



Universidade Brasil

Instituto Científico e Tecnológico da Universidade Brasil

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Análise de aberrações ópticas em olhos pseudofácicos com opacificação após capsulotomia posterior por YAG laser

ODENILSON JOSÉ DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Vilson Rosa de Almeida

São Paulo - SP
2020

***Analysis of optical aberrations in pseudophakic eyes with
opacification after posterior YAG laser capsulotomy***

ODENILSON JOSÉ DA SILVA

**Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Biomédica da Universidade
Brasil, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Biomédica.**

Área de Concentração: Dispositivos & Sistemas Biomédicos

Orientador: Prof. Dr. Vilson Rosa da Almeida

São Paulo - SP
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

SILVA, Odenilson

S582a Análise de aberrações ópticas em olhos pseudofácicos
opacificação após capsulotomia posterior por YAG laser /
Odenilson Silva. -- São Paulo: Universidade Brasil, 2020.
72 p.: il. color.

Dissertação de Mestrado defendida no Programa de Pós-
graduação do Curso de Engenharia Biomédica da Universidade
Brasil.

Orientação: Prof. Dr. Vilson Rosa de Almeida.

1. Aberrações de Frente de Onda da Córnea. 2.
Aberrações de Frente de Onda da Córnea. 3. Aberrometria. 4.
Função Pulmonar. I. Almeida, Vilson Rosa de. II. Título.

CDD 620.82

TERMO DE APROVAÇÃO



TERMO DE APROVAÇÃO

ODENILSON JOSÉ DA SILVA

"ANÁLISE DE ABERRAÇÕES ÓPTICAS EM OLHOS PSEUDOFÁVICOS COM
OPACIFICAÇÃO APÓS CAPSULOTOMIA POSTERIOR POR YAG LASER"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Brasil, pela
seguinte banca examinadora:

Prof.(a). Dr.(a) Vítson Rosa de Almeida (presidente-orientador)

Prof.(a). Dr.(a) Marcello Magri Amarel (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof.(a). Dr.(a) Leila Valdenes Souza Brito (UNIV DO ESTADO DE MATO GROSSO)

São Paulo, 10 de novembro de 2020

Presidente da Banca Prof.(a). Dr.(a) Vítson Rosa de Almeida

Houve alteração do Título: sim () não (X):

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA REPRODUÇÃO DO TRABALHO



Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2008, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "ANÁLISE DE ABERRAÇÕES ÓPTICAS EM OLHOS PSEUDOFÁCSICOS COM OPACIFICAÇÃO APÓS CAPSULOTOMIA POSTERIOR POR YAG LASER"

Houve alteração do Título: sim () não (X)

Autor(es):

Discente: **Odenilson José da Silva**

Assinatura: _____

Orientador(a): **Prof. Dr. Wilson Rosa de Almeida**

Assinatura: _____

Coorientador(a):

Assinatura: _____

Data: 10/11/2020

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais e aos meus filhos Pedro Olavo e Gabrielle.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr^o Wilson Rosa de Almeida pela orientação dessa pesquisa;

À minha família;

À equipe do Centro Oftalmológico de Cáceres – COC;

À Dr^a Heloísa Miura;

À prof^a Dr^a Simone.

RESUMO

A opacificação da cápsula posterior do cristalino, após cirurgia de catarata é a complicação mais comum e seu tratamento é realizado com o uso da capsulotomia por ND:YAG laser. O presente trabalho tem como objetivo estudar as aberrações ópticas de alta ordem em pacientes com olhos pseudofácicos, com opacificação de cápsula posterior, antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser. Estudo clínico experimental, longitudinal, quantitativo e prospectivo com aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa, segundo o parecer nº 3.732.939 CAAE: 24984919.3.0000.5494 onde as aberrações de frente de onda foram medidas com um aberrômetro (OPD III Nidek), imediatamente antes da Nd:YAG capsulotomia a laser, e em 15 dias após o procedimento. Os valores das aberrações foram convertidos em Log na base 10 e a comparação das médias foi realizada com o teste T de Student para amostras pareadas. As relações (pós e pré capsulotomia) das aberrações (esféricas, coma e trifólio) foram comparada entre os grupos de graus de opacificação por uma ANOVA e quando estatisticamente significativa foi realizado o teste de Post-Hoc de Tukey. Foram avaliados 72 olhos pseudofácicos, sendo 15 olhos com opacificação grau I, 19 olhos com opacificação grau II, 22 olhos com opacificação grau III e 16 olhos com opacificação grau IV. Na comparação das aberrações totais o teste Wilcoxon confirmou a redução estatisticamente significativa das aberrações totais trifólio no grau I; trifólio no grau II; esférica, coma e trifólio no grau III e coma e trifólio no grau IV. Já para as aberrações internas nos olhos com opacificação grau I foi encontrada uma redução estatisticamente significativa das médias das aberrações coma e trifólio, no grau II nas aberrações coma, enquanto nas opacificações de grau III e IV uma redução significativa de coma e trifólio. A ANOVA de uma via mostrou que não existe efeito do grau de opacificação na relação pós/pré capsulotomia para aberrações esféricas [$F(3,60) = 1,205$; $p = 0,316$]. Para as aberrações coma, a ANOVA também mostrou que não existe efeito do grau de opacificação na relação pós/pré capsulotomia [$F(3,60) = 0,190$; $p = 0,903$]. Do mesmo modo, para as aberrações coma, o teste não mostrou efeito do grau de opacificação [$F(3,60) = 0,796$; $p = 0,501$]. Conclui-se que após análise nos quatro grupos de opacificação foi possível observar uma diminuição numérica do total médio das medidas de todas as aberrações totais após a capsulotomia posterior por YAG laser, assim como para as aberrações internas.

Palavras-chave: Aberrações de Frente de Onda da Córnea, Capsulotomia Posterior, Aberrometria.

ABSTRACT

The posterior lens capsule opacification after cataract surgery is the most common complication and the treatment is performed with the use of Nd: YAG laser capsulotomy. The aims of this research is to study high-order optical aberrations in patients with pseudophakic eyes, with posterior capsule opacification, before and after posterior YAG Laser capsulotomy. Experimental, longitudinal, quantitative and prospective clinical study approved by the Research Ethics Committee, according to the opinion nº 3.732.939 CAAE: 24984919.3.0000.5494 where the wavefront aberrations were measured with an aberrometer (OPD III Nidek), immediately before da Nd: YAG laser capsulotomy, and in 15 days after the procedure. The aberration values were converted to Log on base 10 and the comparison of means was performed with the Student's t test for paired samples. The relationships (post and pre capsulotomy) of the aberrations (spherical, coma and trefoil) were compared between groups of degrees of opacification by an ANOVA and when statistically significant, the Tukey Post-Hoc test was performed. 72 pseudophakic eyes were evaluated, being 15 eyes with grade I opacification, 19 eyes with grade II opacification, 22 eyes with grade III opacification and 16 eyes with grade IV opacification. When comparing total aberrations, the Wilcoxon test confirmed a statistically significant reduction in total trefoil aberrations in grade I; grade II trefoil; spherical, coma and trefoil in grade III and coma and trefoil in grade IV. As for internal aberrations in the eyes with grade I opacification, a statistically significant reduction in the averages of coma and trefoil aberrations was found, in grade II in coma aberrations, while in grade III and IV opacifications a significant reduction in coma and trefoil. One-way ANOVA showed that there is no effect of the degree of opacification on the post / pre-capsulotomy ratio for spherical aberrations [F (3.60) = 1.205; p = 0.316]. For coma aberrations, ANOVA also showed that there is no effect of the degree of opacification on the post / pre capsulotomy ratio [F (3.60) = 0.190; p = 0.903]. Likewise, for coma aberrations, the test showed no effect of the degree of opacification [F (3.60) = 0.796; p = 0.501]. It is concluded that after analysis in the four opacification groups it was possible to observe a numerical decrease in the average total of the measurements of all total aberrations after the posterior capsulotomy by YAG laser, as well as for the internal aberrations.

Keywords: Corneal Wavefront Aberration, Posterior Capsulotomy, Aberrometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Catarata.....	14
Figura 2. Técnica de facoemulsificação.....	15
Figura 3. Opacificação de cápsula posterior antes e pós capsulotomia por ND:YAG laser.....	16
Figura 4. Análise OPD III pré e pós capsulotomia por ND:YAG laser.....	16
Figura 5. Exame de aberrometria ocular.....	17
Figura 6. Polinômios de Zernike.....	18
Figura 7. Lente intraocular.....	22
Figura 8. Aberrações ópticas.....	25
Figura 9. Aberração cromática.....	26
Figura 10. Aberração monocromática.....	27
Figura 11. Descrição das aberrações de primeira a sexta ordem.....	28
Figura 12. Aberrômetro OPD III Nidek.....	38
Figura 13. Laser Nd:YAG Cal Zeiss Meditec Ag, LSL Yag III.....	38
Figura 14. As aberrações esférica, coma e trifólio destacadas no quadro em vermelho. E as aberrações totais e internas indicadas pelas setas em vermelho.....	40
Figura 15. Boxplot apresentando o Log das aberrações totais em olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau I antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.....	45
Figura 16. Boxplot apresentando o Log das aberrações totais em olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau II antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.....	47
Figura 17. Boxplot apresentando o Log das aberrações totais em olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau III antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.....	48
Figura 18. Boxplot apresentando o Log das aberrações totais em olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau IV antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.....	49
Figura 19. Boxplot apresentando o Log das aberrações internas em olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser. A – Grau I, B – Grau II, C – Grau III, D – Grau IV.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala de Grandeza de Opacificação de Cápsula Posterior.....	39
Tabela 2. Valores das aberrações totais pré e pós capsulotomia por YAG laser, comparadas pelo teste de Wilcoxon.....	44
Tabela 3. Comparação da diferença entre o Log das aberrações antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.....	44
Tabela 4. Comparação da diferença entre o Log das aberrações com opacificação de cápsula posterior grau I antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser....	45
Tabela 5. Comparação da diferença entre o Log das aberrações com opacificação de capsula posterior grau II antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser...	46
Tabela 6. Comparação da diferença entre o Log das aberrações com opacificação de cápsula posterior grau III antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.....	47
Tabela 7. Comparação da diferença entre o Log das aberrações com opacificação de capsula posterior grau IV antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.....	49
Tabela 8. Média das aberrações pré e pós capsulotomia de olhos com diferentes graus de opacificação comparadas pelo teste de Wilcoxon.....	50
Tabela 9. Valores das aberrações internas pré e pós capsulotomia por YAG laser, comparadas pelo teste de Wilcoxon.....	51
Tabela 10. Comparação da diferença entre o Log das aberrações internas pré e pós capsulotomia posterior por YAG Laser.....	51
Tabela 11. Sumário da análise pré e pós capsulotomia com YAG laser das aberrações internas.....	52
Tabela 12. Comparação da diferença entre o Log das aberrações internas antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.....	53
Tabela 13. Relação entre as aberrações pós e pré capsulotomia com YAG laser....	54

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

DP - Desvio Padrão

EUA - Estados Unidos da América

LIOs - Lentes Intraoculares

Mm - Milímetros

ND – Neodímio

Nm - Nanômetro

OCP - Opacificação da Cápsula Posterior

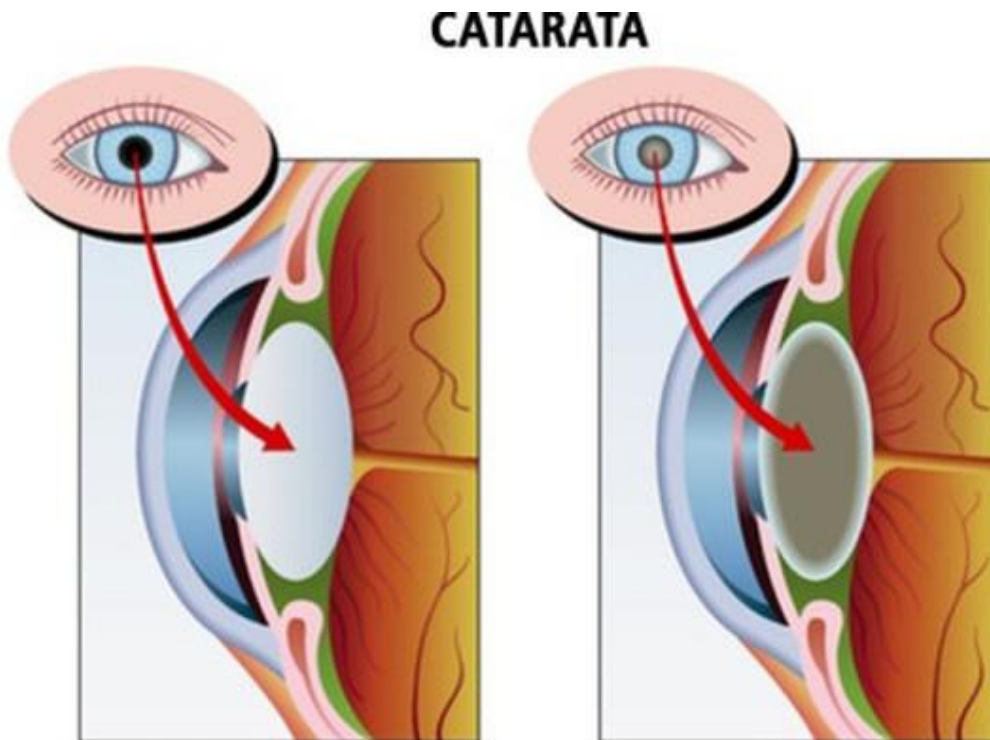
SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 PROPOSIÇÃO	21
3 REVISÃO DA LITERATURA	22
3.1 Tipos de lente	22
3.2 Aberrações ópticas	23
3.2.1 Definição	23
3.2.2 Tipos de aberrômetros	25
3.2.3 Classificação das aberrações ópticas	25
3.3 Estado da arte das aberrometrias e lentes intraoculares (LIO).....	29
4. MATERIAIS E MÉTODOS	37
5 RESULTADOS	43
6 DISCUSSÃO	56
7 CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS	62
ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA.....	66
ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	68
APÊNDICE A - BOXPLOT DAS ABERRAÇÕES TOTAIS E INTERNAS SEPARADAS PELO GRAU DE OPACIFICAÇÃO SEM A CONVERSÃO EM LOG	69

1. INTRODUÇÃO

A catarata é o processo de opacificação do cristalino, lente natural do olho, que tem como objetivo focalizar os objetos que enxergamos. A catarata é a maior causa de cegueira tratável no mundo, sendo passível de recuperação, por meio de intervenção cirúrgica apropriada, conforme mostrado na Figura 1 (DOMINGUES et al., 2016).

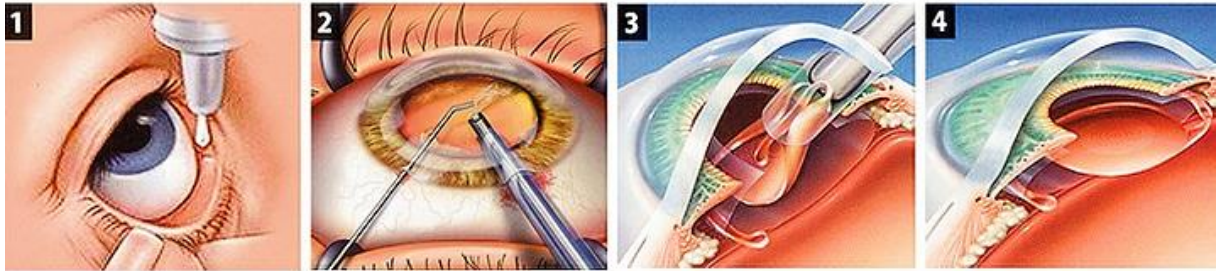
Figura 1 – Olho Normal (esquerda) e com Catarata (direita)



Fonte: Google imagens (<https://www.mdsauade.com/oftalmologia/ Catarata/>)

O olho pseudofácico recebe esta nomenclatura após realização das técnicas de facoemulsificação (figura 2) que é um método de cirurgia de catarata, onde o cristalino opaco, ou seja, a catarata é destruída e aspirada sendo substituída por uma lente intra-ocular (LIO). Há diversos motivos que fazem da facoemulsificação a técnica mais utilizada em cirurgias de catarata no mundo, entre eles, pode-se citar a menor incisão, menos trauma ao olho, além de rapidez do ato cirúrgico e da recuperação visual. As técnicas de remoção da opacidade lenticular, na atualidade, apresentam-se relativamente simples, com baixo custo e têm sido praticadas com segurança há muitos anos (SOUZA et al., 2006).

Figura 2 – Técnica de facoemulsificação

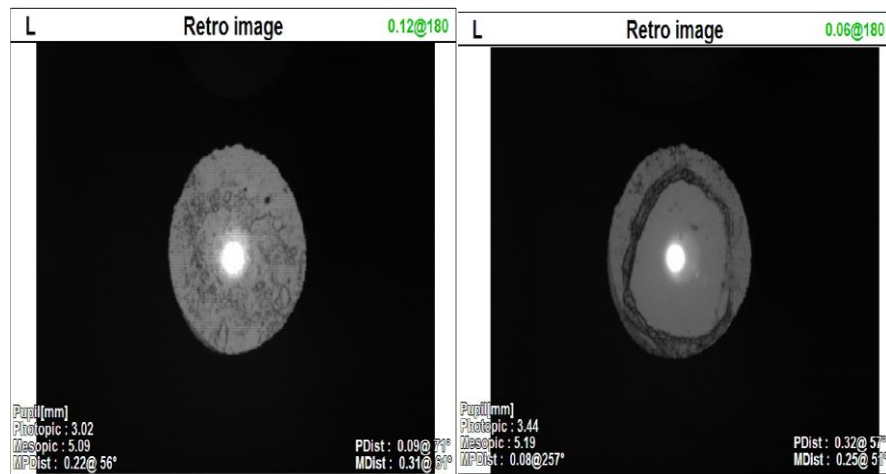


Fonte: Google Imagens (<https://ioep.com.br/oftalmologia/cirurgias/catarata-por-facoemulsificacao/>)

A opacificação da cápsula posterior do cristalino (OCP) após cirurgia de catarata já foi descrita, há muitos anos, como sendo a complicação mais comum nessa cirurgia. As células epiteliais restantes no saco capsular do cristalino proliferam e migram para o eixo visual, levando à opacificação e enrugamento da cápsula posterior, resultando em diminuição da acuidade visual. O momento do surgimento da OCP pode variar de meses a anos em adultos, sendo mais comum em pacientes jovens, e diminuindo com o avançar da idade. A incidência da OCP varia de 30% a 50% nos cinco anos após a cirurgia. A OCP pode reduzir a acuidade visual, a sensibilidade ao contraste e a visão estereoscópica, causar dificuldades com brilho ou visão de cores e diplopia monocular (COELHO; PELINSON; CAMPOS, 2017).

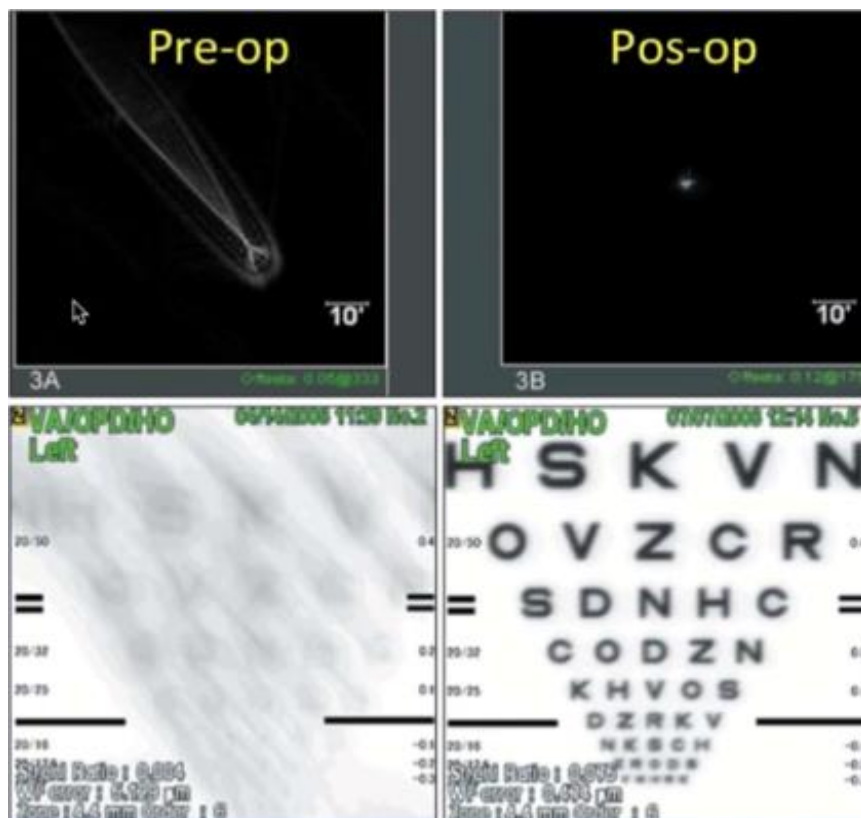
Nesses casos, está indicado o tratamento com o uso da capsulotomia por ND:YAG laser. Na figura 3 é possível observar a opacificação de cápsula posterior antes e após o procedimento de capsulotomia por ND:YAG laser. Antes da introdução da cirurgia a laser, a única opção para remoção da opacificação da cápsula posterior (OCP) era a cirurgia com o polimento ou retirada da cápsula posterior do eixo visual. Com a técnica do Nd:YAG Laser, o procedimento tornou-se mais eficaz e seguro. O Nd:YAG Laser é um laser do estado sólido, com um comprimento de onda de 1064 mm que provoca a disruptura dos tecidos oculares por meio da realização de um pulso curto de alta potência, que resulta em ionização, ou formação de plasma do tecido ocular (COELHO; PELINSON; CAMPOS, 2017). Na figura 4 indica a análise OPD III pré e pós capsulotomia por ND:YAG laser.

Figura 3 – Opacificação de cápsula posterior antes e após capsulotomia por ND:YAG laser.



Fonte: Arquivo próprio.

Figura 4 – Análise OPD III pré e pós capsulotomia por ND:YAG laser.

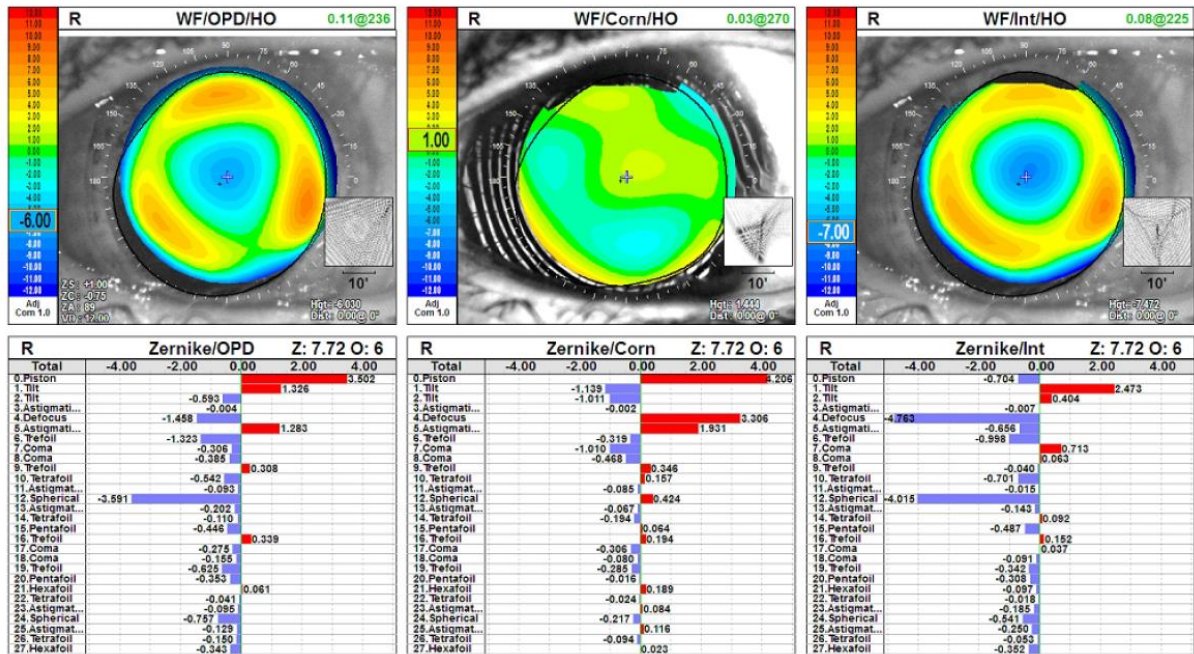


Fonte: Arquivo próprio.

Adicionalmente ao tratamento, o teste de aberrometria ocular é recomendado para acompanhar pacientes com catarata, o exame de aberrometria ocular está ilustrado na figura 5. Os aberrômetros são equipamentos constituídos por sensores

capazes de quantificar o desvio e as imperfeições da forma da onda em relação a uma frente de onda plana. Essa tecnologia é indicada, principalmente, para pacientes que, mesmo utilizando óculos ou lentes de contato, possuem pouca qualidade visual, ou seja, ainda não enxergam perfeitamente como ocorre nos pacientes em questão com olhos pseudofácicos (HIDA et al., 2013).

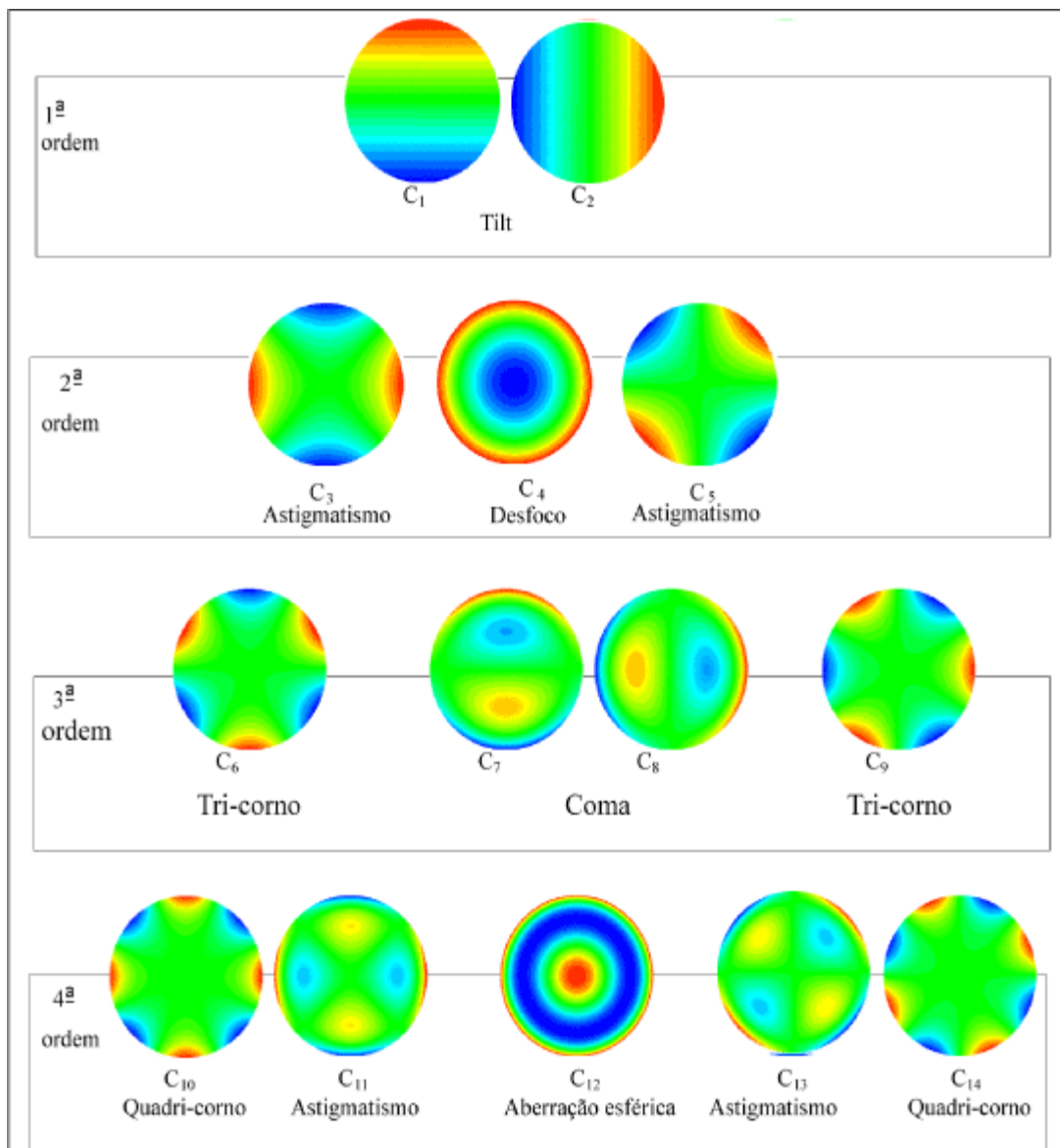
Figura 5 – Exame de aberrometria ocular.



Fonte: Arquivo próprio.

Para descrever as aberrações oculares, os polinômios de Zernike são os mais utilizados atualmente e estão ilustrados na figura 6. Os polinômios de Zernike são divididos em várias ordens dispostas numa pirâmide. De acordo com a ordem dos polinômios, dividem-se as aberrações em baixa ordem (primeira e segunda ordens), e alta ordem (terceira ordem em diante). A unidade de medida das aberrações oculares é o micrômetro (μ) (BISNETO et al., 2007).

Figura 6 – Polinômios de Zernike.



Fonte: JANKOV et al. (2002).

A partir do surgimento dessas novas tecnologias e sua popularização, é crescente o interesse em se conhecer melhor as aberrações em olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior após o procedimento de capsulotomia posterior por YAG Laser.

Pesquisadores da Bélgica, Rozema et al. (2009) tiveram o objetivo de estudar a influência da capsulotomia a laser de neodímio: YAG (Nd:YAG) nas aberrações oculares de frente de ondas. As aberrações de frente de onda em olhos pseudofácicos com opacificação da cápsula posterior foram medidos com um aberrômetro antes e

depois da capsulotomia. Adicionalmente foi realizada uma avaliação separada formado por 2 tipos de lentes intraoculares: o 92S hidrofílico (subgrupo LIO hidrofílico) e o AcrySof SA60AT hidrofóbico (subgrupo da LIO hidrofóbica).

O estudo avaliou 62 olhos pseudofácicos (56 pacientes) e os valores das aberrações totais e de alta ordem diminuíram significativamente em todos os olhos após capsulotomia a laser Nd:YAG; a diminuição média da aberração total foi de 0,186 μm e da aberração de alta ordem foi de 0,138 μm . A diminuição na aberração total (média 0,325) foi significativa no subgrupo da LIO hidrofóbica, mas não no subgrupo da LIO hidrofílico. Desse modo, os autores concluíram que a capsulotomia a laser de neodímio: YAG reduziu significativamente as aberrações de frente de onda no subgrupo da LIO hidrofóbica, mas não no subgrupo da LIO hidrofílica. A diferença na frente de onda antes da capsulotomia pode se originar de uma diferença na resposta de cicatrização da bolsa capsular entre os 2 tipos de LIO (ROZEMA et al.,2009).

Levy et al. (2009) avaliaram o efeito da capsulotomia posterior pelo Nd:YAG Laser nas aberrações oculares de frente de onda em vinte e quatro olhos pseudofácicos com consecutivo sintoma de opacificação. Para isso, foram realizadas aberrometrias de frente de onda antes e 1 mês após a capsulotomia posterior pelo Nd:YAG Laser, com o aberrômetro OPD-Niked. As aberrações totais e as aberrações de alta ordem: coma, trifólio, tetrafólio, aberrações esféricas e astigmatismo secundário foram analisadas estatisticamente. As medidas secundárias incluíram alterações na acuidade visual, refração e repetibilidade das medidas da frente de onda no olho avaliado.

Os autores observaram que, antes da capsulotomia o total médio das aberrações de alta ordem, na aberração das frentes de ondas foi de 2,08 μm , com o trifólio total sendo um dos principais contribuintes em 1,19 μm . Um mês após o procedimento, houve diminuições significativas nas aberrações totais e nas aberrações de alta ordem: trifólio, tetrafólio, aberração esférica total e no astigmatismo total ($p < 0,05$). Não foram encontradas alterações significativas nas aberrações de alta ordem: coma ocular ($p > 0,05$). Além disso, houve melhora significativa na acuidade visual, porém sem mudança significativa na refração. Não foram detectadas diferenças estatisticamente significantes em nenhum dos valores das medidas de frente de onda quando realizadas 1 mês depois. E assim concluíram que a capsulotomia posterior a laser Nd:YAG causa diminuição significativa das aberrações

frontais das ondas oculares quando medidas utilizando o aberrômetro digital Nidek-OPD, o qual pode ser responsável por uma melhor qualidade óptica após o procedimento (LEVY et al., 2009).

Yotsukura et al (2016) tinham o objetivo de avaliar o efeito da capsulotomia a laser: YAG (Nd: YAG) na visão funcional de pacientes com opacificação da cápsula posterior com boa acuidade visual. Foram avaliados olhos submetidos a cirurgia de catarata anteriormente com diagnóstico clínico de opacificação de cápsula posterior. Aberrações de frente de onda da 3ª à 6ª ordem foram medidas antes e depois da capsulotomia por laser Nd: YAG. O estudo incluiu 16 olhos de 16 pacientes, a raiz quadrada média do terceiro coeficiente de Zernike e o total de aberrações de alta ordem da 3ª para a 6ª ordem diminuíram significativamente após a capsulotomia ($p < 0,05$). E assim concluíram que a capsulotomia por YAG permitiu uma melhora significativa na função da visão mesmo em pacientes com opacificação da cápsula posterior com boa acuidade visual.

ROCHA et al., (2005) relatam que a integração da tecnologia de frente de onda na avaliação de pacientes com olhos pseudofácicos é um passo em direção a uma melhor compreensão e análise da qualidade visual pós-operatória desses pacientes. Juntamente com o controle do diâmetro da pupila é uma variável importante a ser considerada na cirurgia de catarata conforme aborda o presente estudo.

2. PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivo Geral:

Estudar as aberrações ópticas de alta ordem em pacientes com olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

2.2 Objetivos Específicos:

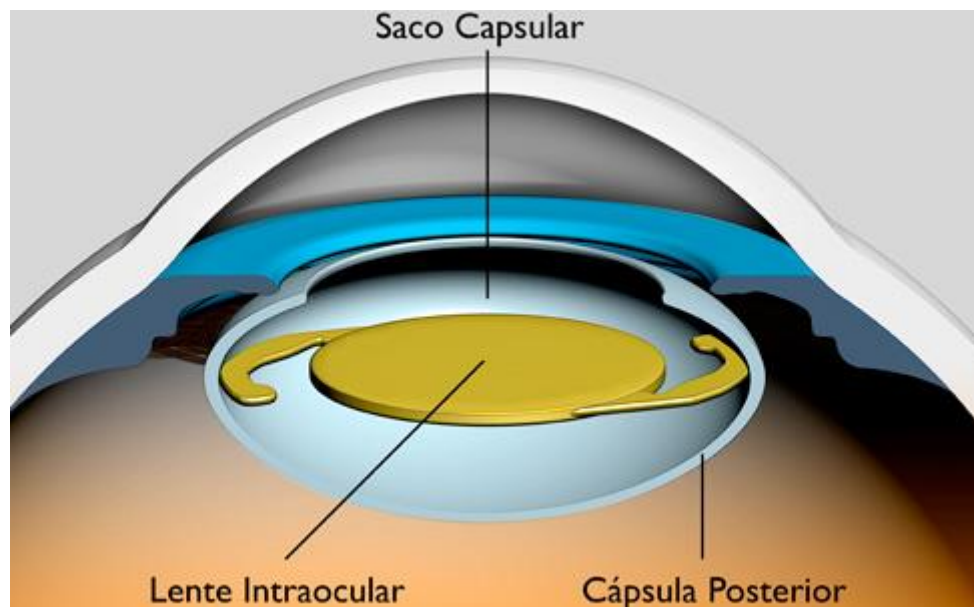
- Comparar os resultados da análise de frente de ondas com aberrômetro OPD III Nidek em pacientes com opacificação de cápsula posterior grau I, II, III e IV antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.
- Avaliar aberrações totais e internas em pacientes com olhos pseudofácicos com implante de lentes intraoculares asféricas com opacificação de cápsula posterior.
- Correlacionar os achados de aberrações ópticas de alta ordem antes e depois da capsulotomia por YAG Laser.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 TIPOS DE LENTE

As lentes intraoculares (LIOs), ilustrada na figura 7, foram desenvolvidas para substituir a lente humana e o tipo de lente indicado na cirurgia de catarata é um dos pontos a ser analisado, pois aumenta ou diminui a opacificação da cápsula posterior.

Figura 7 – Lente intraocular.



Fonte: Google imagens (<https://catarataerefrativa.com.br/foco-na-limpeza-a-laser-da-lente-intraocular/>)

Sua função básica é adicionar poder refrativo esférico ao sistema óptico do olho após a remoção da lente natural. Contudo, muitos recursos que mimetizam propriedades fisiológicas específicas foram introduzidos no design da LIO durante o passar dos anos. Um desses refinamentos é a óptica **asférica**, desenvolvido para compensar opticamente a asfericidade positiva da córnea prolada, simulando as características ópticas do cristalino jovem. A redução de aberrações esféricas deve levar a uma imagem retiniana fisicamente com qualidade otimizada e, portanto, melhorar a visão em comparação com a alcançada com uma lente **esférica** (SCHUSTER; TESARZ; VOSSMERBAEUMER, 2015).

Na tentativa de promover benefícios adicionais na qualidade visual do paciente pseudofácico, ou seja, do paciente pós cirurgia de catarata com implantação de lente intraocular, foi desenvolvida a lente asférica SN60WF, a partir da lente SN60AT, ambas produzidas pelos Laboratórios Alcon (Fort Worth, Texas, EUA). A primeira oferece uma redução nas aberrações esféricas, com uma visão melhor em condições de baixa luminosidade e maior sensibilidade ao contraste no período após a cirurgia, em comparação ao segundo modelo de lente (HIDA et al., 2013).

As lentes **pseudoacomodativas ou multifocais** podem ser difrativas ou refrativas. As lentes Tecnis® MF e Restor® são lentes difrativas projetadas para proporcionar uma visão para longe e perto, diminuir a dependência da correção óptica, com pouco ou nenhum comprometimento da qualidade visual. A qualidade óptica é tão importante quanto a medida da acuidade visual, ao se analisar a performance de qualquer lente intraocular. A LIO **monofocal** é o tratamento tradicional nos implantes intraoculares nas cirurgias de catarata. Sem correção óptica, a cirurgia não proporciona uma profundidade de foco satisfatória para distâncias variáveis (HIDA et al., 2013).

Dentre os diferentes benefícios que as LIOs proporcionam, induzir o mínimo de aberrações ópticas é uma delas, tema que melhor abordaremos na seção seguinte.

3.2 ABERRAÇÕES ÓPTICAS

3.2.1 Definição

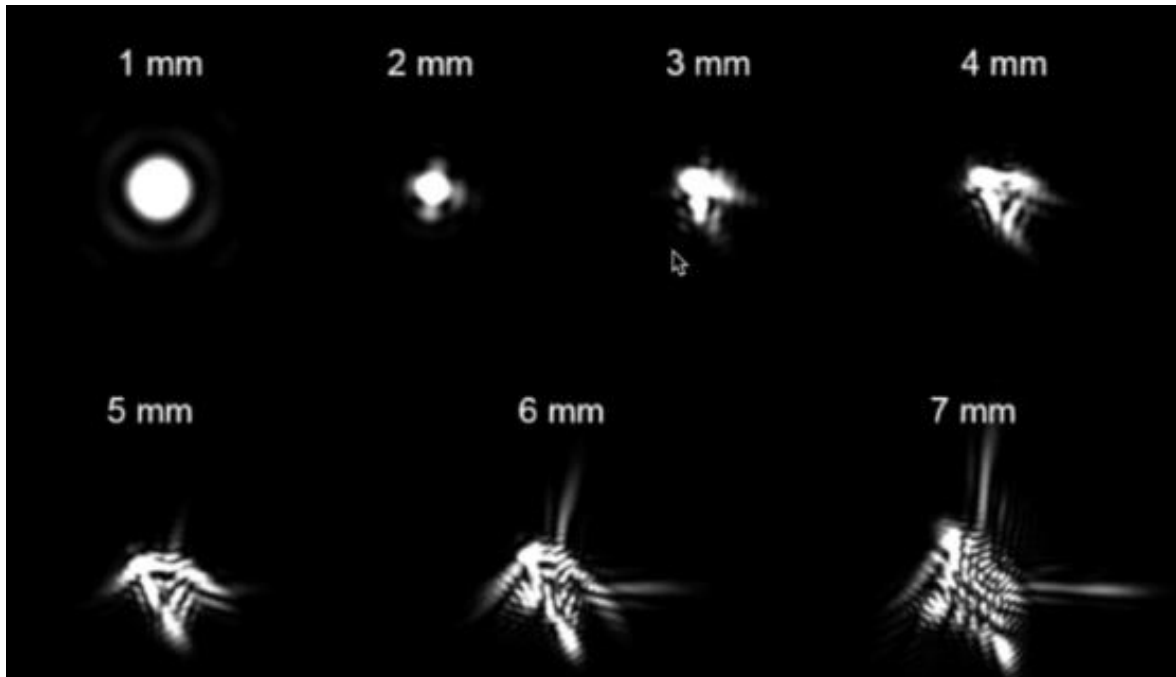
As aberrações ópticas de alta ordem foram consideradas parte das propriedades ópticas do olho humano ainda no século XIX; a partir de então, o olho foi considerado um sistema óptico de razoável qualidade. Tzelikis et al. (2008) estabeleceu, no final de século XIX, um método para se medir aberrações do olho humano e construiu um aberrômetro simples para tal finalidade. Somente na segunda parte do século XX o mesmo tópico foi novamente abordado, e resolvido por um outro método, envolvendo o cilindro cruzado, por Howland. No início dos anos 90, o pesquisador Liang e seus colaboradores otimizaram, para análise de frentes de ondas do olho humano, um outro tipo de sensor, denominado Hartmann-Shack, usado em

astronomia até então; na mesma época, Mierdel e seu grupo de pesquisa atualizaram e modernizaram o aberrômetro original de Tscherning.

Os dois sistemas são chamados "*double pass*", o que significa que a luz passa duas vezes pelo aparelho óptico do olho entre a fonte de luz e câmara-sensor. A diferença entre ambos repousa na forma pela qual a luz entra no olho e o deixa. No princípio usado por Tscherning, a luz de LASER é projetada na córnea através de uma grade regular e simétrica (diâmetro de 10 mm na córnea). Uma imagem de tamanho de 1 mm real e invertida é formada na mácula e captada por uma vídeo-câmera através do centro da pupila, para ser então analisada pelo programa específico no microcomputador (JANKOV et al., 2002).

Entretanto, no aberrômetro Hartmann-Shack, um raio fino de 0,1 mm é projetado na foveola e a imagem refletida pelas estruturas profundas da retina ou da própria coróide é capturada através de todo o diâmetro da pupila por microlentes dispostas uniformemente em uma grade externa, lembrando que o diâmetro pupilar é uma questão importante a ser considerada na cirurgia de catarata, pois quanto menor o diâmetro da pupila, menor são suas aberrações ópticas, conforme é possível observar na Figura 8. Tal arranjo compõe uma imagem real e direta e é analisado pelo programa específico no microcomputador. A lógica dos dois sistemas é a mesma: comparar a posição atual dos pontos com a ideal, calcular matematicamente qual é a superfície geométrica que descreve essa discrepância e representá-la em termos de polinômios de Zernike. O aberrômetro, por sua vez, nos dá informação sobre o desempenho total de todos os elementos ópticos do olho em conjunto: córnea, câmara anterior, cristalino e corpo vítreo (JANKOV et al., 2002).

Figura 8 – Aberrações ópticas.



Fonte: MELLO et al. (2012).

3.2.2 Tipos de Aberrômetros:

Sistemas de raios eferentes (saída)

1. Hartmann-Shack (ex: LadarWave – Alcon, Maxwell – Ziemer, KR-9000PW – Topcon, WaveScan – VISX, Zywave – Baush & Lomb).

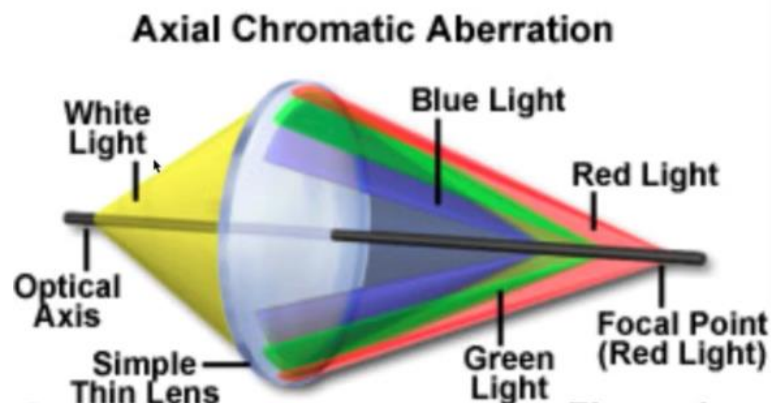
Sistemas de raios aferentes (entrada)

2. Aberrometria da imagem retiniana: Tschering (ex: *Wavelight Wavefront Analyser*) e *Ray Tracing* (ex: i-Tracey – Tracey).
3. Aberrometria subjetiva ajustável: Refratômetro de resolução espacial.
4. Aberrometria da passagem dupla: Retinoscopia em fenda (ex: OPD-Scan – Nidek) (ROCHA et al., 2006a).

3.2.3 Classificação das Aberrações Ópticas:

A luz de cada comprimento de onda (determinando cores diferentes) possui índice de refração levemente distinto e, por isso, uma cor é refratada diferentemente quando comparada com outra; esse fenômeno chama-se **aberração cromática** e pode ser visualizada na figura 9. A luz com comprimento de onda mais curto (por exemplo, verde) terá seu foco mais perto da córnea e cristalino, quando comparada com a luz com comprimento de onda mais longo (por exemplo, vermelho); porém, somente uma imagem poderá ser focalizada nitidamente na retina num determinado momento. A diferença cromática total no espectro visual inteiro é de quase 2 dioptrias e, sendo assim, tem efeitos importantes na degradação da qualidade de imagem retínica e, conseqüentemente, na acuidade visual. Por tal motivo, os óculos amarelos melhoram o contraste da imagem, pois eliminam o azul, o qual tem relação (índice de refração) muito distante das outras cores e se apresenta abundantemente na natureza (céu, água etc.). Dessa forma, a eliminação da cor azul do espectro permite a localização mais próxima do espectro restante (verde-vermelho), aprimorando os focos e diminuindo o círculo de menor confusão (JANKOV et al., 2002).

Figura 9 – Aberração cromática.

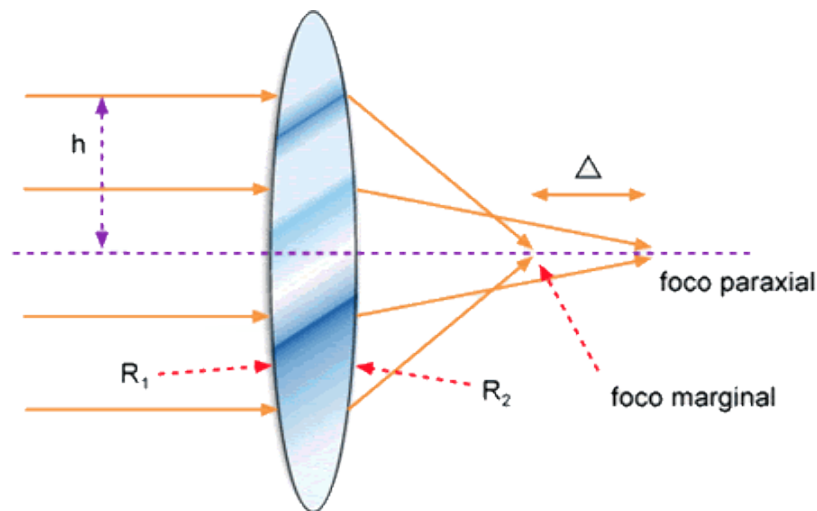


Fonte: Google imagens
<https://www.google.com/search?q=axial+chromatic+aberration&tbm=isch&ved>

Imagine um conjunto de raios de luz paralelos incidindo numa lente ideal, em que todos os pontos na mesma fase são perpendiculares à propagação dos raios e formam um plano perfeito de frente de ondas. Essa lente ideal transformará a frente de ondas plana em frente esférica; conseqüentemente, todas as frentes de ondas serão esferas concêntricas cujo centro estará no ponto focal da lente. As lentes reais (não ideais) modificarão essas frentes de ondas ideais de maneira que raios

paracentrais sejam alterados do modo diferente em comparação com os periféricos, causando a não coincidência num ponto focal único. Esse fenômeno denomina-se **aberração monocromática** (figura 10). A natureza permite ao olho humano compensar parcialmente tais aberrações, dando à córnea uma forma menos curva na periferia do que no centro. Desta maneira, a forma esférica da córnea, em conjunto com a asfericidade do próprio cristalino, contribui à atenuação das aberrações ópticas (JANKOV et al., 2002).

Figura 10 – Aberração monocromática.



Fonte: Google imagens
(http://efisica.if.usp.br/optica/universitario/geometrica/aberracao_seidel/)

Adicionalmente, as aberrações ópticas oculares também podem ser classificadas em aberrações de baixa ordem e aberrações de alta ordem. As **aberrações de baixa ordem** correspondem aos componentes esferocilíndricos da refratometria clínica. Portanto, na prática diária, as aberrações de baixa ordem são aquelas corrigíveis por óculos, lentes de contato hidrofílicas ou cirurgia refrativa convencional. As **aberrações de alta ordem** correspondem ao que antes denominávamos de astigmatismo irregular, ou seja, aberrações não corrigíveis por lentes esferocilíndricas. Como exemplo de aberrações de alta ordem, temos coma, aberração esférica, trifólio, tetrafólio, astigmatismo secundário (ROCHA et al., 2006a), como está assim classificada no quadro mostrado na Figura 11.

Figura 11- Descrição das aberrações de primeira a sexta ordem

Ordens	Termos – Nome usual	Termos isolados
Aberrações de baixa ordem		
Primeira ordem	Pistão <i>Tilt</i>	Pistão <i>Tilt</i> (Prisma) no eixo x <i>Tilt</i> (Prisma) no eixo y
Segunda ordem	Defoco Astigmatismo	Defoco Astigmatismo oblíquo com eixo $\pm 45^\circ$ Astigmatismo oblíquo com eixo $\pm 90^\circ$
Aberrações de alta ordem		
Terceira ordem	Coma Trifólio	Coma no eixo x (vertical) Coma no eixo y (horizontal) Trifólio no eixo x Trifólio no eixo y
Quarta ordem	Aberração esférica Astigmatismo secundário Tetrafólio	Aberração esférica Astigmatismo secundário oblíquo com eixo $\pm 45^\circ$ Astigmatismo secundário ortogonal com eixo $\pm 90^\circ$ Tetrafólio no eixo x Tetrafólio no eixo y
Quinta ordem	Coma secundário Trifólio secundário Pentafólio	Coma secundário no eixo x (vertical) Coma secundário no eixo y (horizontal) Trifólio secundário no eixo x Trifólio secundário no eixo y Pentafólio no eixo x Pentafólio no eixo y
Sexta ordem	Aberração esférica secundária Astigmatismo terciário Tetrafólio secundário	Aberração esférica secundária Astigmatismo terciário oblíquo com eixo $\pm 45^\circ$ Astigmatismo terciário ortogonal com eixo $\pm 90^\circ$ Tetrafólio secundário no eixo x Tetrafólio secundário no eixo y

Fonte: ROCHA et al. (2006a).

3.3 ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS DE ABERRAÇÕES ÓPTICA E OLHOS PSEUDOFÁVICOS COM LENTES INTRA-OCULARES (LIO)

O primeiro estudo a ser descrito nessa revisão de literatura é de um grupo de pesquisadores brasileiros com publicação internacional, Rocha et al. (2005), que tiveram como objetivo comparar a acuidade visual total e aberrações de frente de onda de alta ordem (coma ocular, aberração esférica e outros termos de aberração de alta ordem) e sensibilidade ao contraste em 105 olhos implantados com 4 tipos diferentes de lentes intraoculares (LIOS), sendo 1 multifocal e 3 monofocais. Esse estudo comparou quatro tipos de LIOS (Alcon ReSTOR [50 olhos], Alcon Acrysof MA30AC [20 olhos], Alcon Acrysof SA60AT [20 olhos], e Mediphacos Acqua IOL [15 olhos]).

Os resultados mostraram que todos os olhos, em todos os grupos, apresentaram melhor acuidade visual corrigida por óculos no pós-operatório. Os valores médios das aberrações totais foram: $0,72 \pm 0,25 \mu\text{m}$ (ReSTOR), $0,94 \pm 0,26 \mu\text{m}$ (MA30), $0,84 \pm 0,23 \mu\text{m}$ (SA60) e $2,04 \pm 0,77 \mu\text{m}$ (Acqua) e os valores médios das aberrações de alta ordem foram: $0,35 \pm 0,15 \mu\text{m}$ (ReSTOR), $0,41 \pm 0,12 \mu\text{m}$ (MA30), $0,43 \pm 0,13 \mu\text{m}$ (SA60) e $0,85 \pm 0,50 \mu\text{m}$ (Acqua). A LIO Acqua mostrou significância estatisticamente maior nas aberrações totais e de alta ordem, quando comparadas às outras LIOS. A LIO ReSTOR mostrou estatisticamente menos significativa nas aberrações esféricas, quando comparada às LIOS monofocais. Os valores médios de sensibilidade ao contraste foram: $1,64 \pm 0,08$ (ReSTOR), $1,72 \pm 0,08$ (MA30), $1,70 \pm 0,07$ (SA60) e $1,65 \pm 0,11$ (Acqua). Desse modo, os autores concluíram que diferentes tipos de LIOS resultaram em diferentes medidas pós-operatórias nos padrões de aberrações de alta ordem. A LIO difrativa multifocal (ReSTOR) induziu significativamente menos aberrações esféricas comparadas às LIOS monofocais. Concluíram, ainda, que a sensibilidade ao contraste revelou melhores valores com as LIOS MA30 e SA60 quando comparado ao ReSTOR (ROCHA et al., 2005).

Em um segundo estudo Rocha et al. (2006b) compararam o desempenho visual nas aberrações de frente de onda totais e de alta ordem (coma ocular, aberrações esféricas e de outros termos) com a sensibilidade ao contraste em 120 olhos implantados com lente intraocular (LIO) esférica monofocal e duas lentes intraoculares

esféricas. Para isso, participaram da pesquisa sessenta pacientes que foram randomizados para receber três tipos de LIO: Alcon AcrySof IQ (40 olhos), AcrySof Natural (40 olhos) e a óptica médica avançada (AMO) Sensar (40 olhos).

Como resultado, foi constatado que, após 90 dias, todos os olhos que tiveram correção da acuidade visual apresentaram, no pós-operatório, a acuidade de $>20/32$. A LIO AcrySof IQ mostrou significativamente menor aberração esférica ($p < 0,001$) quando comparado com a LIO AMOSensar e a LIO AcrySof Natural. A LIO AMOSensar apresentou significativamente menor aberração esférica do que a AcrySof Natural ($p < 0,05$). O AcrySof IQ também apresentou valores mais baixos de aberração total e de alta ordem ($p < 0,05$) quando comparado com o AMOSensar e o AcrySof Natural. Os valores médios do trifólio ocular, coma ocular e das aberrações de alta ordem diminuíram entre o primeiro e o terceiro mês ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, respectivamente) em todos os grupos. No teste Pelli-Robson, os valores da sensibilidade ao contraste em condições fotópicas foram semelhantes entre os grupos. Assim, concluíram que a AcrySof IQ mostrou melhores resultados na frequência espacial 3 cpd na condição mesópica usando o FACT-Optec 6500 ($p \geq 0,08$), embora não houvesse diferenças estatísticas nas variáveis fotópica e mesópica em condições de brilho (ROCHA et al., 2006b).

Em mais um estudo prospectivo e randomizado, Rocha et al. (2007a) objetivaram comparar a acuidades visuais corrigidas nas distâncias próximas, intermediárias e longas como medidas para avaliar a profundidade de foco com a aberração esférica, nos olhos implantados com lentes intraoculares esféricas e esféricas (LIOS). Participaram desta pesquisa cento e vinte olhos de 60 pacientes com catarata bilateral implantados com três modelos de LIO (AcrySof IQ, AcrySof SN60AT [Laboratórios Alcon, Fort Worth, TX] e Sensar AR40 [Allergan Surgical, Irvine, CA]).

Como resultado, os pesquisadores verificaram que o tamanho das pupilas fotópicas em cada grupo foi semelhante em sua avaliação que ocorreu aos 30 dias após a cirurgia. Aos 90 dias após a cirurgia, o logaritmo médio do ângulo mínimo da resolução da acuidade visual corrigida pela distância próxima foi de $0,50 \pm 0,20$ no grupo AcrySof IQ, de $0,38 \pm 0,17$ no grupo AcrySof SN60AT e de $0,45 \pm 0,16$ no grupo Sensar AR40. Os valores médios de aberração esférica foram $0,03 \pm 0,05$ m no grupo AcrySof IQ, $0,24 \pm 0,04$ m no grupo AcrySof SN60AT e $0,14 \pm 0,07$ m no grupo Sensar AR40. O grupo AcrySof IQ mostrou uma indução estatisticamente mais baixa

da aberração esférica e pior acuidade visual corrigida quando avaliada pela distância longa. O grupo AcrySof SN60AT apresentou valores médios de aberração esférica estatisticamente mais altos e melhora da acuidade visual corrigida, na distância próxima e intermediária. E assim, concluíram que a redução da aberração esférica total após o implante de LIO asférica pode piorar a acuidade visual corrigida nas distâncias próximas e intermediárias (ROCHA et al., 2007a).

Ainda no ano de 2007, o mesmo grupo de pesquisa analisou as aberrações de alta ordem induzidas por diferentes tipos de opacidades lenticulares em cento e trinta olhos, de 65 pacientes com catarata bilateral, classificados de acordo com o Sistema de Classificação de Opacidades de Lente III (LOCS III). As aberrações de alta ordem foram comparadas entre grupos nucleares, corticais e subcapsulares posteriores (ROCHA et al., 2007b).

Como resultado desse estudo cento e cinco olhos de 65 pacientes foram avaliados, desse montante, vinte e oito olhos (23,33%) tiveram opacificação predominantemente nuclear (NO1-NO6 e C1-2) e 13 (10,83%) apresentaram principalmente opacificação (C1-4). Sessenta e quatro olhos (65,83%) tinham um padrão misto da classificação LOCS III, que dificultou o estabelecimento de uma correlação entre o tipo de aberrometria e catarata. Dezoito olhos apresentavam catarata subcapsular posterior densa (P4-5) e 7 olhos com classificação LOCS III cortical C5 foram excluídos. Para os olhos com opacificação nuclear, a média de aberração esférica com uma pupila de 6,0 mm foi de 0,45 μm com desvio padrão (DP) de 0,17 e o coma ocular médio foi de 0,29 com DP 0,13 μm . Em olhos com catarata predominantemente cortical, a aberração esférica média foi de 0,12 com DP 0,10 μm e o coma ocular médio foi de 0,49 com DP 0,23 μm . O grupo com catarata cortical apresentou estatisticamente coma ocular maior do que os outros grupos ($P < 0,001$). O grupo com catarata nuclear teve significância estatisticamente maior nas aberrações esféricas do que nos outros grupos ($p < 0,001$). E assim, os pesquisadores concluíram que diferentes tipos de opacidades lenticulares precoces induziram nos diferentes perfis de aberrações de frente de onda. O coma ocular predominou no grupo da catarata cortical e a aberração esférica predominou no grupo de catarata nuclear (ROCHA et al., 2007b).

Em um artigo de publicação nacional, Hida et al. (2008) tiveram como objetivo comparar a análise da frente de onda e a sensibilidade de contraste pós-operatórias

em pacientes submetidos à facoemulsificação com implante de lentes intraoculares esféricas num olho e asféricas no olho contralateral.

Nos resultados observaram que a acuidade visual média com a melhor correção foi -0,146 LogMAR no grupo da lente intraocular esférica, e -0.165 LogMAR no grupo da lente intraocular asférica sob condições fotópicas, -0,003 LogMAR sob condições mesópicas. A sensibilidade ao contraste foi semelhante em ambos os grupos tanto em condições fotópicas e mesópicas. Em relação às aberrações ópticas ocorreu uma diferença significativa nas aberrações totais ($1,09 \pm 0,56$ no grupo asférico e $1,52 \pm 1,19$ no grupo esférico) e no componente esférico das aberrações de alta ordem ($0,422 \pm 0,202$ no grupo asférico e $0,124 \pm 0,087$ no grupo esférico). E assim conclui-se que as duas lentes intraoculares promoveram uma excelente visão em situações de alto contraste, e os olhos implantados com a lente asférica tiveram menos aberrações totais e esféricas que aqueles implantados com a lente esférica (HIDA et al., 2008)

Tzelikis et al. (2008) objetivaram determinar se a implantação de LIO com superfície asférica anterior modificada resulta em aberração esférica reduzida e melhora a sensibilidade ao contraste após cirurgia de catarata. Para isso participaram 25 pacientes com catarata bilateral com implantação de LIO com superfície anterior modificada e foram comparados aos pacientes com lentes biconvexas com superfícies esféricas.

Os estudiosos não encontraram nenhuma diferença estatisticamente significativa da distância não corrigida nem da melhor acuidade visual corrigida no pós-operatório, após um acompanhamento de três meses. O teste de sensibilidade ao contraste que aconteceu no pós-operatório, não revelou diferenças significativas entre os grupos em condições fotópicas e mesópicas. Ao analisar as aberrações de alta ordem, o qual é de relevância para este estudo, a diferença entre os grupos foi estatisticamente significativa aos diâmetros pupilares 5,0 mm e 6,0 mm, com o grupo de LIO com superfície asférica induzindo menor aberração de alta ordem e também de aberração esférica quando comparado com o grupo de LIO biconvexas com superfícies esféricas. Desse modo, conclui-se que a LIO Tecnis Z9001 com superfície asférica anterior modificada induz significativamente uma menor aberração de alta ordem em comparação com a LIO ClariFlex. Outro achado é que o contraste a

sensibilidade revelou melhores valores sob condições fotópicas e condições mesópicas com a LIO Tecnis Z9001 (TZELIKIS et al., 2008).

Denoyer et al. (2009) compararam a qualidade da visão com uma lente intraocular esférica (LIO) sem aberração e uma LIO com aberração esférica negativa. Os pacientes agendados para cirurgia de catarata foram escolhidos aleatoriamente para receber bilateralmente uma LIO de óptica avançada SofPort sem aberração (grupo de LIO sem aberração) ou um Tecnis Z9000 LIO com aberração esférica negativa (grupo de LIO com aberração negativa). Com seis meses de pós-operatório os pacientes foram avaliados com a Escala de Atividades da Visão Diária, teste de sensibilidade ao contraste e análise de aberração de frente de onda. Os resultados mostraram que não houve diferença no escore da Escala de Atividades da Visão Diária entre os dois grupos (PZ0.07); Contudo, o grupo de LIO com aberração negativa teve uma pontuação melhor na visão noturna e o grupo de LIO sem aberração teve uma melhor pontuação na visão corrigida de perto. A sensibilidade ao contraste mesópico foi significativamente melhor no grupo de LIO com aberração negativa nas frequências intermediária e alta; o grupo da LIO sem aberração apresentou melhor desempenho em condições fotópicas em frequências intermediárias. Desse modo, houve aberração esférica significativamente maior e coma ocular de baixa ordem no grupo LIO sem aberração do que no grupo LIO com aberração negativa. Os pesquisadores concluíram assim que o implante bilateral de uma LIO sem aberração resultou em melhor qualidade da visão e uma LIO de aberração esférica negativa proporcionou melhor visão noturna e melhorias na sensibilidade ao contraste mesópico.

Nanavaty et al. (2009), tinham como objetivo comparar aberrações de frente de onda, a profundidade de foco, a sensibilidade ao contraste e a modulação de transferência de função após implante de lentes intraoculares esféricas e esféricas no olho. Este estudo prospectivo, randomizado e controlado, incluiu pacientes com catarata bilateralmente que receberam LIO AcrySof SN60WF esférica ou uma LIO AcrySof SN60AT esférica no primeiro olho e a outra LIO no segundo olho. As avaliações aos 3 e 6 meses incluíram melhor acuidade visual corrigida e teste de sensibilidade ao contraste funcional fotópico e mesópico. O total de aberrações internas da córnea e da profundidade de foco foram calculadas.

Resultados: aos 3 e 6 meses, não houve diferença significativa na melhor acuidade visual corrigida e no teste de sensibilidade ao contraste funcional fotópico; a sensibilidade ao contraste mesópico foi melhor e as aberrações esféricas totais e internas foram significativamente menores com a LIO asférica. O coma ocular vertical total e interno dos olhos foi reduzido com LIO asférica. A modulação de transferência de função total não foi significativamente diferente entre os grupos. O grupo de LIO esférica tinha 0,46 dioptria menos profundidade de foco do que o grupo esférico da LIO aos 6 meses ($p < 0,05$). A acuidade corrigida pela distância próxima foi significativamente melhor com a LIO esférica. Assim, os autores concluíram que as LIOs asféricas reduziram significativamente a aberração esférica, melhorando a sensibilidade ao contraste. O coma vertical foi reduzido com LIOs esféricas e a redução de aberrações pode ser responsável pela profundidade de foco diminuída com LIOs asféricas. Isso pode ser desvantajoso para visão de perto e para a capacidade de leitura (NANAVATY et al., 2009).

No estudo prospectivo, duplo-cego, randomizado Santhiago et al. (2010) tinham o objetivo de determinar se a implantação de uma LIO asférica resultaria em redução das aberrações oculares e conseqüentemente melhora na sensibilidade ao contraste após a cirurgia de catarata sem redução crítica da profundidade de foco. Isto foi realizado em 25 pacientes com catarata bilateral, em um olho foi implantado uma LIO asférica (Akreas Advanced Óptica) e no outro olho uma LIO esférica (Akreas Fit). As aberrações de alta ordem e as aberrações esféricas com pupilas com 5 e 6 mm de diâmetro foram medidas com um aberrômetro de retinoscopia dinâmica 1 e 3 meses após a cirurgia; também foram medidas a acuidade visual não corrigida e com melhor correção, além da sensibilidade ao contraste sob condições mesópicas e fotópicas. A acuidade visual corrigida pela distância próxima e intermediária foi realizada como medida da profundidade do foco.

Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significante na acuidade visual entre os olhos corrigidos e não corrigidos, tanto no primeiro quanto no terceiro mês de avaliação, após a cirurgia. Houve uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos de sensibilidade ao contraste em condições fotópicas e em condições mesópicas. O grupo Akreas Advanced Óptica obteve valores estatisticamente significativos menores das aberrações de alta ordem e das aberrações esféricas com pupilas de 5 e 6 mm quando comparado com o grupo

Akreos Fit ($P < 0,05$). Também não houve diferença significativa na acuidade visual corrigida da distância próxima e intermediária entre os dois grupos. Assim concluíram que a LIO Akreos Advanced Óptica são isentos de aberrações esféricas, induzindo assim significativamente menor aberração esférica e de alta ordem do que a LIO Akreos Fit. Já quanto a sensibilidade ao contraste foi melhor em condições mesópicas com LIO Akreos Advanced Óptica mostrando resultados semelhantes quanto a profundidade de foco (SANTHIAGO et al., 2010).

Essa pesquisa, realizada no Cairo, Egito, objetivou estudar a aberração esférica, coma ocular e trifólio ocular após implante de lente intraocular asférica Tecnis em pacientes com catarata e verificar a influência de fatores fotópicos e mesópico na sensibilidade ao contraste. Neste estudo comparativo prospectivo, randomizado, os pacientes apresentaram catarata senil. A LIO asférica foi comparada com a LIO esférica Sensor AR40e. Os critérios do estudo incluíram acuidade visual de distância corrigida, aberrometria de frente de onda, o qual é objeto do nosso estudo e acuidade visual de contraste. Não houve diferença significativa entre as LIOs na acuidade visual de distância corrigida ($P > 0,05$). Já a aberração ocular esférica foi significativamente menor nas LIOs asféricas do que nas esféricas ($p < 0,001$). Dois meses após a cirurgia, os olhos com LIO asférica apresentaram melhor sensibilidade ao contraste fotópico e melhor sensibilidade mesópica ao contraste. Não houve diferença significativa nas aberrações de alta ordem (coma e trifólio ocular) entre as LIOs. Conclusão, após a cirurgia de catarata, a LIO asférica resultou em uma redução significativamente menor na aberração ocular esférica, já na sensibilidade ao contraste mesópico foi significativamente maior e não houve diferença significativa nas aberrações de alta ordem (coma e trifólio ocular) indicando que ambas as LIOs tiveram uma centragem satisfatória no saco capsular (ASSAF; KOTB, 2010).

Wakamatsu et al. (2011) tiveram como objetivo da pesquisa avaliar as mudanças na acuidade visual funcional antes e depois do neodímio: YAG (Nd: YAG) capsulotomia a laser em olhos submetidos a cirurgia de catarata anterior com diagnóstico clínico de opacificação de cápsula posterior. O estudo envolveu 9 pacientes (4 mulheres, 5 homens; 10 olhos) e como resultado observaram que embora não tenha havido diferença significativa na acuidade visual corrigida à distância, antes e após a capsulotomia Nd: YAG, houve uma melhora significativa na média da acuidade visual funcional. A acuidade visual de baixo contraste melhorou

significativamente após a capsulotomia a laser Nd: YAG e as aberrações de alta ordem diminuiu significativamente após a capsulotomia, e essas aberrações foram significativamente correlacionadas com a acuidade visual funcional e acuidade visual de baixo contraste.

Em estudo mais recente (CINAR et al., 2020) os autores compararam as aberrações de frente de onda antes e depois da capsulotomia por Nd: YAG em lente intraocular multifocal (MfIOL) e olhos pseudofácicos monofocais (MoIOL) com opacificação da cápsula posterior. O estudo incluiu 64 olhos com MfIOLs e 72 com MoIOLs que desenvolveram opacificação de cápsula posterior. Os valores de aberrações totais e de alta ordem não diferiram significativamente antes e 1 mês após capsulotomia por Nd: YAG laser, porém em ambos os grupos houve uma redução significativa no valor das aberrações totais e de alta ordem. Desse modo concluíram que a capsulotomia reduz aberrações totais e de alta ordem na mesma medida em olhos com ambas as lentes intra-oculares sem impacto significativo de design das lentes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Casuística

Trata-se de um estudo clínico experimental, longitudinal, quantitativo e prospectivo, onde foram realizadas análises de aberrações ópticas de frente de onda em indivíduos com olhos pseudofácicos, com opacificação da cápsula posterior (OCP), submetidos a cirurgia de catarata. Os pacientes com olhos pseudofácicos possuíam um grau de OCP (grau I, II, III e IV) que exigiam o procedimento laser Nd:YAG capsulotomia.

4.2 Critérios de inclusão

Foram incluídos, na pesquisa, pacientes submetidos a cirurgia de catarata, nas seguintes condições: com implante de lente intraocular esféricas; com opacificação de cápsula posterior grau I, II, III e IV; com lentes intraoculares centralizadas; pacientes sem nenhuma doença ocular prévia (glaucoma, lesões vítreas e retina); com pupilas sem alterações; e com capsulotomia anterior acima de 4 mm.

4.3 Critérios de exclusão

Foram excluídos da pesquisa pacientes, nas seguintes condições: com doenças oculares prévias (glaucoma, lesões vítreas e retina); que tinham pupilas com alterações; e com lentes intraoculares multifocais e esféricas.

4.4 Equipamentos

Para a presente pesquisa foram utilizados o equipamento aberrômetro OPD III Nidek ilustrado na figura 12 e para as capsulotomias a laser Nd:YAG será utilizado a marca Cal Zeiss Meditec Ag, LSL Yag III, ilustrado na figura 13, que fornece 0,2 mJ de energia para a cápsula posterior, sendo um diâmetro de 4,5 a 5,0 mm. A capsulotomia utilizou 15 a 30 pulsos de laser de rajada única.

Figura 12 - Aberrômetro OPD III Nidek



Fonte: Arquivo próprio

Figura 13 - Laser Nd:YAG Cal Zeiss Meditec Ag, LSL Yag III



Fonte: Google imagens (<https://www.zeiss.com/meditec/int/product-portfolio/therapeutic-lasers.html>)

4.5 Procedimentos para a obtenção e coleta de dados

Inicialmente foi obtido o grau de Opacificação de cápsula posterior, através do exame oftalmológico, realizado por um mesmo examinador, através aparelho lâmpada de fenda com técnica de biomicroscopia, após dilatação pupilar, avaliação da OCP foi realizada de forma subjetiva, haja vista que não existe outro método objetivo para tal avaliação, e também foi realizada através da lâmpada de fenda com retroiluminação, onde foi dado uma escala de intensidade de opacificação. Foram utilizados os critérios atribuídos por uma escala de grandeza de acordo com o grau de opacificação, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Escala de Grandeza de Opacificação de Cápsula Posterior

Classificação	Grau	Interferência na Acuidade Visual (AV)
0	Ausente	Nenhuma interferência
I	Mínimo	Opacificação mínima, não havia interferência da AV.
II	Leve	Opacificação leve, com AV até 20/30.
III	Moderada	Opacificação moderada, com AV inferior a 20/30
IV	Grave	Opacificação grave, comprometimento substancial da AV.

Fonte: MEDEIROS, AVILA, SANTOS (2006)

Após classificação de gravidade da opacificação da cápsula posterior que foi visualizada através da biomicroscopia, após dilatação pupilar na lâmpada de fenda com retroiluminação, foi realizado o exame de aberrometria onde as aberrações de frente de onda foram mensuradas com o aberrômetro OPD III Nidek. Posteriormente ao exame, o paciente foi submetido ao procedimento de capsulotomia posterior a laser (Nd:YAG, também denominado de YAG Laser), que é uma técnica cirúrgica que visa tratar a opacificação da cápsula posterior do cristalino com segurança, eficácia e sem dor. Após 15 dias da realização do procedimento, o paciente realizou novamente o exame de aberrometria, sendo possível obter as comparações de parâmetros de aberrometria antes e após a capsulotomia a laser.

Os resultados da frente de onda foram exportados em um conjunto de 44 coeficientes de Zernike normalizados (6ª ordem) calculados sobre uma pupila de 5,0 mm. Com tal exame foi possível avaliar três tipos de aberrações de alta ordem: aberração esférica, aberração coma, aberração trifólio e dentro dessas mensurar

também suas aberrações totais e internas conforme mostrado na figura 14. As aberrações do sistema óptico ocular total podem ser divididas em aberrações da córnea e aberrações da óptica interna. Com as novas tecnologias, é possível a avaliação direta das aberrações corneanas e da óptica total e, indiretamente, das aberrações da óptica interna, a depender dos diversos exames de aberrometria disponíveis.

Figura 14- As aberrações esférica, coma e trifólio destacadas no quadro em vermelho. E as aberrações totais e internas indicadas pelas setas em vermelho.

HOA [μm]: Cornea@6.83mm					R
Total, Internal@6.83mm / Order = 6					
	T.Sph	T.Coma	T.Tre	HO	
Total:	0.055	0.475	1.092	1.213	
Cornea:	0.659	0.383	0.737	1.096	
Internal:	0.672	0.160	0.484	0.868	
Refraction: VD = 12.00mm					
	Sph	Cyl	Axis	RMS	
Center	+1.50	-2.50	95		
(6.83mm)	+2.00	-3.50	93	1.26D	
Diff	+0.50	-1.00	-2		

R	Zernike/OPD					Z: 6.83 O: 6
	Total	-4.00	-2.00	0.00	2.00	
0.Piston			-0.604			
1.Tilt			-0.687			
2.Tilt			-0.034			
3.Astigmat...				0.979		
4.Defocus			-0.301			
5.Astigmat...					3.629	
6.Trefoil			-0.929			
7.Coma			-0.386			
8.Coma			-0.172			
9.Trefoil					0.518	
10.Tetrafoil					0.055	
11.Astigmat...					0.109	
12.Spherical			-0.022			
13.Astigmat...					0.069	
14.Tetrafoil			-0.055			
15.Pentafoil			-0.081			
16.Trefoil					0.165	
17.Coma			-0.133			
18.Coma			-0.149			
19.Trefoil			-0.164			
20.Pentafoil			-0.003			
21.Hexafoil					0.073	
22.Tetrafoil					0.026	
23.Astigmat...			-0.043			
24.Spherical			-0.050			
25.Astigmat...			-0.052			
26.Tetrafoil					0.031	
27.Hexafoil					0.101	

Fonte: Arquivo próprio.

4.6 Análise Estatística

Os dados serão descritos em frequências absolutas e relativas. As variáveis numéricas são apresentadas por sua média seguida de seu desvio padrão (DP).

Por se tratar de um estudo que compara as médias das aberrações dos mesmos sujeitos antes e após o procedimento, o primeiro passo da análise estatística foi testar a normalidade das variáveis a partir do teste de Shapiro-Wilk. A hipótese nula (H^0) do teste é de que os dados atendem a uma distribuição normal, deste modo, quando encontrado um valor de $p < 0,05$ foi considerada utilização de testes não paramétricos para comparar as médias.

O teste de Wilcoxon para amostras pareadas foi utilizado para comparar as aberrações que não apresentavam distribuição normal. Para confirmar os achados do teste, os valores das aberrações foram convertidos em Log na base 10. Quando o Log

das Aberrações eram normalmente distribuídos, foi procedida a comparação das médias do Log a partir do teste paramétrico T de Student para amostras pareadas.

Para quantificar a mudança no valor das aberrações antes e após o procedimento, os valores das aberrações pós capsulotomia por YAG laser foram divididos pelos pré capsulotomia. Quando o resultado estiver entre 0 e 0,999 entende-se que houve redução da aberração, pois $Ab\text{-Pós} < Ab\text{-Pré}$, e para valores maiores que 1, entende-se que houve um incremento da aberração, pois $Ab\text{-Pós} > Ab\text{-Pré}$.

As relações (pós e pré capsulotomia) de cada uma das aberrações (esféricas, coma e trifólio) foram comparada entre os grupos de graus de opacificação por uma ANOVA, para investigar se há maior ou menor benefício da capsulotomia por YAG laser para um grupo específico. Quando a ANOVA se mostrou estatisticamente significativa foi utilizado o teste de Post-Hoc de Tukey a fim de identificar qual grau de opacificação que tem suas médias diferindo dos demais.

Todos os testes foram bilaterais e o valor de $p < 0.05$ foi considerado estatisticamente significativo dentro de um intervalo de confiança de 95%. A análise estatística foi conduzida pelo Software Statistical Package for Social Sciences (IBM SPSS Statistics for Windows, version 25.0.; IBM, Armonk, New York).

4.7 Cálculo Amostral

Foi realizado o cálculo amostral para um estudo com grupos pareadas que pretendeu avaliar variáveis contínuas. Inicialmente, o objetivo do autor foi realizar o cálculo amostral para cada grau de opacificação. No entanto, não foi encontrado nenhum estudo na literatura que descrevesse os valores das aberrações pré e pós capsulotomia com YAG laser separados por grau de opacificação. Dessa forma, utilizou-se para fins deste cálculo o estudo de Rozema et al (2009) que demonstrou em uma população de 62 olhos a redução das aberrações de alta ordem como um todo, este foi o estudo de maior população encontrada na literatura.

A diferença média das aberrações de alta ordem demonstrada pelo estudo foi de 0,138 (DP: 0,223). Foi considerado valor de $\alpha = 0,05$ e o um coeficiente $\beta = 0,20$. O tamanho de efeito e o desvio padrão utilizados foram referentes ao estudo de

Rozema et al (2009). O cálculo foi realizado como sugerido por Rosner (1995) para testes com amostras pareadas e é demonstrado a seguir:

$$\text{Desvio Padrão para } \alpha = Z_{\alpha} = 1,960$$

$$\text{Desvio padrão para } \beta = Z_{\beta} = 0,842$$

$$A = 1,000$$

$$B = (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 = 7,849$$

$$C = (E/S(\Delta))^2 = 0,383$$

$$AB/C = 20,50$$

O número de 21 casos pareados foi demonstrado como tamanho de amostra suficiente para estimar a diferença das aberrações de alta ordem. Acredita-se que a variação das aberrações pré e pós capsulotomia não sejam iguais nos diferentes graus de opacificação, por isso não é adequado sugerir exatamente um valor de 21 pacientes por cada grau de opacificação. Entretanto, se isso fosse proposto o tamanho amostral de 84 pacientes seria sugerido.

5. RESULTADOS

Descrição da Amostra

Ao todo, foram incluídos 64 olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior. Dos 64 analisados, 14 apresentavam opacificação mínima, grau I, 18 opacificação leve, grau II, 19 opacificação moderada, grau III e 13 opacificação grave, grau IV.

Análise dos Valores das Aberrações

Os valores das aberrações totais e internas - esféricas, coma e trifólio - antes e após o procedimento não apresentam distribuição normal, demonstrada pelo resultado do teste de Shapiro-Wilk. Além disso, os dados não apresentam homogeneidade de variância, o que impede a utilização de testes paramétricos na comparação entre as médias. Os valores das aberrações separadas pelos graus de opacificação de cápsula posterior também não apresentam distribuição normal. Optou-se, então, por transformar os valores de aberração em logaritmo (Log das Aberrações), após a transformação os dados atenderam a uma distribuição normal tornando possível a utilização de testes paramétricos para comparação das médias dos grupos, além da utilização do teste não paramétrico de Wilcoxon.

Os resultados são apresentados para o total de cada aberração e também separadas pelo grau de opacificação de cápsula posterior.

Comparação das Aberrações Totais

Os valores pré e pós capsulotomia das aberrações totais dos tipos - esféricas, coma e trifólio – são apresentados na Tabela 2. A partir do teste de Wilcoxon, foi observada uma redução estatisticamente significativa em todos os tipos de aberrações após capsulotomia com YAG Laser.

Tabela 2 - Valores das aberrações totais pré e pós capsulotomia por YAG laser, comparadas pelo teste de Wilcoxon

Aberrações	Pré Capsulotomia			Pós Capsulotomia			Z	p
	Média (DP)	Mínimo	Máximo	Média (DP)	Mínimo	Máximo		
Esféricas	0,365 (0,624)	0,017	3,752	0,156 (0,232)	0,001	1,292	- 3,468	0,001*
Coma	0,589 (0,638)	0,024	2,455	0,306 (0,405)	0,024	2,472	-4,043	< 0,001*
Trifólio	0,856 (0,860)	0,123	5,079	0,454 (0,480)	0,089	2,358	-4,514	<0,001*

IC Intervalo de Confiança; * Diferença Estatisticamente Significativa

Fonte: Autoria Própria

Os valores das aberrações totais foram convertidas em Log e então foram comparadas pelo teste T de Student para amostras pareadas. Foi encontrada uma redução estatisticamente significativa após capsulotomia com YAG laser em todas as aberrações. A média das diferenças e o valor de p para a comparação realizada é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação da diferença entre o Log das aberrações antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

Log da Aberração	Diferença Entre as Médias	IC 95%		p
		Inferior	Superior	
Esférica	0,314	0,155	0,472	<0,001*
Coma	0,271	0,135	0,407	<0,001*
Trifólio	0,266	0,169	0,363	0,001*

IC Intervalo de Confiança; * Diferença Estatisticamente Significativa

Fonte: Autoria Própria

Nos próximos tópicos serão descritas as avaliações das aberrações totais conforme o grau de opacificação de cápsula posterior.

Olhos com Opacificação de Cápsula Posterior Grau I

As aberrações totais no grupo de olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau I anteriormente a capsulotomia posterior por YAG Laser para a aberração esférica variou entre 0,023 e 1,45 com média de 0,279 (DP: 0,431) e após o procedimento variou entre 0,002 e 0,337 com média de 0,097 (DP: 0,085). As aberrações coma, prévia a capsulotomia, variaram entre 0,024 e 1,326 com média de

0,439 (DP: 0,454) e após o procedimento variaram entre 0,031 a 0,294 com média de 0,167 (DP: 0,087) e por fim as aberrações trifólio antes do procedimento por YAG Laser variaram entre 0,123 e 1,428 com média de 0,573 (DP: 0,360) e após 0,089 a 0,682 com média de 0,310 (DP: 0,207).

A Tabela 4 apresenta a comparação entre o Log das aberrações antes e após o procedimento de capsulotomia posterior por YAG laser a partir do teste T de Student.

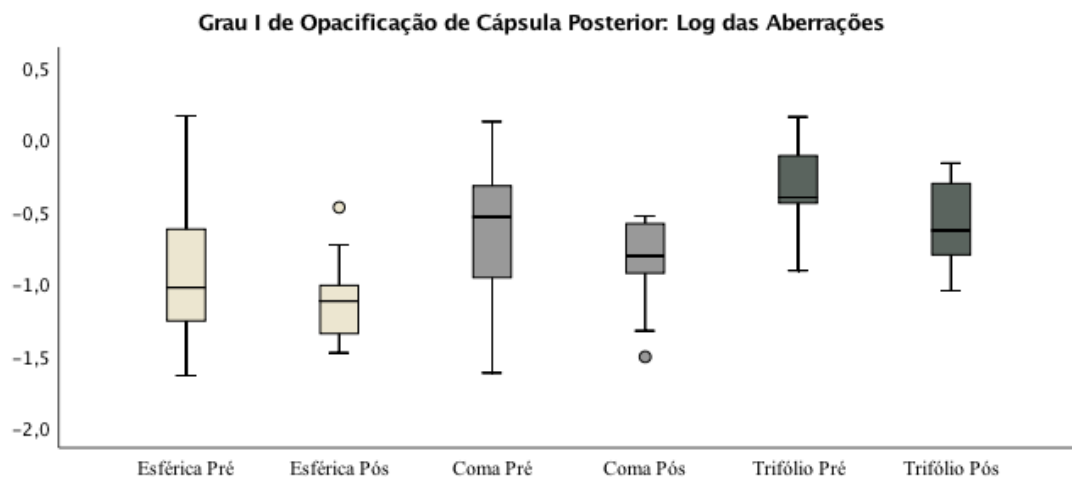
Tabela 4 - Comparação da diferença entre o Log das aberrações com opacificação de cápsula posterior grau I antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

Log da Aberração	Diferença Entre as Médias	IC 95%		<i>p</i>
		Inferior	Superior	
Esférica	0,286	-0,036	0,609	0,077
Coma	0,260	-0,109	0,631	0,152
Trifólio	0,283	0,068	0,498	0,014*

IC Intervalo de Confiança; * Diferença Estatisticamente Significativa
Fonte: Autoria Própria

Foi possível observar uma diferença estatisticamente significativa antes e após o procedimento na aberração trifólio ($p < 0,05$). A Figura 15 apresenta um boxplot onde cada vela representa os valores do Log de um tipo de aberração. Os boxplots que são apresentados corresponde aos valores do Log das aberrações, os valores descritos no texto se referem ao valor exato das aberrações, os boxplot desses valores são apresentados como material suplementar no Apêndice A desta dissertação.

Figura 15 - Boxplot apresentando o Log das aberrações totais em olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau I antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser



Fonte: Autoria Própria

Olhos com Opacificação de Cápsula Posterior Grau II

As aberrações totais no grupo de olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau II anteriormente a capsulotomia posterior por YAG Laser para a aberração esférica variaram entre 0,026 e 3,752 com média de 0,453 (DP: 0,910) e após o procedimento variou entre 0,001 e 1,292 com média de 0,175 (DP: 0,302). As aberrações coma, prévia a capsulotomia, variaram entre 0,033 e 2,455 com média de 0,553 (DP: 0,867) e após o procedimento variaram entre 0,024 a 1,468 com média de 0,316 (DP: 0,352) e por fim as aberrações trifólio antes do procedimento por YAG Laser variaram entre 0,168 e 5,079 com média de 0,841 (DP: 1,195) e após 0,141 a 2,295 com média de 0,479 (DP: 0,491).

A Tabela 5 apresenta a comparação entre o Log das aberrações antes e após o procedimento de capsulotomia posterior por YAG laser em olhos pseudofácicos com opacificação de capsula posterior grau II a partir do teste T de Student.

Tabela 5 - Comparação da diferença entre o Log das aberrações com opacificação de capsula posterior grau II antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

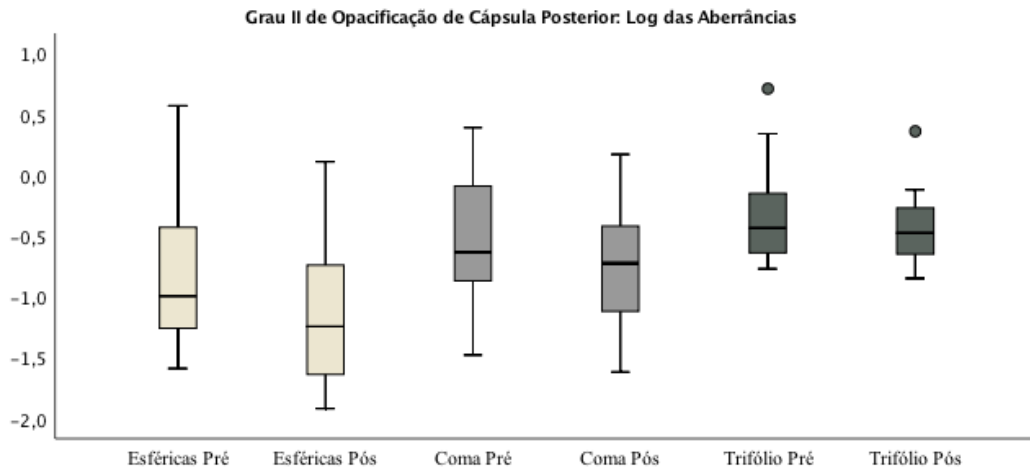
Log da Aberração	Diferença Entre as Médias	IC 95%		<i>p</i>
		Inferior	Superior	
Esférica	0,369	0,010	0,727	0,044*
Coma	0,171	-0,050	0,394	0,121
Trifólio	0,131	0,019	-0,279	0,083

IC Intervalo de Confiança; * Estatisticamente Significativo

Fonte: Autoria Própria

Foi observada uma diminuição numérica nos valores de todas as aberrações antes e após a capsulotomia, entretanto esse valor se mostrou estatisticamente significativo apenas nas aberrações do tipo trifólio. A Figura 16 sumariza esses achados para os valores do Log das aberrações.

Figura 16 - Boxplot apresentando o Log das aberrações totais em olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau II antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser



Fonte: Autoria Própria

Olhos com Opacificação de Cápsula Posterior Grau III

As aberrações totais no grupo de olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau III anteriormente a capsulotomia posterior por YAG Laser para a aberração esférica variou entre 0,017 e 2,224 com média de 0,457 (DP: 0,608) e após o procedimento variou entre 0,006 e 1,128 com média de 0,194 (DP: 0,281). As aberrações coma, prévia a capsulotomia, variaram entre 0,056 e 2,438 com média de 0,807 (DP: 0,762) e após o procedimento variaram entre 0,025 a 2,472 com média de 0,553 (DP: 0,867) e por fim as aberrações trifólio antes do procedimento por YAG Laser variaram entre 0,231 e 3,616 com média de 1,240 (DP: 0,892) e após 0,122 a 2,358 com média de 0,639 (DP: 0,666).

A Tabela 6 apresenta a comparação entre o Log das aberrações antes e após o procedimento de capsulotomia posterior por YAG laser em olhos pseudofácicos com opacificação de capsula posterior grau III a partir do teste T de Student.

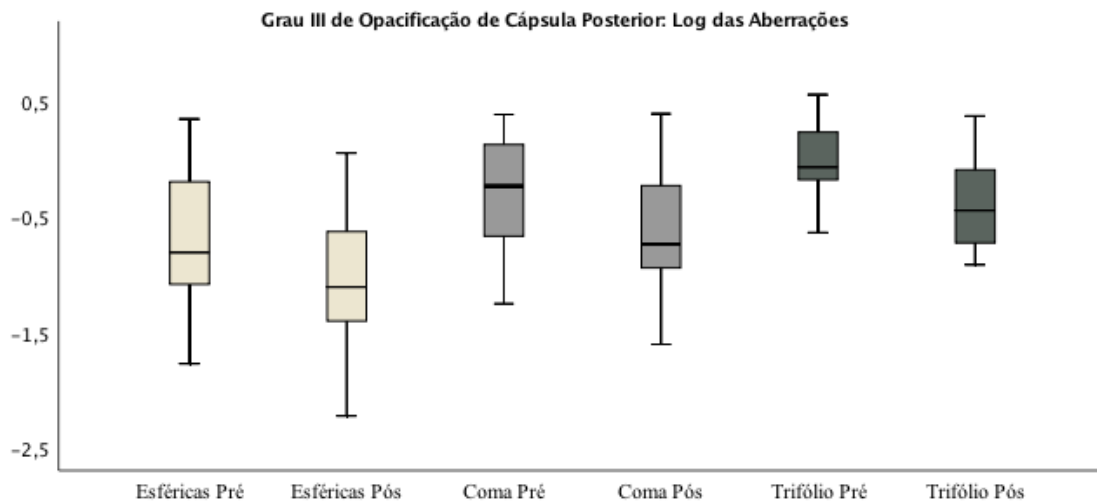
Tabela 6 - Comparação da diferença entre o Log das aberrações com opacificação de cápsula posterior grau III antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

Log da Aberração	Diferença Entre as Médias	IC 95%		p
		Inferior	Superior	
Esférica	0,411	0,053	0,769	0,026*
Coma	0,322	0,015	0,629	0,041*
Trifólio	0,358	0,166	0,550	0,001*

IC Intervalo de Confiança; * Estatisticamente Significativo

A capsulotomia posterior por YAG laser implicou em uma redução estatisticamente significativa no Log de todas as aberrações. As aberrações esféricas foram aquelas que obtiveram uma redução maior em número absoluto, é possível observar a magnitude dessa redução na Figura 17.

Figura 17 - Boxplot apresentando o Log das aberrações totais em olhos pseudofácicos com opacificação de capsula posterior grau III antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser



Fonte: Autoria Própria

Olhos com Opacificação de Cápsula Posterior Grau IV

As aberrações totais no grupo de olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau IV anteriormente a capsulotomia posterior por YAG Laser para a aberração esférica variou entre 0,023 e 0,916 com média de 0,201 (DP: 0,234) e após o procedimento variou entre 0,017 e 1,540 com média de 0,138 (DP: 0,137). As aberrações coma, prévia a capsulotomia, variaram entre 0,052 e 1,881 com média de 0,217 (DP: 0,279) e após o procedimento variaram entre 0,033 a 1,080 com média de 0,217 (DP: 0,279) e por fim as aberrações trifólio antes do procedimento por YAG Laser variaram entre 0,143 e 1,237 com média de 0,618 (DP: 0,376) e após 0,108 a 0,974 com média de 0,302 (DP: 0,230).

A Tabela 7 apresenta a comparação entre o Log das aberrações antes e após o procedimento de capsulotomia posterior por YAG laser em olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior grau IV a partir do teste T de Student.

Tabela 7- Comparação da diferença entre o Log das aberrações com opacificação de capsula posterior grau IV antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

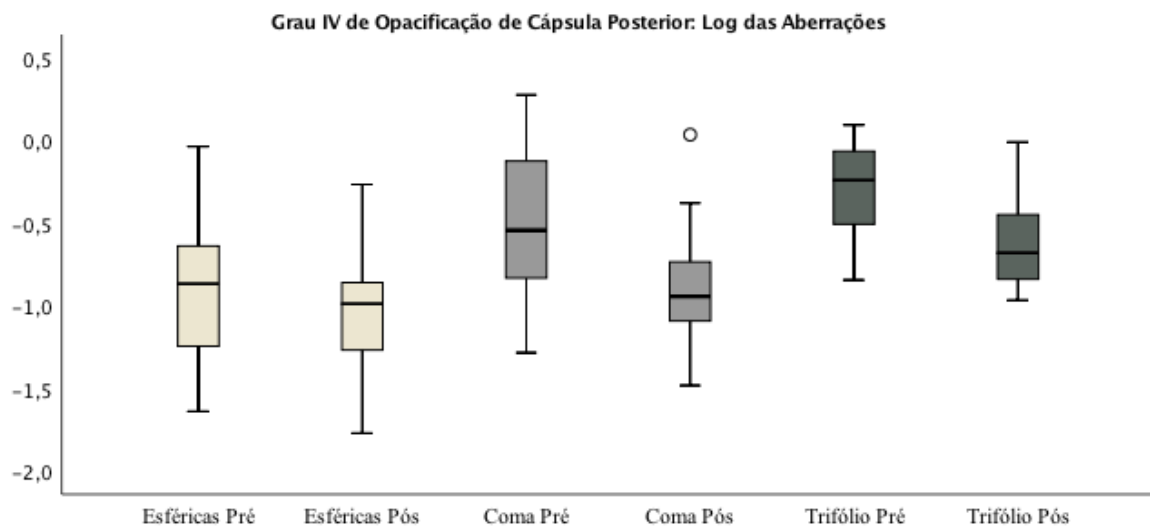
Log da Aberração	Diferença Entre as Médias	IC 95%		<i>p</i>
		Inferior	Superior	
Esférica	0,125	-0,109	0,361	0,268
Coma	0,346	0,081	0,611	0,015*
Trifólio	0,300	0,007	0,594	0,045*

IC Intervalo de Confiança; * Estatisticamente Significativo

Fonte: Autoria Própria

A capsulotomia posterior por YAG laser implicou em uma redução numérica no Log de todas as aberrações, essa redução foi estatisticamente significativa nas aberrações coma e trifólio. O log das aberrações coma foram aquelas que obtiveram uma redução maior em número absoluto, é possível observar a magnitude dessa redução na Figura 18.

Figura 18 - Boxplot apresentando o Log das aberrações totais em olhos pseudofácicos com opacificação de capsula posterior grau IV antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser



Fonte: Autoria Própria

A fim de confirmar os achados obtidos a partir da comparação da média dos valores de Log das aberrações foi realizado o teste não paramétrico de Wilcoxon

comparado a média sem conversão em Log das aberrações pré e pós capsulotomia posterior por YAG Laser.

Essa análise confirmou a redução estatisticamente significativa das aberrações trifólio no grau I. No grau II, apesar da redução numérica das aberrações, essa diferença não se mostrou estatisticamente significativa. No grau III foi encontrada significância estatística na diferença pré e pós procedimento das aberrações esférica, coma e trifólio e coma e trifólio no grau IV. A Tabela 8 reúne os valores das médias das aberrações com o valor de Z do teste de Wilcoxon junto ao valor de p.

Tabela 8 - Média das aberrações pré e pós capsulotomia de olhos com diferentes graus de opacificação comparadas pelo teste de Wilcoxon

Opacificação	Capsulotomia		Z	p
	Pré	Pós		
Grau I				
Esférica	0,279	0,097	-1,601	0,109
Coma	0,439	0,167	-1,538	0,124
Trifólio	0,573	0,310	-2,668	0,008*
Grau II				
Esférica	0,453	0,175	-1,764	0,078
Coma	0,553	0,316	-1,720	0,085
Trifólio	0,841	0,479	-1,720	0,085
Grau III				
Esférica	0,457	0,194	-2,053	0,04*
Coma	0,807	0,460	-1,932	0,049*
Trifólio	1,240	0,639	-2,696	0,007*
Grau IV				
Esférica	0,201	0,138	-0,874	0,382
Coma	0,484	0,217	-2,97	0,003*
Trifólio	0,618	0,302	-1,992	0,046*

* Estatisticamente Significativo

Fonte: Autoria Própria

Comparação das Aberrações Internas

Os valores pré e pós capsulotomia das aberrações internas dos tipos - esféricas, coma e trifólio – são apresentados na Tabela 9. A partir do teste de

Wilcoxon, foi observada uma redução estatisticamente significativa em todos os tipos de aberrações internas após capsulotomia com YAG Laser.

Tabela 9 - Valores das aberrações internas pré e pós capsulotomia por YAG laser, comparadas pelo teste de Wilcoxon.

Aberrações	Pré Capsulotomia			Pós Capsulotomia			Z	p
	Média (DP)	Mínimo	Máximo	Média (DP)	Mínimo	Máximo		
Esféricas	0,495 (0,795)	0,013	4,902	0,241 (0,263)	0,015	1,578	- 2,277	0,023*
Coma	0,543 (0,543)	0,053	2,507	0,318 (0,384)	0,043	2,363	-4,146	< 0,001*
Trifólio	0,714 (0,787)	0,06	5,092	0,365 (0,516)	0,049	2,353	-4,126	<0,001*

IC Intervalo de Confiança; * Diferença Estatisticamente Significativa

Fonte: Autoria Própria

Os valores das aberrações internas foram convertidas em Log e então foram comparadas pelo teste T de Student para amostras pareadas. Foi encontrada uma redução estatisticamente significativa após capsulotomia com YAG laser no Log das aberrações internas do tipo coma e trifólio, não houve diferença estatisticamente significativa no Log das aberrações internas do tipo esférica. A média das diferenças e o valor de p para a comparação realizada é apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 - Comparação da diferença entre o Log das aberrações internas pré e pós capsulotomia posterior por YAG Laser.

Log da Aberração	Média das Diferenças	IC 95%		p
		Inferior	Superior	
Esférica	0,121	-0,014	0,257	0,080
Coma	0,226	0,129	0,324	<0,001*
Trifólio	0,315	0,199	0,431	<0,001*

IC Intervalo de Confiança; * Diferença Estatisticamente Significativa

Fonte: Autoria Própria

Nos próximos tópicos serão descritas as avaliações das aberrações internas conforme o grau de opacificação de cápsula posterior.

Comparação das aberrações internas conforme o grau de opacificação

Os valores médios das aberrações internas de olhos pseudofácicos pré e pós capsulotomia posterior por YAG Laser com seus respectivos desvios padrões

separados pelo grau de opacificação de cápsula posterior e os valores mínimos e máximos encontrados são apresentados na Tabela 11. Essa tabela também sumariza a comparação das médias pelo teste de Wilcoxon, sendo apresentado o valor de Z e de p .

Nos olhos classificados como Opacificação grau I foi encontrada uma redução estatisticamente significativa das médias pré e pós capsulotomia das aberrações coma e trifólio. Nas de grau II houve uma redução estatisticamente significativo nas aberrações coma. Enquanto nos opacificações de grau III e IV uma redução significativa de coma e trifólio.

Tabela 11 - Sumário da análise pré e pós capsulotomia com YAG laser das aberrações internas

Opacificação	Pré Capsulotomia			Pós Capsulotomia			Z	p
	Média (DP)	Mínimo	Máximo	Média (DP)	Mínimo	Máximo		
Grau I								
Esférica	0,440 (0,502)	0,049	1,486	0,170 (0,096)	0,035	0,366	-1,664	0,096
Coma	0,318 (0,379)	0,066	1,555	0,145 (0,075)	0,054	0,302	-2,072	0,038*
Trifólio	0,369 (0,278)	0,06	0,947	0,180 (0,085)	0,061	0,383	-1,977	0,048*
Grau II								
Esférica	0,610 (1,180)	0,031	4,902	0,281 (0,357)	0,015	1,578	-0,849	0,396
Coma	0,533 (0,603)	0,053	2,507	0,352 (0,384)	0,043	1,551	-2,308	0,021*
Trifólio	0,806 (1,196)	0,063	5,092	0,468 (0,625)	0,068	2,239	-1,546	0,122
Grau III								
Esférica	0,515 (0,776)	0,013	2,786	0,268 (0,288)	0,05	1,132	-0,483	0,629
Coma	0,719 (0,606)	0,104	2,457	0,438 (0,531)	0,059	2,363	-2,173	0,030*
Trifólio	0,937 (0,731)	0,142	2,587	0,468 (0,682)	0,054	2,353	-2,294	0,022*
Grau IV								
Esférica	0,366 (0,362)	0,036	1,212	0,225 (0,192)	0,034	0,762	-1,748	0,081
Coma	0,446 (0,458)	0,093	1,874	0,281 (0,277)	0,084	1,026	-2,132	0,033*
Trifólio	0,635 (0,325)	0,104	1,244	0,272 (0,243)	0,049	0,745	-2,341	0,019*

DP Desvio Padrão; * Estatisticamente Significativo

Fonte: Aatoria Própria

Os dados das aberrações internas também foram convertidos em Log para comparar as médias pré e pós capsulotomia por um teste de maior robustez e

confirmar os achados do teste de Wilcoxon. No teste T de Student, demonstrado na Tabela 12, foi possível corroborar com aquilo que havia sido encontrando pelo teste de Wilcoxon quanto a diminuição das aberrações nos graus III e IV de Opacificação após o procedimento e também encontrou uma redução significativa nas aberrações coma no grau II. A Figura 19 apresenta visualmente esses dados.

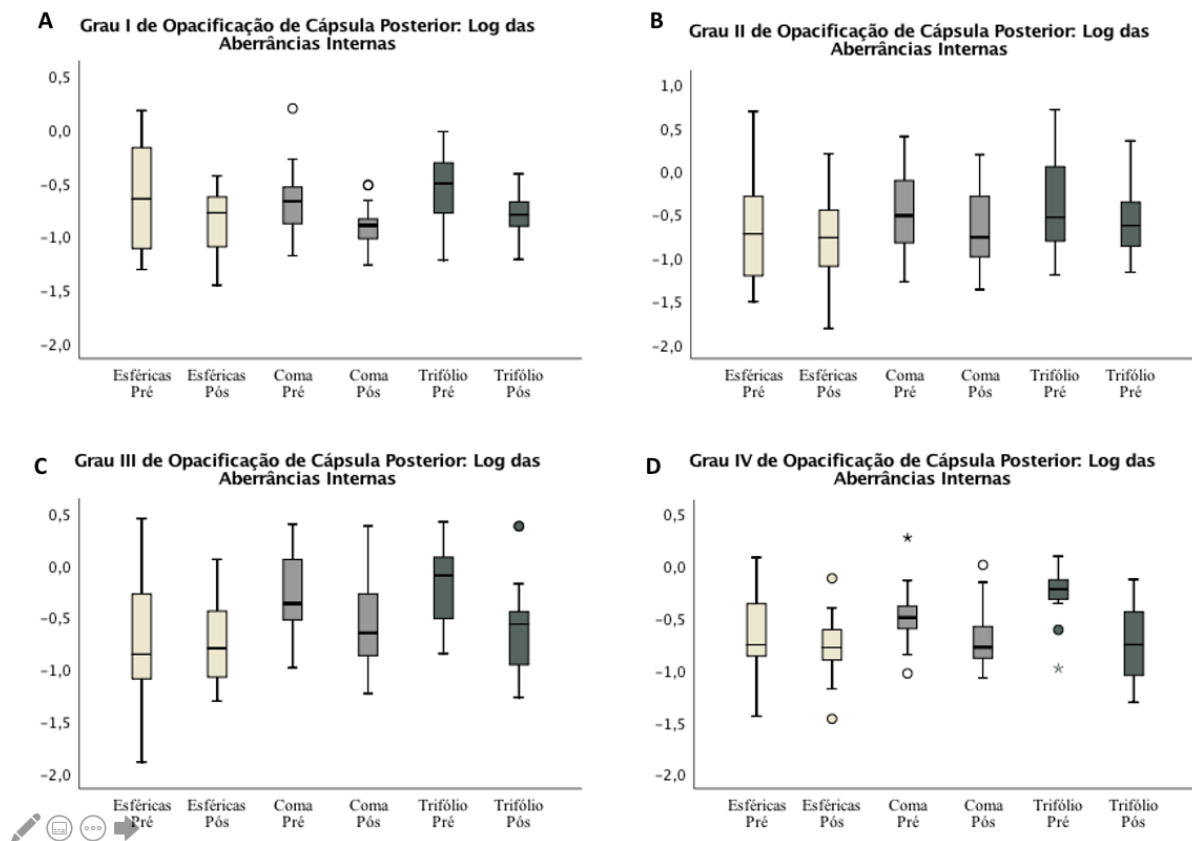
Tabela 12 - Comparação da diferença entre o Log das aberrações internas antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

Log da Aberração	Média das Diferenças	IC 95%		p
		Inferior	Superior	
Grau I				
Esférica	0,203	-0,080	0,488	0,146
Coma	0,227	-0,022	0,477	0,071
Trifólio	0,232	-0,011	0,477	0,06
Grau II				
Esférica	0,097	-0,137	0,331	0,394
Coma	0,187	0,026	0,348	0,025*
Trifólio	0,150	-0,026	0,328	0,091
Grau III				
Esférica	0,064	-0,300	0,429	0,716
Coma	0,278	0,038	0,517	0,025*
Trifólio	0,431	0,190	0,672	0,001*
Grau IV				
Esférica	0,149	-0,047	0,347	0,124
Coma	0,204	0,046	0,362	0,015*
Trifólio	0,462	0,138	0,785	0,009*

IC Intervalo de Confiança; * Estatisticamente Significativo

Fonte: Autoria Própria

Figura 19 - Boxplot apresentando o Log das aberrações internas em olhos pseudofácicos com opacificação de capsula posterior antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser. A – Grau I, B – Grau II, C – Grau III, D – Grau IV.



Fonte: Autoria Própria

Avaliação da relação entre as aberrações internas pré e pós capsulotomia com YAG laser

A Tabela 13 apresenta o percentual de pacientes que obtiveram redução ($Ab\text{-}Pós/Ab\text{-}Pré < 1$) e aumento ($Ab\text{-}Pós/Ab\text{-}Pré > 1$) das aberrações separados pelo grau de opacificação.

Tabela 13 - Relação entre as aberrações pós e pré capsulotomia com YAG laser

Aberrações	Grau I % (n)		Grau II % (n)		Grau III % (n)		Grau IV % (n)	
	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1	> 1
Esféricas	64,3 (9)	35,7 (5)	50 (9)	50 (9)	47,4 (9)	52,6 (10)	61,5 (8)	38,5 (5)
Coma	64,3 (9)	35,7 (5)	72,2 (13)	27,8 (5)	73,7 (14)	26,3 (5)	84,6 (11)	15,4 (2)
Trifólio	71,4 (10)	28,6 (4)	66,7 (12)	33,3 (6)	73,7 (14)	26,3 (5)	69,2 (9)	30,8 (4)

< 1 Redução da aberração; > 1 Aumento da aberração

Fonte: Autoria Própria

A ANOVA de uma via mostrou que não existe efeito do grau de opacificação na relação pós/pré capsulotomia para aberrações esféricas [$F(3,60) = 1,205$; $p = 0,316$]. Para as aberrações coma, a ANOVA também mostrou que não existe efeito do grau de opacificação na relação pós/pré capsulotomia [$F(3,60) = 0,190$; $p = 0,903$]. Do mesmo modo, para as aberrações coma, o teste não mostrou efeito do grau de opacificação [$F(3,60) = 0,796$; $p = 0,501$].

A ANOVA também foi realizada para a diferença das médias pré e pós capsulotomia, essa análise corroborou com os achados que já haviam sido encontrados, de que não houve efeito do grau de opacificação na redução das aberrações internas.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou uma diminuição significativa nas aberrações totais e internas após capsulotomia por Nd:YAG laser o que corrobora com o que já havia sido apresentado anteriormente na literatura, de que a capsulotomia por Nd:YAG laser reduz as aberrações de alta ordem. O estudo de Levy et al. (2009) foi primeiro a avaliar o comportamento das aberrações internas totais neste contexto, os autores observaram uma redução estatisticamente significativa de todas as aberrações, com exceção das aberrações coma. Além disso, neste estudo, a melhora das aberrações se associaram a uma significativa melhora da acuidade visual, sem mudanças significativas na refração (LEVY *et al.*, 2009).

Atribuímos a diferença significativa encontrada nas aberrações de alta ordem, realmente, à capsulotomia, pois outras variáveis intervenientes que poderiam interferir foram controladas em nosso desenho clínico. Como por exemplo, excluímos pacientes com patologias da córnea e retina, as quais poderiam interferir nas medidas de frente de onda. Além disso, as medições e calculadas sobre uma pupila de 5,0 mm, para minimizar os efeitos decorrentes do deslocamento aleatório do centro da pupila, o que poderia alterar as aberrações. Destaca-se também que as mensurações foram realizadas com o aberrômetro Nidek-OPD III, cuja precisão e reprodutibilidade já foi demonstrada por outros autores (BARRETO *et al.*, 2006; HOLZER; GOEBELS; AUFFARTH, 2006; LEVY *et al.*, 2009).

Além da melhora da acuidade visual, outros autores descrevem que a capsulotomia por Nd:YAG laser corrige outras alterações visuais de pacientes com opacificação de cápsula posterior, como por exemplo a sensibilidade ao contraste e a deficiência de brilho (HAYASHI *et al.*, 2003; MENON *et al.*, 2009; WAKAMATSU *et al.*, 2011). Até o presente momento não é possível definir qual aberração causa cada tipo de sintoma, logo se torna difícil estimar a redução de qual aberrações em específico teria um melhor incremento na qualidade visual dos pacientes.

Neste sentido, Sepulveda & Krueger (2011) apontam que um olho com opacificação de cápsula posterior possui várias aberrações e o impacto visual decorreria do conjunto delas e não apenas de uma de forma isolada. Entretanto, demais estudo são necessários para se compreender o papel de cada tipo de aberração na sintomatologia e no impacto da qualidade visual de olhos pseudofácicos

(RESAN; VUKOSAVLJEVI; MILIVOJEVI, 2012; SEPULVEDA, 2019; SEPULVEDA; KRUEGER, 2011).

Em nosso estudo foi possível avaliar a mudança nos valores das aberrações em cada grau de opacificação de cápsula posterior. Já foi demonstrado por outros autores que a opacificação induz ao espalhamento de luz no globo ocular (ASLAM; PATTON; DHILLON, 2005). É sugerido que graus maiores de OCP impõe um comprometimento maior da qualidade na visão, o que por si só justifica o estudo das aberrações em cada grau (KRONSCHLÄGER *et al.*, 2019).

A microestrutura da OCP é altamente variável, pode assumir a forma um formato fibrótico ou peroláceo, em alguns casos ambas as formas, e dentro das classes de OCP variam de gravidade e distribuição. Essa variação pode afetar os raios de luz de incidentes de diferentes maneiras (WAKAMATSU *et al.*, 2011). Os raios podem ser refratados, refletidos, absorvidos ou dispersos, o que justifica a variação dos graus das aberrações nos olhos avaliados pelo estudo (HIDA *et al.*, 2008; ROCHA *et al.*, 2007; SCHAUMBERG *et al.*, 1998).

Mesmo as opacificações parciais ou leves podem causar a dispersão da luz em direção à retina, o que denota a importância da avaliação das aberrações mesmo em pacientes levemente sintomáticos. Além disso, é notório destacar que a OCP não afeta apenas a acuidade visual, mas também diversas outras funções do olho, como já foi destacado a sensibilidade ao contraste (BISNETO *et al.*, 2007; CINAR *et al.*, 2020). Por isso, estudos recentes têm avaliado o efeito da capsulotomia posterior por YAG laser em pacientes com boa acuidade visual pré operatória. É o caso do estudo de Yotsukura *et al.* (2016) que demonstrou um incremento significativo na função visual após capsulotomia por YAG laser em um grupo de pacientes sem diminuição da acuidade visual, associado ao incremento da função visual os autores demonstraram a redução das aberrações de alta ordem (YOTSUKURA *et al.*, 2016).

No presente estudo comparamos a média dos grupos de cada grau de OCP por dois modelos estatísticos distintos, a fim de realizar apontamentos precisos sobre as diferenças encontradas. A transformação dos valores das aberrações em logaritmo foi procedida para se realizar um teste paramétrico, a literatura em epidemiologia médica já apontou que esse artifício de conversão em log não limita os achados

encontrados, pois a transformação em log não modifica o sentido dos números e sim os categoriza de forma diferente (FIELD, 2015).

A distribuição não normal dos dados não foi um achado limitado ao nosso estudo. O estudo de Yotsukura et al. (2016) que também avaliou aberrações em pacientes pós capsulotomia também se utilizou do recurso da conversão dos valores das aberrações em Log. Esses valores são muito próximos de zero e deste modo apresentam uma curva com desvio para esquerda, a conversão em log consegue reordená-los em torno do zero.

Quanto as aberrações totais, a partir dos modelos de comparação, identificou-se uma diferença significativa nas aberrações trifólio para olhos com opacificação grau I, em relação ao grau II foi observada a diferença estatisticamente significativa para o log aberrações esféricas, porém essa diferença não se mostrou significativa na comparação das médias sem transformação pelo modelo de Wilcoxon. Nos olhos de opacificação grau III houve uma diferença significativa em todos os tipos de aberrações, que se confirmou pelos dois testes (paramétricos e não paramétricos), por fim, para os olhos com opacificação grau IV, houve diferença significativa nas aberrações coma e trifólio, que se confirmou pelos dois testes.

Em relação as aberrações internas, também foi possível observar uma queda na média de todas as aberrações em todos os graus de opacificação. Nos olhos de opacificação grau I o teste de Wilcoxon mostrou uma diferença estatisticamente significativa após o procedimento, entretanto esse achado não se confirmou pelo teste t. Nos olhos de opacificação grau II, foi observada uma redução significativa das aberrações coma. Tanto para os graus III e IV ambos os testes mostraram uma diferença significativa entre as médias das aberrações coma e trifólio.

Cabe destacar que apesar de haver uma redução em todos os grupos das aberrações do tipo esférica, esta não se mostrou estatisticamente significativa. Alguns fatores específicos estão relacionados a isso, como o fato de a maior contribuição para as aberrações esféricas, em termos de estrutura, é da córnea, como já foi destacado por outros autores (SEPULVEDA; KRUEGER, 2011). No procedimento de capsulotomia realizado pelo estudo a estrutura que sofre a intervenção é a capsula interna, não sendo trabalhado diretamente na córnea. Deste modo, como as outras aberrações estão mais sujeitas as alterações internas do olho era esperado encontrar

uma diferença mais significativa no coma e no trifólio (RESAN; VUKOSAVLJEVI; MILIVOJEVI, 2012; SATO, 2012).

Além disso, durante o procedimento é inserida uma lente esférica, que auxilia na correção das aberrações esféricas, esse ajuste se dá por princípios óticos de física e não por ondas que são avaliadas e mensuradas pelo aberrômetro (CINAR *et al.*, 2020).

Quanto aos achados da ANOVA, não foi encontrado maior benefício em termos de redução das aberrações internas para um grau de OCP específico, entretanto esse achado deve ser interpretado com cautela pois apesar de o estudo contar com um número significativo de olhos incluídos, quando separado pelos graus o n pode não ser suficiente para confirmar que nenhum grau de OCP se beneficia mais da capsulotomia com Nd:YAG laser. O presente estudo e as deduções encontradas por nós deve servir de base para outros autores investigarem esses achados.

Outrossim, a classificação do grau de OCP foi realizada de forma inferencial, apesar de esse ser o método mais utilizado na prática, existe a possibilidade do viés de classificação e da discriminação exata dos olhos em determinados graus. Diversos estudos na atualidade buscam criar modelos sistematizados para graduar as OCP, entretanto ainda não há consenso sobre qual o melhor método para tal (BUEHL *et al.*, 2002; KRONSCHLÄGER *et al.*, 2019; SHARMA; KAILWOO; GUPTA, 2016).

Algumas limitações do estudo precisam ser destacadas, o presente estudo não avaliou acuidade visual e erros refracionais, apesar de não ser o objetivo primário do trabalho, a avaliação da relação dessas com as aberrações de alta ordem são importante, para tanto sugerimos tal abordagem para outros autores. Além disso, não avaliamos a sensibilidade ao contraste, entretanto a melhora neste fator pós capsulotomia é bastante conhecido na literatura. E por fim, os métodos para classificar a OCP que utilizamos foram subjetivos, sugerimos a reprodução deste estudo em uma amostra maior de pacientes com a possibilidade classificação objetiva das OCP pelos métodos que vem sendo desenvolvidos.

Em termos práticos, a diminuição encontrada nos valores das aberrações de alta ordem refletem em uma melhora da opacificação da cápsula posterior e conseqüentemente uma melhora na qualidade da visão do paciente, propondo um

novo horizonte para futuras pesquisas utilizando esta técnica, sempre objetivando o melhor tratamento disponível ao paciente.

7. CONCLUSÕES

O presente estudo descreveu os valores das aberrações de alta ordem totais e internas em pacientes com olhos pseudofácicos submetidos à capsulotomia por Nd:YAG laser. Foi demonstrado que esse procedimento implica em uma redução estatisticamente significativa nas aberrações de alta ordem, tanto internas quanto totais. Os pacientes foram classificados e subdivididos para fins de análise quanto ao grau de opacificação da cápsula posterior, o que até então é pouco descrito na literatura. As aberrações do tipo esféricas foram as menos afetadas em todas as classes de OCP. Os graus III e IV tiveram uma redução estatisticamente significativa principalmente das aberrações do tipo coma e trifólio. Entretanto, não identificamos maior benefício da capsulotomia por Nd:YAG laser para um grau específico de OCP, demonstrando que todos eles se beneficiam do procedimento. Os achados e resultados do presente estudo podem instigar pesquisadores ao redor do mundo a reproduzir os achados descritos em coortes maiores de pacientes. Por fim, acredita-se que o que foi demonstrado colabora com a literatura vigente do tema e abre novas perspectivas em pesquisas sobre aberrações de alta ordem e capsulotomia por Nd:YAG laser.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASLAM, T. M.; PATTON, N.; DHILLON, B. Analysis of posterior capsule opacification. *Acta ophthalmologica Scandinavica*, [S. l.], v. 83, n. 5, p. 635, 2005.

ASSAF, A. D.; KOTB, A. Ocular aberrations and visual performance with an aspheric single-piece intraocular lens: Contralateral comparative study. *Cataract Refract Surg*, v. 36, p. 1536–1542, 2010.

BARRETO, J. et al. Precision of higher order aberration repeatability with NIDEK OPD-scan retinoscopic aberrometry. *Journal of refractive surgery (Thorofare, N.J. : 1995)*, [S. l.], v. 22, n. 9 Suppl, p. S1037—40, 2006.

BISNETO, O. S.; TEMPORINI, E. R.; ARIETA, C. E. L.; MOREIRA, H. Aberrações de alta ordem: associação com a idade e erros de refração. *Arq. Bras. Oftalmol.* v.70, n.2, p. 290-7, 2007.

BUEHL, W. et al. Reproducibility of standardized retroillumination photography for quantification of posterior capsule opacification. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 265–270, 2002.

CINAR, E.; YUCE, B.; ASLAN, F.; ERBAKAN, G. Comparison of wavefront aberrations in eyes with multifocal and monofocal iols before and after Nd:YAG laser capsulotomy for posterior capsule opacification. *Int Ophthalmol.* V. 40, n. 9, p:2169-2178, 2020.

COELHO, R. P.; PELINSON, A. N. T. S.; CAMPOS, L. T. S. Capsulotomia YAG Laser: indicações, riscos e cuidados. *E-oftalmo. CBO: Rev Dig Oftalmol.*, v. 3, n. 2, p. 1-7, 2017.

DENOYER, A.; DENOYER, L.; HALFON, J.; MAJZOUB, S.; PISELLA, P. J. Comparative study of aspheric intraocular lenses with negative spherical aberration or no aberration. *J Cataract Refract Surg*, v. 35, p. 496–503, 2009.

DOMINGUES, V. O.; LAWALL, A. R.N.; BATTESTIN, B.; LIMA, F. J.R.; LIMA, P, M.; FERREIRA, S. H.; MORAES, C. F. Catarata senil: uma revisão de literatura. *Rev Med Saude Brasília.* v. 5, n. 1, p.135-44, 2016.

FIELD, A. *Descobrimo a estatística usando o SPSS*, Editora : Penso; 5ª edição, 2015.

HAYASHI, K. et al. Correlation between posterior capsule opacification and visual function before and after Neodymium:YAG laser posterior capsulotomy. *American Journal of Ophthalmology*, [S. l.], v. 136, n. 4, p. 720–726, 2003.

HIDA, W. T.; YAMANE, I. S.; MOTTA, A. F. P.; SILVA, M. T.; ALVES, E.; JUNIOR, N. K.; NAKANO, C. T. Comparação da análise da frente de onda e da sensibilidade ao contraste em olhos pseudofácicos com implante de lentes intraoculares esférica e esférica. *Rev Bras Oftalmol*, v. 67, n. 3, p. 119-24, 2008.

HIDA, W. T.; NAKANO, C. T.; YAMANE, I. S.; MOTTA, A. F. P.; TZELIKS, P. F.; ALENCAR, L. M.; OSHIKA, T.; NETTO, M. V.; VENTURA, D. F.; KARA-JUNIOR, N. Desempenho visual dos pacientes pseudofácicos com diferentes lentes intraoculares. *Rev Bras Oftalmol*, v. 72, n. 5, p. 287-93, 2013

HOLZER, M. P.; GOEBELS, S.; AUFFARTH, G. U. Precision of NIDEK OPD-scan measurements. *Journal of refractive surgery (Thorofare, N.J. : 1995)*, [S. l.], v. 22, n. 9 Suppl, p. S1021—3, 2006.

JANKOV, M.; MROCHEN, M.; SCHOR, P.; CHAMON, W.; SEILER, T. Frentes de ondas (wavefronts) e limites da visão humana Parte 1 – Fundamentos. *Arq Bras Oftalmol*, v. 65, p. 679-84, 2002.

KRONSCHLÄGER, M. et al. Automated qualitative and quantitative assessment of posterior capsule opacification by Automated Quantification of After-Cataract II (AQUA II) system. *BMC Ophthalmology*, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 1–7, 2019.

LEVY, J.; LIFSHITZ, T.; KLEMPERER, I.; KNYAZER, B.; ASHKENAZY, Z.; KRATZ, A.; BELFAIR, N. The effect of Nd:YAG Laser posterior capsulotomy on ocular wave front aberrations. *CanJ Ophthalmol*, v. 44, p. 529–33, 2009.

MEDEIROS, H. A. G.; AVILA, M.; SANTOS, P. M. Incidência de opacificação de cápsula posterior em pacientes submetidos à facoemulsificação e implante de lentes intra-oculares acrílicas hidrofílicas expansíveis. *Arq. Bras. Oftalmol*, v. 69, n. 3, p. 371-375, 2006.

MELLO, G. R. et al. Applications of wavefront technology. *J Cataract Refract Surg*, v. 38, p.1671–1683, 2012.

MENON, G. J. et al. The effect of Nd:YAG laser posterior capsulotomy on stereoacuity. *Eye*, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 186–189, 2009.

NANAVATY, M. A.; SPALTON, D. J.; BOYCE, J.; SAHA, S.; MARSHALL, J. Wavefront aberrations, depth of focus, and contrast sensitivity with aspheric and spherical intraocular lenses: Fellow-eye study. *J Cataract Refract Surg*, v. 35, p. 663–671, 2009.

RESAN, M.; VUKOSAVLJEVI, M.; MILIVOJEVI, M. Wavefront Aberrations. *Advances in Ophthalmology*, [S. l.], n. 2, 2012.

ROCHA, K. M.; CHALITA, M. R.; SOUZA, C. E. B.; SORIANO, E. S.; FREITAS, L. L.; MUCCIOLI, C.; BELFORT JR, B. Postoperative Wavefront Analysis and Contrast Sensitivity of a Multifocal Apodized Diffractive IOL (ReSTOR) and Three Monofocal IOLs. *J Refract Surg*, v. 21, p. S808-S812, 2005.

ROCHA, K. M. Aberrações ópticas em olhos pseudofácicos e com catarata. São Paulo. Tese [Doutorado em Oftalmologia] - Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina; 2006a.

ROCHA, K. M.; SORIANO, E. S.; CHALITA, M. R.; YAMADA, A. C.; BOTTÓS, K.; BOTTÓS, J.; MORIMOTO, L.; NOSÉ, W. Wavefront Analysis and Contrast Sensitivity

of Aspheric and Spherical Intraocular Lenses: A Randomized Prospective Study. *Am J Ophthalmol*, v. 142, p. 750–756, 2006b.

ROCHA, K. M.; SORIANO, E. S.; CHAMON, W. CHALITA, M. R.; NOSÉ, W. Spherical Aberration and Depth of Focus in Eyes Implanted with Aspheric and Spherical Intraocular Lenses A Prospective Randomized Study. *American Academy of Ophthalmology*, v. 114, p. 2050–2054, 2007a.

ROCHA, K. M.; NOSÉ, W.; BOTTÓS, K.; BOTTÓS, J.; MORIMOTO, L.; SORIANO, E. Higher-order aberrations of age-related cataract. *J Cataract Refract Surg*, v. 33, p. 1442–1446, 2007b.

ROZEMA, J. J.; KOPPEN, C.; DE GROOT, V.; TASSIGNON, M. J. Influence of neodymium:YAG Laser capsulotomy on ocular wavefront aberrations in pseudophakic eyes with hydrophilic and hydrophobic intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, v. 35, p. 1906–1910, 2009.

SANTHIAGO, M, R.; NETTO, M. V.; JR, J. B.; GOMES, B. A. F.; MUKAI, A.; GUERMANDI, A. P. C.; KARA-JUNIOR, N. Wavefront Analysis, Contrast Sensitivity, and Depth of Focus After Cataract Surgery With Aspherical Intraocular Lens Implantation. *Am J Ophthalmol*, v. 149, p. 383–389, 2010.

SATO, K.-I. LETTER TO THE EDITOR - Five Consecutive Cases of Liquefied Aftercataract: Impact of Nd:YAG Laser Capsulotomy on Refraction and High-Order Aberrations. *The Open Ophthalmology Journal*, [S. I.], v. 6, n. 1, p. 26–28, 2012.

SCHAUMBERG, D. A. et al. A systematic overview of the incidence of posterior capsule opacification. *Ophthalmology*, [S. I.], v. 105, n. 7, p. 1213–1221, 1998.

SCHUSTER, A. K.; TESARZ, J.; VOSSMERBAEUMER, U. Ocular wavefront analysis of aspheric compared with spherical monofocal intraocular lenses in cataract surgery: Systematic review with metaanalysis. *J Cataract Refract Surg*, v. 41, p. 1088–1097, 2015.

SEPULVEDA, R. N. Aberrações ópticas e Wavefront Sensing. [S. I.], p. 1–12, 2019.

SEPULVEDA, R. N.; KRUEGER, R. *Optical Aberrations and Wavefront Sensing*. Eleventh E ed. [S. I.]: Elsevier Inc., 2011. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-05714-1.00002-9>

SHARMA, P.; KAILWOO, S. K.; GUPTA, D. Contrast sensitivity before and after Nd:YAG laser capsulotomy. *JK Science*, [S. I.], v. 18, n. 1, p. 39–44, 2016.

SOUZA, A. C. D.; NICODEMOS, R. F. A.; VENTURA, C.; TAVARES, J. E.; BRANDT, C. T. Facoemulsificação do primeiro e segundo olho: critérios de indicação e resultados. *Arq Bras Oftalmol*. v. 69, n. 2, p. 171-5, 2006.

TZELIKIS, P. F.; AKAISHI, L.; TRINDADE, F. C.; BOTEON, J. E. Spherical Aberration and Contrast Sensitivity in Eyes Implanted with Aspheric and Spherical Intraocular Lenses: A Comparative Study. *Am J Ophthalmol*, v. 145, p. 827– 833, 2008.

WAKAMATSU, T.H et al. Functional visual acuity after neodymium:YAG laser capsulotomy in patients with posterior capsule opacification and good visual acuity preoperatively. J Cataract Refract Surg. v. 37, p.:258–264, 2011.

YOTSUKURA, E.; TORII, H.; SAIKI, M.; NEGISHI, K.; TSUBOTA, K. Effect of neodymium:YAG laser capsulotomy on visual function in patients with posterior capsule opacification and good visual acuity. J Cataract Refract Surg. v. 42, p.399–404, 2016.

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA



UNIVERSIDADE BRASIL



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DE ABERRAÇÃO ÓPTICA EM OLHOS SUBMETIDOS A CIRURGIA DE CATARATA COM OPACIFICAÇÃO DE CAPSULA POSTERIOR E APÓS YAG LASER

Pesquisador: ODENILSON JOSE DA SILVA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 24984919.3.0000.5494

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE BRASIL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.732.939

Apresentação do Projeto:

Vide parecer anterior.

Objetivo da Pesquisa:

Vide parecer anterior.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Vide parecer anterior.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Vide parecer anterior.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A anuência do médico que acompanhará o exame, e da instituição onde será realizado foram anexadas.

Recomendações:

CORRIGIR O TIPO DE LASER POIS YAG É SÓ MEIO DOPADO POR NEODÍMIO, ÉRBITO OU OUTRO ELEMENTO.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O relator considera o protocolo aprovado.

Endereço: RUA CAROLINA FONSECA, 236

Bairro: ITAQUEIRA

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)2070-0167

CEP: 08.230-000

E-mail: comite.etica.ap@universidadebrasil.edu.br



UNIVERSIDADE BRASIL



Continuação do Parecer: 3.732.829

Considerações Finais a critério do CEP:

O colegiado acatou o parecer do relator ficando o protocolo na condição de APROVADO.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1440864.pdf	20/11/2019 21:45:28		Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_anuencia.pdf	20/11/2019 21:44:33	ODENILSON JOSE DA SILVA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_anuencia.pdf	20/11/2019 21:43:32	ODENILSON JOSE DA SILVA	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Odenilson.pdf	05/11/2019 10:56:36	ODENILSON JOSE DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	05/11/2019 10:56:19	ODENILSON JOSE DA SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MESTRADO_ODENILSON.docx	05/11/2019 10:56:03	ODENILSON JOSE DA SILVA	Aceito
Folha de Rosto	PLATAFORMA_BRASIL_Odenilson.pdf	08/10/2019 12:44:13	ODENILSON JOSE DA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 28 de Novembro de 2019

Assinado por:
DANIEL SOUZA FERREIRA MAGALHAES
 (Coordenador(a))

Endereço: RUA CAROLINA FONSECA, 236
 Bairro: ITAQUERA
 UF: SP Município: SAO PAULO

CEP: 08.230-030

Telefone: (11)2075-0167

E-mail: comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, estou sendo convidado a participar do estudo ANÁLISE DE ABERRAÇÃO ÓPTICA EM OLHOS SUBMETIDOS A CIRURGIA DE CATARATA COM OPACIFICAÇÃO DE CÁPSULA POSTERIOR ANTES E APÓS YAG LASER, com objetivo de verificar as aberrações ópticas de alta ordem em pacientes com olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser. A minha participação no referido estudo será no sentido de ser submetido ao exame de aberrometria, antes e após o procedimento de capsulotomia posterior.

Fui alertado de que, da pesquisa a se realizar, posso esperar alguns benefícios, tais como: melhora da visão e melhora na visão de cores. Recebi, por outro lado, os esclarecimentos sobre os possíveis desconfortos e riscos decorrentes do estudo como: o aumento da pressão intraocular raro e alergia ao colírio utilizado. Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo. **Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar e por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo.**

O pesquisador envolvido com o referido projeto é Odenilson José da Silva e com ele poderei manter contato pelos telefones (65) 3223-7100 e (65) 99953-1700. É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo.

Tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo devo ligar para o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Brasil (11) 20700025 sediado a Rua Carolina Fonseca, 235, Jd Santana, SP- Capital ou mandar um *email* para comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br

Cáceres, ____ de _____ de 20__.

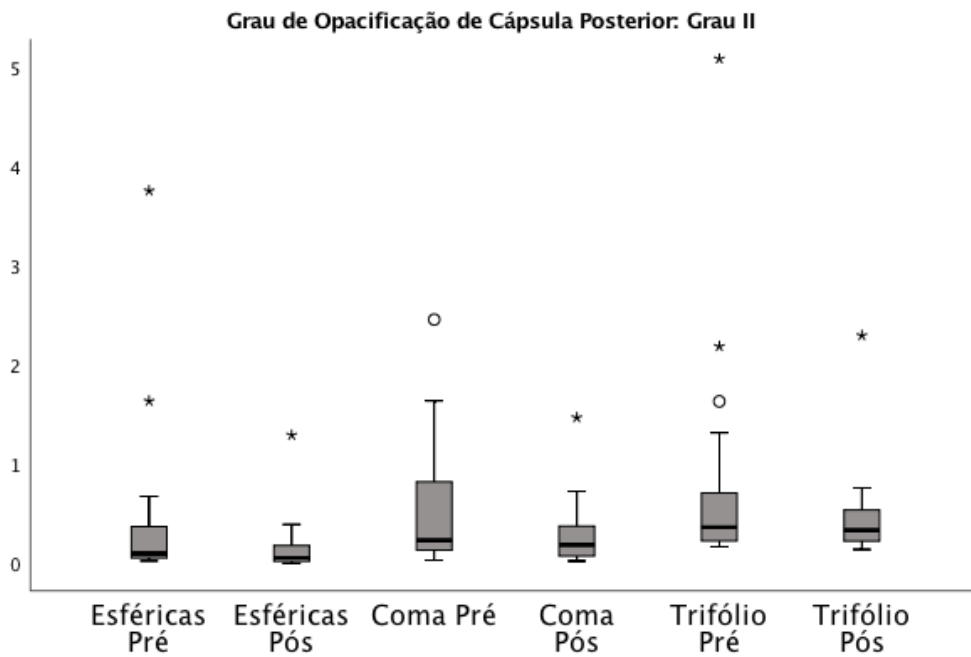
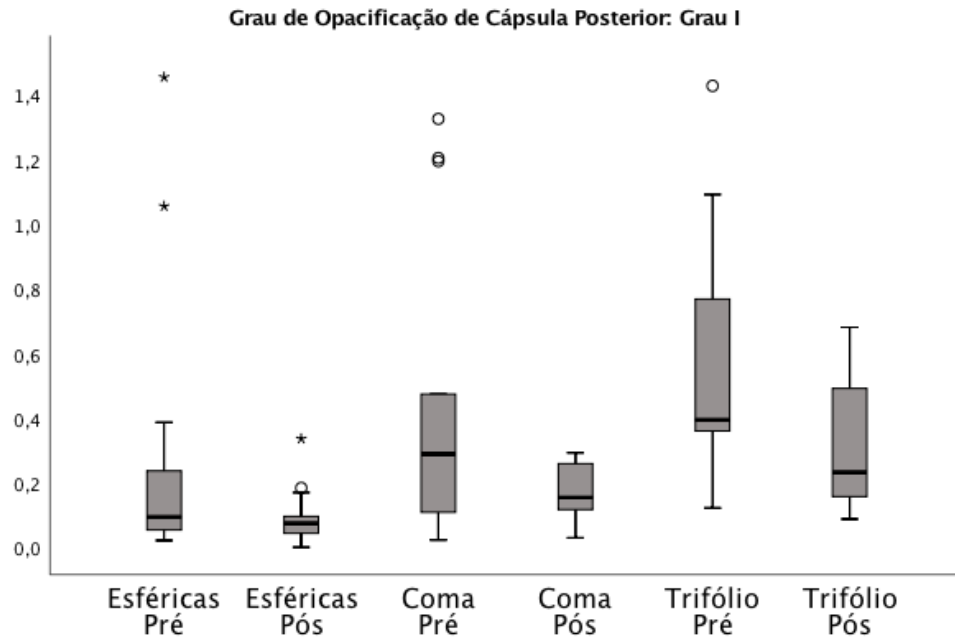
Nome e assinatura do sujeito da pesquisa

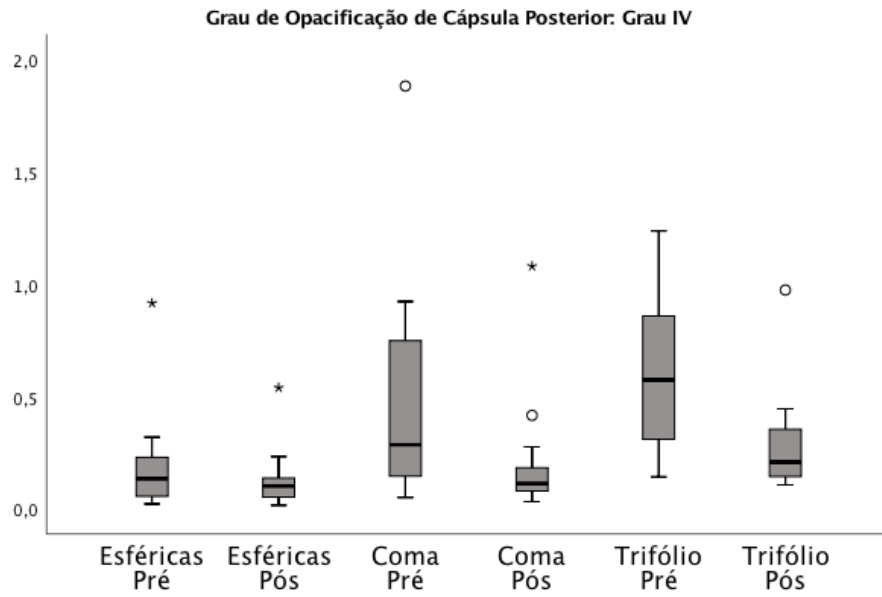
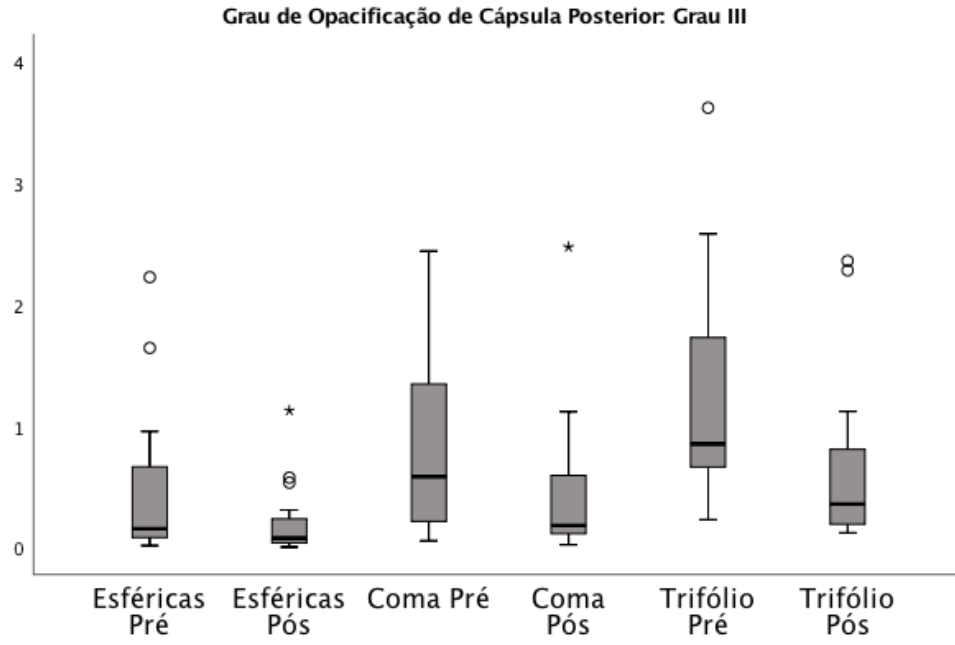
Nome(s) e assinatura(s) do(s) pesquisador(es) responsável(responsáveis)

APÊNDICE A

Boxplot das aberrações totais e internas separadas pelo grau de opacificação sem a conversão em Log.

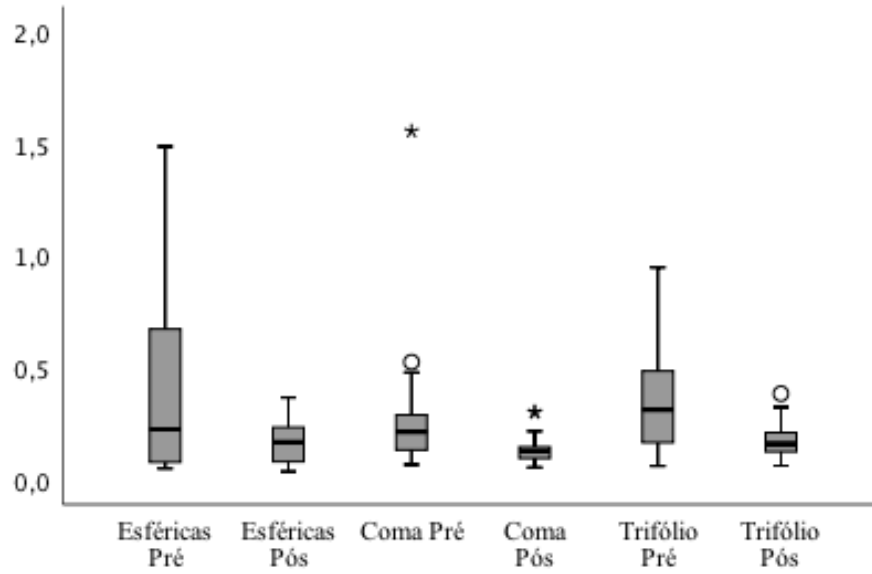
Aberrações Totais





Aberrações Internas

Grau I de Opacificação de Cápsula Posterior



Grau II de Opacificação de Cápsula Posterior

