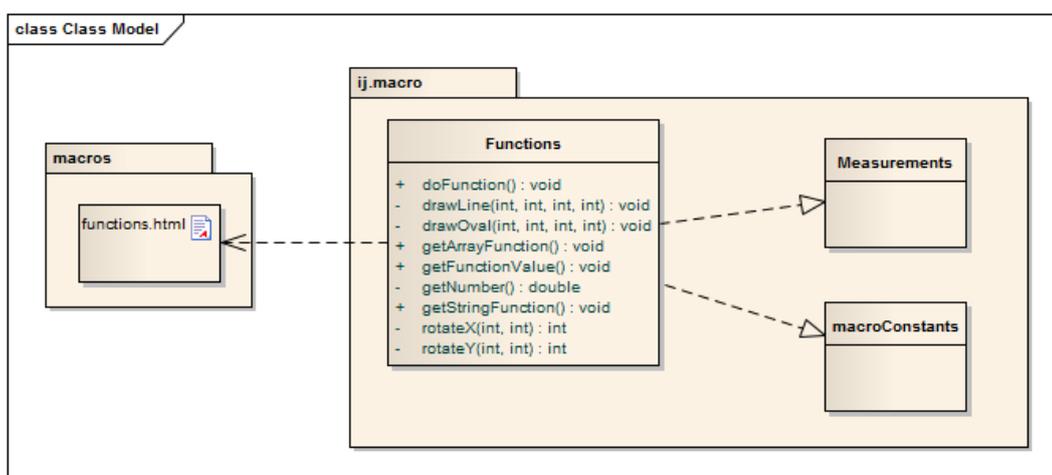


Figura 4.32: Diagrama de classe de Functions.java.

### 4.2.3 Criação de Ferramentas Usando Macro Language

Todas as ferramentas, com exceção do filtro de tons cinza da cor verde, são implementados chamando o método “setupUndo()” que prepara um ponto de restauração para a imagem original, antes de aplicar grades ou filtros. Nesse documento, grades são descritas como “Tool” após seu nome, para identificar que ocorrerá uma ação apenas após o clique sobre a imagem, e filtros são declarados como “Menu Tool” ou “Action Tool” para denotar a sua imediata execução.

As grades são construídas utilizando a função “drawOval” que desenha formas ovais e recebe como parâmetro as coordenadas do topo esquerdo do seu ROI, que são calculadas subtraindo o raio das coordenadas X e Y da posição do clique do mouse, e o diâmetro em relação ao eixo X e ao eixo Y em coordenadas cartesianas, que são iguais para obter um círculo.

Foi criada uma ferramenta de calibração que chama a função “getNumber” que por sua vez abre uma caixa de entrada de dados para a digitação da proporção micra/pixel. O padrão é 4.64 micras por pixel, mas esse valor pode ser alterado utilizando a calibração.

A medida do DD (diâmetro do disco óptico) padrão é de 1500 micra, cuja conversão aproxima-se de 323 pixels. Esse valor é necessário para desenhar as grades Macular e de Disco óptico. Para a grade Macular, é chamada a função “getNumber” para obter o valor digitado da inclinação da grade em graus. Após, é chamada três vezes a função drawOval conforme explicado anteriormente, passando como parâmetro os diâmetros de 0.6DD, 2DD e 4DD e em seguida a função “drawLine” passando como parâmetro as coordenadas relativas ao início e fim de cada reta que divide a grade após aplicação de “rotateX” e “rotateY”. Para a grade de disco óptico, é realizada a mesma construção da grade Macular, porém sem a digitação de ângulo de inclinação, e com os diâmetros de 1DD, 1.5DD e 2DD.

A grade de Lesões é criada utilizando uma caixa de entrada de dados criada utilizando as chamadas “Dialog.create”, “Dialog.addNumber” e “Dialog.addChoice”, para permitir a criação de valores pré-definidos para o tamanho da grade, e deixar um campo que permita entrada de dados especificados pelo usuário. Adicionalmente é chamada apenas uma vez a função “drawOval” que recebe como parâmetro o diâmetro especificado anteriormente.

A ferramenta de inversão de cores, para a criação de um negativo colorido da imagem, é gerado através da chamada da função “Invert”, que detecta o valor máximo e mínimo de cada espectro de cor, e calcula a inversão através da fórmula:

$$\text{COR\_INVERTIDA} = \text{VALOR\_MAX} - (\text{VALOR\_ATUAL} - \text{VALOR\_MIN})$$

A ferramenta de equalização de cores chama a função “Enhance Contrast” passando como argumentos “saturated=0 equalize”, dessa forma aproveitando a ferramenta já existente no ImageJ de aumento da saturação de cores que equaliza cores ao mesmo tempo. Porém, nesse caso não aumentará a saturação, reduzindo o número de cliques do usuário a 1 (originalmente 6), para cada nível de equalização.

## 5 AVALIAÇÃO COM USUÁRIOS

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos após treinamento, utilização e preenchimento de formulário, relacionados à ferramenta.

### 5.1 Treinamento

Foram reunidos cinco profissionais e estudantes de medicina para a apresentação da ferramenta. Nesse momento foi apresentada a ferramenta, como abrir e alternar entre as imagens de retinografia, onde localizam-se as ferramentas e para qual propósito elas servem. A seguir, foi feita uma demonstração utilizando apenas duas imagens de um mesmo olho, sendo uma centrada no disco óptico e outra na mácula. As ferramentas foram apresentadas na seguinte ordem:

1. Grade de disco óptico. Essa grade é utilizada sobre a imagem centrada no disco óptico, para demonstrar a divisão por ela gerada. Dessa é possível caracterizar eventos ou lesões de acordo com sua posição e proximidade;
2. Grade Macular. Essa grade é aplicada sobre a imagem centrada na mácula, rotacionada para seu eixo horizontal apontar aproximadamente para entre as “oito e nove horas” do disco óptico, compensando dessa forma, torção no globo ocular. Sendo então possível identificar lesões de acordo com sua posição na grade;
3. Grade para medidas de lesões. Utilizada sobre o disco óptico, para medir com um tamanho fixo, a cavidade desse. Usada novamente mais tarde para medir lesões encontradas;
4. Utilização do filtro de tons de cinza da cor verde para ressaltar vasos e artérias, e poder avaliar o cruzamento artério-venular e lesões;
5. Demonstração da ferramenta de manipulação de canais de cores;
6. Utilização da ferramenta de equalização de cores para demonstrar seu efeito;
7. Utilização da ferramenta de controle de brilho e contraste, demonstrando os resultados obtidos ao utilizá-la;
8. Utilização do filtro de “negativo” para salientar lesões e artefatos;

## 5.2 Utilização

Após o treinamento, foram fornecidos aos usuários conjuntos de quatro fotos de retinografia, e foi solicitado que cada um utilizasse as ferramentas disponíveis para detecção de lesões e problemas. Esse procedimento foi gravado em vídeo, e ao mesmo tempo foi gerado um log pelo programa. O teste de utilização foi realizado por três estudantes de graduação com interesse em oftalmologia, um estudante de pós-graduação e um professor, ambos com especialização em oftalmologia, sendo o professor, especialista em exame de retinografia. Os participantes são oriundos da faculdade de medicina da UFRGS, sendo as avaliações dos estudantes comparadas posteriormente à avaliação realizada pelo professor, para confirmar os problemas detectados e assinalar os não detectados com auxílio da ferramenta. A figura 5.1 demonstra a utilização da ferramenta.

Cada sessão de teste demorou em torno de 18 minutos, para a avaliação das quatro imagens, e ao final, cada usuário preencheu um questionário conforme o Anexo B, onde fizeram uma avaliação pessoal sobre seus conhecimentos e uso da ferramenta em comparação com experiências prévias.

Todas as imagens utilizadas foram obtidas utilizando um retinógrafo Canon RC1 – Não-Midriático (sem uso de colírio para a dilatação de pupila).

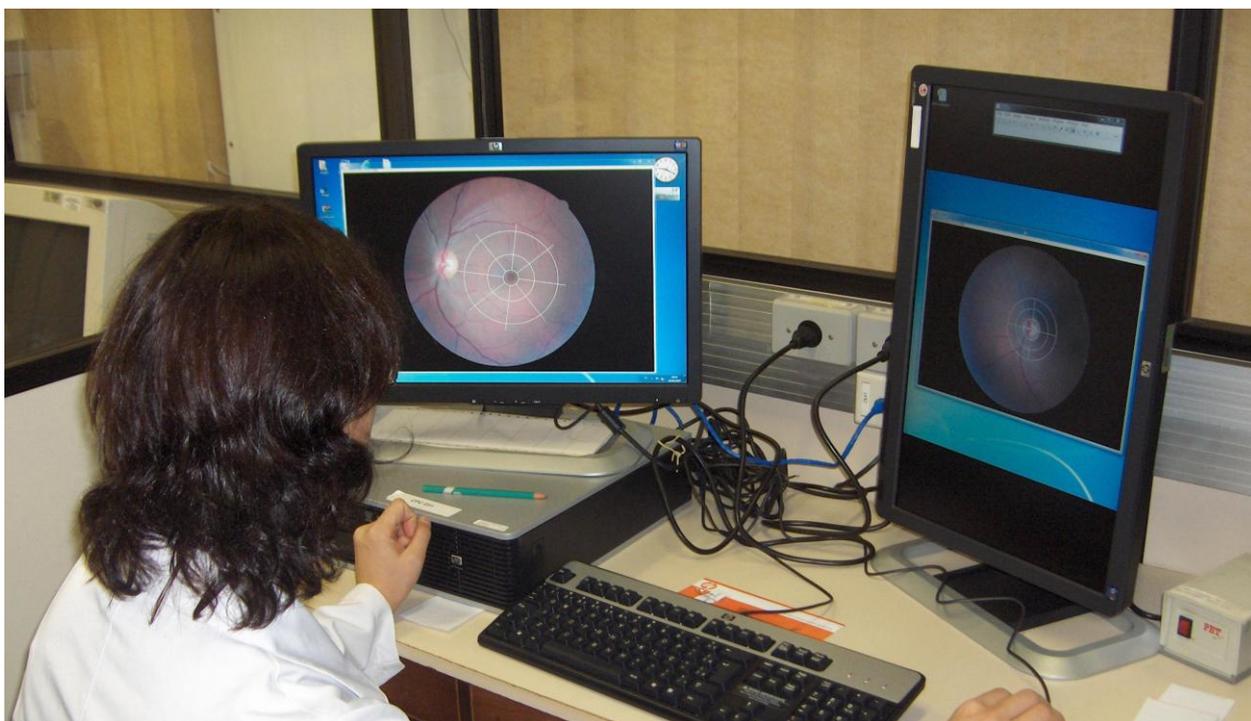


Figura 5.1: Avaliação da ferramenta por usuário.

### 5.3 Resultados observados

Com base no que foi observado presencialmente e posteriormente nos vídeos, foi possível observar que os usuários não seguem o manual informal do Departamento de Oftalmologia e Ciências Visuais da Universidade de Wisconsin que oferece um roteiro para a retinografia, conforme apresentado no documento Anexo A, que propõe a utilização de filtros e grades em uma seqüência pré-determinada. Os usuários aplicam apenas os filtros que julgam necessários para tentar discernir áreas da imagem com suspeita de lesão ou sinais de alerta, que não possa ser conclusivo utilizando a ferramenta de zoom.

A ferramenta de zoom foi a mais utilizada pelos usuários, principalmente considerando que para a maioria deles, esse exame era realizado utilizando apenas o Windows Image Viewer (visualizador padrão de imagens do Windows XP), fazendo que o seu treinamento prévio tenha sido exclusivamente voltado para a detecção de problemas com base em comparação visual e experiência adquirida através de prática. Isso pode ser comprovado pelos logs gerados pelo programa, que apresentam claramente que a ferramenta utilizada a maior parte do tempo para detectar problemas e confirmar lesões foi a ferramenta de zoom, esse utilizado desde 50% do tamanho original da imagem até 600%.

Pode-se reparar também que na maioria dos casos os usuários reduzem demais o zoom, o que gera a necessidade de um novo zoom para melhor visualização das imagens, sendo sugerido por alguns deles, uma trava para não reduzir a imagem mais do que o tamanho mínimo para estar completamente visível na tela. Considerando o uso da ferramenta em telas de 22 polegadas, é um zoom relativo a 35% do tamanho original da imagem (3.888 x 2.592 pixels).

Outro dado levantado a partir dos logs e gravação é o fato de os usuários navegarem pelas imagens de forma diferente entre si, alguns abrem uma imagem de cada vez, enquanto outros abrem aos pares ou todas ao mesmo tempo. Foi sugerido na presença de todos, a inclusão na ferramenta de uma barra de miniaturas para fácil navegação entre as imagens, sem a necessidade de “alt+tab” ou a seleção das imagens na barra de tarefas do sistema operacional, sugestão que foi repetida por todos usuários no preenchimento do formulário. A navegação entre múltiplas imagens mostrou-se a forma mais eficaz de reduzir o número de falso-positivos encontrados por causa de artefatos de câmera (sujeira, ou dano à lente da câmera do retinógrafo).

Uma dúvida que surgiu durante o projeto da ferramenta, foi a forma de entrada do ângulo da grade macular, e após algum debate, foi decidido por razão de simplicidade da implementação, que esse seria digitado, ao invés da rotação livre utilizando o mouse. Os questionários apontaram que apesar disso, todos usuários sentiram familiaridade com o uso dessa ferramenta digitando o ângulo de inclinação, sendo necessárias no máximo três tentativas para estabelecer a posição correta de inclinação. Apesar da familiaridade

com a digitação, em dois formulários foi sugerida como meio alternativo após a angulação inicial da grade, que pudesse ser alterada utilizando rotação com o mouse.

Dentre os filtros utilizados, pode-se ver apenas um uso exploratório dos filtros por canais de cores, sendo utilizado em geral apenas na primeira foto e em seguida descartado, e passado a utilizar-se preferencialmente o filtro de tons de cinza da cor verde. Ferramenta essa muito elogiada por oferecer melhor visualização dos cruzamentos artérios-venulares e melhor definição das paredes dos vasos apresentados. Foi observado a utilização da ferramenta de contraste, sendo seu aumento o único que produz resultados interessantes para fundo de olhos muito claros, por acentuar lesões e estruturas de interesse. Ambas ferramentas também serviram para a detecção de alteração na pigmentação da retina e da mácula por processo degenerativo.

As ferramentas de grade de disco óptico e grade macular foram utilizadas para classificar as lesões encontradas pela posição em relação às arcadas de vasos que se iniciam no disco óptico, o que por experiência dos usuários, poderia ser feito sem essas ferramentas. Também foram utilizadas para caracterizar crescentes em torno do disco óptico, e gravidade de lesões próximas à mácula, nesse ponto demonstrando sua utilidade, por permitir uma medição mais precisa da distância dessas estruturas.

A ferramenta de medida de lesão mostrou-se muito versátil por sua flexibilidade de digitação de qualquer tamanho desejado, o que permite ser utilizada para medição de diversos tipos de lesão de forma precisa, assim como a medição da escavação do disco óptico, que graças à medida precisa, pode determinar a formação de glaucoma.

Todos usuários demonstraram grande satisfação e conforto na utilização da ferramenta, passando a utilizá-la com confiança após um breve treinamento que durou em torno de 10 minutos. Os resultados obtidos com o uso da ferramenta foram muito próximos ao do especialista com diversas estruturas, artefatos e lesões encontradas em comum com as mesmas ferramentas, e os que não foram encontrados, ou surgiram dúvidas em relação à classificação de problemas, foram atribuídos à falta de experiência na avaliação de exames dessa natureza, mas acredita-se que em pouco tempo possa ser revertido.

Dentre as estruturas encontradas durante a avaliação da ferramenta por usuários, podemos destacar a degeneração em torno do disco óptico em forma de crescente (figura 5.2 e 5.3), e a degeneração da pigmentação da mácula (5.4 e 5.5). Um item que foi identificado apenas pelo especialista é a descoloração da retina, indicado nas figuras 5.6 e 5.7. Foram também identificadas drusas (agrupamento) de lesões (indicadas na figura 5.8), mas como estão afastadas da mácula, não apresentam risco à visão, mas ainda assim, servem como sinais de alerta. O estreitamento de vasos devido a cruzamento artério-venular (indicado na figura 5.9) gerou dúvidas entre alguns usuários, e foi atribuído à falta de experiência.

Os artefatos encontrados podem ser visualizados nas figuras 5.10, 5.11 e 5.12, apesar de em alguns casos o artefato indicado na figura 5.13 ter gerado dúvida nos usuários, sobre o fato de ser uma descoloração ou um artefato. Outro artefato que gerou dúvidas é o indicado na figura 5.14, mas comparando com o outro olho desse mesmo participante (figura 5.15), pode-se notar que não são lesões.

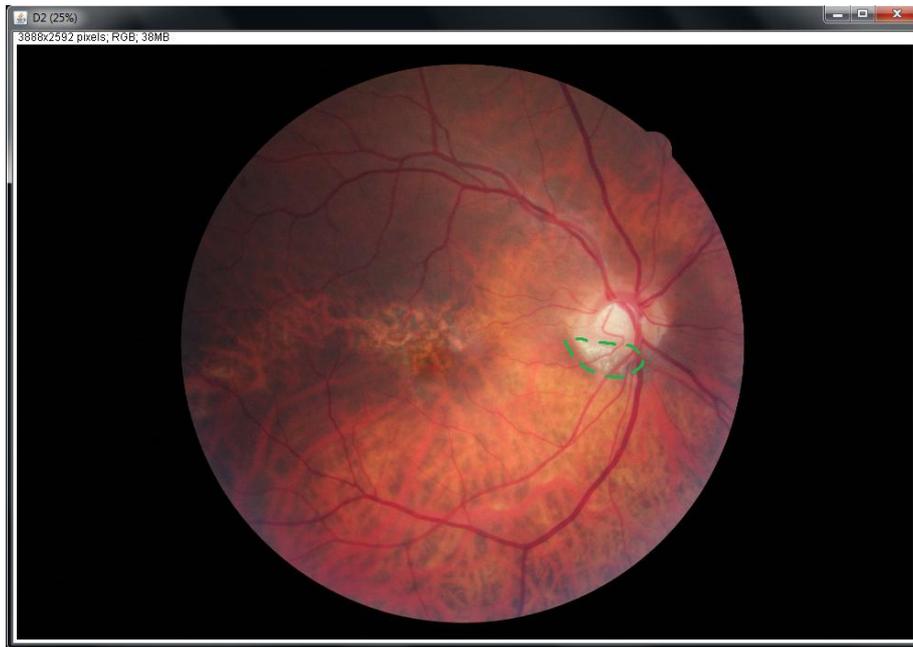


Figura 5.2: Degeneração em forma de crescente em torno do disco óptico.

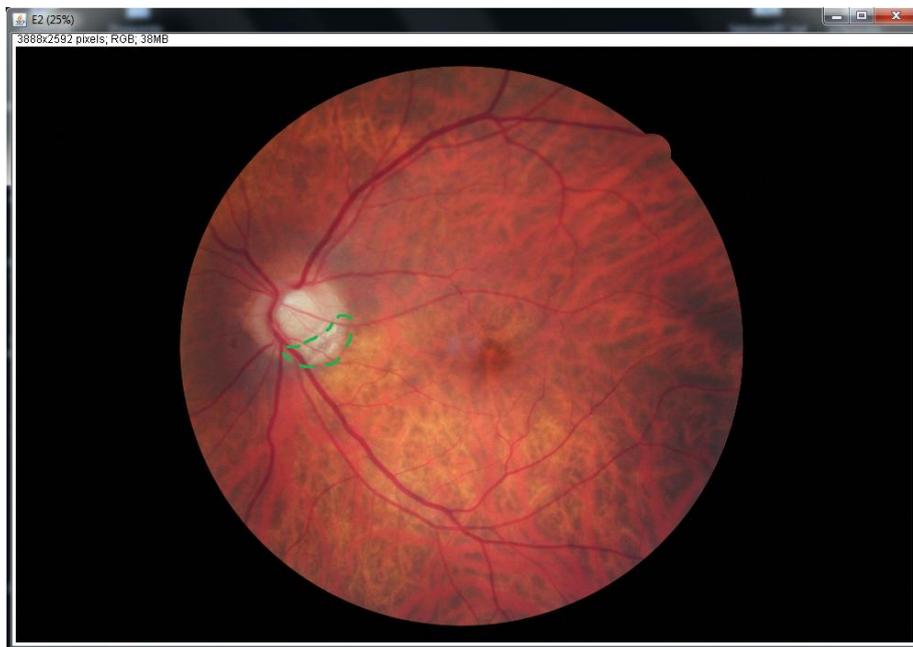


Figura 5.3: Degeneração em forma de crescente em torno do disco óptico.

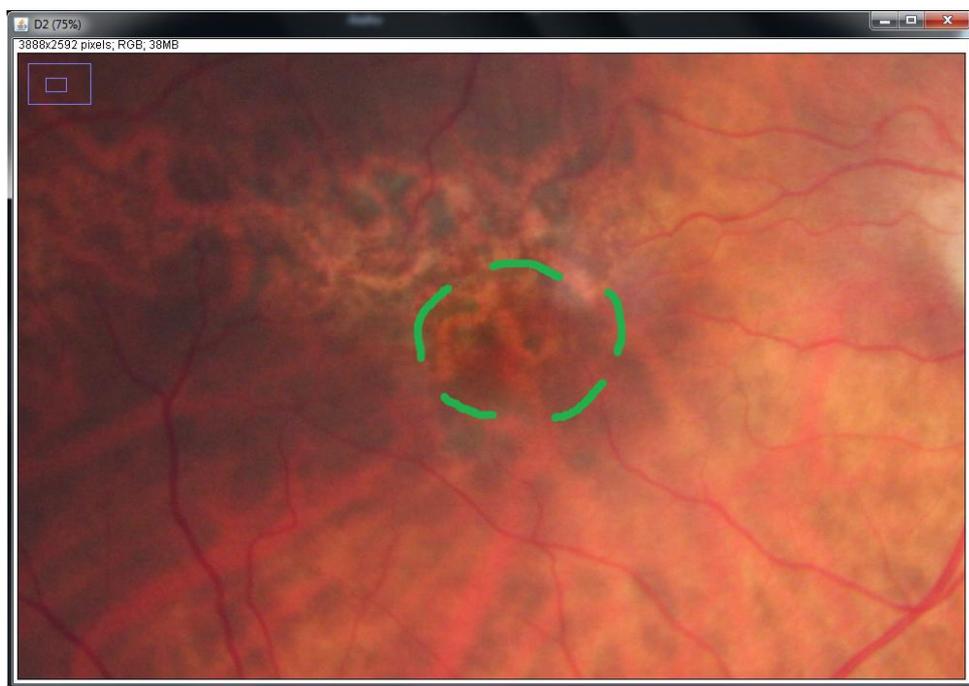


Figura 5.4: Degeneração da pigmentação da mácula.

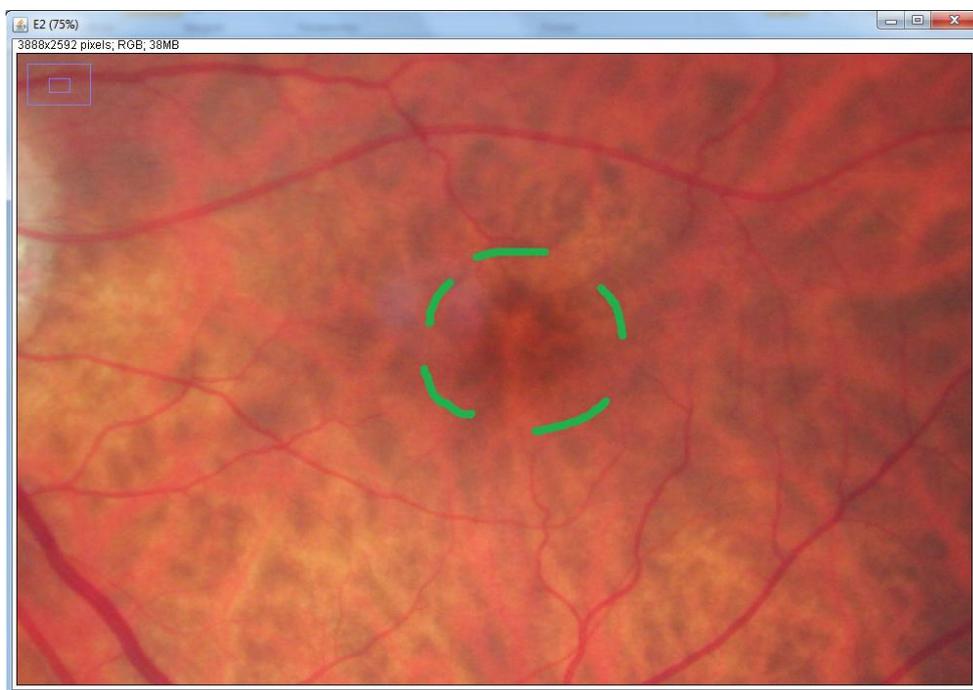


Figura 5.5: Degeneração da pigmentação da mácula.



Figura 5.6: Degeneração da pigmentação da retina.



Figura 5.7: Degeneração da pigmentação da retina

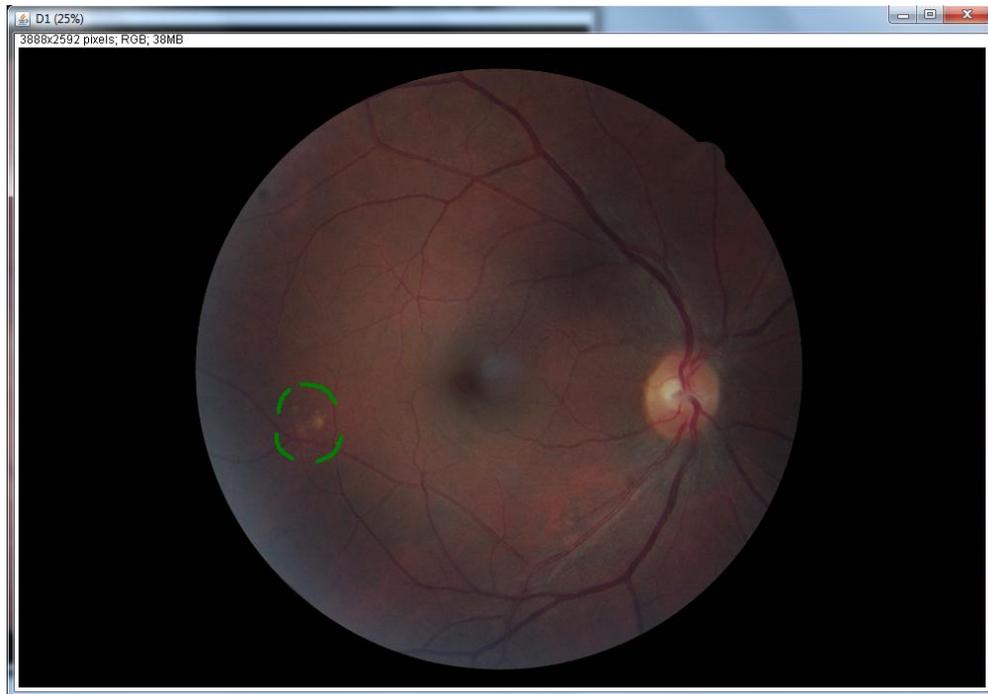


Figura 5.8: Indicação de drusas.



Figura 5.9: Estreitamento de vaso por cruzamento.



Figura 5.10: Artefato de câmera.

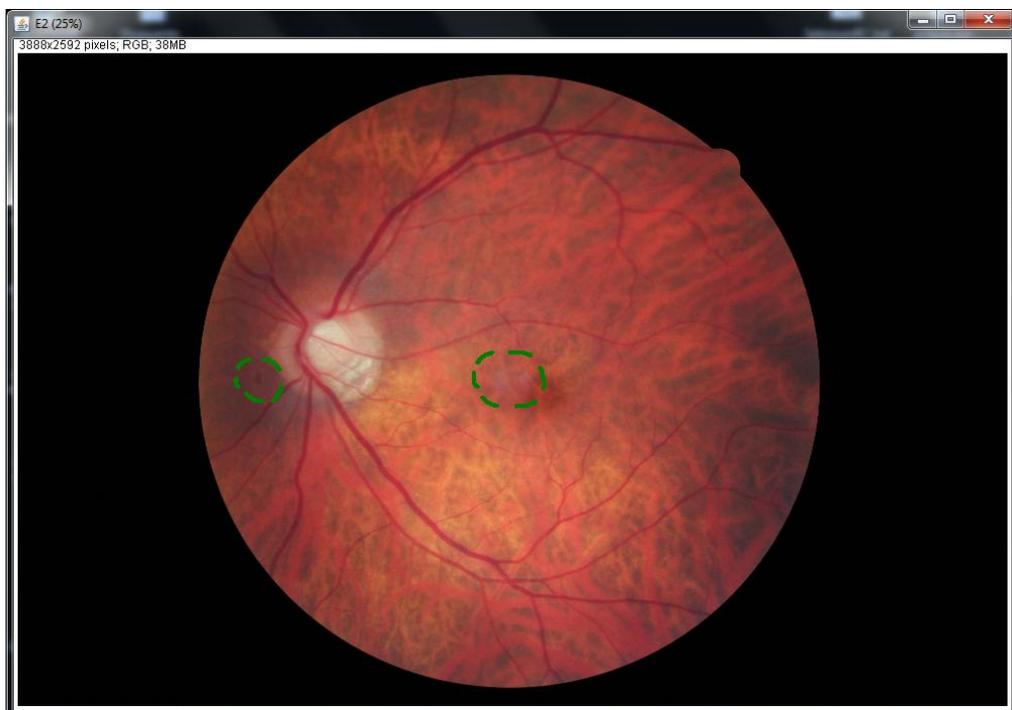


Figura 5.11: Artefatos de câmera.

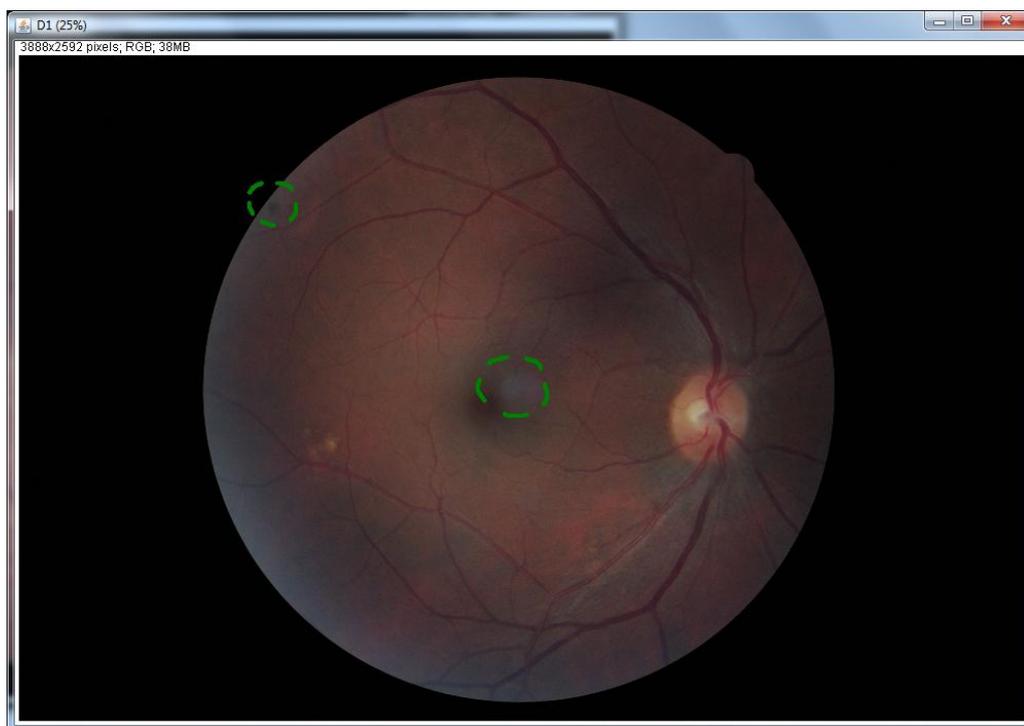


Figura 5.12: Artefatos de câmera.



Figura 5.13: Artefato de câmera que gerou dúvidas sobre ser despigmentação.

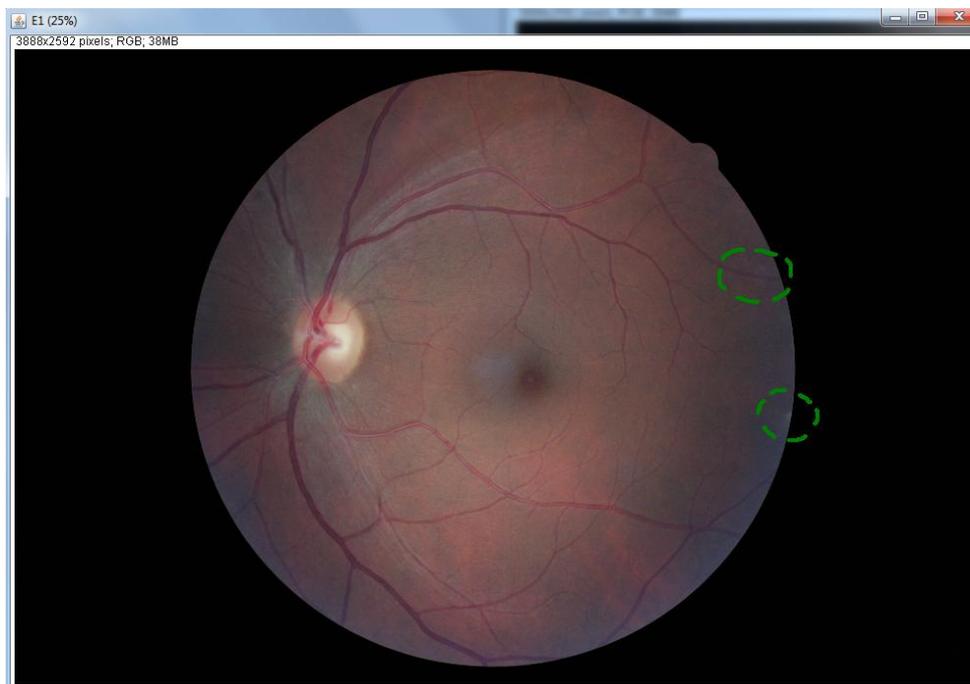


Figura 5.14: Artefatos que geraram dúvida sobre serem lesões.



Figura 5.15: Comparação de fotos do mesmo olho para esclarecer dúvidas sobre artefatos.



## 6 CONCLUSÃO

A ferramenta desenvolvida ao longo deste trabalho foi desenvolvida e implantada em dois computadores de um laboratório de pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, e está em uso para a avaliação de exames de retinografia desde o dia quinze de junho de 2010.

As alterações realizadas no kernel do programa foram encaminhadas ao repositório do código fonte do ImageJ na expectativa de serem incorporados definitivamente à versão oficial da ferramenta, não sendo necessário considerar a ferramenta desenvolvida para fins de retinografia, como um “branch”, se publicados em versões futuras.

Duas questões de interação foram levantadas, relacionadas à manipulação da grade de Lesões e à grade Macular. Quanto à grade Macular, a questão era como modificar a inclinação da grade. As duas opções sugeridas foram: fixar a grade na imagem, e com o botão esquerdo do mouse, clicando na ponta de uma aresta, poder arrastar a aresta para a inclinação desejada; digitar a inclinação da grade antes de desenhar a grade. Em relação à grade de Lesões, foi sugerida a digitação do diâmetro da grade, possibilitando alguns tamanhos pré-fixados na mesma caixa de entrada de dados; e também foi sugerida a possibilidade de arrastar a borda da grade para aumentar ou diminuir o tamanho dessa. Em ambos os casos foi preferida a digitação dos valores visando a simplicidade da implementação, permitindo uma redução de tempo gasto nessas tarefas. Outro ponto que reforça essa decisão é a precisão concedida aos usuários através da digitação de valores exatos. A validação por usuários demonstrou que essa questão de interação não afetou diretamente o desempenho da ferramenta, mas como futuras modificações foi sugerida a possibilidade de interagir de outras maneiras com essas duas funcionalidades.

Algumas decisões de projeto foram tomadas seguindo o padrão estabelecido pelo Departamento de Oftalmologia e Ciências Visuais da Universidade de Wisconsin, que é referência internacional para exame de retinografia. Dentre essas, destaca-se os tamanhos das grades, assim como os tamanhos pré-fixados para a ferramenta de identificação de lesões. Apesar disso, observou-se nos testes com os usuários uma familiaridade muito grande em questões de interação que foram questionadas durante o projeto, como por exemplo, a digitação da inclinação da grade macular em ângulos ao invés do usuário rotacioná-la diretamente. Também foram levantadas questões sobre a interação com diversas imagens simultaneamente, sendo sugerido uma forma mais simples de acessá-las, através de miniaturas.

Além disso, foram sugeridas mudanças para melhor gerenciamento de imagens. Uma sugestão para alteração futura dessa ferramenta é a sua integração diretamente com um servidor de imagens no padrão DICOM. Isso possibilitará a avaliação de imagens pela rede, sem a necessidade de gravar em disco conjuntos de imagens que variam de 120 a 160 Mb cada. Para esse fim é necessário um estudo para projetar uma arquitetura distribuída de servidores de imagens, para utilização em larga escala sem sobrecarga da rede. Outro ponto a ser estudado é a utilização de repositórios de interesse em servidores locais, para reduzir tráfego em horário de utilização intensa.

## REFERÊNCIAS

WANG, J. J.; FORAN, S.; SMITH, W.; MITCHELL, P. Risk of Age-Related Macular Degeneration in Eyes With Macular Drusen or Hyperpigmentation. **Archives of Ophthalmology – American Medical Association**, Chicago, Illinois, USA. Arch Ophthalmol. 2003;121:658-663, 2003. Disponível em: <http://archophth.ama-assn.org/cgi/reprint/121/5/658.pdf>. Acesso em: jun. 2010.

DATASUS. Produção Ambulatorial do SUS – Brasil – Ministério da Saúde/DATASUS – Departamento de Informática do SUS. Brasília, Distrito Federal, Brasil, 2010. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sia/cnv/qgbr.def>. Acesso em: jun. 2010.

imageSpectrum Review – Canon Medical Systems, Lake Success, New York, USA, 2009. Disponível em: [http://www.usa.canon.com/html/industrial\\_medeq/ispectrum.html](http://www.usa.canon.com/html/industrial_medeq/ispectrum.html). Acesso em mai. 2009.

EyeQ Overview – Canon Medical Systems, Lake Success, New York, USA. Disponível em: [http://www.usa.canon.com/html/industrial\\_medeq/eyeq.html](http://www.usa.canon.com/html/industrial_medeq/eyeq.html). Acesso em jun. 2010.

EyeQ Overview – Topcon Medical Systems, Oakland, New Jersey, USA. Disponível em: <http://www.topconmedical.com/products/imagenetlite.htm>. Acesso em jun. 2010.

SHAH et al. Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus Volume 13, Issue 5, October 2009, Pages 504-506. Disponível em: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6WH5-4XGB99C-J&\\_user=685977&\\_coverDate=10/31/2009&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&\\_view=c&\\_acct=C000037098&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=685977&\\_md5=33c27b1029ff53084fb4c5d7ba748e5d](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WH5-4XGB99C-J&_user=685977&_coverDate=10/31/2009&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_acct=C000037098&_version=1&_urlVersion=0&_userid=685977&_md5=33c27b1029ff53084fb4c5d7ba748e5d). Acesso em jun. 2010.

TREVISAN, D.G.; NICOLAS, V.; MACQ, B.; NEDEL, L.P. Medical Studio: a medical component-based framework. VII Workshop de Informática Médica, sl, 2007. Disponível em <http://www.medicalstudio.org/papers/wim07.pdf>. Acesso em jun. 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 12052-2006**: Health informatics – Digital imaging and communication in medicine (DICOM). [S.l.:s.n].



## **ANEXO A: PROTOCOLO DE LEITURA DE RETINOGRAFIA (TRADUÇÃO LIVRE)**

### **ELSA**

#### **PROTOCOLO DE LEITURA DE RETINOGRAFIAS DIGITAIS**

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Objetivos**

O objetivo de ler e graduar retinografias digitais obtidas em participantes do estudo ELSA é detectar e quantificar anormalidades hipertensivas e diabéticas da vascularização da retina, além de outras anormalidades como degeneração macular associada à idade e oclusões vasculares. Os dados obtidos dessas leituras serão analisados em conjunto com outros dados do ELSA. As retinografias serão avaliadas em modo semi-quantitativo, por um leitor orientado por uma planilha digital customizada, o programa de imagens para retinografia EyeQ Lite (um banco de dados de processamento, manipulação e arquivo de imagens), e um monitor de computador. Entre as características avaliadas estão o estreitamento arteriolar focal, anormalidades de cruzamentos arteriolo-venulares (AV), lesões de retinopatia hipertensiva e diabética e sua classificação, degeneração macular relacionada à idade (DMRI) e outras anormalidades vasculares ou da própria retina. Estreitamento difuso arteriolar da retina será avaliado separadamente através de um ou dois sistemas semi-automáticos de medida da largura dos vasos, descritos nos manuais do IVAN e do Microdensitométrico do HCPA.

### **1.2 Justificativa**

O principal objetivo de avaliar anormalidades da vascularização da retina associadas a hipertensão arterial ou aterosclerose é explorar suas relações com outros fatores de risco ou eventos cardiovasculares. É possível que alterações nos vasos da retina deem informações adicionais sobre o estado de pequenos vasos sanguíneos, como duração e gravidade da exposição à hipertensão arterial, grau de dano estrutural, além daquelas obtidas através das medidas usuais de pressão

arterial, particularmente em indivíduos sob uso de anti-hipertensivos. Como a retina pode ser examinada de maneira não-invasiva, a retinografia pode ser um modo prático de identificar fatores de risco para doenças cardiovasculares, disfunção cognitiva, doença renal e outras condições sistêmicas ou oculares associadas a doença microvascular.

### 1.3 Base Teórica

Anormalidades da retina tem sido associada a hipertensão arterial, aterosclerose e diabetes por muitas décadas. Recentemente, Freeman and Sperduto<sup>1</sup> revisaram a classificação de sinais oculares e avaliaram seus papéis para futuras pesquisas. Remarcaram que estreitamento arteriolar focal e alterações de cruzamentos AV estão entre os sinais referenciais para definição e classificação de retinopatia hipertensiva desde a proposta de Keith, Wagener, and Barker<sup>2,3,4</sup>. Mais tarde, Sheie<sup>5</sup>, Leishman<sup>6</sup>, e Evelyn<sup>7</sup> também sugeriram classificações de retinopatia hipertensiva que incluíram várias anormalidades em comum. Como Freeman and Sperduto<sup>1</sup> observaram, estreitamentos focais e cruzamentos AV anormais tem sido associados a hipertensão e outros eventos clínicos em vários estudos. Outras modificações, particularmente aquelas que caracterizam a retinopatia hipertensiva como "maligna" ou "fulminante", mesmo importantes, tem sido observadas com menor frequência devido a um melhor controle da pressão arterial na população de hipertensos.

## 2 EQUIPAMENTO E MATERIAIS

### 2.1 Adquirindo imagens digitais

Duas retinografias digitais de 45° (campo mácula e campo disco) de cada olho serão registradas em participantes do estudo ELSA, através do retinógrafo não-midriático Canon CR-DGi, equipado com uma câmera fotográfica digital **D60 (6.3 megapixels)**. O campo disco é centrado no disco óptico e o campo mácula é centrado na fóvea, proporcionando documentação fotográfica do disco óptico, da mácula e de áreas substanciais das arcadas vasculares temporais.

### 2.2 Revisão das retinografias digitais

O leitor avaliará cada retinografia digital através de um monitor de alta resolução, empregando o programa de imagens EyeQ Lite, e seguindo as diretrizes do protocolo de leitura e dos modelos e exemplos de imagens para detectar anormalidades da retina. A leitura será registrada **diretamente em uma base de dados informatizada**. Os seguintes equipamentos serão usados no processo de leitura:

- (b) Um PC com processador mínimo de 900 Mghz, Windows 2000 ou XP com 256 MB de RAM, placa de vídeo (recomendada ATI Radeon All-in-

- Wonder card) e um monitor “dual”.
- (b) O monitor primário de 21”, ajustado com resolução de 1600 X 1200, com 32 bits de cor, calibrado através do programa Verilum;
  - (c) O monitor secundário, no mínimo um LCD de 15”, ajustado em resolução de 1024 X 768 (configuração desse monitor não é tão crítica quanto o monitor que exibirá as imagens);
  - (d) O programa de processamento de imagens EyeQ Lite (Digital Healthcare), versão 4.8 ou superior;
  - (e) Banco de dados ELSA, um programa especialmente elaborado para acesso em rede on-line, com uma série de telas ou janelas de coletas de dados.

### 3 USANDO O PROGRAMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS

#### 3.1 Logging In

Para acessar o EyeQ Lite, o leitor clicará duas vezes sobre o ícone do programa na área de trabalho do computador. Após, digitará o seu nome de usuário e senha nos campos indicados. Clicar em **OK**.

#### 3.2 Selecionar imagens de um participante (patient visit)

A primeira tela exibida será **Identify a Patient**. O leitor deverá digitar **ID** do estudo e clicará em **Next**. No menu **Patient Found in Database**, o banco de dados do programa exibirá a lista dos participantes desse estudo (**Patients Visit**) e as respectivas datas das retinografias. No ELSA, essa lista deverá exibir apenas uma visita por participante. Aplicar um duplo clique sobre o nome desejado. Aparecerá um outro menu chamado **Select Visit/Study**. Novo duplo clique sobre a visita a ser avaliada. Surgirá um conjunto de retinografias ou “tira de contato” (**contact strip**) com 4 ou mais imagens. Essa **contact strip** deve conter os campos disco e mácula de ambos os olhos. Excepcionalmente, imagens adicionais poderão estar presentes.

Para selecionar uma retinografia a partir da **contact strip**, clicar com o botão direito sobre a imagem, tornando-a maior “**full size**” (outra maneira é clicar com botão esquerdo, que produzirá uma moldura roxa em torno da imagem, e clicar em **view image** no menu da barra lateral). Observação: o título do menu da barra lateral é útil para lembrar a navegação no programa.

#### 3.3 Ferramentas de manipulação de imagens

O programa EyeQ Lite propicia muitas maneiras de trabalhar a imagem. Mudanças de magnificação e contraste, multiplicação da imagem separada nos 3 canais de cores

verde, vermelho e azul estão entre os recursos mais utilizados. Uma descrição mais detalhada sobre todos os recursos desse programa é encontrada em seu manual.

A rotina de manipulação que será realizada em todas as retinografias do estudo ELSA, antes das medidas, está listada na ordem abaixo. Depois de cada rotina, a imagem deve retornar ao seu padrão original antes de iniciar a próxima manipulação. A qualquer momento que o leitor perceber uma alteração suspeita, ele deve executar os procedimentos de **zoom in/out**, **darken/lighten** na área comprometida.

**Zoom In (ou Zoom Out):** magnifica a retinografia inteira. Magnificação de 2x é o recomendado para a maioria dos casos (disponível no menu **View Image**). Para magnificar uma área específica da retina (para um exame mais detalhado de vasos da retina, ou lesões suspeitas ou mudanças de coloração da retina) o leitor deve apertar continuamente o botão esquerdo do mouse enquanto passeia pela imagem: uma lupa de maior aumento é destacada enquanto mantém o botão apertado. Isso pode ser aplicado mesmo quando o zoom está no máximo. O zoom também pode ser ativado através do botão de deslizamento (scrolling wheel) do mouse.

**Lighten (ou darken):** Essa opção é disponível somente no menu de contraste e útil quando uma retinografia está muito clara ou escura. Um ou dois cliques, em ambos sentidos, são suficientes para melhorar a visualização de imagens com problemas de iluminação.

Passos da manipulação para todas as imagens:

1. **Zoom in** (*lighten/darken/stretch* quando necessário)
2. **Red-Free** (ou 3 RGB) (*stretch lighten/darken* quando necessário)

*Passos opcionais se os itens acima demandarem mais manipulações*

3. **Equalize Histogram** (equalizar histograma)
4. **Invert image** (inverter imagem)
5. **Median  $\geq 128$**

#### Menu View Image

1. Opção **Red-free** ou **RGB color**: toda a imagem será exibida no canal verde. O leitor selecionará **Zoom In /Out**, magnificará uma dada área com o botão esquerdo do mouse, e escaneará toda a retinografia. Após a magnificação, o leitor deve acionar o submenu **Contrast**, seguido de **Lighten** (ou **darken**), e/ou **Stretch** para outra visualização. Sugere-se que a imagem seja manipulada no máximo duas vezes. Para retornar a imagem a sua exibição anterior, clique **Undo** (desfaz a última manipulação). Em vez de selecionar a opção **Red-free**, o leitor pode examinar todos os canais de cor selecionando **RGB**. Isso exibirá uma montagem da imagem colorida e cada um dos seus componentes de cor.

As imagens em cores distintas podem ser salvas separadamente na **Contact strip** para manipulações adicionais ou novas medidas, ou a montagem inteira pode ser salva em uma única imagem na **Contact Strip**. Esse modo de salvar é apenas temporário, sendo resgatável somente enquanto o leitor mantém aberto o arquivo desse paciente. Essa montagem dos 3 canais de cores é útil para exame de áreas com superexposição no canal vermelho, entre outras coisas.

### Menu Contrast

Esse menu oferece outras opções para otimizar o contraste da retinografia. Todas as manipulações são temporárias e não serão incorporadas na retinografia do estudo. Se o leitor desejar restaurar a imagem à sua condição inicial, deve clicar em **Undo**. Se o leitor desejar manipulações ou medidas adicionais não disponíveis no menu **Contrast**, clicará em **Quit and Store**. Isso retornará a imagem manipulada para a tira de contato (**contact strip**). Quando o leitor finaliza os procedimentos nesse participante, as imagens da tira de contato retornarão a sua condição original.

2. *Equalize histogram*: Essa função analisa a distribuição de níveis e os redistribui o mais simétrico possível dentro de uma faixa de 0 a 255 em todos os 3 canais de cores. Os valores de pixels são modificados de modo que um número equivalente de pixels tenha cada um dos níveis possíveis. Assim, detalhes em áreas muito claras, onde há muitos pixels em nível similar de brilho, são observadas mais facilmente. Mesmo que essa função troque dramaticamente a cor da imagem quando combinada com **Lighten/Darken**, é muito útil para detectar pequenas anormalidades de coloração da retina, drusas ou microaneurismas.
3. *Invert image*: Essa função altera cada um dos pixels de modo que seu nível de cinza (grey-level) inicialmente G, torna-se 255-G. Isso inverte a escala de cinza ou, no caso de imagem colorida, inverte cada um dos canais de cores. A operação ocorre sobre a janela selecionada no menu de processamento. Se a faixa de opções está no menu e os limites mostrados nessa faixa não são 0 e 255, o contraste é invertido linearmente dentro da faixa mais estreita. Pixels com níveis de cinza menores do que o limite inferior dessa faixa são todos ajustados para 255. Pixels com o nível de cinza maior que o máximo da faixa são ajustados para zero.
4. *Median ->128*: Essa opção determina o nível médio de cinza. Calibra os níveis de cinza de modo que pixels no valor médio obtém um valor de 128 (meio caminho entre 0 e 255).

### Menu da Contact Strip

### Grades e Ferramentas de Leitura

Após finalizar a rotina de manipulação nas retinografias de cada olho, o leitor está pronto para realizar mensurações empregando as grades **Macular Grid**, **Neovascular** ou **Optic Nerve Grid** e **Measure Lesions** disponíveis no menu **View Image** sob **Grading Tools**. *Qualquer medida só pode ser realizada na imagem colorida original ou na imagem **red free**. **Stretching**, **Lightening/Darkening** e **Zoom In/Out** são as únicas manipulações aceitáveis durante a sessão de medidas. Mensurações não são executadas em outros tipos de manipulação de imagem.*

Antes de qualquer medida, o leitor deve confirmar se a calibração do diâmetro de disco óptico está correta. Para isso, o leitor seleciona a opção **Grading Tools**, e confirma que **Measure disc diameter** seja 346.7 (o número padrão de pixels para o diâmetro de disco óptico) para a câmera Canon D60. Para a câmera Canon D30 o diâmetro de disco padrão será 243.8 pixels. Se outro número for mostrado, o leitor deve selecionar **Enter disc diameter pixels**, registrar o valor correto e clicar **OK**.

Duas grades são disponíveis para áreas de medida. Essas grades foram desenvolvidas para imagens de 45° obtidas com retinógrafos Canon, e basearam-se no diâmetro de um disco óptico médio calculado a partir de retinografias obtidas de um mesmo olho de uma série de pacientes em equipamento Zeiss de 30°, comparando-os com as retinografias dos mesmos indivíduos obtidas em equipamento Canon de 45°, com redução apropriada considerando-se o diâmetro padrão de disco para fotografias Zeiss de 30°.

*Neovascular ou Optic Nerve Grid:* A primeira grade é a **optic nerve grid**. Essa grade será usada para graduação de neovasos no disco óptico e para definir os 4 quadrantes para avaliação de estreitamento arteriolar focal e cruzamentos. A grade consiste em 3 círculos concêntricos, centrados no disco óptico e quatro meridianos localizados às 12:00, 3:00, 6:00 e 9:00 horas. O círculo mais interno se sobrepõe às margens do disco óptico assumindo um tamanho médio de disco (diâmetro = 1 DD ou 1 diâmetro de disco; raio = 1/2 DD); o segundo círculo demarca a zona que vai da margem do disco até 1/2 DD de distância, denominada de Zona A; e o círculo mais externo demarca a zona que vai de 1/2 DD a 1 DD de distância da margem do disco, denominada de Zona B. Os quatro meridianos vão desde a borda interna da Zona A até a borda externa da Zona B e demarcam os 4 quadrantes nomeados de acordo com relação ao pólo posterior da retina. Iniciando pelo quadrante superior esquerdo e no sentido do relógio, os quadrantes do olho direito são superior temporal, superior nasal, inferior nasal e inferior temporal; no olho esquerdo são superior nasal, superior temporal, inferior temporal e inferior nasal.

*Macular Grid:* A segunda grade empregada é a grade macular - **macular grid**. Essa grade será colocada sobre o centro da mácula para definir a região de avaliação da Degeneração Macular Associada à Idade (DMRI) e para avaliação do Edema Macular Clinicamente Significativo (EMCS). Consiste em 3 círculos concêntricos com diâmetros de 1000 micras (.6666 DD), 2 DD e 4 DD.

Tem 4 linhas radiais a partir do círculo central nas posições de 1:30, 4:30, 7:30 e 10:30 horas. O leitor clicará no botão esquerdo do mouse enquanto posiciona a grade no centro da fóvea, então solta o botão para a grade se fixar sobre a imagem. Uma vez centrada, as coordenadas X e Y do ponto central, ou da fóvea, deverão ser gravadas para futuras colocações da grade. Uma vez colocada sobre a retinografia, a grade pode ser inclinada ou ajustada usando **Meridian angle 0 degrees**.

*Meridian angle 0 degrees.* Essa opção ajusta a inclinação da grade macular. Clique esquerdo seleciona a posição onde a linha horizontal cruzará o disco óptico (olho direito próximo às 7:30 horas e olho esquerdo às 4:30 horas na margem do disco óptico). Essa coordenada X e Y do primeiro ponto também será gravada para futuros posicionamentos. Para o segundo ponto, ajustar nas coordenadas X e Y salvas no centro da grade macular anterior. A grade deverá rotar para a posição correta.

*Measure lesions.* Essa ferramenta de medida é usada primariamente para medir áreas e tamanho de drusas. O leitor pode medir lesões usando os círculos de tamanho que variam de Co (cerca de 63 micras de diâmetro) a 1 DA/DD (1 círculo de 1500 micras de diâmetro). Clique direito no mouse aumenta o tamanho, clique esquerdo reduz o tamanho do círculo. O botão central de deslizamento do mouse aciona o Zomm In/Out durante as medidas.

#### 4 REGRAS E PROCEDIMENTOS DE LEITURA

Todos os conjuntos de imagens dos participantes são arquivados em listas seqüenciais de leituras, sendo 5 participantes por lista a medida em que os arquivos são recebidos no Centro de Leitura. Ao iniciar uma sessão de leitura, o leitor seleciona uma lista de leitura a partir das listas de acompanhamento dos coordenadores de leitura do ELSA. Após a conclusão da sessão, o leitor registra suas iniciais e a data na página de acompanhamento e envia a lista para a cesta designada para as listas completas.

Leitores de retinografias do Centro de Leitura usam as seguintes convenções na avaliação da presença de anormalidades e sua gravidade:

a) *Nenhuma* é usada para indicar que a lesão é ausente. Se existe algum indício de presença da lesão, mas o leitor está menos de 50% certo sobre a possível presença da lesão, então a classificação final para essa lesão será nenhuma ou ausente.

b) *Questionável* é usada para indicar a possível presença de uma lesão, se o leitor estiver mais de 50% e menos de 90% certo de que a lesão esteja presente.

Colocado de outra forma, se o leitor acha que a lesão está presente, mas está duvidoso de que todos os outros leitores concordariam, a lesão é considerada questionável. Outra condição é quando uma anormalidade está presente, mas o leitor não a identifica com certeza. Então o leitor assinalará questionável para a lesão considerada como a mais provável e responderá nenhuma ou ausente para a lesão considerada como menos provável.

c) *Definida* ou *Presente* indica a presença certa e definida de uma lesão se o leitor está 90% ou mais certo de que a lesão esteja presente.

d) Em questões com vários códigos para a presença definitiva de uma lesão, pode haver várias etapas para indicar sua gravidade crescente. Os termos gerais de classificação crescente de gravidade serão leve, moderada e grave. Em certos casos poderão ser utilizados números, comprimento ou área comprometida em relação a retinografias padrão para definir a gravidade de lesões.

e) *Ilegível* é empregado para indicar que uma lesão não pode ser avaliada e classificada devido à má qualidade fotográfica ou condições que provoquem confusão. Em geral, se nenhuma sinal de determinada lesão é visualizada e mais de 50% da área de mensuração (subcampo, quadrante, etc) está obscurecida, o leitor selecionará ilegível em vez de nenhuma. Ilegível também é utilizado quando a área de avaliação está presente na retinografia, mas limitada de maneira que impede a identificação de características típicas da lesão. Para estreitamentos focais nos quadrantes, no mínimo 1 1/2 DD do comprimento total das arteríolas deve estar visível naquele quadrante. Se nenhuma anormalidade é detectada e menos de 1 1/2 DD do comprimento das arteríolas aparece naquele quadrante, o leitor seleciona ilegível como a resposta adequada. Ao avaliar cruzamentos AV anormais, se nenhuma arteríola cruzar sobre uma vênula (só vênulas cruzam sobre arteríolas), então Nenhuma será a resposta correta.

Se uma lesão específica pode ser bem identificada em alguma área do campo, deve ser classificada como tal mesmo que o restante do campo esteja ilegível.

f) Lesões ocupando mais de um quadrante são assinaladas como presentes em cada um dos quadrantes e o número, comprimento ou área envolvida são estimados separadamente em cada quadrante.

## 5 O FORMULÁRIO DE LEITURA

O formulário de coleta de dados é disponível em papel ou como uma página ou tela on-line. Em ambas, a coleta inicia com informações de identificação para após seguir com a coleta dos dados da leitura da retinografia.

As informações de identificação (ID do participante, data da retinografia eacróstico) serão registradas primeiro. Na opção on-line, essas informações serão checadas com as disponíveis no banco de dados ELSA antes da abertura das telas

para coleta de dados. Se houver algum erro ou discrepâncias nos dados, o programa não permitirá a continuidade até a correção da informação equivocada.

Alguns itens como Anormalidades Arteriolares, Lesões de DMRI, Outras Lesões Vasculares ou Outras Anormalidades, são de resposta simples, ordenada e excludente. Para cada olho e em cada item, o leitor responde se as alterações estão definitivamente ausentes, definitivamente presentes, questionáveis ou ilegíveis. Se SIM (código 2), o leitor completará todos os itens específicos para aquele grupo. O item Comentários é usado para descrever outras anormalidades não listadas no formulário de leitura ou para detalhes adicionais dos itens avaliados.

### **5.1 Leitura Preliminar**

Os objetivos da leitura preliminar são: imediata notificação de patologia ao participante, rápida revisão da qualidade das retinografias e retorno para os fotógrafos, visão geral das condições oculares para relatórios ou cartas, e para satisfazer certas necessidades de publicação. Os itens avaliados na leitura preliminar estão detalhados a seguir.

### 5.1.1 Qualidade da Retinografia para Leitura

**Campo Disco e Campo Mácula:** Se o campo disco está presente, a seleção será "Presente", código = 2. Se o campo disco for ausente, a seleção será "Ausente", código = 0. Se nenhum dos campos estiver presente para um dos olhos, então o leitor não terá permissão para acessar o formulário de leitura e será considerada como finalizada.

**Foco:** Foco se refere à nitidez da retinografia. Devido à importância de detectar lesões na área macular, o leitor deve considerar o foco em 75% ou mais da mácula, definido dentro do círculo de 3000micras do **Macular Grid** (grade macular). Se os vasos da retina estão bem definidos ou levemente embaçados e lesões pequenas como microaneurismas e pequenas drusas são visíveis, a classificação será "Bom", código = 0. Se a nitidez está reduzida ao ponto de apagar pequenas lesões de retina mas permitir a visualização de grandes lesões como áreas de atrofia geográfica, a classificação será "Médio", código = 1. Se há uma perda acentuada da nitidez ao ponto de impedir detalhes de grandes lesões, a classificação será "Ruim", código=2. O foco será graduado para ambos campos disco e mácula.

**Problemas de Qualidade Fotográfica:** outros problemas de qualidade fotográfica podem afetar ambos os campos e impedir a tarefa do leitor. Nesse caso o leitor marca "Sim" no código= 2 e escolhe uma das seguintes opções da lista de problemas:

<u>Código</u>	<u>Definição</u>
---------------	------------------

- |   |                                            |
|---|--------------------------------------------|
| 0 | Não (Sem problemas)                        |
| 2 | Sim (afeta a leitura)                      |
| 8 | Ilegível (problemas que impedem a leitura) |

**Iluminação:** se a imagem está muito escura ou superexposta (muito clara), ou há áreas de iluminação irregular, então a classificação será "Sim", código = 2.

**Definição de Campo:** O Campo Disco é caracterizado pelo disco óptico centrado na retinografia e o Campo Mácula, com a mácula centrada. Se em algum dos campos há um deslocamento de mais de 1DD da posição central ideal, então a definição de campo será marcada como "Sim" no código= 2.

**Enevoamento** - Quando há um halo periférico verde-esbranquiçado, parcial ou total, ou quando toda a retinografia apresenta um tom verde-esbranquiçado disperso, será marcado como "Sim" no código = 2;

**Pó / Sujeira** – Pontos ou manchas brancas, de diversos tamanhos, que se repetem no mesmo local nos diversos campos fotografados de uma mesma série de fotografias são usualmente provocados por sujeira nas lentes do retinógrafo. Quando pó ou sujeiras são evidentes ou posicionadas de tal maneira que afetem a leitura, então será marcada como “Sim” no código = 2;

**Cílios** – Cílios ou um piscar parcial aparecem como imagens borradas lineares claras ou escuras na porção inferior do campo fotografado, e podem impedir a visualização dos detalhes nos quadrantes inferiores. Ocasionalmente os cílios podem aparecer na porção superior da fotografia, mas dificilmente afetam a leitura. Quando cílios estão presentes e interferem com a leitura, a classificação será “Sim” no código = 2;

**Arcos** – Pupila pequena ou posicionamento incorreto do paciente podem provocar uma sombra em forma de arco na retinografia. Esse arco pode variar de cor, amarelo a azul, e tamanho, uma pequena área até ½ campo. Usualmente esses arcos situam-se a esquerda ou direita da retinografia, embora possam ocorrer em qualquer posição periférica. Quando um arco é visível, marcar “Sim” no código = 2.

**Canal Vermelho** – Uma imagem digital é composta por 3 canais de cores, vermelho, verde e azul. Quando a pigmentação da retina é particularmente vermelha ou muito clara (muito brilho), pode ter havido uma superexposição na qual o canal vermelho fica saturado ou desbotado. Aparece como uma tintura rosa entre o disco óptico e a mácula e pode dificultar a avaliação de anormalidades da retina nessa localização. Se o canal vermelho está desbotado a classificação será “Sim” no código = 2.

**Outras** – Se outras alterações fotográficas forem observadas, descreva o problema na seção de Comentários.

**Legibilidade (gradabilidade):** O leitor irá julgar a qualidade geral de ambas as retinografias para determinar a legibilidade. Se ambos os campos estão bem focados com boa nitidez da retina, disco óptico e vasos, sem áreas obscurecidas, o exame será considerado completamente legível. Se o campo disco não pode ser lido em mais de 75%, mas a mácula é legível, a marcação será "Disco ilegível", código = 1. Se uma porção da mácula, entre 25% (1 AD) e 75 % não pode ser lida, mas o disco é legível, a classificação será "Parte Macula ilegível", código = 2.

Se mais de 75% da área macular (diâmetro = 3,000µ, círculo **interno ou médio** da Grade Macular) apresenta foco pobre, inexistente ou obscurecido por hemorragia retiniana, hemorragia vítrea, hialose asteróide ou outra condição que impeça de identificar lesões, mas o disco óptico está legível, a classificação será "Mácula ilegível", código = 3.

Se uma parte do disco e da mácula estão ilegíveis (entre 25-75% de cada), a classificação será código = 4. Se disco e mácula não podem ser observados em mais de 75% de cada, mas outras porções da retina são visíveis, a classificação será “código = 5”. Se nenhuma porção da retinografia pode ser observada, a classificação será “código = 6”.

Se ambos os campos são julgados ilegíveis, as demais variáveis desse olho serão codificadas como “Ilegível” e o leitor finalizará a leitura desse olho.

Código    Definição

- 0 todos os campos legíveis
- 1 Disco Ilegível
- 2 Parte da Mácula Ilegível
- 3 Macula Ilegível
- 4 Parte do Disco e Mácula Ilegível
- 5 Disco e Mácula Ilegível
- 6 Todos os campos ilegíveis

**5.1.2 Leitura da Retina**

**Exclusão de DMRI:** Se houver alguma condição na mácula que possa confundir o leitor na avaliação da Degeneração Macular Associada à Idade (Lesões de DMRI), esse olho deve ser excluído para todas as “Lesões de DMRI”. Causas comuns para essa exclusão estão listadas a seguir. Se “outras” for escolhida, será registrado um comentário.

Trauma	Coloboma/ Estafiloma
Marcas de Laser – fotocoagulação	Retinopatia da Prematuridade (ROP)
Oclusão Vascular	EPR não DMRI                      Alterações de
Distrofia Macular	não-DMRI                              Descolamento
Degeneração Miópica	Etiologia Desconhecida
Toxoplasmose / Histoplasiose Inflamatória	Outras

**Notificação de Patologia:** Se um olho demonstra uma condição patológica tratável que indique risco iminente de perda visual, a Coordenação do ELSA será notificada dentro de **3** dias úteis a partir da recepção das imagens. As notificações serão categorizadas em Imediata (deve procurar um oftalmologista o mais imediato possível) e Breve (procurar um oftalmologista em 2 meses). As razões da notificação e a data da notificação serão registradas na sessão de leitura preliminar. Se “Outra” for escolhida, um comentário detalhará as razões de notificação. Causas comuns de notificação estão listadas a seguir:

### Causas de Notificação

	Tipo
Relação Escavação / Disco (E/D) (> 0.7, ou 0.7 + entalhe)	<i>Breve</i>
Retinopatia Diabética Proliferativa (nível 65+)	<i>Imediato</i>
Retinopatia Diabética Pré-proliferativa (nível 51)	<i>Breve</i>
Edema Macular Clinicamente Significativo (EMCS)	<i>Imediato,</i>
Edema, não-EMCS	<i>Breve</i>
Oclusão de Ramo (ORV) ou de Veia Central da Retina (OVCR)	<i>Breve</i>
DMRI Tratável (sinais de neovascularização)	<i>Imediato</i>

Êmbolos de colesterol (Placas de Hollenhorst)

*Imediato*

Nevus Suspeito

*Imediato*

Buraco Macular

*Breve*

Membrana Epiretiniana com tração no círculo central

*Breve*

Outra

*Breve*

**Resumo DMRI para Notificação:** um resumo preliminar de categorização clínica de DMRI será enviado à Coordenação para objetivar a notificação para o participante.

**Sem DMRI** é a classificação de imagens legíveis sem qualquer sinal de DMRI

**Drusas (somente)** é definida por no mínimo uma drusa mole com diâmetro igual ou maior que 125 micras e uma área de grade menor que 500 micras.

**DMRI Precoce** é definida como presença de drusas moles em área de grade maior que o círculo de 500 micra e presença de anormalidade de pigmentação (hiperpigmentação ou despigmentação) **OU** drusas moles presentes no círculo central e anormalidade de pigmentação presente.

**DMRI tardia** é definida como a presença de qualquer lesão tardia como atrofia geográfica, descolamentos de EPR, hemorragia subretiniana, cicatriz fibrosa subretiniana, membrana neovascular, marcas de laser (fotocoagulação ou terapia fotodinâmica) para DMRI.

**DMRI ilegível** é definida quando há lesões de DMRI, mas todas ou algumas delas não são categorizáveis por alguma condição que impede sua correta identificação.

As categorias de DMRI para relatório de notificação são:

<u>Código</u>	<u>Definição</u>
0	Sem DMRI
1	Drusas (somente)
2	DMRI Precoce
3	DMRI Tardia
8	DMRI ilegível

Todas as outras variáveis de categorização da leitura preliminar serão definidas nas seções de detalhamento do protocolo de leitura. As demais variáveis de leitura preliminar são:

#### **Lesões de DMRI**

**Maior Drusa > círculo de 125 micra de diâmetro**

**Drusas Moles (qualquer tipo)**

**Área de Drusas Moles > círculo de 500 micra de diâmetro**

**Hiperpigmentação**

**Despigmentação de EPR**

**Atrofia Geográfica**

**DEP / DSR (Descolamento do EPR ou Descolamento Seroso de Retina)**

**Hemorragia Subretiniana**

**MNV (membrana neovascular subretiniana)**

**Cicatriz Fibrosa Subretiniana**

**FTC para DMRI (Cicatrizes de fotocoagulação a Laser para DMRI)**

#### **Outras Lesões Vasculares**

**Estreitamento Focal Arteriolar**

**Compressão AV (compressão de cruzamentos AV)**

**ORV / OVCR (oclusão de ramo venoso ou oclusão de veia central da retina)**

**ORA / OACR (oclusão de ramo arterial ou oclusão de artéria central da retina)**

**Êmbolos de Colesterol**

#### **Outras Anormalidades**

**Buraco Macular**

**E/D > 0.7 (grande relação Escavação/ Disco > 0,7)**

**Membrana Epiretiniana - Tração**

**Outras**

#### **Retinopatia (classificação para retinopatia diabética)**

**Edema Macular**

## **5.2 LEITURA DETALHADA**

### **5.2.1 Qualidade da Imagem**

**Presença dos Campos Disco e Mácula:** Se o campo disco está presente, a seleção será "Presente", código = 2. Se o campo disco for ausente, a seleção será "Ausente", código = 0. Se nenhum dos campos estiver presente para um dos olhos, então o leitor não terá permissão para acessar o formulário de leitura e será considerada como finalizada.

**Legibilidade dos Campos Disco e Mácula:** O leitor avaliará a legibilidade de ambos os Campos Disco e Mácula. Se no mínimo uma área de 1 DD é legível (foco e iluminação adequados para detalhes da retina), o leitor marca que o campo é legível e prossegue com a avaliação desse olho. Se ambos os campos são considerados ilegíveis, as demais variáveis de categorização desse olho serão marcadas como "ilegíveis" e o leitor terá finalizado a leitura nesse olho.

## 5.2.2 Retinopatia

**Classificação da Retinopatia:** Se não há evidências de retinopatia diabética, marcar o código = 10, e pular para o item *Anormalidades Arteriolares*. Se há retinopatia diabética (RD), o leitor assinalará a gravidade da RD (ver anexo Gravidade e Descrições da RD) e responde todos os itens seguintes de lesões específicas. Uma lista de abreviaturas e suas definições segue abaixo:

<u>Abreviatura</u>	<u>Definição</u>
AD	área de disco - área padrão representando o tamanho médio do disco óptico
AV	alças venosas
DEP	descolamento do epitélio pigmentado
DSR	descolamento seroso da retina
EA	exsudatos algodonosos
ED	exsudatos duros
ERD	Estudo de Retinopatia Diabética
FAR	fatores de alto risco para perda visual
FTC	fotocoagulação
HMA	hemorragias e microaneurismas
HPR	hemorragia pré-retiniana
HV	hemorragia vítrea
IRMA	anormalidades microvasculares intra-retinianas
MA	microaneurismas
NVD	neovasos no disco
NVE	neovasos “elsewhere” (em qualquer outro local)
ORV	oclusão de ramo venoso
PFD	proliferação fibrosa no disco
PFE	proliferação fibrosa “elsewhere” (em qualquer outro local)
Q	questionável
RDNP	retinopatia diabética não-proliferativa
RDP	retinopatia diabética proliferativa

## CLASSIFICAÇÃO DA RETINOPATIA DIABÉTICA

### DESCRIÇÃO

- 10 Ausência de RD. Sem outras lesões que possam confundir com RD.
- 11 RD questionável. Usualmente UM ou mais diminutos MA questionáveis.
- 12 Retinopatia que não é diabética, mas que pode ser confundida como tal, deve ser observada na lista de lesões (i.e. exsudatos duros por DEP/DSR, IRMA ou HMA por ORV, etc). Algumas anormalidades da lista global "Outras" classificariam-se no nível 12 na ausência de RD.
- 14 Qualquer combinação de EA, ED, IRMA e/ou alças venulares na ausência de MA.
- 15 Hemorragia de retina na ausência de MAs.
- 20 MAs somente na ausência de outras lesões de RD.
- 31 MAs e 1 ou mais dos seguintes: HMA < 2AD, ED, alças venosas, EA Q, IRMA Q, AV Q.
- 41 MAs e 1 ou mais dos seguintes: EA, IRMA < 8AD.
- 51 MAs e 1 ou mais dos seguintes: AV, HMA < 2AD, IRMA < 8AD.
- 60 PFD ou PFE sem outras lesões proliferativas.
- 61 Sem retinopatia e marcas de laser esparsas.
- 62 Nível 20 (MAs somente) e marcas esparsas de laser
- 63 Nível 31 (RDNP leve) e marcas esparsas de laser
- 64 Nível 41 ou 51 (RDNP moderada ou severa) e marcas esparsas de laser

- 65 RDP < FAR. Qualquer lesão proliferativa que não constitui FAR dos ERD.
- 70 RDP < FAR: NVD < 10AD  
**ou** NVD < 10AD mais HV ou HPR  
**ou** NVE < 1/2AD mais HV ou HRH  
**ou** HV/HPR < 1 AD
- 80 VH total. Imagem ilegível por turvação da HV. Provoca um reflexo escuro ou vermelho-escuro.
- 88 Não é possível avaliar acuradamente a retinopatia por má qualidade fotográfica. Mesmo com o código 88 para retinopatia, outras lesões podem ser classificadas.

Todas as lesões diabéticas AV, HMA, ED, EA, IRMA, NVD, NVE, PF, e HPR / HV são classificadas de acordo com o protocolo ETDRS<sup>9</sup>.

**Edema Macular (EM):** Permeabilidade aumentada dos capilares e microaneurismas da retina podem resultar em acúmulo de fluido extracelular e espessamento da retina. Inicialmente, há leve perda da transparência normal da retina e o edema pode passar despercebido. O vazamento e o edema resultante pode ser focal em torno de microaneurismas, ou ser difuso provocando em alguns casos o aspecto de espaços cistóides na retina externa (mais profunda). Na falta de fotografias em estereopsia, o leitor procurará por sinais de vazamento tais como anéis ou semi-círculos de ED organizados, áreas localizadas de cor diferente e desvio do trajeto normal dos vasos da retina. Edema macular clinicamente significativo (EMCS) é definido quando o edema envolve a fóvea, ou está até 500 micra da fóvea, ou quando sua área é > 1AD e afeta alguma parte da mácula.

<u>Código</u>	<u>Definição</u>
0	Ausente.
1	Questionável.
2	Presente, sem EMCS.
3	Presente com EMCS.
7	Presente, mas Não-diabético.
8	Ilegível.

**Edema Macular – Círculo Central (CC):** O leitor avalia o edema no círculo central, que configura EMCS. As escolhas são:

<u>Código</u>	<u>Definição</u>
0	Ausente.
1	Questionável (no CC).
2	Presente sem cistos.
3	Presente com cistos.
7	Presente, mas não-diabético.
8	Ilegível.

**Cicatrices de Fotocoagulação (FTC):** Fotocoagulação local, esparsa e panfotocoagulação são usualmente realizadas para tratar neovascularização e DR como resultado de diabetes, assim como oclusão venosa ou ruptura retiniana.

<u>Código</u>	<u>Definição</u>
0	Ausente (sem cicatrizes de FTC)
1	Quest/ incompleta.
2	Local (somente FTC local)
3	Esparsa (somente FTC esparsa ou panfotocoagulação)
4	Esparsa + local (FTC esparsa/panfoto + local)
8	Ilegível (para FTC)

**Fotocoagulação Focal (FTC focal):** Fotocoagulação focal a laser, tanto como tratamento de MAs com vazamento ou em “grid”, é utilizado para o tratamento de edema macular localizado, por MA, ou difuso (“grid”). Se tratamento focal não pode ser avaliado o código será 8.

<u>Código</u>	<u>Definição</u>
0	Ausente.
1	Questionável.
2	FTC (focal) só em MA
3	FTC (focal) só em “grid”.

4	FTC (focal) MA + "grid".
8	Ilegível.

### 5.2.3 Anormalidades Arteriolares

As anormalidades arteriulares são: estreitamento focal (EF) e anormalidades de cruzamentos arteríolos-venulares (AV) (compressão AV). Todas essas anormalidades são avaliadas fora da Zona A na Grade de disco óptico (Optic Nerve Grid).

#### Estreitamentos arteriulares focais nos quadrantes

O leitor avalia todas as constrições marcadas das arteríolas retinianas no Campo Disco, fora da Zona 1, como estreitamentos focais. A porção coincidente no Campo Mácula pode ser usada para confirmação. As condições para aceitar um estreitamento focal são: o vaso deve ter no mínimo 40 $\mu$  de diâmetro, ou ter cerca de 1/3 do diâmetro de uma vênula na margem do disco, e o segmento contraído deve ter um calibre menor ou igual a 1/2 do calibre dos segmentos distal e proximal, e comprimento mínimo de 250 $\mu$ . Se o leitor observar constrições em vasos menores que 40 $\mu$  de diâmetro, ou menores que 250 $\mu$  de comprimento, ou com redução do diâmetro maior que 1/2 do calibre residual, tais estreitamentos focais serão considerados questionáveis.

Estreitamentos focais são avaliados em cada um dos 4 quadrantes, excluindo-se a área da Zona A. O leitor posiciona a Optic Nerve Grid no Campo Disco e cuidadosamente examina todas as arteríolas iguais ou maiores que 40 $\mu$  de diâmetro, ou cerca de 1/3 do diâmetro de uma vênula na margem do disco, procurando por constrições. Em algumas ocasiões, o calibre sofre uma suave redução até a área de constrição máxima. Somente é considerada como constrição definida aquela com segmento de 1/2 ou menos do calibre original. Se um estreitamento focal se estender de um quadrante a outro, o estreitamento é estimado separadamente em cada quadrante. Se o comprimento total das arteríolas disponíveis para exame em um quadrante é menor que 1 1/2 DD, o leitor marcará o quadrante como ilegível, código 8. Ilegível também é usado se as arteríolas de uma certa área estão desfocadas ou obscurecida por artefatos.

Cada quadrante, separadamente, é avaliado para a presença ou ausência de estreitamentos focais.

<u>Código</u>	<u>Definição</u>
0	Ausente (Sem EF).
1	Quest (EF questionáveis).

- 2 Presente (EF definidos).
- 8 ilegível (para EF).

### **Exemplos de EF**

O exemplo da retinografia A2 mostra EFs pronunciado nas arteríolas do disco, além de EF definido nas arteríolas do quadrante TS.

A retinografia A3 exhibe um EF clássico em ambos os quadrantes superiores. A arteríola TS bifurca na Zona A, e o ramo mais robusto exhibe 2 segmentos de EF, 1 na Zona B e 1 logo distal à Zona B. No quadrante NS, existe um EF curto mas definido a cerca de 1/2 DD distante da borda nasal da retinografia às 10:30h. (Observe que a arteríola NS também está estreitada na Zona A).

A retinografia A4 mais EF pronunciados. A arteríola mais superior no quadrante NS exhibe 1 segmento de EF distinto, com comprimento de cerca de 1/3 DD e iniciando a 2/3 DD da margem do disco. O quadrante NI exhibe uma constrição sutil na arteríola que emerge às 4:00h no disco, a cerca de 3/4 DD da margem do disco. No quadrante TI, há EF em 3 arteríolas. A arteríola que emerge do disco às 7:30h (observe que todo o segmento dentro da margem do disco está marcadamente contraído) está sutilmente contraída além da Zona A. A arteríola que emerge às 6:00h bifurca imediatamente em 2 ramos. O ramo mais temporal exhibe no mínimo dois segmentos curtos de EF. A arteríola que cursa inferiormente exhibe um EF, iniciando a cerca de 1 1/4 DD da margem do disco, o qual ultrapassa 1/2 DD in comprimento. O comprimento total do EF no quadrante TI chega a 1 1/4 ou 1 1/2 DD, atingindo a definição de EF moderado.

Os exemplos A5 e A6 mostram EF que, embora menos pronunciados, são definidos. Na retinografia A5, a artéria NS bifurca na margem do disco. O ramo mais superior apresenta irregularidades ao longo de todo o seu trajeto. Esse vaso tem cerca de 60u (50u ETDRS) de calibre, aproximando-se do limite inferior no qual o EF pode ser adequadamente avaliado nessa magnificação, e os estreitamentos são breves, tornando a sua avaliação difícil. Os aspectos neste olho sugerem possível estreitamento generalizado. Entretanto, existem 2 áreas de EF definido: 1 no quadrante NS, cerca de 1 DD da margem do disco, e 1 no vaso cursando nasalmente na Zona A.

O exemplo A6 é também sutil. O ramo arteriolar às 2:30h do campo fotografado mostra 1 segmento curto de EF definido, a cerca de 1 DD da margem do campo.

### **Compressões Arteriolo-Venulares (AV) nos Quadrantes**

O leitor avalia anormalidades de cruzamentos AV, ou compressões AV, em cada quadrante. Ambos os Campos Disco e Mácula são empregados para essa avaliação, com o leitor estendendo mentalmente os quadrantes temporais através do Campo

Mácula. Cruzamentos dentro de 1/2 DD da margem do disco (Zona A) são excluídos, pois usualmente são cruzamentos atípicos onde as vênulas cruzam sobre arteríolas. O leitor examina todos os cruzamentos de arteríola sobre vênulas, e considera como anormais os cruzamentos onde há estreitamento da coluna sanguínea venular.

Apagamento ou estreitamento da coluna sanguínea venular em 3 ou nas 4 bordas do cruzamento são necessários para classificá-lo como compressão AV presente. Se a coluna sanguínea venosa está apagada em somente 2 lados do cruzamento, e o aspecto não é devido a ondulação normal do vaso, então o leitor classifica a compressão AV questionável. Se somente um dos lados da coluna sanguínea está alterado, então o leitor considera compressão AV ausente. O leitor desconsiderará qualquer redução aparente do calibre da vênula se ela estiver parcialmente obscurecida por reflexo de fibras nervosas no local do cruzamento.

Cada quadrante, NS, TS, NI e TI são avaliados para a presença de compressão AV.

<u>Código</u>	<u>Definição</u>
0	Ausente (Sem compressão AV).
1	Quest (Compressão AV questionável).
2	Presente (Compressão AV definida).
8	Ilegível (para Compressão AV).

O exemplo de retinografia A6 exhibe 1 compressão AV definida no quadrante TS. Um apagamento sutil da coluna sanguínea pode ser observado em ambos os lados do cruzamento, e desvio em "Z" na trajetória também sugere que as relações de pressão no cruzamento não são normais. O cruzamento AV no quadrante TI tem aspecto similar mas o apagamento da coluna venular não está bem distinto no lado proximal do cruzamento; por isso o quadrante TI receberia a classificação de questionável para compressões AV.

As anormalidades de cruzamento AV na retinografia A7 são mais pronunciadas. Ambos os quadrantes NI e TS exibem estreitamento marcado do calibre venular em ambos os lados dos cruzamentos em questão. No quadrante TS, o calibre da vênula reduz para cerca de 1/3 do seu calibre original, resultando em compressão AV grave. O quadrante TI tem um cruzamento AV imediatamente adjacente a uma trifurcação venosa. O ramo venoso envolvido neste cruzamento está visivelmente estreitado distalmente, mas o lado proximal não pode ser avaliado devido a proximidade da trifurcação. Como o estreitamento é observado em somente 1 lado, no quadrante TI essa compressão AV seria classificada como questionável.

O exemplo da retinografia A8 exibe, em ambos quadrantes temporais, compressão AV definida embora um pouco mais sutil. No quadrante TI o cruzamento AV é adjacente à bifurcação venosa. Neste caso, o cruzamento está um pouco distal à bifurcação, permitindo a avaliação em ambos os lados. O calibre venoso em ambos os lados é mais estreito do que o calibre visível mais distal no campo. O quadrante ST mostra estreitamento venular em ambos os lados do cruzamento, embora o estreitamento no lado proximal seja mais sutil que o observado em outros exemplos.

#### 5.2.4 Outras Lesões Vasculares

O leitor deve avaliar a presença de outras anormalidades vasculares da retina, de acordo com a seguinte listagem de lesões e sua codificação:

<u>Código</u>	<u>Definição</u>
0	Ausente.
1	Questionável.
2	Presente (fora do círculo central).
3	Presente (no círculo central).
8	Ilegível.

**Oclusão de Ramo Venoso (ORV)**- Uma oclusão antiga pode exibir vênulas embanhadas e vasos colaterais. Hemorragias localizadas e IRMA podem estar presentes. Nem sempre o vaso ocluído é identificável.

**Oclusão de Veia Central da Retina (OVCR)** - Uma oclusão recente é caracterizada por vênulas dilatadas e tortuosas associadas à difusas hemorragias retinianas em chama-de-vela.

**Oclusão de ramo ou de Artéria Central da retina.** Se recente, pode estar associada a grandes áreas de infarto cinza-esbranquiçado. Isquemia localizada ou generalizada também pode estar presente.

**Êmbolos de Colesterol (Placas de Hollenhorst)** – Ocupam a luz das arteríolas e são mais freqüentes nas bifurcações. A coloração varia de branco-opaco a amarelo refringente. Cuidado deve ser tomado para distingui-las de macroaneurismas antigos ou drusas subjacentes. Nessas placas não se aplica o código 3, presente dentro do círculo central.

#### 5.2.5 QUALQUER DMRI

As seguintes lesões são classificadas utilizando-se os mesmos códigos de **Outras Lesões Vasculares** acima. Lesões de DMRI devem ser avaliadas somente na área do **Macular Grid** no Campo Mácula. Se drusas moles ou outras lesões similares a DMRI estiverem presentes fora da grade, elas devem ser codificadas sob “Outras” do tópico “Outras Anormalidades” e detalhadas na seção de comentários.

**Maior Tamanho de Drusa > círculo de 125 micra de diâmetro** - Drusas são descritas como lesões redondas ou ovais, algumas vezes com discreta elevação, de diversos tamanhos, usualmente no plano do epitélio pigmentado da retina (EPR). São classificadas de acordo com seu diâmetro. Assume-se que uma drusa oval única e simples tem o comprimento menor que o dobro da largura. Se a drusa é oval, o diâmetro mais curto é empregado para sua classificação de tamanho. Os círculos padrão C-0 (63 micra de diâmetro), C-1 (125 micra de diâmetro) e / ou C-2 (250 micra de diâmetro) são superpostos sobre ou próximos à maior drusa localizada na área da grade. Se o menor diâmetro da drusa é igual ou maior que o diâmetro do círculo, obviamente a drusa é igual ou tem maior tamanho que o círculo. Ao utilizar os círculos, analise a partir do centro da linha. Se qualquer porção de uma drusa, julgada como > 125 micra de diâmetro (C1), está contida dentro da grade, então o código será “Sim” no código = 2.

**Drusas Moles Distintas** - Essas drusas são usualmente maiores do que drusas duras distintas (entre 63 e 300 micra de diâmetro). Drusas moles distintas têm aspecto arredondado e margens definidas com coloração homogênea.

**Drusas Moles Indistintas (ou Reticulares)** - Drusas moles indistintas tem o mesmo tamanho que as acima descritas, mas tem margens pouco definidas e aspecto menos sólido. Essas drusas parecem estar desintegrando-se em torno de suas margens e freqüentemente tem coloração e espessura irregular. Drusas reticulares parecem drusas moles indistintas que formam arranjos de rede mal-definida de tiras entrelaçadas. Formam um padrão de grade com trama muito sutil.

**Área de Drusas Moles-** A área comprometida com drusas moles é medida utilizando-se a grade apropriada. Se a área de drusas moles *dentro do círculo central* é maior que o círculo de 500 micra de diâmetro, então será marcado o código 3 (Sim, círculo central). Por outro lado, se a área é maior que o círculo de 500 micra de diâmetro dentro de toda a área da grade, mas não dentro do círculo central, será selecionado o código 2 (Sim). Se drusas moles estão presentes, mas a área é menor do que o círculo de 500 micra de diâmetro, então a opção será código = 0, (Não). A opção questionável não é permitida para esse item.

**Hiperpigmentação** – associados á idade, são depósitos de pigmentos, em pontos ou manchas, cinza ou pretos nas camadas mais profundas da retina. Quando a hiperpigmentação está presente fora da área macular, ou é

decorrente de outra causa, a opção correta será “Outras” do tópico “Outras Anormalidades”, acompanhada de comentários.

**Despigmentação (ou atrofia) de EPR** – Atrofia ou despigmentação do EPR da retina associada à idade caracteriza-se por áreas ou focos de descoloração cinza-amarelada ou rosa-amarelada, de densidade e formatos variáveis de bordas pouco definidas. Frequentemente, as áreas adjacentes apresentam hiperpigmentação irregular. Quando a despigmentação não for associada a DMRI, a opção correta será “Outras” do tópico “Outras Anormalidades”, com comentário anexo.

**Atrofia Geográfica** – Aparece como uma área bem definida de rarefação do EPR e coriocapilar, expondo os vasos da coróide como resultado da degeneração das camadas mais profundas da retina. Quando lesões atróficas não são resultantes de DMRI, a opção correta será “Outras” do tópico “Outras Anormalidades”, associado a um comentário.

**DEP / DSR** – Descolamentos serosos da retina ou do epitélio pigmentado aparecem como elevações regulares a arredondadas, preenchidas por líquido claro ou denso. Na ausência de retinografias em estereopsia, o leitor procurará por linhas de demarcação, mudanças de coloração e desvio de vasos principalmente na área macular. A presença de outras lesões de DMRI, precoces ou tardias, na vizinhança dessas alterações ajudará a confirmação de descolamento. Quando DEP ou DSR não são por DMRI, “Outras” do tópico “Outras Anormalidades” deve ser marcada, associada a um comentário.

**Hemorragia Sub-retiniana** - Hemorragias abaixo da superfície da retina podem aparecer como áreas vermelho-escuras, cinza-escuras, esverdeadas ou uma combinação dessas. Quando a hemorragia sub-retiniana não é decorrente de DMRI, “Outras” do tópico “Outras Anormalidades” será a opção correta, com comentários adicionais.

**Membrana Neovascular subretiniana (MNV)** – São vasos sanguíneos anormais que crescem abaixo do EPR. Aparecem como vasos coroideus dilatados adjacentes a área de descolamento, hemorragia ou cicatriz sub-retiniana. A visualização desses vasos nem sempre é possível na retinografia colorida (angiografia é o ideal), mas são suspeitos em áreas de abaulamento leve com coloração cinza-pálido, principalmente anexas às situações acima descritas.

**Cicatriz fibrosa sub-retiniana (cicatriz disciforme)** – são áreas com material esbranquiçado de aspecto fibroso no tecido da retina. Quando cicatrizes sub-retinianas não são decorrentes de DMRI, a opção correta será “Outras” do tópico “Outras Anormalidades”, com comentário adicional.

**Cicatrizes de Fotocoagulação para DMRI-** São cicatrizes de laser localizadas dentro das arcadas temporais para tratamento de MNV associada a DMRI. Usualmente próximas ou na área foveal, são cicatrizes profundas e misturando tecido fibroso denso e hiperpigmentado. Terapia fotodinâmica, lesão foto-química com cicatriz mais suave e regular também deve ser incluída nessa categoria.

#### 5.2.6 Outras Anormalidades:

As seguintes lesões são classificadas empregando-se os mesmos códigos da lista **Outras Lesões Vasculares** detalhada em seção anterior.

**Atrofia Peripapilar** – São áreas de atrofia coroidal em torno do disco óptico, usualmente com mais da 1/2 da circunferência do disco e não são consideradas crescentes esclerais. Se a área atrófica está no lado temporal do disco óptico e com desenho simétrico, é usualmente miópica ou é um crescente escleral e não deve ser considerada como atrofia peripapilar. Nessa condição não se aplica o código 3, círculo central.

**Buraco Macular** - É um buraco arredondado e bem definido no centro da mácula. Em torno, pode apresentar um halo acinzentado de descolamento da retina. Afinamento e despigmentação do EPR podem ser perceptíveis dentro do buraco, assim como pequenos cistos próximos ao buraco.

**Relação Escavação /Disco Aumentada** – Se  $E/D = 0.6$ , a opção "Q" é marcada e a razão registrada nos comentários. Se  $E/D > 0.6$ , a opção correta será "Sim" e a razão será anotada em comentários. Código 3, círculo central não é aplicável nessa condição.

**Hialose Asteróide-** São múltiplas opacidades esféricas ou semi-estreladas, brancas ou branco-amareladas dentro do vítreo. Pode ser difícil de diferenciar em fotografias sem estereopsia. Estão anteriores aos vasos e disco óptico, e podem obscurecer detalhes da retina, inclusive dificultando a gradação de drusas, com as quais não podem ser confundidas.

**Nevus** – São lesões pigmentadas, arredondadas ou ovais, localizadas na coróide, formada por aumento de melanócitos da coróide. Algumas podem ser discretamente elevadas, o que na ausência de estereopsia, é suspeitado por desvio do trajeto de vasos sobre a lesão. Drusas podem ocorrer sobre a lesão. Devem ser diferenciadas de áreas com hipertrofia congênita do epitélio pigmentado da retina (inclusive as similares a “bear track”) e outras lesões hiperpigmentadas.

**Membrana Epi-retiniana - Tração** É uma leve contração da membrana limitante interna da retina, em sua superfície. Pode se acompanhar de áreas com reflexo em “celofane” (veja abaixo). Se somente o reflexo em “celofane” é

percebido, o item “Tração” não é codificado, e somente o item “Celo” será marcado presente.

**Membrana Epi-retiniana – Reflexo em Celofane** Áreas de reflexo irregular aumentado na porção mais superficial (mais interna) da retina semelhante ao reflexo do papel celofane. Pode acompanhar-se de discretas linhas de tração e tortuosidade de pequenos vasos superficiais. Se somente tração é percebida, o item “Celo” não será codificado, somente o item “Tração” será confirmado.

**Histoplasmose** – Síndrome da Histoplasmose Ocular Presumida (SHOP) é caracterizada por 1 ou mais dos seguintes sinais: múltiplas cicatrizes atróficas periféricas de coriorretinite, e/ou cicatriz de coriorretinite peripapilar, e/ou cicatriz fibrosa sub-retiniana macular. Se a última estiver isolada, a classificação será somente Cicatriz fibrosa sub-retiniana como código = 2.

**Descolamento de retina (DR)** – Condição na qual as camadas mais internas da retina separam-se da camada de EPR.

**Fotocoagulação para outras condições (FTC – outras indicações)** - Miscelânea de condições com tratamento de fotocoagulação como oclusões venosas (ramo ou veia central) ou descolamento de retina.

**Anormalidades coriorretinianas – Outras** - Degenerações de coróide ou retina, independente da causa, que não estão associadas a DMRI.

**Outras** – Detalhar na seção de comentários.

**Comentários:** um comentário é necessário se:

- a opção “Outras” de Problemas de Qualidade de Fotografia é selecionada;
- a opção “Outras” de Exclusão de DMRI é selecionada;
- a opção “Outras” de Notificação de Patologia é selecionada;
  - a opção “Outras” de “Outras Anormalidades” é selecionada;
- qualquer outra anormalidade inusual é observada.

## ANEXO B: FORMULÁRIO DE USABILIDADE

### Formulário de usabilidade de ferramenta – ImageJ com retinografia

Nome:

Idade:

Sexo:

Habilidade manual: DESTRO

CANHOTO

AMBIDESTRO

Grau de instrução: ENSINO MÉDIO  
MESTRADO

ENSINO SUPERIOR  
DOUTORADO

ESPECIALIZAÇÃO  
PÓS-DOUTORADO

Possui familiaridade com ferramentas de retinografia:

NENHUMA POUCA

REGULAR

BASTANTE

Quais ferramentas (se aplicável):

Possui familiaridade com o procedimento de diagnóstico de retinografia:

NENHUMA POUCA

REGULAR

BASTANTE

Se sim, a quanto tempo?

As perguntas a seguir devem ser respondidas escolhendo uma opção, onde 1 é considerado muito ruim, 2 ruim, 3 regular, 4 bom e 5 considerado muito bom.

Conforto no uso da ferramenta: 1 2 3 4  
5

Praticidade da ferramenta: 1 2 3 4 5

Intuitividade da ferramenta: 1 2 3 4 5

Grau de familiaridade com ferramentas de retinografia: 1 2 3 4  
5

Com essa ferramenta, é possível fazer o que precisa para o diagnóstico?

SIM

MAIS OU MENOS

NÃO

Sugestões para melhorar a ferramenta apresentada:

Concordo que as informações fornecidas nesse questionário e na filmagem serão utilizadas para fins de pesquisa de forma anônima.

---

Assinatura do participante