Influência da Película Lacrimal na Aquisição de Parâmetros Biométricos
Ana Carolina Antunes Pereira
UMinho | 2025

Universidade do Minho
Escola de Ciências

Ana Carolina Antunes Pereira

Influência da Película Lacrimal na Aquisição de Parâmetros Biométricos

dezembro de 2025

Universidade do Minho

Escola de Ciências

Ana Carolina Antunes Pereira

Influência da Película Lacrimal na Aquisição de Parâmetros Biométricos

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Optometria Avançada

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Prof.ª Doutora Maria Madalena Cunha Faria Lira

Prof. Doutor António M. Marques Queirós Pereira

dezembro 2025

Declaração de Autoria

Nome: Ana Carolina Antunes Pereira

Endereço eletrónico: pg51607@alunos.uminho.pt

Número de cartão de cidadão: 30483894

Título da Dissertação: Influência da Pelicula Lacrimal na Aquisição de Parâmetros Biométricos

Orientadores: Profª. Doutora Maria Madalena Cunha Faria Lira

Prof. Doutor António Manuel Marques Queirós Pereira

Ano de Conclusão: 2025

Designação do Mestrado: Optometria Avançada

De acordo com a legislação em vigor, não é permitida a reprodução de qualquer parte desta dissertação.

Universidade do Minho, _____/_____/_____

Assinatura: _____

Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição
CC BY

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Agradecimentos

Quero agradecer com toda a minha alma aos meus pais, que sempre estiveram presentes e nunca me largaram com as suas palavras de motivação, ajuda e honestidade (que também é necessário). Por me manterem sempre com os pés assentes na terra e darem tudo por mim. Todo o meu esforço, motivação e ações futuras são por vocês.

A vocês, o meu grupo: Marta, Teresa, Fabi e Joana. Caminhamos juntas nesta aventura da licenciatura e, agora, caminhamos juntas para a vida. Por toda a motivação, carinho e apoio.

Também à Vera e Mónica, amizade que partilhamos mais tardiamente nesta jornada de Mestrado, mas que creio que a levamos também para futuramente.

Também ao meu grupo no âmbito profissional, que sempre me proporcionaram um crescimento na nossa profissão dia após dia e, mais importante, também no papel que tiveram no meu crescimento pessoal, principalmente à Rosa, Andreia e Catarina. A nossa ligação e amizade vai muito mais além que podíamos imaginar.

E, por último, e não menos importante, mas de enormíssimo peso.... Que, só pela pronúncia dos seus nomes dentro da nossa área, são exemplos, aos meus orientadores. Pela motivação, entrega e vossa preocupação. A nossa promessa de não vos desiludirmos acho que está cumprida.

Aos restantes muito obrigada a todos que me apoiaram ao longo desta jornada, principalmente a toda a minha família também.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.
Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

Título: Influência da Película Lacrimal na Aquisição de Parâmetros Biométricos.

A película lacrimal pode ser afetada por múltiplos fatores internos e externos. As alterações nas suas camadas, como ocorre em casos de olho seco (independentemente do grau), parecem influenciar a qualidade ótica do olho.

Este estudo pretendeu analisar a possível influência da película lacrimal na aquisição de diversos parâmetros biométricos oculares, com especial foco na sua relação com as aberrações oculares.

Foi utilizado o equipamento *WaveAnalyzer* 700+ (*WAM*) (*Essilor Instruments*) para obtenção das medidas dos parâmetros biométricos oculares antes e após a instilação da lágrima artificial *Systane Complete* (*Alcon).* Os sintomas de olho seco foram avaliados através do questionário *Ocular Surface Disease Index* (*OSDI*).

A aplicação da lágrima artificial não provocou alterações relevantes nas aberrações oculares a curto prazo, exceto na aberração esférica interna. Na análise comparativa entre pacientes sintomáticos e assintomáticos, os resultados demonstraram que indivíduos com maior sintomatologia de olho seco (*OSDI* ≥ 13) apresentaram valores superiores de aberrações de alta ordem Corneais.

A instabilidade ou alterações da qualidade do filme lacrimal parecem influenciar significativamente as aberrações óticas, sobretudo as Corneais. Consequentemente, a precisão das medições biométricas e da qualidade ótica pode ser comprometida, especialmente quando não há um controlo adequado das condições lacrimais.

Palavras-Chaves: Aberrações oculares, Estabilidade lacrimal, Parâmetros biométricos oculares, Película lacrimal, Sintomatologia ocular.

Abstract

Title: *Influence of the Tear Film on the Acquisition of Biometric Parameters.*

The tear film can be affected by multiple internal and external factors. Changes in its layers, as occurs in cases of dry eye (regardless of severity), appear to influence the optical quality of the eye.

This study aims to analyze the possible influence of the tear film on the acquisition of various ocular biometric parameters, with a particular focus on its relationship with ocular aberrations.

The WaveAnalyzer 700+ (WAM) (Essilor Instruments) was used to obtain measurements of ocular biometric parameters before and after the instillation of Systane Complete artificial tears (Alcon). Dry eye symptoms were assessed using the *Ocular Surface Disease Index* (*OSDI*) questionnaire.

The application of artificial tears did not cause significant changes in ocular aberrations in the short term, except for internal spherical aberration (**internal Sph**). In the comparative analysis between symptomatic and asymptomatic patients, the results showed that individuals with greater dry eye symptoms (*OSDI* ≥ 13) had higher values of corneal higher-order aberrations (**HOA**).

Instability or changes in tear film quality appear to significantly influence optical aberrations, especially corneal aberrations. Consequently, the accuracy of biometric measurements and optical quality can be compromised, especially when there is inadequate control of tear conditions.

Keywords: Ocular aberrations, Ocular biometric parameters, , Ocular symptoms, Tear film, Tear stability.

Índice

Resumo vi

Abstract vii

Abreviaturas e Siglas xi

Índice de Figuras: xii

Índice de Tabelas xiv

Capítulo 1: Revisão bibliográfica 1

1.1. Introdução 1

1.2. Globo Ocular - Anatomia 1

1.3. Superfície Ocular 2

1.3.1. Película Lacrimal – Função, Composição e Características 2

1.5. Olho Seco 4

1.5.1 Classificação de olho seco 4

1.5.2. Incidência e Sintomatologia do olho seco 4

1.5.3. Questionários validados – Sintomatologia 6

1.5.3.1. *Ocular Surface Index* 7

1.5.4. Diagnóstico e tratamento do olho seco 7

1.6. Influência da Película Lacrimal nas Medições Biométricas 9

1.7. Lágrimas Artificiais 10

1.8. Qualidade Ótica 12

1.8.1. Aberrações oculares 12

Capítulo 2: Materiais e Métodos 14

2.1. Tipo de Estudo 14

2.2. Objetivos do estudo 14

2.4. Critérios de inclusão e exclusão 15

2.5. Procedimento experimental 16

2.5.1. Aquisição de Parâmetros Biométricos 16

2.5.2 Instilação de Lágrima Artificial 19

2.5.3. Questionário *Ocular Surface Disease Index* 21

2.6. Procedimentos Estatísticos 22

Capítulo 3: Resultados 25

3.1. Caracterização da Amostra 25

3.2.1 Caracterização do Erro Refrativo 26

3.2.2. Caracterização dos resultados do questionário *OSDI* 27

3.2.3. Comparação entre variáveis em estudo 29

3.3.1 Comparação entre as 4 medições (medições repetidas) 32

3.3.1.1. Aberração Z_2^0 32

3.3.1.2. Aberração Z_2^2 34

3.3.1.3. Aberrações de Baixa Ordem 36

3.3.1.4. Aberração de alta ordem 38

3.3.1.5. Aberração *Root Mean Square* 39

3.3.1.6. Aberração Coma 40

3.3.1.7. Aberração Esférico (Sph) 43

3.3.1.8. Aberração Astigmatismo II 45

3.3.1.9. Aberração Trefoil 47

3.3.1.10. Aberração Tetrafoil 49

3.4. Relação questionário *OSDI* vs Aberrações óticas 51

3.4.1. OSDI vs Aberrações Corneais 51

3.4.2. OSDI vs Aberrações Internas 54

3.4.3. OSDI vs Aberrações Totais 56

3.4.4. OSDI vs HOA 57

Capítulo 4: Discussão.....60

Capítulo 5: Conclusões 66

Capítulo 6: Trabalho futuro 67

Bibliografia 68

Anexos 73

Abreviaturas e Siglas

BUT: Tempo de Rutura Lacrimal

CMC: Polímero carboximetilcelulose

DED: *Dry eye disease*

EME: Emetrope

FDA: *Food and Drug Administration*

HIP: Hipermétrope

HOA: Aberrações de Alta Ordem

HP-Guar: Hidroxipropil guar

LC: Lente de Contacto

LOA: Aberrações de Baixa Ordem

MIO: Míope

NIBUT: Tempo de Rutura Lacrimal não invasivo

OD: Olho Direito

OCT: Tomografia de Coerência Ótica

OSDI: *Ocular Surface Disease Index*

RMS: Root Mean Square (Raiz média quadrada)

RX: Refração

TFOS: *Tear Film & Ocular Surface Society*

Índice de Figuras:

Figura 1: Anatomia do Globo Ocular. Adaptado de Wollf et al. [6] 1
Figura 2: Representação das camadas da película lacrimal. Adaptado de Wolff. [2] 3
Figura 3: Representação simplificada das camadas película lacrimal. Adaptado de Doane.[3] 3
Figura 4: Pirâmide com os Polinómios de Zernike até à 10ª ordem. Adaptado de Cheong, N. *et al.*[4] 13
Figura 5: WaveAnalyzer 700+ (WAM) (Ess*ilor Instruments*). 16
Figura 6: Resultados obtidos no WAM – parâmetros biométricos. 17
Figura 7: Resultados obtidos no WAM – parâmetros biométricos. 18
Figura 8: Resultados obtidos no WAM – valores aberrações óticas 1. 18
Figura 9: Resultados obtidos no WAM – valores aberrações óticas 2. 18
Figura 10: Systane Complete, Alcon 2025. 19
Figura 11: Escala do *OSDI*, com divisão de pontuações. 21
Figura 12: Gráfico de frequências da idade (em anos) da amostra. 25
Figura 13: Gráfico de frequências de cada subcategoria de astigmatismo. 27
Figura 14: Gráfico de Barras da frequência de cada grau de *OSDI* da população. 28
Figura 15: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Z_2^0 para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). ... 33
Figura 16: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Z_2^2 para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). ... 35
Figura 17: Gráfico de barras representando a variação média da aberração LOA para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). ... 36
Figura 18: Gráfico de barras representando a variação média da aberração HOA para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). ... 38
Figura 19: Gráfico de barras representando a variação média da aberração RMS para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). ... 40
Figura 20: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Coma para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). ... 41
Figura 21: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Sph (Esférico) para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). ... 44

Figura 22: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Astigmatismo II para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). 46
Figura 23: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Trefoil para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). ... 48
Figura 24: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Tetrafoil para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min). ... 50
Figura 25: Gráfico de dispersão entre *OSDI* e Tetrafoil Corneal inicial. Correlação de Spearman entre *OSDI* e Tetrafoil Corneal inicial (ρ = 0,479; p = 0,006). Identificados os principais outliers. 53
Figura 26: Gráfico de dispersão entre OSDI e Z_2^2 Interna inicial. Identificados os principais outliers. 55
Figura 27: Gráfico de dispersão entre OSDI com Tetrafoil Interna inicial. Identificados os principais outliers. 55
Figura 28: Gráfico de dispersão entre *OSDI* e Z_2^0, total inicial. Identificados os principais outliers. 57
Figura 29: Gráfico de barras HOA Corneal e Total vs OSDI. Indivíduos com OSDI ≥ 13 apresentaram valores mais elevados e instáveis de HOA Corneais, enquanto nas HOA Totais não se observaram diferenças relevantes. 59

Índice de Tabelas

Tabela 1: Questões-chave para diagnóstico diferencial DED, segundo TFOS III.[11] 6
Tabela 2: Função dos compostos constituintes da lágrima Systane Complete (Alcon). 20
Tabela 3: Características demográficas da amostra em função do género e da idade. 25
Tabela 4: Características da amostra com o Erro Refrativo. 26
Tabela 5: Características da amostra - distribuição do Astigmatismo. 27
Tabela 6: Características da amostra - Grupos do *OSDI*. 28
Tabela 7: Análise parâmetros do questionário OSDI com a distribuição de pacientes consoante o sexo (X^2(p)= 0,314). 29
Tabela 8: Análise parâmetros do questionário OSDI com a distribuição de pacientes consoante o seu erro refrativo (X^2(p)= 0,143). 30
Tabela 9: Análise parâmetros do questionário OSDI com a distribuição de pacientes consoante o Grupo Etário (X2(p)= 0,160). 30
Tabela 10: Análise parâmetros do questionário OSDI com a distribuição de pacientes consoante os Grupos de Astigmatismo (χ^2, p = 0,905). 31
Tabela 11: Análise aberração Z_2^0 entre as 4 medições (µm). 32
Tabela 12: Análise aberração Z_2^2entre as 4 medições (µm). 34
Tabela 13: Análise aberração LOA entre as 4 medições (µm). 36
Tabela 14: Análise aberração HOA entre as 4 medições (µm). 38
Tabela 15: Análise RMS entre as 4 medições (µm). 39
Tabela 16: Análise aberração Coma entre as 4 medições (µm). 41
Tabela 17: Análise aberração Esférico (Sph) entre as 4 medições (µm). 43
Tabela 18: Análise aberração Astigmatismo II (Astg. II) entre as 4 medições (µm). 45
Tabela 19: Análise aberração Trefoil entre as 4 medições (µm). 47
Tabela 20: Análise aberração Tetrafoil entre as 4 medições (µm). 49
Tabela 21: Correlação de Spearman entre OSDI e aberrações Corneais (valores iniciais) (µm). 52
Tabela 22: Correlação de Spearman entre OSDI e aberrações Internas (valores iniciais) (µm). . 54
Tabela 23: Correlação de Spearman entre OSDI e aberrações Totais (valores iniciais) (µm). 56
Tabela 24: Valores médios (± DP) das aberrações de alta ordem (HOA) Corneais (µm) nos grupos com OSDI < 13 e OSDI ≥ 13, em diferentes momentos (inicial, 30 s, 5 min e 10 min). 57

Tabela 25: Valores médios (± DP) das aberrações de alta ordem (HOA) Totais (µm) nos grupos com OSDI < 13 e OSDI ≥ 13, em diferentes momentos (inicial, 30 s, 5 min e 10 min). 58

Capítulo 1: Revisão bibliográfica

1.1. Introdução

O objetivo desta secção é apresentar um levantamento, na literatura científica, sobre os principais tópicos relacionados com o tema em estudo, tendo em vista a sua melhor compreensão e enquadramento dos dados obtidos.

1.2. Globo Ocular - Anatomia

Ao longos das últimas décadas, novas técnicas e exames oculares têm vindo a ser desenvolvidos com o objetivo de aumentar a compreensão e o detalhe da anatomia e fisiologia do globo ocular.

Atualmente, a estrutura e função do olho humano encontram-se bem caracterizadas. Todas funcionam como um todo e mantêm um equilíbrio no funcionamento ocular bem como, as suas estruturas adjacentes, como os músculos extraoculares, pálpebras e pestanas, sendo que as duas últimas, com função de proteção e barreira física do globo ocular.

Na sua divisão, o globo ocular, pode ser segmentado em 3 câmaras: a câmara anterior, a câmara posterior e a câmara vítrea (Figura 1).

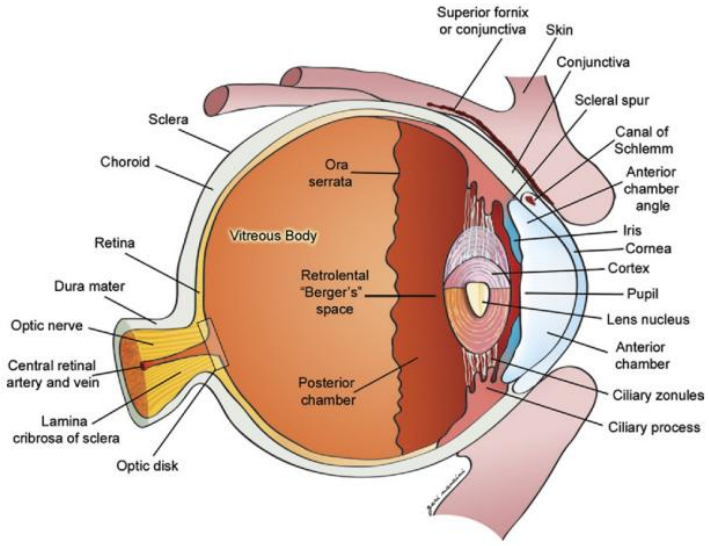


Figura 1: Anatomia do Globo Ocular. Adaptado de Wollf et al. [6]

A câmara anterior é composta desde a superfície anterior da córnea até à superfície anterior do cristalino; a câmara posterior desde a superfície posterior do cristalino até à superfície anterior do humor vítreo. A camara vítrea encontra-se entre o cristalino e a retina. [1]

Adicionalmente, também existem 3 camadas principais do globo ocular que podem ser identificadas como[1]:

- Superfície externa composta pela: córnea, esclera e limbo;

- Camada intermédia composta por: Iris, Corpo Ciliar e Coroide;

- Camada mais interna composta pela Retina.

1.3. Superfície Ocular

A superfície ocular inclui a córnea, a conjuntiva e a película lacrimal. É protegida de agentes externos pela película lacrimal devido à sua capacidade dinâmica e funcional na produção e renovação. Adicionalmente, e em conjunto com as pálpebras e glândula lacrimal, atuam como componentes essenciais também na manutenção de uma superfície funcional na refração da luz no olho (superfície refrativa) e, consequente qualidade da imagem retiniana.[2,3]

1.3.1. Película Lacrimal – Função, Composição e Características

A película lacrimal é um dos componentes essenciais da superfície ocular e, quando ocorre alguma perturbação na mesma, existem muitas implicações na qualidade visual, proteção e bem-estar ocular.[4]

As suas funções incluem[5]:

- Minimizar as irregularidades da superfície ocular de forma a garantia uma boa função na qualidade ótica;
- Atuar como proteção bacteriana e mecânica contra os agentes externos;
- Fornecer suporte nutritivo, auxiliando a córnea na manutenção da sua atividade.

A composição da película lacrimal pode ser caracterizada por um modelo estrutural de 3 camadas (lipídica, aquosa e mucínica) proposto por Wolff em 1946 [6] (Figura 2) e, ainda aceite atualmente pela comunidade científica. A camada mais externa da lágrima, a lipídica, ajuda na manutenção da taxa de evaporação lacrimal e contém mais de 600 lipídios na sua composição, a maioria destes produzidos pelas Glândulas de Meibómio. [2,3,7]

A aquosa, das 3 quantitativamente de papel mais importante, é produzida pelas glândulas lacrimais e canais acessórios. Por fim, a camada de mucínica é a mais interna. Contém imunoglobinas, proteínas, entre outros; ajuda a diminuir a tensão superficial e contribui para a estabilidade lacrimal. [2,3,7]

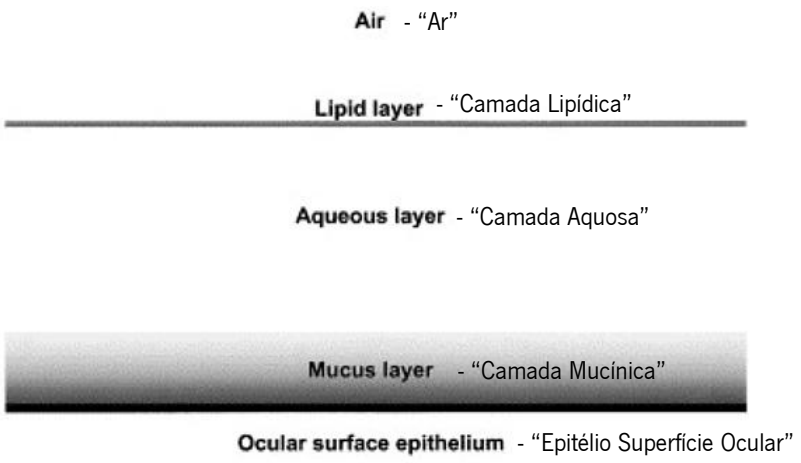


Figura 2: Representação das camadas da película lacrimal. Adaptado de Wolff. [2]

Posteriormente, Doane propôs há 20 anos, uma simplificação, sugerindo que a camada aquosa e mucínica funcionam como uma camada em "gel" [8], na qual as mucinas formam um gradiente decrescente na sua concentração (da perspetiva epitélio para superfície). [3,9]

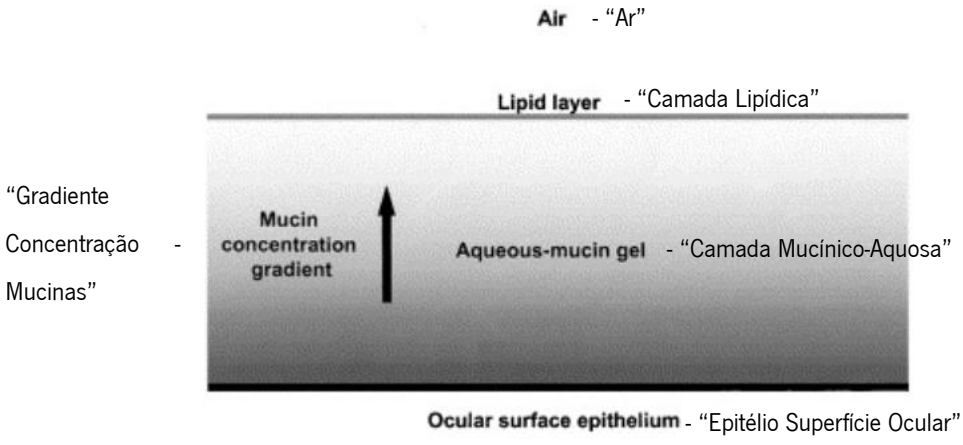


Figura 3: Representação simplificada das camadas película lacrimal. Adaptado de Doane.[3]

Perturbações em alguma destas camadas, ou em mais que uma, pode resultar em desequilíbrio no seu funcionamento.[4]

1.5. Olho Seco

O olho seco, também designado por *Dry Eye Disease* (DED), constitui uma das condições mais prevalentes da superfície ocular. É uma patologia comum na prática optométrica e oftalmológica, associada a sintomas de desconforto e a alterações da qualidade visual, podendo afetar de forma significativa a qualidade de vida dos pacientes.

1.5.1 Classificação de olho seco

A definição de olho seco tem vindo ao longos dos anos a ser alvo de vários debates e falta de consensos. A primeira definição foi proposta no Japão em 1995 e, desde então sido reformulada. A questão clínica pressupõe-se nos critérios de diagnóstico para o mesmo.[4,10]

Segundo o TFOS III, em 2025, a DED é considerada uma doença multifatorial e sintomática que é caracterizada pela perda da homeostasia, entre o filme lacrimal e a superfície ocular. [11]

Os principais mecanismos causadores sugeridos neste relatório científico incluem a inflamação ou lesão da superfície ocular, instabilidade no filme lacrimal, hiperosmolaridade e anormalidades neurosensoriais. Esta condição pode coexistir com outras patologias oculares, sendo o seu diagnóstico estabelecido apenas quando existem sintomas e sinais compatíveis. [11]

1.5.2. Incidência e Sintomatologia do olho seco

Estima-se que entre 5-34 % da população mundial sofrem desta condição clínica. [12] Pode ser classificada em dois grandes grupos: olho seco evaporativo, olho seco por deficiência aquosa ou, também, pode ocorrer a combinação dos 2 casos. Mas, existe a necessidade de reforçar o contínuo estudo nesta secção pois, existem indícios que, em certos casos, existe a necessidade de reconhecer outros grupos da condição ocular. Estima-se

que a maioria dos casos, segundo vários estudos reportados, incida no tipo evaporativo que consiste numa taxa de evaporação da lágrima mais elevada que o normal, maioritariamente causada por disfunções nas Glândulas de Meibómio, blefarite, entre outros. Já no primeiro caso, a deficiência aquosa recai numa diminuição da produção lacrimal que poderá ser ainda subdividida em casos com Síndrome de Sjögren´s ou não.[3,11,13,14]

Nos casos de pacientes com Síndrome de Sjögren´s, são afetados diretamente pela doença primariamente ou, poderão sofrer da condição de olho seco secundariamente devido a outra doença autoimune; pacientes sem a síndrome, possuem disfunções nas Glândulas Lacrimais, podendo até ocorrer a sua obstrução. [10,14]

Também neste tema, existem múltiplos estudos e tentativas de consenso no que requer a critérios de diagnóstico, sintomatologia e sinais, bem como, na relação desta condição clínica com outras e sua distinção.[11]

No relatório científico TFOS III, como nos anteriores publicados, é realçada essa questão. Um diagnostico diferencial é essencial pois o olho seco pode ser muitas vezes confundido com outras doenças da superfície ocular e vice-versa. No mesmo, é possível consultar uma tabela-resumo com várias questões que podem ser bastante importantes para os clínicos no seu diagnóstico diferencial. Incide em questões de anormalidades palpebrais, conjuntivais, corneais, não relacionadas com a superfície ocular ou, relacionadas e, que também possam ser mistos como o caso, por exemplo, da episclerite. Para o mesmo, reforçam algumas das questões essenciais, a realizar ao paciente, de forma a realizar um diagnostico diferencial (Tabela 1): [11]

Tabela 1: Questões-chave para diagnóstico diferencial DED, segundo TFOS III.[11]

Sente dor ocular em vez de desconforto ocular?	Em caso de dor, investigar mais a fundo para além do olho seco.
Costuma ter algum rubor/vermelhidão na face? Tem boca seca ou as glândulas salivares aumentadas?	Se sim, outras condições clínicas podem estar presentes como, por exemplo, a rosácea.
Consegue identificar quando os seus sintomas começam se existe algum fator desencadeador?	O olho seco é uma condição ocular crónica. Verificar fatores que possam ser a causa. (ex: uso LC)
Quando a sua visão é afetada, ao pestanejar existe melhoria?	Investigar para além do básico.
Os sintomas ou vermelhidão são piores em algum dos seus olhos?	O olho seco é considerado bilateral.
Os olhos estão inflamados, com comichão ou alguma secreção?	Verificar blefarite ou alergias.

1.5.3. Questionários validados – Sintomatologia

Para a avaliação padronizada dos sintomas, foram validados alguns questionários. Existem cerca de 25, mas alguns dos mais usados e certificados na comunidade são:[15]

- *Ocular Surface Index (OSDI);*

- *Dry Eye Related Quality-Of-Life-Score (DEQS);*

- *Dry Eye Questionnaire (DEQ);*

- *DEQ-5;*

- *Impact of Dry Eye on Everyday Life (IDEEL);*

- *McMonnie´s Questionnaire (MQ);*

- Contact Lens Dry Eye Questionnaire (CLDEQ);

- 8-Item Contact LensDry Eye Questionnaire (CLDEQ-8).

Como neste estudo o questionário utilizado para os pacientes foi o *OSDI*, iremos incidir de seguida mais sobre este tema.

1.5.3.1. *Ocular Surface Index*

O Ocular Surface Index, mais conhecido por *OSDI,* é composto por 12 perguntas no total e que podem ser avaliadas de 0-4 (0: Nunca; 1: Raramente; 2: Às vezes; 3: Frequentemente; 4: Sempre). Quanto mais elevado o valor final (0–100), maior a gravidade da sintomatologia.[11]

Em 2012, o mesmo foi validado para a língua portuguesa e, desde então pode usado na nossa língua materna. [16]Adicionalmente, em 2018, foi criada uma versão deste questionário de forma a facilitar aos pacientes, diminuindo o número de questões para 6. [11]O *OSDI-6* poderá também ser utilizado em crianças e, segundo vários estudos, o mesmo mantém bons resultados comparativamente com o *OSDI*. [11]

1.5.4. Diagnóstico e tratamento do olho seco

Em conjugação com o que tem vindo a ser abordado sobre o tema, não existe ainda nenhum exame clínico ocular de referência definido pela comunidade científica para o diagnóstico de olho seco. A variabilidade de sintomas e apresentações clínicas dificulta nesse sentido, mas algumas das questões a explorar com o paciente, incidem-se principalmente no historial médico, exploração ocular e realização de alguns testes que possam ajudar na distinção entre olho seco e outras possíveis condições.[17]

Estar a par do historial médico do paciente, principalmente da medicação utilizada, também pode trazer um papel importante pois, algumas das mesmas, sabe-se que têm influência na superfície ocular e, podem exacerbar sintomas, contribuindo para a progressão do olho seco. Algumas destas incluem antidepressivos, anti-histamínicos e terapias de substituição hormonal. [18]

TFOS III aborda um "algoritmo" que pode auxiliar na abordagem em todo este tema do diagnóstico, de forma também a orientar os clínicos, contribuindo assim, para uma melhor "estratégia final" que visa ajudar o bem-

estar do paciente. Baseia-se, principalmente, na realização do *OSDI-6* (diferenciação sintomatológica) juntamente com, **pelo menos**, mais um dos seguintes exames:

- Avaliação do tempo de rotura lacrimal não invasivo (NIBUT <10 segundos ou BUT <5 segundos) ou da osmolaridade (por exemplo através do *TearLab Osmolarity System* [19]);

- Avaliação de lesão na superfície ocular (ponteado corneal – mais de 5 zonas **e/ou** lesão conjuntival ponteada em mais de 9 zonas **e/ou** na margem palpebral ≥ 2mm de extensão e ≥25% de largura). [11,20]

Em relação ao tratamento, a primeira abordagem parece incidir no uso de lágrima artificial. A formulação, dosagem a colocar e frequência irá depender da gravidade e tipo de olho seco. Mas, para casos mais severos esta opção não chega por si só no bem-estar do paciente. Nesse sentido, têm vindo a ser investigadas e criadas novas técnicas para o mesmo.[17] Algumas dessas podem passar pelo uso de lentes esclerais que aliviam substancialmente o conforto do paciente e, o seu uso não está ligado a nenhuma complicação.[21]

No caso de Disfunção das Glândulas de Meibómio (DGM), o uso de compressas quentes e massagens palpebrais auxiliam na desinflamação das mesmas. [21]

Mas, algumas terapias mecânicas, também auxiliam nesse sentido, mas de uma forma mais localizada, em que pressão e calor são aplicados na zona das Glândulas de Meibómio ajudando na sua desobstrução. Outras abordagens, ainda na DGM e olho seco, passam também pelo tratamento com luz pulsada e com plasma do próprio paciente (este último mais direcionado para olho seco evaporativo secundário à DGM).[21]

O uso de suplementos vitamínicos e antioxidantes com luteína na sua composição têm vindo a ser comprovados em ajudar a reduzir o nível de biomarcadores inflamatórios e melhorar o volume e estabilidade lacrimal. Em alguns dos mesmos, também incluem ómega-3 e ómega-6 mas, a dosagem ainda requer mais investigação.[21]

Alterações comportamentais e no estilo de vida do paciente também passam por ter benefícios a longo prazo. Melhorar a qualidade do sono e fazer pausas regulares no uso de dispositivos digitais podem ser alguns dos hábitos a adotar no auxílio desta questão.[21]

Alguns das opções abordadas na comunidade científica não foram amplamente e extensivamente mencionadas pois não parecem influenciar diretamente o curso deste estudo.

1.6. Influência da Película Lacrimal nas Medições Biométricas

O filme lacrimal constitui a superfície refrativa mais anterior do olho; a sua integridade é, por isso, fundamental para a precisão das medições óticas e topográficas. A instabilidade lacrimal — caracterizada por rutura do filme, aumento da osmolaridade e irregularidade da camada mucino-aquosa — provoca alterações transitórias e, por vezes persistentes nas leituras de queratometria, nos mapas topográficos e nas medições de aberrometria. Estudos de análise de frente de onda demonstraram que a rutura do filme lacrimal aumenta as aberrações de ordem superior (**HOA**) e diminui a qualidade ótica entre pestanejos. Consequentemente, pacientes com olho seco, apresentam maior variabilidade durante e entre medidas de curvatura corneal, bem como parâmetros de topografia, com aparecimento de artefactos que podem condicionar decisões clínicas. [22–24]

Ensaios controlados mostraram ainda que, a instilação de lágrimas artificiais pode alterar, temporariamente, os mapas topográficos e os valores de queratometria, dependendo da composição e viscosidade da formulação utilizada, o que sublinha a importância de padronizar o estado do filme lacrimal antes da aquisição de medidas biométricas. A normalização do filme lacrimal com tratamento (lubrificação, terapêutica dirigida à disfunção das Glândulas de Meibómio) tem demonstrado redução das **HOA** e melhoria da qualidade visual. Assim, a gestão adequada do olho seco é essencial não apenas para o alívio sintomático, mas também para garantir medidas biométricas fiáveis.[22–24]

Estas questões mostram-se bastante pertinentes e, assumem particular relevância em contexto cirúrgico, nomeadamente na cirurgia da catarata, em que disfunções lacrimais podem comprometer a precisão das medições necessárias ao cálculo das lentes intraoculares (LIO). [24]

Na preparação destes casos, em pacientes com historial de olho seco, parece ser benéfico a estabilização do filme lacrimal. No entanto, deve evitar-se a instilação de lágrima artificial imediatamente antes da aquisição das medições, uma vez que tal pode introduzir variações transitórias e enviesar os resultados.[25]

O presente estudo pretende explorar esta questão, avaliando a influência da instilação de lágrima artificial aquando das medições de parâmetros biométricos e implicações na qualidade ótica, nomeadamente nas aberrações oculares.

1.7. Lágrimas Artificiais

Atualmente, existe uma ampla variedade de formulações desenvolvidas para o alívio de desconforto ocular, irritação e, sobretudo, o tratamento do olho seco. A escolha da lágrima artificial adequada é muitas vezes realizada num trabalho conjunto e importante entre médicos oftalmologistas e optometristas de acordo com o tipo e a gravidade da disfunção lacrimal.

Segundo o relatório TFOS III, as diferentes composições de lágrimas artificiais são concebidas para mimetizar as propriedades do filme lacrimal em pacientes saudáveis restaurando a sua estabilidade e função.[21]

Um dos polímeros utilizados em composições de lágrimas artificiais, é a carboximetilcelulose (CMC), um agente de viscosidade presente em formulações mais direcionadas para olho seco por deficiência aquosa. As suas propriedades de viscosidade permitem a formação de uma película protetora sobre a superfície ocular, prologando o seu tempo de retenção, o que pode levar a uma visão turva momentânea. Um exemplo com esta formulação é a lágrima *Refresh Tears*. [9,15,21]

Outra substância amplamente utilizada é o Acido Hialurónico (HA), reconhecido pela sua biocompatibilidade e capacidade de promover a regeneração epitelial e, a de diminuir a fricção com o pestanejo. Graças às suas propriedades viscoelásticas, é indicado para casos de olho seco moderado a severo. Entre as formulações mais conhecidas com esta composição encontra-se o *Hybak*, disponível em diversas apresentações (lágrima ou duo-gel, este último com formulação especial). [9,15,21]

Existem ainda formulações que combinam diferentes polímeros ou agentes para atuar sobre várias camadas do filme lacrimal (mucosa, aquosa e lipídica) – as formulações combinadas. Neste caso, mais direcionadas para olhos secos mistos e, podem combinar também os dois componentes anteriores, o CMC e HA ou HA e HP-Guar, sendo que este último, segundo um estudo de 2024, parece ser mais benéfico em atingir alívio aos pacientes com olho seco que foram submetidos a cirurgia das cataratas. [9,21,26]

Mais recentemente, a comunidade científica tem-se concentrado em formulações mais especiais, sem conservantes, com propriedades anti-inflamatórias que podem ser mais adequadas para casos pós-cirúrgicos ou inflamações crónicas. O TFOS DEWS III salienta que estas novas formulações representam avanços importantes na personalização da terapia.[21]

Entre as lágrimas de nova geração, destaca-se o *Systane Complete* (Alcon), uma emulsão que contém óleos minerais, triglicerídeos e fosfolípidos, concebida para repor a camada lipídica da lágrima, mas que parece atuar de forma abrangente em todas as camadas. São emulsões óleo-em-água (macro, micro ou nanoemulsões), onde

as gotículas lipídicas reduzem a evaporação e estabilizam a superfície ocular. Assim sendo, a sua composição torna- a particularmente indicada para todos os subtipos de olho seco, incluindo o evaporativo, aquoso-deficiente e misto. [9,15]

Segundo o TFOS DEWS III, as formulações combinadas que integram polímeros muco-adesivos e componentes lipídicos são consideradas as mais completas e eficazes para restabelecer a homeostasia do filme lacrimal em pacientes com doença do olho seco multifatorial. O relatório reforça que a instabilidade do filme lacrimal é o mecanismo fisiopatológico central do olho seco, e que produtos com ação sobre múltiplas camadas são ideais para restaurar a sua estabilidade e proteger contra o stress osmótico e mecânico.

Estudos clínicos recentes confirmam esta abordagem: investigações que compararam emulsões lipídicas combinadas (como o *Systane Complete*) com lágrimas não lipídicas mostraram melhorias significativas na estabilidade do filme lacrimal e maior conforto subjetivo, sem comprometer a transparência visual, no caso das lipídicas.[21,27,28]

Outros complementares, evidenciaram que o uso de *Systane Complete* reduz, significativamente, o desconforto ocular em utilizadores de lentes de contacto, aumentando a estabilidade do filme lacrimal sem comprometer a visão. [21,27] De forma semelhante, num outro estudo de 2022 observaram aumento da espessura da camada lipídica e redução da osmolaridade lacrimal após quatro semanas de tratamento.[21,29] Por sua vez, num estudo mais longo, reportaram melhorias significativas na osmolaridade também, no tempo de rutura da lágrima e, na função das Glândulas de Meibómio após três meses de utilização, sugerindo benefícios fisiológicos para a superfície ocular e para as mesmas.[21,30]

Em suma, a lágrima artificial utilizada neste estudo foi selecionada pelas suas características específicas:

- Atuar sobre todas as camadas do filme lacrimal (lipídica, aquosa e mucínica);

- Ser eficaz em todos os subtipos de olho seco (aquoso, evaporativo e misto);

- Apresentar um maior tempo de retenção e efeito de lubrificação prolongado;

- Promover a proteção epitelial e melhoria sintomática, de acordo com as recomendações do TFOS DEWS III para a gestão personalizada e multifatorial da doença do olho seco.

1.8. Qualidade Ótica

O olho humano funciona como um sistema ótico e trabalha em quase perfeição, mas, nenhum sistema o é. O humano tem algumas "falhas" que resultam em imperfeições de diferentes consequências visuais, ou seja, tem um desempenho limitado em que existem aberrações. Também este tema tem sido alvo de algumas atualizações e investigação, mas, este sistema ótico é composto essencialmente pela córnea e pelo cristalino. Este último, tem a capacidade de alterar a sua forma durante o processo de acomodação, garantindo a capacidade de focagem da imagem na retina, mas, que vai se alterando ao longo da vida. Um dos componentes que também influência a qualidade visual e, da imagem formada na retina, é a difração da luz através da pupila e, a sua variação no seu diâmetro. A dispersão através dos meios oculares mais transparentes também pode influenciar a imagem formada na retina.[31,32]

1.8.1. Aberrações oculares

Como relatado anteriormente e, de forma a entender com maior extensão este tema complexo, têm vindo a ser desenvolvidos sistemas e equipamentos que nos permitem identificar as aberrações e quantificá-las neste caso, auxiliar o estudo da aberrometria ocular.

A aberrometria ocular permite uma descrição objetiva mais complexa do sistema visual através de sensores de frente de onda baseados em vários princípios óticos. Neste caso, uma aberração ocorre quando existe um "desvio" da frente de onda criada pelo sistema ótico (neste caso, o olho humano) em relação a uma frente de onda de um sistema ótico perfeito. Para a sua medição existem aberrómetros com diferentes tecnologias: sensor Hartmann-Shack; interferometria, *Laser Ray Tracing*, entre muitos outros. [33]

Os polinômios de Zernike são funções matemáticas ortogonais que descrevem as aberrações óticas em sistemas com abertura circular, como o olho humano. Cada polinômio é caracterizado por dois índices: a ordem radial "n" e a ordem angular "m" e, representa uma forma específica de distorção da frente de onda ótica, como observado na Figura 4.

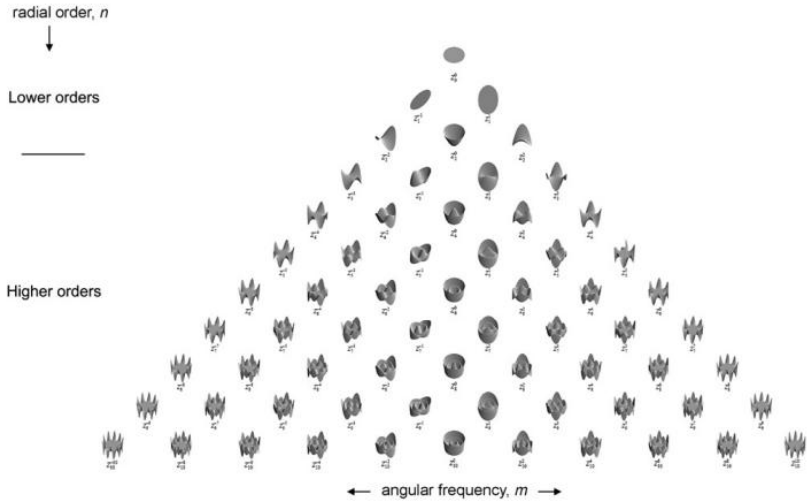


Figura 4: Pirâmide com os Polinómios de Zernike até à 10ª ordem. Adaptado de Cheong, N. *et al*.[4]

São quantificados e separados em dois grandes grupos: Aberrações de alta ordem (**HOA**) e Aberrações de baixa ordem (**LOA**). As **LOA** podem ser corrigidas através de meios óticos de correção (lentes de contacto, óculos...) como o "defocus" ou desfocado (aberração de 2ºordem) e o astigmatismo (também de 2ºordem). Já nas **HOA** isso não é possível. Aqui pertencem, as aberrações coma (de 3ºordem) , esférica (de 4ºordem) , trefoil, tetrafoil (ambos de 3ºordem) e, entre outros.[33–36]

Existe, ainda, uma métrica que consegue juntar os coeficientes de Zernike num único só valor, a raiz quadrada média da soma dos quadrados dos polinómios que a integram (**RMS**).

Capítulo 2: Materiais e Métodos

Nesta secção serão abordados os critérios utilizados para o estudo e examinada a metodologia seguida para o mesmo. Consequentemente, serão referenciados os parâmetros obtidos a partir dos equipamentos utilizados.

2.1. Tipo de Estudo

O estudo apresenta-se como experimental, intervencional e prospetivo, com avaliação intraindividual da influência da instilação de lágrima artificial nas características biométricas e na qualidade ótica do olho.

O estudo foi aprovado pela *Comissão de Ética para a Investigação em Ciências da Vida e Saúde* (CEICVS) da Universidade do Minho - Parecer nº 5865/2025 – e, respeita os princípios da "Declaração de Helsínquia" (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; —Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996 e Edimburgo 2000, Seul 2008).

Todos os pacientes assinaram um consentimento informado com detalhes do estudo e o mesmo foi lhes explicado previamente (Anexo 1).

Todos os dados foram mantidos em anonimato e utilizados unicamente para este estudo com atribuição de um ID para cada participante.

O estudo foi realizado nas instalações de Braga da empresa Jorge Oculista Ótica, LDA.

2.2. Objetivos do estudo

Objetivo geral:

O objetivo principal deste estudo é avaliar a influência da instilação de uma lágrima artificial nas características biométricas oculares e na qualidade ótica da superfície ocular, com ênfase nas aberrações oculares.

Objetivos específicos:

1. Medir os parâmetros biométricos oculares antes e após a aplicação da lágrima artificial;
2. Avaliar as alterações na aberrometria ocular induzidas pela instilação da lágrima artificial;
3. Comparar os principais parâmetros de qualidade ótica (coma, aberração esférica e **HOA**) antes e após a intervenção;
4. Analisar a relação entre a estabilidade do filme lacrimal e as variações observadas na qualidade ótica;
5. Correlacionar a sintomatologia, avaliada pelo questionário *OSDI,* com os valores aberrometria ocular (principalmente **HOA**).

2.3. Hipóteses do estudo

Hipótese principal:

A instilação de lágrima artificial melhora a qualidade ótica da superfície ocular, reduzindo as **HOA** e aumentando a estabilidade da frente de onda corneal.

Hipóteses secundárias:

1. A instilação da lágrima artificial provoca alterações significativas nos parâmetros biométricos oculares medidos antes e após a intervenção;
2. A magnitude das alterações nas aberrações oculares varia ao longo do tempo após a instilação da lágrima artificial (por exemplo aos 30 segundos, 5 minutos e 10 minutos).

2.4. Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de Inclusão:

- Participantes de ambos os géneros (feminino e masculino);

- Pacientes com idade superior a 10 anos;

- Ausência de patologia ocular diagnosticada (exceto olho seco ligeiro ou sintomas compatíveis);

- Não utilização de colírios, lágrimas artificiais ou medicamentos tópicos nas 24 horas anteriores à medição.

Critérios de Exclusão:

- Uso atual de lentes de contacto no momento da aquisição das medições;

- Presença de doença ocular ativa (ex.: infeções, inflamação, distrofias, cirurgias oculares prévias).

2.5. Procedimento experimental

Nesta secção apresenta-se o procedimento para a realização deste estudo bem como, os detalhes de cada etapa do mesmo.

2.5.1. Aquisição de Parâmetros Biométricos

A aquisição de parâmetros biométricos foi realizada com recurso ao equipamento *WaveAnalyzer* 700+ (*WAM*) (Figura 1) do fornecedor *Essilor* (*Essilor Instruments*).



Figura 5: WaveAnalyzer 700+ (WAM) (Ess*ilor Instruments*).

Obteve-se dados do paciente relativamente à refração, topografia, aberrometria ocular, variações da pupila e, suas implicações nas aberrações e refração. A parte do equipamento responsável pela medição da aberrometria ocular utiliza a tecnologia do sensor Hartmann-Shack.

O equipamento permite a quantificação detalhada das aberrações oculares através da análise de frente de onda baseada em polinómios de Zernike. Entre os parâmetros avaliados incluem-se:

- Desfocado ou “Defocus” - correspondendo a $\mathbf{Z_2^0}$;

- Astigmatismo de segunda ordem ($\mathbf{Z_2^2}$);

- Aberrações de alta e baixa ordem (**HOA** e **LOA**);

- Raiz Quadrada Média (**RMS**);

- **Coma**, que é uma aberração de terceira ordem;

- Aberração esférica (**Sph**);

- **Astigmatismo secundário** (de quarta ordem);

- **Trefoil** (aberração de terceira ordem);

- **Tetrafoil** (aberração de quarta ordem).

As Figuras 8 e 9, ilustram os resultados de múltiplos parâmetros biométricos oculares disponibilizados pelo *WaveAnalyzer* 700+ (*WAM*). Entre os dados extraídos do equipamento destacam-se: dados topográficos completos, espessura da córnea em toda a sua extensão, parâmetros preditores de queratocone e medidas de aberrometria e variação pupilar.



Figura 6: Resultados obtidos no WAM – parâmetros biométricos.

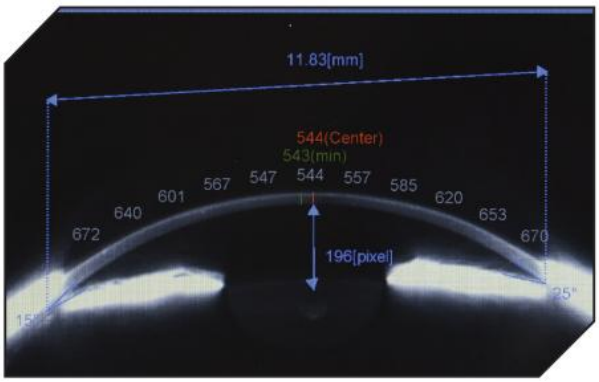


Figura 7: Resultados obtidos no WAM – parâmetros biométricos.

Mais especificamente, nas figuras 10 e 11, ilustramos, a título de exemplo, os valores obtidos para cada uma das aberrações medidas, com diâmetro pupilar ajustado para 5mm. O equipamento fornece separadamente os valores Corneais e Totais e, através de cálculo diferencial, determina também os valores correspondentes às aberrações Internas.

APD 5,0mm	Defocus Z (2,0) (µm)	Astigmatismo Z(2,±2) (µm)	LOA (µm)	HOA (µm)	RMS (µm)	Coma Z (3,±1) (µm)	Sph. Aberration Z(4,0) (µm)	Astigmatismo II Z (4,±2) (µm)	Trefoil Z (3,±3) (µm)
Corneal		0,11@60°	0,11	0,23	0,26	0,16@189°	0,12	0,04@177°	0,07@97°
Interno	0,24	0,13@172°	0,28	0,13	0,30	0,07@333°	-0,05	0,01@60°	0,03@13°
Total	0,24	0,09@18°	0,26	0,17	0,31	0,11@209°	0,07	0,04@4°	0,07@106°

Figura 8: Resultados obtidos no WAM – valores aberrações óticas 1.

APD 5,0mm	Astigmatismo Z(2,±2) (µm)	LOA (µm)	HOA (µm)	RMS (µm)	Coma Z (3,±1) (µm)	Sph. Aberration Z(4,0) (µm)	Astigmatismo II Z (4,±2) (µm)	Trefoil Z (3,±3) (µm)	Tetrafoil Z (4,±4) (µm)
Corneal	0,11@60°	0,11	0,23	0,26	0,16@189°	0,12	0,04@177°	0,07@97°	0,01@79°
Interno	0,13@172°	0,28	0,13	0,30	0,07@333°	-0,05	0,01@60°	0,03@13°	0,01@68°
Total	0,09@18°	0,26	0,17	0,31	0,11@209°	0,07	0,04@4°	0,07@106°	0,02@74°

Figura 9: Resultados obtidos no WAM – valores aberrações óticas 2.

Para cada participante foram adquiridas 4 medidas em momentos distintos:

- Medida de base (‘baseline’, pré- instilação);

- 30 segundos após instilação da lágrima artificial;

- 5 minutos após instilação da lágrima artificial;

- 10 minutos após instilação da lágrima artificial.

Definiu-se, numa fase inicial da preparação do estudo, que a medição de parâmetros biométricos oculares seria unicamente para o Olho Direito (OD) em todos os pacientes, sem exceção. Esta opção visou padronizar o procedimento e reduzir a variabilidade interocular, não tendo sido baseada em critérios clínicos específicos.

2.5.2 Instilação de Lágrima Artificial

Utilizou-se neste estudo, a lágrima artificial *Systane Complete* sem conservantes do fabricante *Alcon* (Figura 6).



Figura 10: Systane Complete, Alcon 2025.

A sua composição baseia-se, numa mistura de alguns componentes como o ácido bórico, óleo mineral, dimiristoil fosfatidilglicerol, edetato dissódico, HP-Guar, estearato de polioxil, , triestearato de sorbitana sorbitol e água purificada.[37,38]

Cada um dos seus elementos tem uma função própria na lubrificação ocular, estabilidade lacrimal e tempo de retenção, tal como estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Função dos compostos constituintes da lágrima Systane Complete (Alcon).

Composto	Função
Ácido Bórico	Juntamente com HP-Guar auxilia na regulação do pH e formação de matriz em gel. [37,38]
Óleo Mineral	Reduz evaporação do filme lacrimal. [37,38]
Dimiristoil Fosfatidilglicerol	Integra-se na camada lipídica, para "regenerar" as zonas onde não há lagrima – zonas expostas. Auxilia na camada lipídica da nossa lágrima. [37,38]
Edetato Dissódico; Triestearato de Sorbitana; Sorbitol; Estearato de Polioxil (surfactante)	Auxiliam na estabilização estrutural da película lacrimal.[37,38]
HP-Guar	Forma a matriz em gel devido à interação com a lágrima (aumento da viscosidade). Auxilia no tempo de retenção na superfície ocular pois une-se a zonas hidrofóbicas da superfície do endotélio.[37,38]
Água Purificada	Funciona com solvente.[37,38]

O *Systane Complete* é aconselhado nos diversos tipos de olho seco,[37], especialmente no olho seco evaporativo devido à sua maior capacidade de retenção na superfície ocular.[39] Num estudo de 2020, um grupo de investigadores analisou e seguiu um conjunto de pacientes com olho seco, de forma a monitorizar o alívio de sintomas utilizando *Systane Complete* e, concluíram que, imediatamente após a instalação da lágrima e até 8h depois, existiu um alívio dos sintomas nos diferentes tipos de olho seco[39].

Este produto foi escolhido para o presente estudo devido às suas características específicas, nomeadamente à capacidade de retenção na superfície ocular e duração do efeito terapêutico. O objetivo consiste em perceber, de que forma, a instilação de *Systane Complete* no paciente influencia a aquisição de parâmetros biométricos oculares e, consequentemente, os resultados obtidos nas medições de qualidade ótica e aberrometria.

O objetivo é avaliar em que medida a instilação desta lágrima artificial pode induzir alterações na aquisição de parâmetros biométricos oculares, particularmente na qualidade ótica e nas aberrações oculares.

2.5.3. Questionário *Ocular Surface Disease Index*

Ao longo da última década, têm sido publicados inúmeros estudos que demonstram a utilidade de questionários na prática clínica optométrica para avaliação e monitorização do olho seco. Entre os instrumentos disponíveis, um dos mais amplamente usados é o *OSDI*.

O *OSDI* é composto por 12 perguntas no seu total e, que podem ser respondidas numa escala de frequência de 0-4 onde: 0 corresponde: Nunca; 1 corresponde: Raramente; 2 corresponde: Às vezes; 3 corresponde: Frequentemente e 4 corresponde: Sempre. [40]

O questionário encontra-se subdividido em 3 subescalas que permitem uma análise mais detalhada dos sintomas: [40]

- **Secção A-** sintomas oculares (perguntas 1 a 5);
- **Secção B-** impacto nas atividades visuais (perguntas 6 a 9);
- **Secção C-** fatores ambientais (perguntas 10 a 12).

O parâmetro **D** corresponde ao somatório de **A**, **B** e **C**. O resultado obtém-se através da fórmula:

OSDI (*OSDI* = (Dx100) /nº de perguntas respondidas x 4)

Os valores finais variam de 0 a 100, sendo que valores mais elevados refletem maior gravidade na sintomatologia do paciente (Tal como ilustra também a Figura 7).[40,41]

0–12: Normal

13–22: Olho seco leve

23–32: Olho seco moderado

≥ 33: Olho seco grave

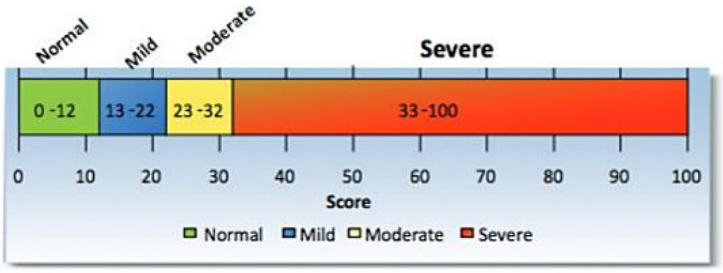


Figura 11: Escala do *OSDI*, com divisão de pontuações.

Em 2012, o *OSDI* foi validado para a língua portuguesa, demonstrando boa fiabilidade e, permitindo a sua utilização em contexto clínico nacional (Anexo 2 [16] – versão utilizada no presente estudo).

Neste estudo, todos os pacientes responderam ao questionário, permitindo avaliar de forma subjetiva a sintomatologia ocular.

2.6. Procedimentos Estatísticos

A análise estatística foi efetuada utilizando a versão 30.0 do software IBM SPSS Statistics (IBM Corp., Chicago, IL), enquanto o tratamento e organização complementar dos dados foram efetuados no Microsoft Excel. As variáveis estudadas foram caracterizadas por meio de estatística descritiva (média ± desvio padrão).

Com o intuito de explorar possíveis variações relacionadas com a idade, os participantes foram agrupados em três faixas etárias definidas pelo investigador, permitindo uma análise comparativa mais estruturada entre diferentes grupos etários. Esta segmentação teve como objetivo reduzir a variabilidade intragrupo e facilitar a interpretação dos resultados. Os pacientes foram divididos em menores de 35 anos, dos 35 aos 50 anos e acima dos 50 anos (Tabela 3).

De modo semelhante, a análise da distribuição do astigmatismo corneal na amostra contemplou três categorias distintas, definidas para possibilitar uma avaliação mais precisa das suas variações e da sua eventual relação com outros parâmetros óticos. Subdividiu-se em 3 categorias: **À regra** (meridiano mais potente ou mais curvo a 90°); **Contra-regra** (meridiano mais potente ou mais curvo a 180°) e **Oblíquo** (entre 20°-70° ou 110°-160°). Esta categorização foi igualmente adotada para uniformizar o tratamento estatístico e otimizar a comparabilidade entre pacientes. (Tabela 4 e Figura 13).

Também para o questionário *OSDI*, numa análise geral da população, subdividiu-se nas categorias definidas em **2.5.3.**: Normal (pontuação <13), grau Leve (pontuação <23), grau Moderado (pontuação <33) e grau **Severo** (grau ≥33) (Tabela 6). Mas, no ponto **3.4.4**, para uma análise mais segmentada e específica e, como lidámos com valores de aberrações (que são bastante pequenos, na ordem dos μm), dividimos apenas em duas componentes: OSDI <13 (Não sintomático) e OSDI ≥13 (Sintomático). O facto de o tamanho da amostra da população ser pequena também pesou nesta decisão.

Para avaliar associações entre variáveis categóricas, foi aplicado o teste do qui-quadrado de independência (X^2) que verifica se existe dependência ou independência entre duas variáveis qualitativas, comparando as frequências observadas com as esperadas sob hipótese de independência (Tabela 7 até Tabela 10). Neste caso, se o valor de p é superior a 0,05 existem evidências estatisticamente significativas, no contrário (valor de p inferior a 0,05), as mesmas não se verificam.

Para avaliar a variação dos parâmetros ao longo do tempo, recorreu-se a duas abordagens complementares. Para comparar as diferenças entre os quatro momentos de medição, (inicial (pré-instilação), 30 segundos, 5 minutos e 10 minutos após a instilação da lágrima artificial) – para cada tipo de aberração - foi utilizada a ANOVA de medidas repetidas após verificação dos pressupostos de normalidade (avaliada pelo teste de Shapiro–Wilk e inspeção gráfica dos resíduos). A mesma, que é um teste paramétrico, é adequado quando o mesmo grupo de participantes é avaliado em vários momentos temporais, permitindo analisar os efeitos intra-sujeito (por exemplo, as quatro medições de *LOA corneal* ou de *HOA total*).

Antes da análise principal, foi aplicado o teste de esfericidade de Mauchly, que avalia se as variâncias das diferenças entre os momentos de medição são homogéneas. Quando o valor de p é superior a 0.05, considerou-se que a assunção de esfericidade estava cumprida e os resultados da ANOVA foram reportados sem ajustes. Por outro lado, quando o valor de p é inferior 0,05, conclui-se que a assunção foi violada, sendo aplicadas as correções de Greenhouse-Geisser, que ajustam os graus de liberdade do teste F, tornando a análise mais conservadora e robusta.

Sempre que a ANOVA revelou efeitos estatisticamente significativos, procederam-se a testes post hoc, recorrendo a comparações múltiplas par a par através do método de Bonferroni, com o objetivo de identificar entre quais momentos temporais ocorreram as diferenças (Tabelas 11 até Tabela 20).

Como complemento do subcapítulo **3.4** (relação entre o questionário *OSDI* e os valores das aberrações óticas), foram constituídos gráficos de dispersão ("*scatter plots*") entre o *OSDI* e as diferentes aberrações oculares que apresentaram correlações significativas (Figuras 25 a 28). O objetivo destes gráficos é visualizar a distribuição dos dados e identificar a tendência da associação entre os sintomas reportados e os parâmetros clínicos. A análise estatística formal foi conduzida através do coeficiente de correlação de Spearman (R), um teste não paramétrico utilizado quando os dados não seguem distribuição normal ou, quando se pretende avaliar relações que não necessitam de ser lineares. Este coeficiente baseia-se nas ordens ("*ranks*") dos valores e mede a existência de uma relação monotónica entre duas variáveis, ou seja, se à medida que uma aumenta, a outra tende também a aumentar (ou a diminuir). Os valores de p obtidos (valor de p inferior a 0,05) confirmaram a significância estatística dessas associações, ainda que a sua intensidade se mantenha fraca. Assim, enquanto

os gráficos apresentam uma regressão linear apenas como recurso ilustrativo, a interpretação estatística fundamenta-se nos resultados do teste de Spearman.

Capítulo 3: Resultados

3.1. Caracterização da Amostra

As características da amostra que fizeram parte deste estudo encontram-se descritas na Tabela 3.

Tabela 3: Características demográficas da amostra em função do género e da idade.

Parâmetro	Descrição	Intervalo
Número total de participantes	32	
Género	21 F (65,6%) 11 M (34,4%)	
Idade ± DP (anos)	42,9 ± 14,69 M+F 44,4 ± 14,19 F 40,3± 14,44 M	12 – 64 M+F 12 – 64 F 18 – 59 M

N: representa o número total de participantes; **M:** representa sexo masculino e **F:** sexo feminino; **Idade ± DP (anos)**: representa a média de idades e o desvio padrão para todos os participantes (M+F), homens (M) e mulheres (F), juntamente com as respetivas faixas etárias.

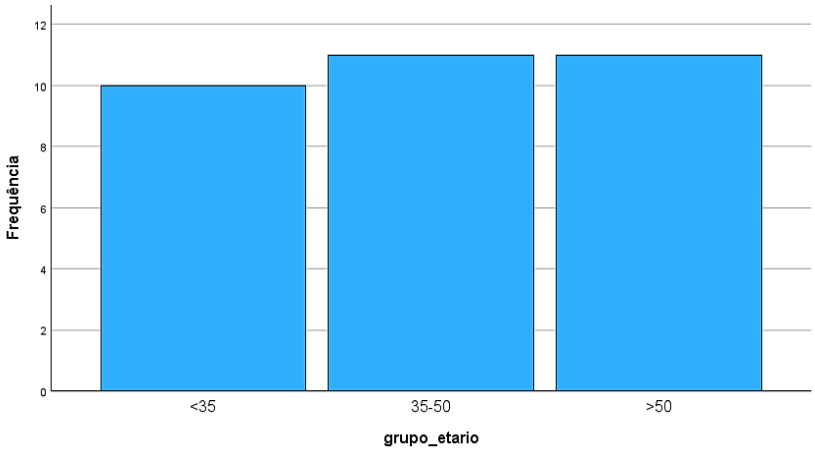


Figura 12: Gráfico de frequências da idade (em anos) da amostra.

Com estes dados afere-se que a população deste estudo é maioritariamente do sexo feminino (Tabela 3). E, que na divisão segmentada em faixas etárias, que irá ser importante nos pontos seguintes, considera-se que a sua distribuição é aproximadamente homogénea (Figura 12).

3.2.1 Caracterização do Erro Refrativo

Dentro da amostra do estudo, analisou-se o erro refrativo. A média da esfera obtida foi de -0,40±2,42 Dioptrias (D), com um valor mínimo de -9,00 D e máximo de +2,75D. No cilindro, a média foi de -1,11±1,34 D sendo que o valor máximo foi -6,75D e mínimo 0D de cilindro.

No estudo, a maior percentagem de indivíduos encontra-se entre pacientes emetropes com cerca de 40% da população, e a menor, entre os hipermétropes com 28%. Apesar das diferentes frequências observadas em cada tipo de erro refrativo, a amostra é relativamente homogénea em termos de magnitude do erro refrativo (Tabela 4).

Tabela 4: Características da amostra com o Erro Refrativo.

Parâmetro	**Descrição**
N	32
Erro Refrativo (**Rx**)	**Míope (MIO):** 10 (**31,3%**) **Emetrope (EME):** 13 (**40,6%**) **Hipermetrope (HIP):** 9 (**28,1%**)

Mais especificamente, ao caracterizar o tipo de astigmatismo corneal de cada paciente, verificou-se uma maior percentagem de astigmatismo à regra, correspondendo a 65,6% da amostra. Neste parâmetro, a mesma já não se pode considerar homogénea (Tabela 5 e Figura 13).

Tabela 5: Características da amostra - distribuição do Astigmatismo.

		Frequência	Percentagem (%)
Astig.	Contra-Regra	2	6,3
	Obliquo	9	28,1
	À Regra	21	65,6
	Total	32	100,0

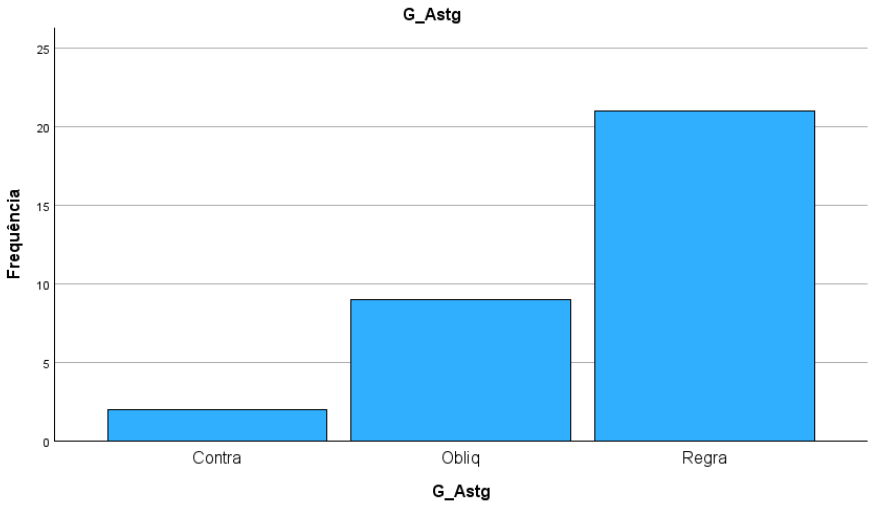


Figura 13: Gráfico de frequências de cada subcategoria de astigmatismo.

3.2.2. Caracterização dos resultados do questionário *OSDI*

Na Tabela 6 e na Figura 14, apresentam-se os resultados da distribuição de cada grau do questionário *OSDI*, de acordo com a divisão apresentada em **2.6.**. Cerca de 50,0% dos pacientes obtiveram uma pontuação considerada **Normal** (pontuação <13), 18,8% apresentaram um grau **Leve** (pontuação <23), 12,5%, o grau **Moderado** (pontuação <33) e, 18,8 % o grau **Severo**.

A média das pontuações obtidas no questionário foi de 17,67±13,32 para a amostra total e, o valor máximo registado por um paciente foi de 47,92.

Tabela 6: Características da amostra - Grupos do *OSDI*.

		Frequência	Percentagem (%)
OSDI	<13	16	50,0
	<23	6	18,8
	<33	4	12,5
	33-100	6	18,8
	Total	32	100,0

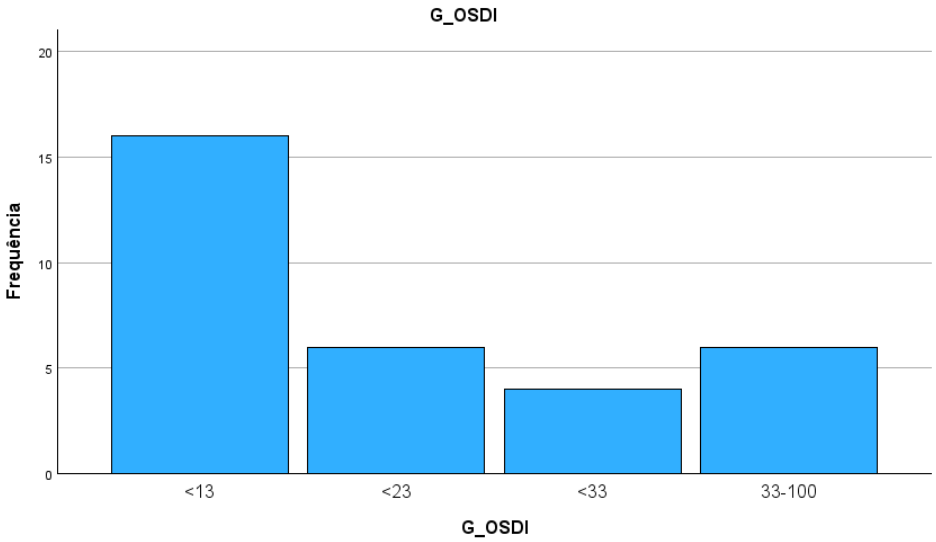


Figura 14: Gráfico de Barras da frequência de cada grau de *OSDI* da população.

3.2.3. Comparação entre variáveis em estudo

Com o objetivo de avaliar a relação entre os diferentes parâmetros do estudo, realizou-se tabelas cruzadas entre duas variáveis no SPSS. Neste caso, a variável em comum nas duas tabelas foram os dados do *OSDI*. Analisou-se a pontuação do questionário em função do sexo dos pacientes (Tabela 7) e, a sua relação com a classificação do erro refrativo (Tabela 8). Nas Tabelas 9 e 10, a análise segue a mesma linha, com a relação do questionário *OSDI* com o Grupos Etário e o Grupo de Astigmatismo, respetivamente.

Tabela 7: Análise parâmetros do questionário OSDI com a distribuição de pacientes consoante o sexo (X^2(p)= 0,314).

OSDI e Sexo				
		Sexo		Total
		Feminino	Masculino	
OSDI	<13	8	8	16
	<23	5	1	6
	<33	3	1	4
	33-100	5	1	6
Total		21	11	32

Na Tabela 7, observa-se um número maior de participantes, tanto do sexo feminino como masculino, no grupo OSDI <13, correspondente a pontuações consideradas normais (sintomatologia). Nos restantes grupos do *OSDI,* a distribuição aparenta ser relativamente homogénea, principalmente no sexo feminino. O teste do qui-quadrado mostrou que não houve diferença significativa na distribuição das categorias de *OSDI* entre homens e mulheres (X^2(p)= 0,314), sugerindo ausência de associação entre o sexo do paciente e a sintomatologia.

Tabela 8: Análise parâmetros do questionário OSDI com a distribuição de pacientes consoante o seu erro refrativo (X^2(p)= 0,143).

***OSDI* e Grupos Rx**					
		G_RX			Total
		Míope	Emetrope	Hipermetrope	
OSDI	<13	8	7	1	16
	<23	1	2	3	6
	<33	0	2	2	4
	33-100	1	2	3	6
Total		**10**	**13**	**9**	32

Na Tabela 8, a análise segue a mesma lógica. De forma geral, a distribuição é homogénea destacando-se que a maioria dos pacientes com *OSDI* normal apresenta miopia ou é emetrope. Não se registou, no estudo, nenhum paciente míope que apresentasse uma sintomatologia moderada (*OSDI* ≥23 e<33). Não se observou associação significativa entre o tipo de refração e os níveis de OSDI (X^2(p)= 0,143), sugerindo que a severidade dos sintomas de olho seco é independente do erro refrativo dos pacientes.

Tabela 9: Análise parâmetros do questionário OSDI com a distribuição de pacientes consoante o Grupo Etário (X^2(p)= 0,160).

***OSDI* e Grupos Etário**					
		Grupo etário			Total
		<35 anos	35-50 anos	>50 anos	
OSDI	<13	7	5	4	16
	<23	2	0	4	6
	<33	0	3	1	4
	33-100	1	3	2	6
Total		**10**	10	11	11

Mantendo a análise do questionário OSDI com os vários parâmetros implicados no estudo, já na Tabela 9, investiga-se a relação com os grupos etários definidos. Verifica-se um número superior de pacientes, no total, alocados no grupo *OSDI* <13 e, mais especificamente, enquadrados na faixa etária de menores de 35 anos. Não se verificou associação significativa entre os grupos etários e os níveis de OSDI (χ^2, p = 0,160), sugerindo que a severidade dos sintomas de olho seco é independente da faixa etária dos participantes, neste estudo.

Tabela 10: Análise parâmetros do questionário OSDI com a distribuição de pacientes consoante os Grupos de Astigmatismo (X^2(p) = 0,905).

***OSDI* e Grupos Astigmatismo**					
		Grupo Astigmatismo			Total
		Contra - Regra	Oblíquo	Regra	
OSDI	<13	1	5	10	16
	<23	0	2	4	6
	<33	0	1	3	4
	33-100	1	1	4	6
Total		**2**	9	21	32

Agora, na Tabela 10, verifica-se um número superior de pacientes, no total, alocados no grupo *OSDI* <13 e, mais especificamente, enquadrados no grupo de Astigmatismo à Regra. No restante, a distribuição dos pacientes pode ser considerada relativamente homogénea. O resultado obtido (χ^2, p = 0,905) não revelou associação estatisticamente significativa entre as variáveis, indicando que a distribuição dos valores de *OSDI* foi semelhante entre os diferentes grupos de astigmatismo e, sugerindo que, a presença e a intensidade dos sintomas de olho seco são independentes do tipo de astigmatismo.

3.3. Resultados Aberrações óticas

3.3.1 Comparação entre as 4 medições (medições repetidas)

Apresentamos, de seguida, a análise para cada aberração ótica nomeadamente com os valores Corneais, Internas e Totais.

3.3.1.1. Aberração Z_2^0

A aberração ótica **Z_2^0** corresponde ao desfocado ou "defocus", associado à variação da potência dióptrica global do sistema ocular. Em todas as medições realizadas e, para todos os pacientes, o valor correspondente a **Z_2^0Corneal** apresentou-se igual a zero (Tabela 11 e Figura 15). Este resultado poderá dever-se ao facto de nas medições de aberrações existirem limitações e, quando o "defocus" está fora de um certo intervalo, mais difícil é estimar o seu valor e, alguns equipamentos tentam fazer um ajuste ou, simplesmente, o valor é "zerado", como poderá ser o caso do equipamento utilizado.[42,43]

Tabela 11: Análise aberração Z_2^0 entre as 4 medições (µm).

	Inicial	**30 seg**	**5 min**	**10 min**	**X^2**	**F**
Z_2^0Corneal (µm)	0	0	0	0	—	—
Z_2^0Interna (µm)	0,7163 ± 1,8380	0,6413 ± 1,5728	0,6681 ± 1,7918	0,7228 ± 1,8617	$X^2(32)=13,93$, p=0,016	F(3;93)= 0,293, p=0,830
Z_2^0Total (µm)	0,7147 ± 1,8377	0,6378 ± 1,5745	0,6713 ± 1,7998	0,7263 ± 1,8770	$X^2(32)=13,42$, p=0,019	F(3;93)= 0,314, p=0,814

Nota: "**Inicial**": corresponde aos valores obtidos para as medidas base de cada paciente; - "**30 seg**": corresponde à segunda medição (30 segundos após a instilação da lágrima artificial); - "**5 min**": corresponde à terceira medição (5 minutos após a instilação da lágrima artificial); - "**10 minutos**": corresponde à quarta medição (10 minutos após a instilação da lágrima artificial); - "**X2**": Qui-quadrado; - "**F**": obtido através teste ANOVA entre-sujeitos.

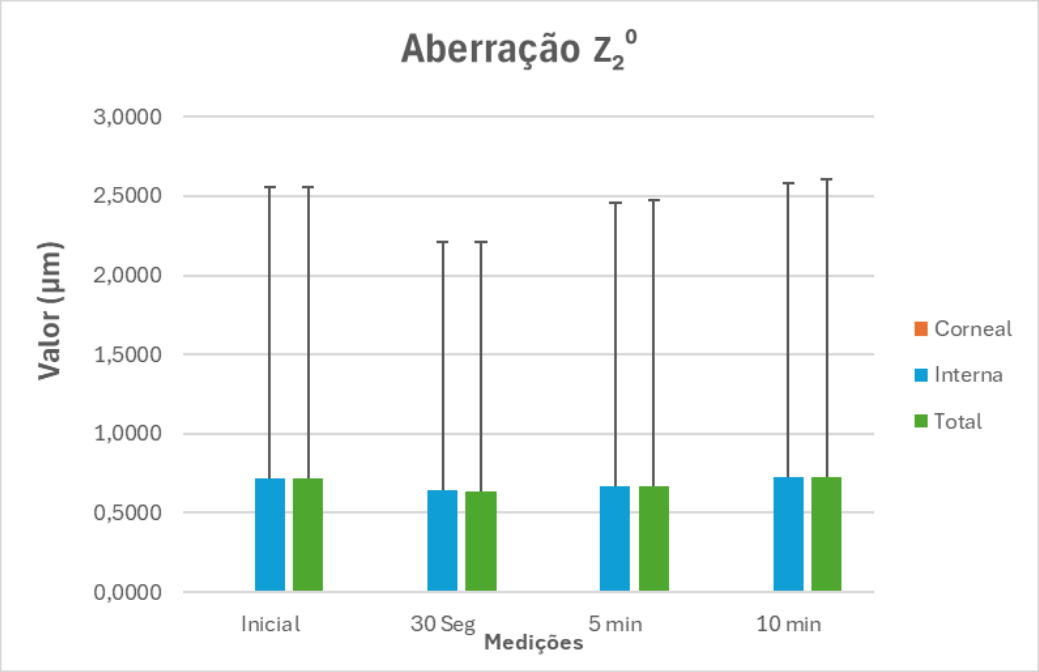


Figura 15: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Z_2^0 para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

Os valores para **Z_2^0 Corneal** de X^2 e F são nulos, pelo que não é possível retirar conclusões estatísticas para esta componente.

Relativamente a **Z_2^0 Interna e Total**, o valor de p obtido no teste de esfericidade de Mauchly foi inferior a 0,05, indicando que a esfericidade não é confirmada, pelo que foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 0,293, p=0,830 e F(3;93)= 0,314, p=0,814).

Deste modo, conclui-se que, para esta aberração, não se observaram diferenças estatisticamente significativas em nenhuma das 3 componentes (Corneal, Interna e Total). Estes resultados sugerem que a instilação da lágrima artificial parece não influenciar os valores de desfocado ao longo do período de observação.

3.3.1.2. Aberração Z_2^2

A aberração ótica **Z_2^2** corresponde ao astigmatismo de segunda ordem associado a irregularidades simétricas na curvatura corneal que afetam o foco em eixos perpendiculares. De forma análoga ao procedimento adotado para a aberração **Z_2^2** (defocus), foi realizada a análise estatística de medidas repetidas entre as quatro medições para a **Z_2^2** nas três componentes avaliadas: Corneal, Interna e Total (Tabela 12 e Figura 16).

Tabela 12: Análise aberração Z_2^2entre as 4 medições (µm).

	Inicial	**30 seg**	**5 min**	**10 min**	**X^2**	**F**
Z_2^2Corneal (µm)	0,5741 ± 0,4624	0,5969 ± 0,5444	0,6266 ± 0,5771	0,7016 ± 0,6550	$X^2(32)=51,34$, $p<0,001$	$F(3;93)= 1,115$, $p=0,346$
Z_2^2Interna (µm)	0,4447 ± 0,2559	0,4378 ± 0,3008	0,4659 ± 0,2878	0,5594 ± 0,6103	$X^2(32)=56,24$, $p<0,001$	$F(3;93)= 1,104$, $p=0,351$
Z_2^2Total (µm)	0,4888 ± 0,5006	0,5006 ± 0,6246	0,5116 ± 0,6490	0,4869 ± 0,4794	$X^2(32)=46,00$, $p<0,001$	$F(3;93)= 0,161$, $p=0,922$

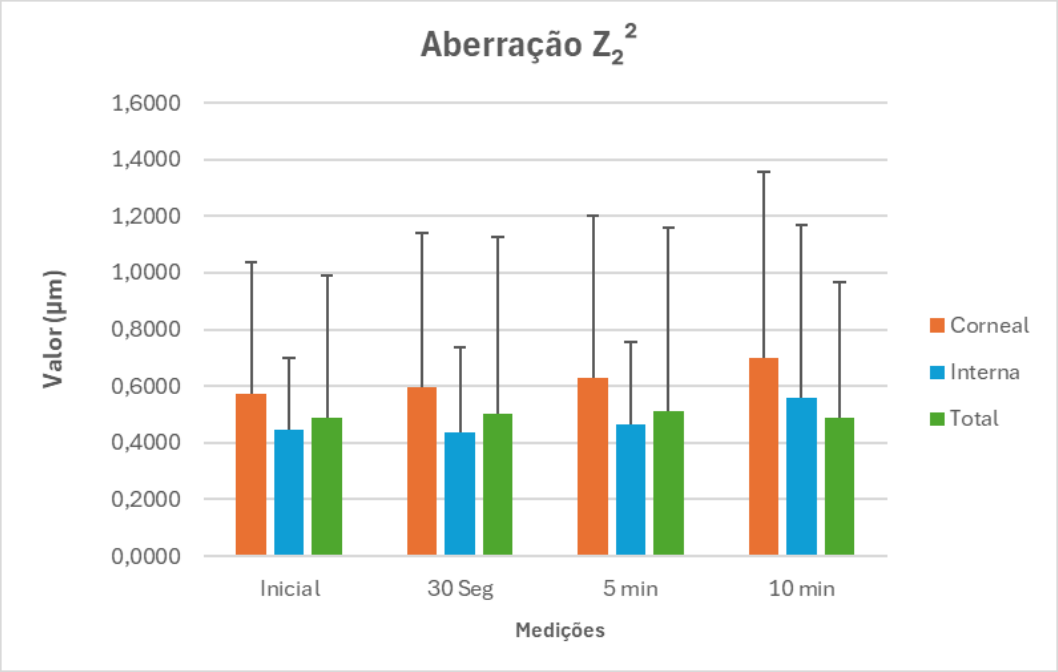


Figura 16: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Z_2^2 para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

No caso das 3 componentes, **Z_2^2Corneal, Interna e Total**, o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly foi inferior a 0,001 sugerindo que a esfericidade não é confirmada, pelo que foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 1,115, p=0,346 ; F(3;93)= 1,104, p=0,351, p=0,814 e F(3;93)= 0,161, p=0,922).

Neste sentido, a análise de **Z_2^2**, mostra que a aplicação da lágrima artificial não resultou em alterações estatisticamente significativas ao longo do tempo, tanto a nível Corneal, Interna como na Total. Embora se tenha observado uma ligeira tendência de aumento nas componentes corneal e interna após 10 minutos, essas variações não foram consistentes nem atingiram significância.

3.3.1.3. Aberrações de Baixa Ordem

As aberrações de baixa ordem (**LOA**) também foram analisadas de forma global incluindo as componentes Corneal, Interna e Total. Os resultados estão apresentados na Tabela 13 e ilustrados graficamente na Figura 17, que representa a variação média das **LOA** ao longo das quatro medições.

Tabela 13: Análise aberração LOA entre as 4 medições (µm).

	Inicial	30 seg	5 min	10 min	X^2	F
LOA Corneal (µm)	0,5741 ± 0,4624	0,5984 ± 0,5430	0,6553 ± 0,6253	0,6981 ± 0,6572	$X^2(32)=52,15$, $p<0,001$	$F(3;93)= 1,072$, $p=0,364$
LOA Interna (µm)	1,3663 ± 1,5002	1,2553 ± 1,2540	1,2731 ± 1,5222	1,4375 ± 1,5853	$X^2(32)=8,58$, $p=0,126$	$F(3;93)= 0,993$, $p=0,399$
LOA Total (µm)	1,4041 ± 1,5375	1,2806 ± 1,3639	1,3100 ± 1,6219	1,3847 ± 1,5969	$X^2(32)=13,58$, $p=0,018$	$F(3;93)= 0,602$, $p=0,614$

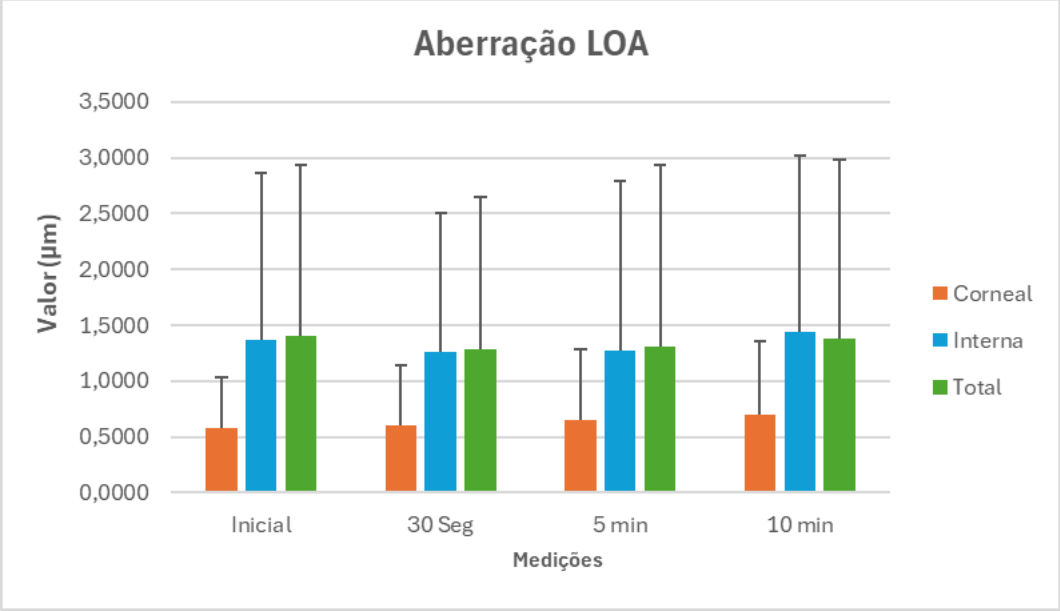


Figura 17: Gráfico de barras representando a variação média da aberração LOA para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

No caso das **LOA Corneais,** o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly foi inferior a 0,001 sugerindo que a esfericidade não é confirmada, pelo que foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 1,072, p=0,364).

Para as **LOA Internas**, o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly foi superior a 0,05 sugerindo que a esfericidade foi confirmada. Ainda assim, A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 0,993, p=0,399).

Para as **LOA Totais**, o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly foi inferior a 0,05 sugerindo que a esfericidade não é confirmada, pelo que foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 0,602, p=0,614).

De forma geral, os resultados relativos às aberrações de baixa ordem (**LOA**) indicam que a aplicação da lágrima artificial não produziu alterações estatisticamente significativas, quer ao nível Corneal, Interna ou Total, ao longo dos 10 minutos de avaliação. Apesar de se observar uma ligeira tendência de aumento progressivo das **LOA Corneais**, essa variação não atingiu significância estatística.

De forma semelhante, as **LOA Internas e Totais** permaneceram estáveis entre os diferentes momentos de medição.

3.3.1.4. Aberração de alta ordem

À semelhança das análises anteriores, apresenta-se agora a mesma situação para as aberrações de alta ordem (**HOA**), também analisadas de forma global incluindo as componentes Corneal, Interna e Total. Os resultados estão apresentados na Tabela 14 e ilustrados graficamente na Figura 18, que represente a variação média das **HOA** ao longo das quatro medições.

Tabela 14: Análise aberração HOA entre as 4 medições (µm).

	Inicial	30 seg	5 min	10 min	X^2	F
HOA_Corneal (µm)	0,2919 ± 0,1868	0,3438 ± 0,1814	0,3259 ± 0,3305	0,4116 ± 0,5969	$X^2(32)=61,01$, $p<0,001$	$F(3;93)= 0,853$, $p=0,468$
HOA_Interna (µm)	0,2200 ± 0,1626	0,2719 ± 0,1665	0,2263 ± 0,1791	0,3406 ± 0,6045	$X^2(32)=74,30$, $p<0,001$	$F(3;93)= 0,995$, $p=0,398$
HOA_Total (µm)	0,1859 ± 0,1094	0,2216 ± 0,1203	0,1878 ± 0,1014	0,1853 ± 0,0954	$X^2(32)=21,08$, $p<0,001$	$F(3;93) = 1,939$, $p=0,128$

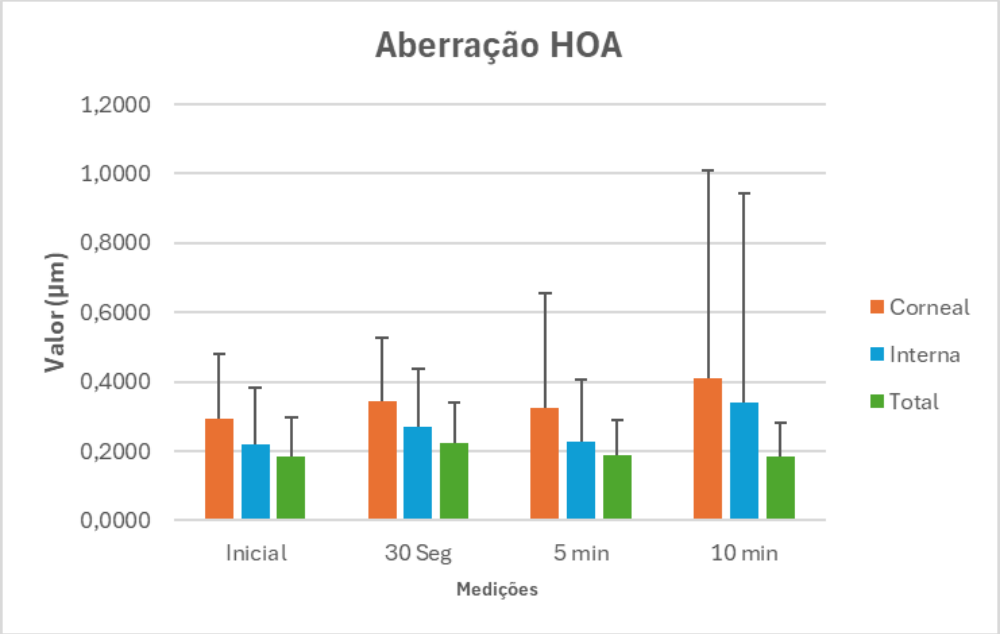


Figura 18: Gráfico de barras representando a variação média da aberração HOA para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

No caso das 3 componentes, **HOA Corneal, Interna e Total**, o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly é inferior a 0,001, sugerindo que a esfericidade não é confirmada pelo que foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 0,853, p=0,468 , F (3;93)= 0,995, p=0,398 e F(3;93) = 1,939, p=0,128).

Os resultados demonstram que a aplicação da lágrima artificial não exerceu influência significativa sobre as aberrações de alta ordem (**HOA**), quer a nível Corneal, Interna ou Total, ao longo do período de observação de 10 minutos. Embora tenham sido observadas pequenas variações nas médias, particularmente um ligeiro aumento nas **HOA Corneais e Internas** mais especificamente, dos 5 para os 10 minutos, estas alterações não atingiram significância estatística.

3.3.1.5. Aberração *Root Mean Square*

A componente ***Root Mean Square*** **(RMS)** também foi analisada de forma global incluindo as suas componentes Corneal, Interna e Total. Os resultados estarão apresentados na Tabela 15 e, ilustrados graficamente, na Figura 19, que representa a variação média das **RMS** ao longo das quatro medições.

Tabela 15: Análise RMS entre as 4 medições (µm).

	Inicial	**30 seg**	**5 min**	**10 min**	**X^2**	**F**
RMS Corneal (µm)	0,6697 ± 0,4616	0,7222 ± 0,5285	0,7050 ± 0,5749	0,8497 ± 0,8484	$X^2(32)=70,16$, $p<0,001$	F(3;93)= 1,113, p=0,348
RMS Interna (µm)	1,4075 ± 1,4877	1,3038 ± 1,2413	1,3081 ± 1,5140	1,5306 ± 1,6696	$X^2(32)=14,24$, p=0,014	F(3;93)= 1,178, p=0,322
RMS Total (µm)	1,3568 ± 1,4939	1,2723 ± 1,3049	1,2981 ± 1,6007	1,3181 ± 1,5696	$X^2(31)=12,76$, p=0,026	F(3;90)= 0,197, p=0,898

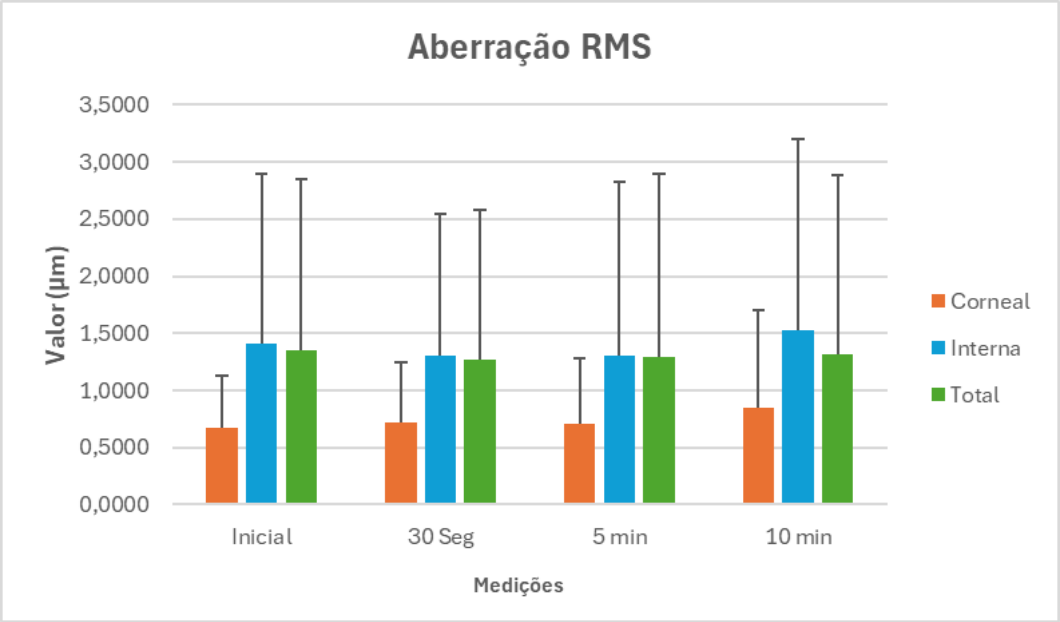


Figura 19: Gráfico de barras representando a variação média da aberração RMS para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

Na componente **RMS Corneal,** o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly é inferior a 0,001 e, na **Interna** e **Total**, o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly é inferior a 0,05 sugerindo que a esfericidade não foi confirmada e foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 1,113, p=0,348 , F(3;93)= 1,178, p=0,322 e F(3;90)= 0,197, p=0,898).

A análise dos valores de **RMS Corneal**, **Interna** e **Total** demonstra que a aplicação da lágrima artificial não induziu alterações estatisticamente significativas na magnitude global das aberrações óticas ao longo dos 10 minutos avaliados. Embora se tenha verificado uma tendência de aumento no **RMS Corneal e Interna** em tempos mais tardios (entre os 5 e os 10 minutos), essas variações não atingiram significância estatística.

3.3.1.6. Aberração Coma

Analisa-se, agora, a variação dos valores para a aberração **Coma** ao longo do estudo, das 4 medições e, analisada de forma global incluindo as suas componentes Corneal, Interna e Total. Os resultados estão apresentados na Tabela 16 e ilustrados graficamente na Figura 20, que representa a variação média da aberração **Coma** ao longo das quatro medições.

Tabela 16: Análise aberração Coma entre as 4 medições (µm).

	Inicial	30 seg	5 min	10 min	X^2	F
Coma Corneal (µm)	0,1625 ± 0,1202	0,1847 ± 0,1212	0,1800 ± 0,1374	0,2363 ± 0,3201	$X^2(32)=65,68$, $p<0,001$	$F(3;93)= 1,27$, $p=0,286$
Coma Interna (µm)	0,0925 ± 0,0771	0,1372 ± 0,1006	0,1300 ± 0,1759	0,1794 ± 0,3307	$X^2(32)=79,39$, $p<0,001$	$F(3;93)= 1,46$, $p=0,227$
Coma Total (µm)	0,1113 ± 0,0923	0,1372 ± 0,0931	0,1119 ± 0,0873	0,1181 ± 0,0836	$X^2(32)=16,02$, $p=0,006$	$F(3;93)= 1,88$, $p=0,137$

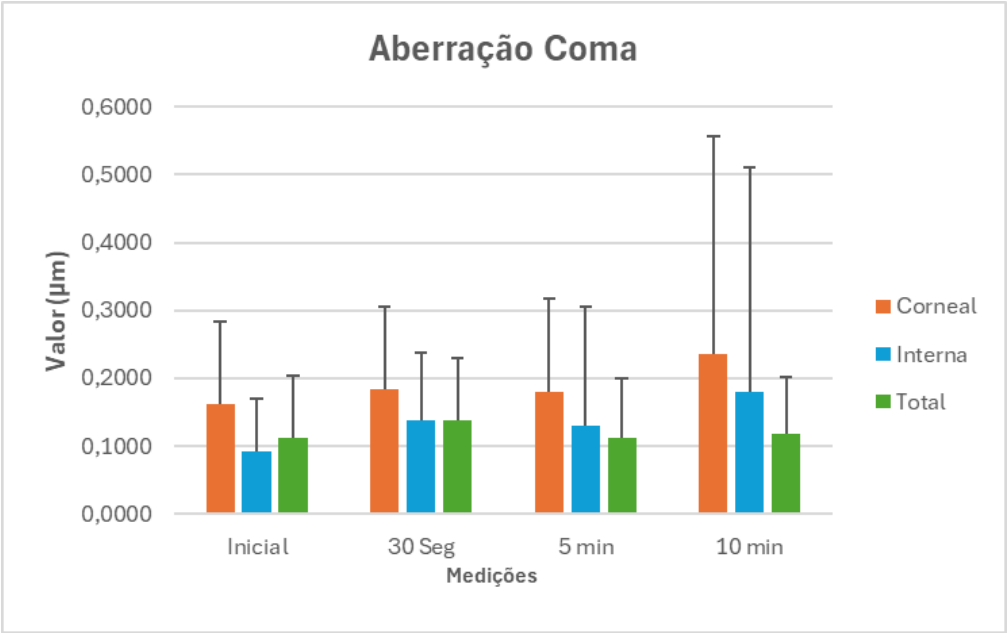


Figura 20: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Coma para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

Nas 3 componentes, **Coma Corneal, Interna** o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly é inferior a 0,001 e, na **Total**, o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly é inferior a 0,05 sugerindo que a esfericidade não foi confirmada e foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 1,27, p=0,286, (3;93)= 1,46, p=0,227e F(3;93)= 1,88, p=0,137).

Mais especificamente, demonstram os resultados que, a aplicação da lágrima artificial não resultou em alterações estatisticamente significativas ao longo dos 10 minutos de observação, embora que se tenham verificado tendências de aumento nas componentes **Corneal** e **Interna**, mais especificamente na última medida. De modo geral, o **Coma** permaneceu estável após a instilação da lágrima artificial, sugerindo que este tipo específico de aberração também parece não ser influenciada pela lágrima usada neste estudo.

3.3.1.7. Aberração Esférico (Sph)

Na continuação da análise dos resultados obtidos, analisa-se agora a variação dos valores para a aberração **Esférico (Sph)** ao longo do estudo, das 4 medições e analisada de forma global incluindo as suas componentes Corneal, Interna e Total. Os resultados estão apresentados na Tabela 17 e ilustrados graficamente na Figura 21, que representa a variação média da aberração **Esférico (Sph)** ao longo das quatro medições.

Tabela 17: Análise aberração Esférico (Sph) entre as 4 medições (µm).

	Inicial	**30 seg**	**5 min**	**10 min**	**X^2**	**F**
Sph Corneal (µm)	0,0963 ± 0,0609	0,1141 ± 0,0745	0,0975 ± 0,0565	0,1269 ± 0,1020	$X^2(32)=18,90$, p=0,002	F(3;93)= 1,91, p=0,132
Sph Interna (µm)	-0,0491 ± 0,0665	-0,0722 ± 0,0750	-0,0478 ± 0,0603	-0,0856 ± 0,0943	$X^2(32)=15,69$, p=0,007	F(3;93)= 3,07 **p=0,031**
Sph Total (µm)	0,0453 ± 0,0553	0,0397 ± 0,0579	0,0506 ± 0,0469	0,0513 ± 0,0654	$X^2(32)=4,09$, p=0,536	F(3;93)= 0,76, p=0,518

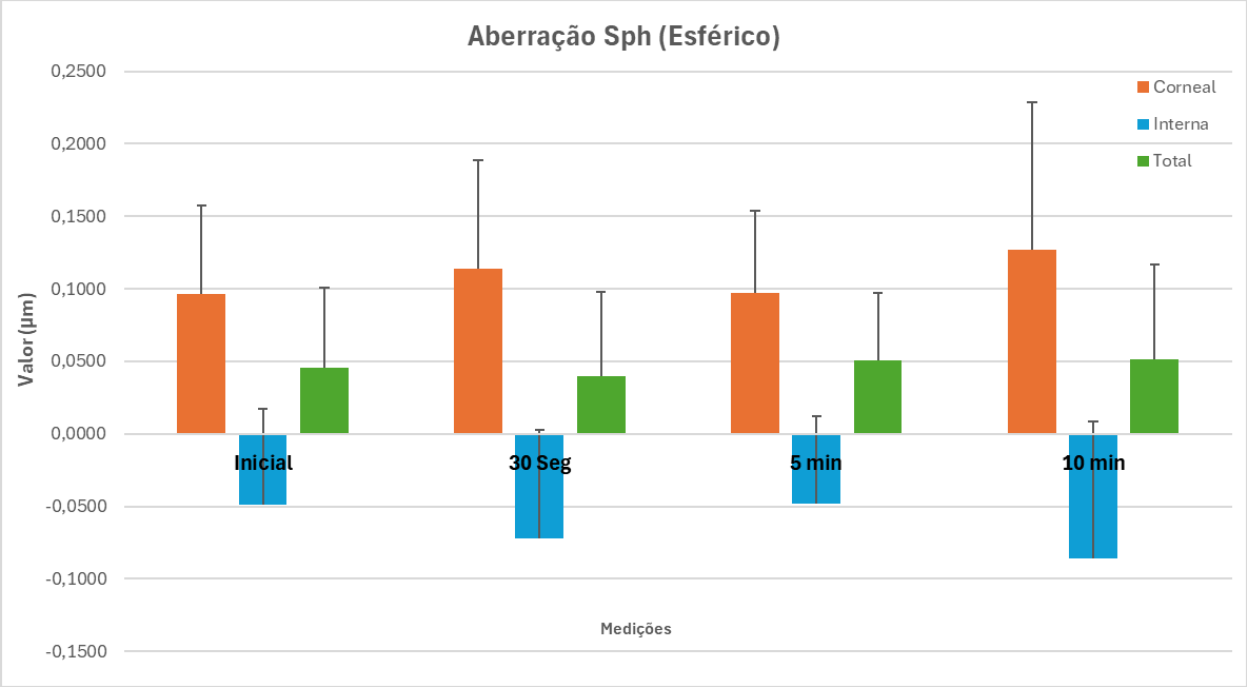


Figura 21: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Sph (Esférico) para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

Nas 3 componentes, **Sph Corneal, Interna** e **Total**, o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly é inferior a 0,05, sugerindo que a esfericidade não foi confirmada pelo que foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores **Corneal** e **Total** (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 1,91, p=0,132 e F(3;93)= 0,76, p=0,518).

Na componente **Sph Interna**, foram detetadas diferenças estatisticamente significativas (valor p (F) inferior a 0.05 – assinalado na Tabela 17).

3.3.1.8. Aberração Astigmatismo II

Nesta aberração de quarta ordem, analisa-se a variação dos valores para a aberração **Astigmatismo II** ao longo do estudo, das 4 medições e, analisada de forma global incluindo as suas componentes Corneal, Interna e Total. Os resultados estão apresentados na Tabela 18 e, ilustrados graficamente na Figura 22, que representa a variação média da aberração **Astigmatismo II** ao longo das quatro medições.

Tabela 18: Análise aberração Astigmatismo II (Astg. II) entre as 4 medições (µm).

	Inicial	**30 seg**	**5 min**	**10 min**	**X^2**	**F**
Astg. II Corneal (µm)	0,0447 ± 0,0444	0,0656 ± 0,0593	0,0475 ± 0,0706	0,0881 ± 0,2214	$X^2(32)=84,16$, $p<0,001$	$F(3;93)= 1,03$; $p=0,380$
Astg. II Interna (µm)	0,0428 ± 0,0420	0,0694 ± 0,0617	0,0650 ± 0,1202	0,0922 ± 0,2269	$X^2(32)=78,49$, $p<0,001$	$F(3;93)= 0,98$; $p=0,405$
Astg. II Total (µm)	0,0372 ± 0,0248	0,0413 ± 0,0316	0,0313 ± 0,0238	0,0394 ± 0,0249	$X^2(32)=24,18$, $p<0,001$	$F(3;93)= 1,32$; $p=0,270$

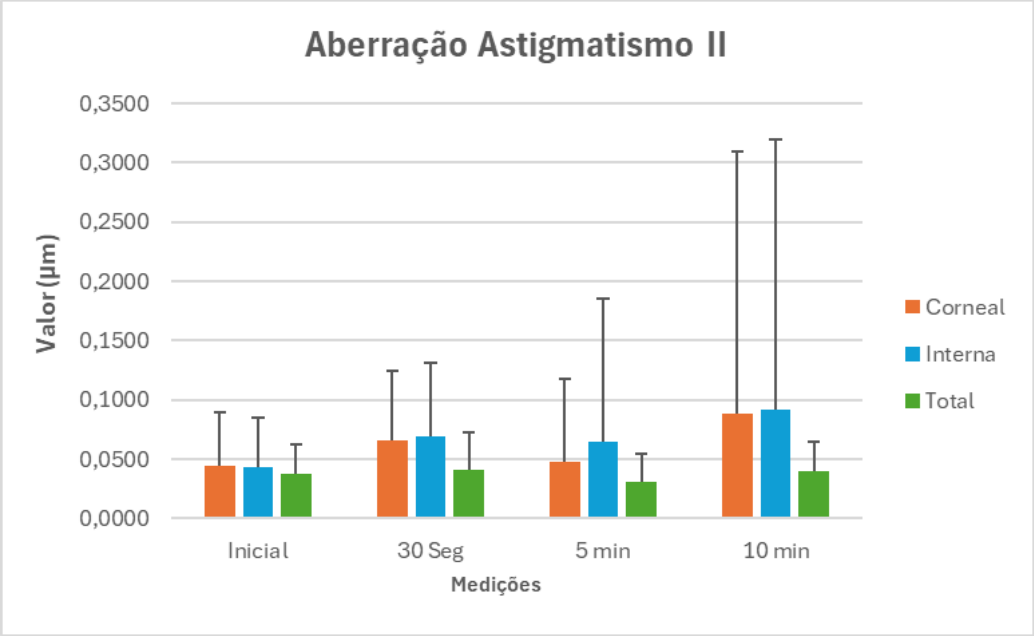


Figura 22: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Astigmatismo II para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

Nas 3 componentes, **Astigmatismo II Corneal**, **Interna** e **Total**, o valor p (X^2) obtido no teste de esfericidade de Mauchly é inferior a 0,001, sugerindo que a esfericidade não foi confirmada e foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores das 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 1,03; p=0,380, F(3;93)= 0,98; p=0,405 e F(3;93)= 1,32; p=0,270).

A análise do **Astigmatismo II Corneal**, **Interna** e **Total** demonstrou que a aplicação da lágrima artificial não promoveu alterações significativas ao longo dos 10 minutos avaliados, apesar de uma tendência de aumento nos valores **Corneal** e **Interna**, em especial no último tempo de medição, o que acontece à semelhança das outras aberrações óticas.

Assim, os resultados indicam que, nas condições do estudo, a aberração astigmatismo não sofre influência mensurável da instilação de lágrima artificial.

3.3.1.9. Aberração Trefoil

A aberração de terceira ordem **Trefoil** também é obtida com a medição de parâmetros no WAM. Analisa-se, agora, a variação dos valores para a aberração **Trefoil** ao longo do estudo, das 4 medições e analisada de forma global incluindo as suas componentes Corneal, Interna e Total. Os resultados estão apresentados na Tabela 19 e ilustrados graficamente na Figura 23, que representa a variação média da aberração **Trefoil** ao longo das quatro medições.

Tabela 19: Análise aberração Trefoil entre as 4 medições (µm).

	Inicial	**30 seg**	**5 min**	**10 min**	**X^2**	**F**
Trefoil Corneal (µm)	0,1222 ± 0,1169	0,1522 ± 0,1164	0,1366 ± 0,1572	0,2059 ± 0,3692	$X^2(32)=73,61$, $p<0,001$	$F(3;93)= 1,26$; $p=0,292$
Trefoil Interna (µm)	0,0909 ± 0,0945	0,1031 ± 0,0775	0,0819 ± 0,0716	0,1544 ± 0,3602	$X^2(32)=102,21$, $p<0,001$	$F(2,62;81,22) = 0,99$; $p=0,392$
Trefoil Total (µm)	0,0941 ± 0,0639	0,1153 ± 0,0660	0,1050 ± 0,0616	0,0928 ± 0,0539	$X^2(32)=10,71$, $p=0,057$	$F(3;93)= 1,92$; $p=0,130$

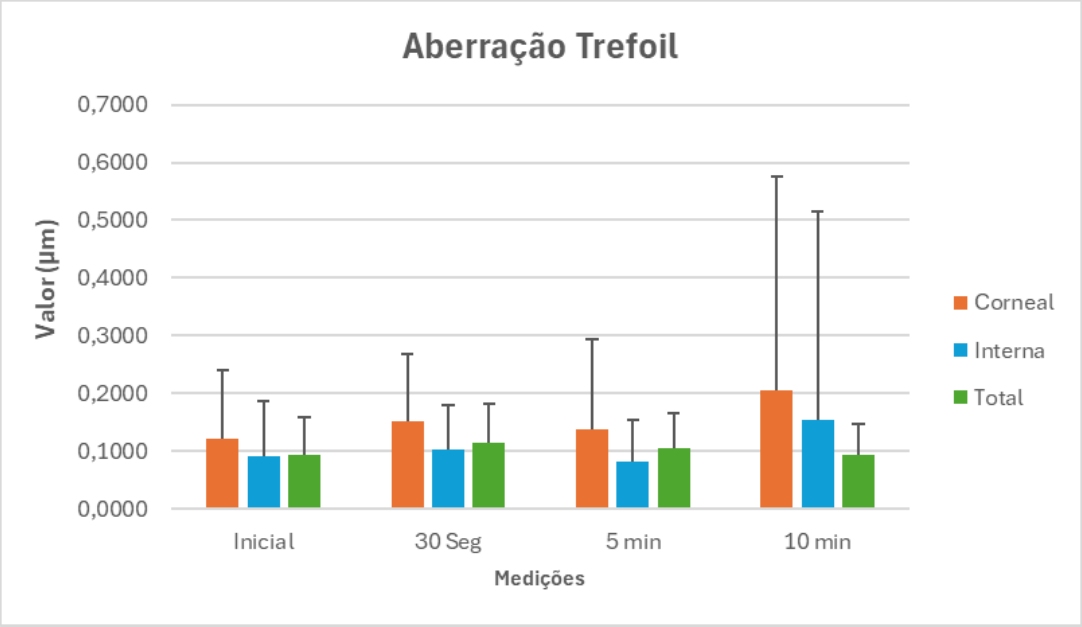


Figura 23: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Trefoil para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

Nas 3 componentes, **Trefoil Corneal, Interna** o valor p (X^2) no teste de esfericidade de Mauchly foi inferior a 0,001 e, na **Total**, o valor p (X^2) no teste de esfericidade de Mauchly foi inferior a 0,05, sugerindo que a esfericidade não foi confirmada pelo que foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores das 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 1,26; p=0,292, F(2,62;81,22)= 0,99; p=0,392 e F(3;93)= 1,92; p=0,130).

Embora se tenham observado pequenas variações, com tendência de aumento no componente **Corneal e Interna** entre os 5 e 10 minutos (à semelhança das aberrações anteriores), estas foram acompanhadas por elevada dispersão inter-individual e, não atingiram relevância estatística.

De forma geral, o **Trefoil** manteve-se estável, sugerindo que este tipo de aberração também parece não ser influenciado pela aplicação da lágrima artificial nas condições avaliadas.

3.3.1.10. Aberração Tetrafoil

Agora o **Tetrafoil**, é já uma aberração ótica ocular de quarta ordem que também tem um papel na qualidade ótica de cada individuo. Analisa-se a sua variação dos valores ao longo do estudo, das 4 medições e, analisada de forma global incluindo as suas componentes Corneal, Interna e Total. Os resultados estão apresentados na Tabela 20 e ilustrados graficamente na Figura 24, que representa a variação média da aberração **Tetrafoil** ao longo das quatro medições.

Tabela 20: Análise aberração Tetrafoil entre as 4 medições (µm).

	Inicial	**30 seg**	**5 min**	**10 min**	**X^2**	**F**
Tetrafoil Corneal (µm)	0,0650 ± 0,0770	0,0775 ± 0,0609	0,0963 ± 0,1748	0,1084 ± 0,2230	$X^2(32)=53,53$, $p<0,001$	$F(3;93)= 0,77$, $p=0,511$
Tetrafoil Interna (µm)	0,0588 ± 0,0789	0,0716 ± 0,0631	0,0859 ± 0,1454	0,1000 ± 0,2210	$X^2(32)=56,06$, $p<0,001$	$F(3;93)= 0,71$, $p=0,542$
Tetrafoil Total (µm)	0,0463 ± 0,0632	0,0434 ± 0,0322	0,0313 ± 0,0176	0,0384 ± 0,0283	$X^2(32)=43,64$, $p<0,001$	$F(3;93)= 0,93$, $p=0,426$

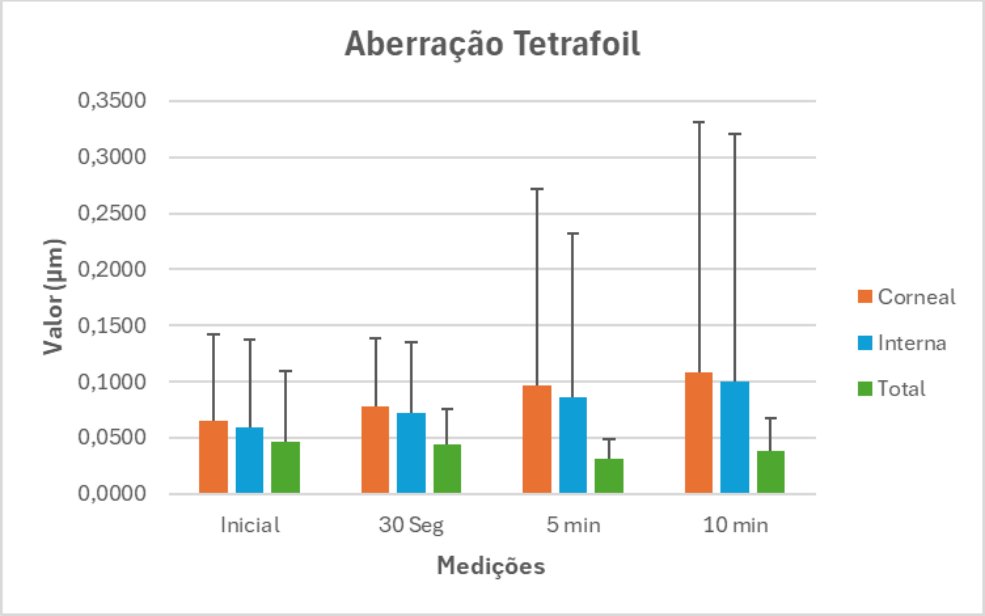


Figura 24: Gráfico de barras representando a variação média da aberração Tetrafoil para as componentes [Corneal/Interna/Total], nas quatro medições (Inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

Também neste parâmetro, nas 3 componentes, **Tetrafoil Corneal, Interna** e **Total**, o valor p (X^2) no teste de esfericidade de Mauchly foi é inferior a 0,001, sugerindo que a esfericidade não foi confirmada e foram utilizados os valores corrigidos de Greenhouse-Geisser. A ANOVA de medidas repetidas revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores das 4 medições (valores F(p) superiores a 0,05; F(3;93)= 0,77, p=0,511, F(3;93)= 0,71, p=0,542; p=0,392 e F(3;93)= 0,93, p=0,426).

Assim sendo, esta análise revela que a instilação da lágrima artificial não produziu alterações estatisticamente significativas ao longo do período de observação de 10 minutos. Apesar de uma tendência de aumento nos componentes **Corneal** e **Interna**, sobretudo em tempos mais tardios (também entre as medições dos 5 e 10 minutos), a grande variabilidade inter-individual observada pode ter comprometido também a deteção de diferenças consistentes. Já a **Total**, manteve-se praticamente inalterada, indicando que os potenciais efeitos sobre as superfícies Corneal e Interna não se refletem na aberração global.

Assim sendo, os resultados sugerem que o **Tetrafoil** permanece estável após a aplicação da lágrima artificial, reforçando o padrão encontrado para outras aberrações de alta ordem.

3.4. Relação questionário *OSDI* vs Aberrações óticas

Diversos estudos prévios relacionados com o tema tentaram compreender, como no presente trabalho, de uma forma prática, a influência da instalação de lágrimas artificiais na qualidade ótica e, também perceber a relação da sintomatologia do paciente (através do *OSDI*) com parâmetros específicos das aberrações óticas.

Esta abordagem assenta em evidência prévia, de que a instabilidade do filme lacrimal parece alterar a morfologia ótica corneal e a frente de onda ocular e, que intervenções tópicas com lágrimas artificiais podem, por sua vez, alterar temporariamente essas medições.

Para avaliar a associação entre os sintomas de olho seco e os parâmetros óticos derivados da frente de onda, foi utilizada a correlação de Spearman. Esta opção justifica-se pelo facto de se tratar de uma técnica não paramétrica, que não assume normalidade na distribuição dos dados nem linearidade estrita na relação entre variáveis. Dada a dimensão reduzida da amostra e a ausência de normalidade em alguns parâmetros, considerou-se esta abordagem mais adequada. A análise será detalhada nos pontos seguintes, **3.4.1.**, **3.4.2**., **3.4.3..**

3.4.1. OSDI vs Aberrações Corneais

Para tentar perceber a ligação entre o valor final do *OSDI* de cada paciente (que é referente à sintomatologia de olho seco que cada um deles sente) com o valor das diversas **aberrações Corneais inicias** obtidos no WAM, realizou-se uma correlação entre estes.

O objetivo foi verificar se a severidade subjetiva dos sintomas reportados pelos participantes (*OSDI*) se associa a alterações objetivas em termos de aberrações de ordem superior.

Na Tabela 21, apresentam-se os coeficientes de Correlação de Spearman entre os valores do *OSDI* e cada parâmetro bem como, os respetivos valores de significância estatística. Para melhor visualização da relação observada, a Figura 25 apresenta um gráfico de dispersão correspondente ao parâmetro **Tetrafoil Corneal**, o qual se verificaram alterações estatisticamente significativas. Cada ponto no gráfico representa o valor individual de cada sujeito, sendo igualmente identificados os outliers detetados na análise.

Tabela 21: Correlação de Spearman entre OSDI e aberrações Corneais (valores iniciais) (µm).

(Corneais) (µm)	OSDI	Z_2^0	Z_2^2	LOA	HOA	RMS	Coma	Esférico (Sph)	Astig. II	Trefoil	Tetrafoil
Coeficiente (r)	1,00	-0,259	—	-0,259	0,228	-0,164	0,028	-0,037	0,140	0,194	**0,479**
Sig. (bilateral) (p)	–	0,152	—	0,152	0,210	0,368	0,880	0,842	0,444	0,287	**0,006**

Nesta análise, verificou-se uma associação positiva e estatisticamente significativa entre o *OSDI* e o **Tetrafoil Corneal inicial** ($\rho = 0,479$; $p = 0,006$). Esta correlação sugere que participantes com maior sintomatologia de olho seco (*OSDI* mais elevados) apresentam valores mais elevados de **Tetrafoil**, parecendo refletir maior irregularidade ótica. Para os restantes parâmetros avaliados não foram observadas correlações significativas com o OSDI (valor p superior a 0,05).

Neste caso, onde existiu relevância estatística, é possível identificar 2 outliers que efetivamente diferem muitos dos restantes pacientes, podendo ter influenciado na análise estatística.

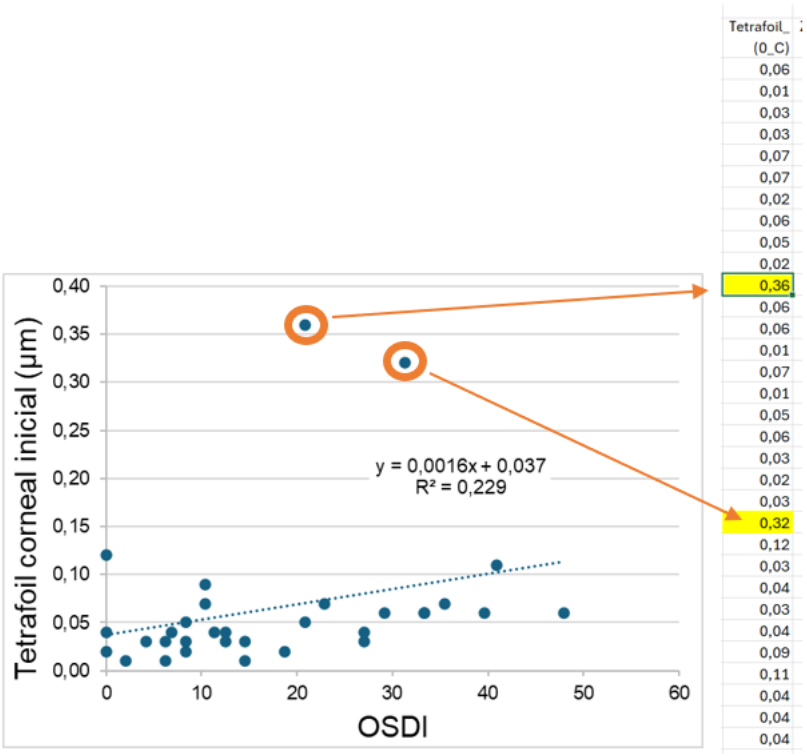


Figura 25: Gráfico de dispersão entre *OSDI* e Tetrafoil Corneal inicial. Correlação de Spearman entre *OSDI* e Tetrafoil Corneal inicial ($\rho = 0,479$; $p = 0,006$). Identificados os principais outliers.

3.4.2. OSDI vs Aberrações Internas

Agora, apresentamos a mesma correlação realizada anterior, mas para os valores associados às aberrações Internas. A tabela 22 e figuras 26-27, ilustram exatamente este ponto, sendo que nas figuras apresenta-se os gráficos de dispersão das componentes que revelaram ser estatisticamente significativas.

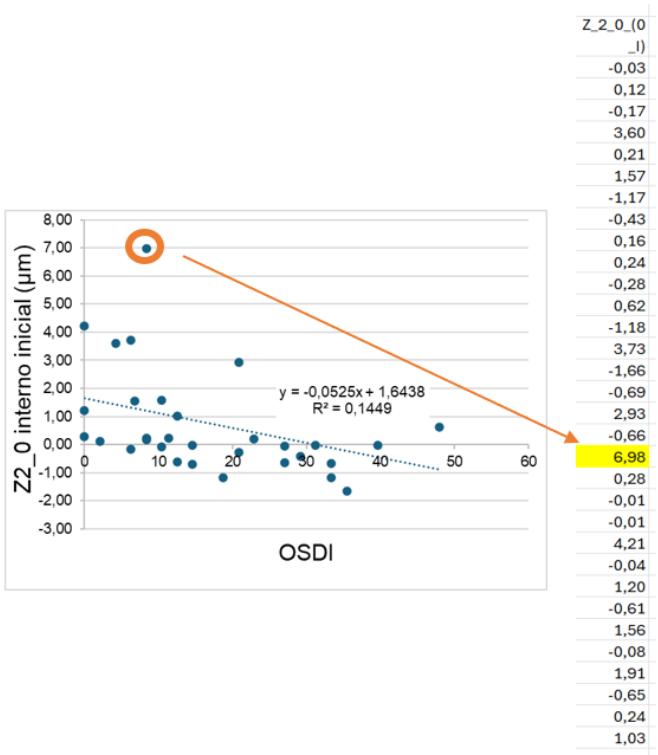
Tabela 22: Correlação de Spearman entre OSDI e aberrações Internas (valores iniciais) (μm).

(Internas) (μm)	OSDI	Z_2^0	Z_2^2	LOA	HOA	RMS	Coma	Sph (Esférico)	Astg. II (Astg)	Trefoil	Tetrafoil
Coeficiente (r)	1,00	**-0,484**	-0,075	-0,116	0,258	-0,107	0,129	0,033	0,154	0,204	**0,413**
Sig. (bilateral) (p)	–	**0,005**	0,682	0,528	0,155	0,561	0,481	0,857	0,399	0,264	**0,019**

Na análise das aberrações Internas, verificou-se uma correlação negativa e estatisticamente significativa entre o OSDI e o desfocado ou "defocus" - $\mathbf{Z_2^0}$ (ρ = –0,484; p = 0,005). Pelo contrário, observou-se uma correlação positiva moderada entre o *OSDI* e a **Tetrafoil Interna** (ρ = 0,413; p = 0,019). Nos restantes parâmetros avaliados não se observaram associações significativas com o *OSDI* (valor de p superior a 0,05).

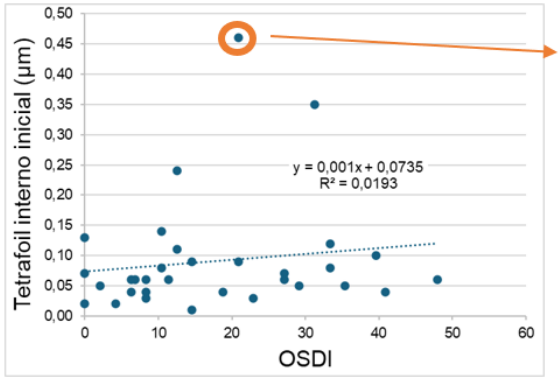
Neste caso, valores mais elevados de *OSDI* (correspondente a maior sintomatologia) parecem associar-se a menores valores de $\mathbf{Z_2^0}$ **Interna**. Mas, por oposição, participantes com maior valor de *OSDI* tendem a apresentar valores maiores de **Tetrafoil interna**. Em relação a este último parâmetro, o mesmo verificou-se para a componente corneal.

A figura 26 ilustra a relação entre o *OSDI* e a $\mathbf{Z_2^0}$ **Interna**. Apurou-se uma correlação negativa moderada. Apesar da presença de um valor extremo, a tendência manteve-se consistente (assinalado). Pelo contrário, na Figura 27, observou-se uma correlação positiva moderada, para **Tetrafoil Interna**.



Z_2_0_(0 _I)
-0,03
0,12
-0,17
3,60
0,21
1,57
-1,17
-0,43
0,16
0,24
-0,28
0,62
-1,18
3,73
-1,66
-0,69
2,93
-0,66
6,98
0,28
-0,01
-0,01
4,21
-0,04
1,20
-0,61
1,56
-0,08
1,91
-0,65
0,24
1,03

Figura 26: Gráfico de dispersão entre OSDI e Z_2^2 Interna inicial. Identificados os principais outliers.



Trefoil_(0 _I)
0,10
0,05
0,06
0,02
0,03
0,08
0,04
0,05
0,04
0,03
0,46
0,06
0,08
0,04
0,05
0,09
0,09
0,12
0,06
0,02
0,01
0,35
0,07
0,06
0,13
0,24
0,06
0,14
0,04
0,07
0,06
0,11

Figura 27: Gráfico de dispersão entre OSDI com Tetrafoil Interna inicial. Identificados os principais outliers.

3.4.3. OSDI vs Aberrações Totais

Á semelhança dos pontos anteriores, associamos agora os valores para as aberrações Totais. A Tabela 23 e Figura 28 ilustram exatamente este ponto, sendo que na figura apresenta-se os gráficos de dispersão das componentes que revelaram ser estatisticamente significativas.

Tabela 23: Correlação de Spearman entre OSDI e aberrações Totais (valores iniciais) (μm).

(Totais) (μm)	OSDI	Z_2^0	Z_2^2	LOA	HOA	RMS	Coma	Sph (Esférico)	Astg. II	Trefoil	Tetrafoil
Coeficiente (r)	1,00	**-0,484**	-0,120	-0,183	0,228	-0,057	0,028	-0,139	-0,145	-0,094	-0,006
Sig. (bilateral) (p)	–	**0,005**	0,513	0,316	0,210	0,757	0,880	0,456	0,430	0,608	0,976

Na análise das aberrações Totais, verificou-se uma correlação negativa e estatisticamente significativa entre o OSDI e o "defocus" - $\mathbf{Z_2^0}$ -(ρ = –0,484; p = 0,005).

Para os restantes parâmetros avaliados, não foram observadas associações estatisticamente significativas com o *OSDI* (valor de p superior a 0,05). Especificamente, para o **Trefoil**, como existiram correlações positivas nas componentes **Corneal** e **Interna**, o esperado seria aqui não acontecer alterações significativas, o que se verificou correto.

Sendo assim, segundo os resultados deste estudo quanto maior a severidade dos sintomas (*OSDI* mais elevados), menor será o valor de "defocus" total – $\mathbf{Z_2^0}$

Mais especificamente, a Figura 28 ilustra a relação entre o *OSDI* e o $\mathbf{Z_2^0}$**,** que se relevou estatisticamente significativa. A análise de Spearman confirmou uma correlação negativa moderada, mesmo apesar da presença de um outlier com valor elevado de "defocus" (assinalado).

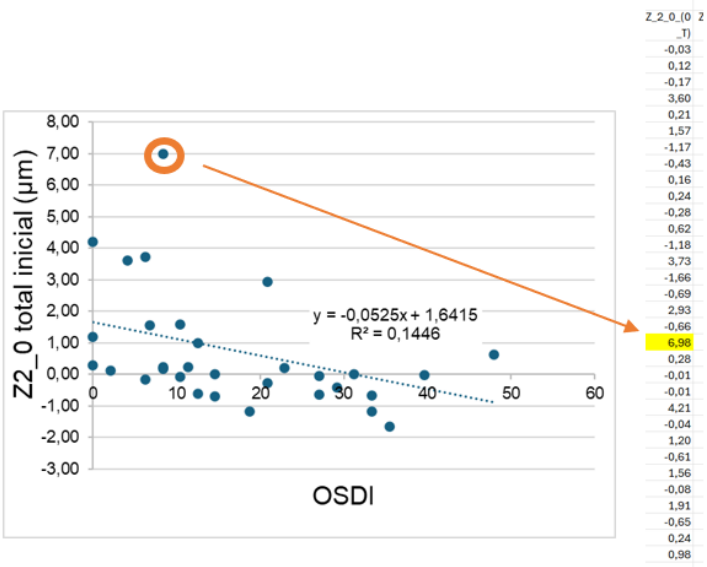


Figura 28: Gráfico de dispersão entre *OSDI* e Z_2^0, total inicial. Identificados os principais outliers.

3.4.4. OSDI vs HOA

A avaliar a possível interação do papel do valor do *OSDI* de cada paciente com os seus valores de Aberração de alta ordem (Corneais e Totais) apresentam-se as Tabelas 24-25 e a Figura 29.

Os grupos *OSDI* foram divididos apenas em dois para esta análise especifica, pois, a amostra geral é pequena e, tentar garantir uma consistência nos possíveis resultados. Neste caso, OSDI < 13 para pacientes com sintomatologia normal e, OSDI ≥ 13 para pacientes com qualquer tipo de sintomatologia anormal (incluído Leve, Moderado e Grave).

Tabela 24: Valores médios (± DP) das aberrações de alta ordem (HOA) Corneais (µm) nos grupos com OSDI < 13 e OSDI ≥ 13, em diferentes momentos (inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

	Corneal	Inicial	30 seg	5 min	10 min	X^2	F
OSDI < 13	**HOA (µm)**	0,2381 ± 0,1354	0,3131 ± 0,1409	0,2413 ± 0,1826	0,3250 ± 0,3381	$X^2(16)=34,34$, p<0,001	F(3;45)= 1,01; p=0,396
OSDI ≥ 13	**HOA (µm)**	**0,3456 ± 0,2182**	0,3744 ± 0,2148	0,4106 ± 0,4208	0,4981 ± 0,7785	$X^2(16)=61,11$, p<0,001	F(1,13;16,96)= 0,434; p=0,542

Tabela 25: Valores médios (± DP) das aberrações de alta ordem (HOA) Totais (µm) nos grupos com OSDI < 13 e OSDI ≥ 13, em diferentes momentos (inicial, 30 s, 5 min e 10 min).

	Total	Inicial	30 seg	5 min	10 min	X^2	F
OSDI < 13	**HOA (µm)**	0,1875 ± 0,1090	0,2144 ± 0,1388	0,1588 ± 0,0921	0,1619 ± 0,0751	$X^2(16)=11,59$, p=0,041	F(3;45)= 1,44; p=0,243
OSDI ≥ 13	**HOA (µm)**	0,1844 ± 0,1134	0,2288 ± 0,1027	0,2169 ± 0,1047	0,2088 ± 0,1095	$X^2(16)=9,07$, p=0,106	F(3;45)= 2,07; p=0,116

Nas **HOA Corneais**, observaram-se diferenças estatísticas significativas no teste de Friedman em ambos os grupos (**OSDI < 13:** $X^2(16) = 34,34$; valor de p inferior a 0,001; **OSDI ≥ 13**: $X^2(16) = 61,11$; valor de p inferior a 0,001), contudo não confirmadas pela ANOVA de medidas repetidas (valor de p =0,39). Isto indica que, apesar de pequenas flutuações ao longo do tempo, as variações não são estatisticamente robustas nem clinicamente relevantes.

Nas **HOA Totais**, o grupo OSDI < 13 apresentou uma diferença marginalmente significativa no teste de Friedman ($X^2(16) = 11,59$; valor de p = 0,041), não confirmada pela ANOVA (F (3,45) = 1,44; valor de p = 0,243). No grupo OSDI ≥ 13, não foram observadas diferenças significativas entre os momentos (valor de p superior a 0,10).

Estes resultados sugerem que indivíduos com sintomas de olho seco apresentam maior instabilidade corneal, refletida no aumento das HOA Corneais, mas tal efeito não se traduziu de forma significativa nas HOA Totais.

A Figura 29, ilustra o gráfico de barras que representa a evolução das aberrações de alta ordem (HOA) Corneais (à esquerda) e Totais (à direita) ao longo do tempo (inicial, 30 s, 5 min e 10 min), nos grupos OSDI < 13 e OSDI ≥ 13.

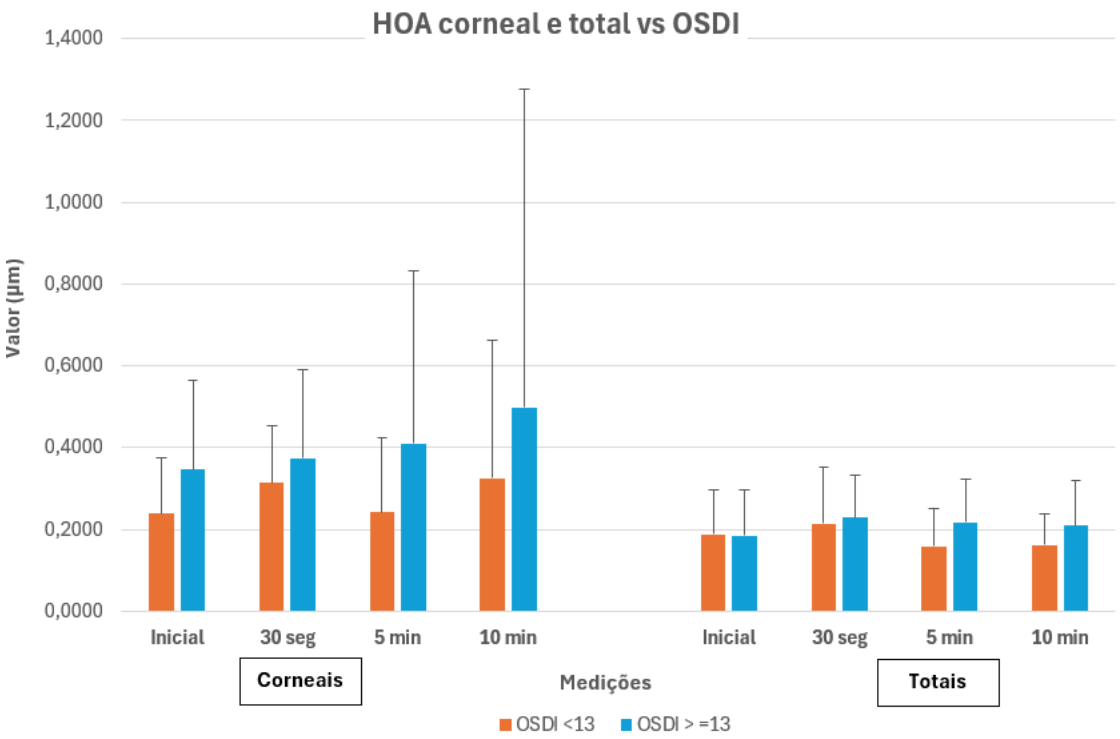


Figura 29: Gráfico de barras HOA Corneal e Total vs OSDI. Indivíduos com OSDI ≥ 13 apresentaram valores mais elevados e instáveis de HOA Corneais, enquanto nas HOA Totais não se observaram diferenças relevantes.

Capítulo 4: Discussão

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da instilação de uma lágrima artificial com composição viscosa (*Systane Complete*), nas aberrações de alta e baixa ordem ao longo de um período de 10 minutos, considerando quatro momentos de medição (inicial, 30 segundos, 5 minutos e 10 minutos).

De forma geral, os resultados apresentados nos subtópicos de **3.3.1.** (Comparação entre as 4 medições) mostraram uma ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de medição para a maioria dos parâmetros analisados, sugerindo que a aplicação da lágrima artificial não provocou alterações mensuráveis na frente de onda ocular durante o período avaliado.
As aberrações de alta ordem (**HOA**) — incluindo **Coma**, **Esférico (Sph)**, **Trefoil**, **Tetrafoil**— apresentaram pequenas flutuações nas médias ao longo do tempo, mas sem atingir significância estatística, como ilustram as Figuras 18, 20 a 24 e, nas Tabelas 10 e 14 a 16, respetivamente.

A ausência de diferenças pode ser atribuída a dois fatores principais: por um lado, é possível que, o efeito da lágrima artificial sobre a regularidade da superfície ocular seja insuficiente para produzir modificações mensuráveis nas **HOA**. Por outro lado, a elevada variabilidade encontrada entre os participantes — evidenciada pelos grandes desvios-padrão, sobretudo nos tempos de 10 minutos — poderá também ter limitado a deteção de efeitos discretos.

Este padrão foi observado tanto na componente Corneal como na Interna e Total, o que indica que a lubrificação artificial não modificou de forma consistente a regularidade ótica global. Resultados semelhantes foram obtidos para as aberrações de baixa ordem (**LOA**) e para o **RMS Total**, reforçando que, nestas condições experimentais, a lágrima artificial não afeta substancialmente o desempenho ótico em indivíduos sem patologia ocular significativa.

A única exceção observada foi na aberração **Esférico Interna** (**Sph Interna**)**,** ilustrada na Tabela 17 e Figura 21, que apresentou uma diferença estatisticamente significativa ($p = 0,031$), embora de pequena magnitude e, sem relevância clínica evidente. Este achado pode refletir ajustes transitórios da superfície interna ou variações locais na distribuição, espessura ou homogeneidade do filme lacrimal, mas o efeito reduzido sugere que a diferença pode ter uma relevância clínica mínima.

Este achado sugere que, a aplicação da lágrima artificial pode influenciar a aberração **Esférico Interna**, possivelmente através de alterações no índice de refração ou, na interface do cristalino, com a película lacrimal. No entanto, dado que nem a componente Corneal nem a Total apresentaram alterações, a relevância clínica deste efeito pode ser limitada ou mascarada pela compensação entre superfícies oculares.

Estes resultados estão em concordância com diversos estudos prévios que descrevem variações transitórias e individuais nas aberrações após o pestanejo (que não conseguimos controlar) ou, após a aplicação de lágrimas artificiais, sem impacto global significativo na qualidade ótica [44–47]. De facto, a resposta à lubrificação depende de fatores como as propriedades físico-químicas da composição da lágrima artificial (viscosidade, tensão superficial, osmolaridade— variáveis que podem explicar uma heterogeneidade observada entre os participantes do estudo.

Do ponto de vista fisiológico, a instilação da lágrima artificial pode alterar temporariamente a uniformidade da película lacrimal e o perfil de curvatura corneal, modificando a frente de onda. No entanto, a estabilidade tende a ser rapidamente restabelecida pela dinâmica natural do pestanejo e das forças de tensão superficial, o que explica a ausência de alterações sustentadas nas aberrações medidas após os primeiros minutos.

A análise estatística revelou, em vários parâmetros, violação da suposição de esfericidade ($X^2(p) < 0{,}001$), indicando que as covariâncias entre os momentos de medição não foram homogéneas. Tal ocorrência é frequente em estudos de medidas repetidas, especialmente em contextos fisiológicos dinâmicos, como o nosso sistema ocular.

Em suma, os resultados sugerem que, em olhos saudáveis, a instilação de uma lágrima artificial, com propriedades como as do *Systane Complete*, não parecem alterar, significativamente, as aberrações óticas durante os 10 minutos subsequentes à sua aplicação. Este achado reforça a estabilidade fisiológica e a capacidade de compensação natural do sistema ótico ocular.

Agora, mais especificamente pontos analisados em **3.4.**, estudada a análise do questionário *OSDI* com aberrações Corneais (em **3.4.1.**), nas Internas (em **3.4.2.**) e Totais (em **3.4.3.**), como referido, objetivo foi entender a relação entre o *OSDI* e as aberrações **Corneais**, **Internas** e **Totais**, mais especificamente onde se ilustra os resultados nas Tabelas 21-23 e, graficamente, nas Figuras 25-28, onde são sublinhadas as componentes com relevância estatística.

Os resultados das correlações de Spearman revelaram padrões distintos de associação entre o valor de *OSDI* e as diferentes componentes das aberrações óticas. Observou-se uma correlação significativa entre o *OSDI* e certas aberrações Internas (**Z_2^2** e **Tetrafoil**), como ilustrado na Tabela 22 e Figura 26-27.

Também surgiu uma correlação positiva ilustrada na Tabela 21 e Figura 25, com o **Tetrafoil Corneal**. Isto sugere que, indivíduos com maior sintomatologia de olho seco apresentaram uma superfície ocular mais irregular e instável. Esta relação também é consistente com o papel crucial da película lacrimal na regulação e manutenção da regularidade ótica da córnea. Este comportamento é consistente com a literatura, que reconhece a película lacrimal como um dos principais determinantes da qualidade ótica imediata após o pestanejo, com impacto direto na função visual dinâmica. [48–51]

Estudos prévios, demonstraram que, a degradação da película lacrimal após o pestanejo, resulta em aumento das aberrações de alta ordem Corneais e na diminuição da qualidade visual [52]. Na Tabela 24, observou-se um aumento das **HOA Corneais** nos indivíduos com *OSDI* elevado refletindo a instabilidade da lágrima e a heterogeneidade da sua distribuição sobre o epitélio corneal, levando a flutuações refrativas e maior dispersão da luz.

Nas aberrações Internas, refletido na Tabela 22, o *OSDI* correlacionou-se de forma negativa com o **Z_2^2 Interna** e, positivamente com o **Tetrafoil interna**, indicando que alterações da superfície ocular podem afetar indiretamente o comportamento ótico de estruturas internas.

Alguns estudos demonstram que, as aberrações Internas, em especial, o **Coma** e o **Trefoil**, podem compensar parcialmente irregularidades corneais através de mecanismos óticos adaptativos.

No entanto, em condições de instabilidade lacrimal, essa compensação pode ser perturbada, levando a uma correlação mais marcada entre sintomas subjetivos e aberrações Internas específicas.
A correlação significativa com o **Tetrafoil Interna** (Tabela 22) pode refletir microajustes refrativos não lineares causados pela interação entre superfície corneal e o cristalino, potencialmente exacerbados por alterações locais da camada aquosa e lipídica da lágrima. [53,54]

Nas aberrações Totais, ilustrado na Tabela 23, os seus resultados refletem uma ausência de correlação significativa entre com o *OSDI,* sugerindo que o sistema ótico global mantém algum grau de compensação entre as componentes Corneal e Interna.

Tal como relatado em alguns estudos, as aberrações Totais podem permanecer estáveis mesmo na presença de irregularidades corneais, devido à compensação ótica interna. Este fenómeno explica, porque, os sintomas subjetivos de olho seco nem sempre se traduzem em alterações mensuráveis das **HOA Totais**, como ilustrado na Tabela 25 e graficamente na Figura 29.[53,54]

Ainda no tópico ***OSDI* vs HOA.,** em que se compararam os dois grupos de pacientes sintomáticos, *OSDI* ≥ 13 e, não sintomáticos, *OSDI* < 13, observando-se graficamente na Figura 29. Nesta, as **HOA Corneais** foram significativamente maiores no grupo sintomático**,** refletindo maior instabilidade da película lacrimal, embora as análises paramétricas ao longo do tempo não tenham confirmado diferenças robustas.

Assim sendo, os resultados sugerem que, o impacto da lágrima viscosa na qualidade ótica é mais pronunciado na superfície corneal, refletindo-se em correlações moderadas com sintomas clínicos, enquanto as estruturas internas exercem uma função compensatória, mantendo as **HOA Totais** mais estáveis. Estes achados destacam a importância de analisar as aberrações de forma segmentada (Corneais, Internas e Totais) para compreender o verdadeiro efeito da película lacrimal sobre a ótica ocular.

Na comparação gráfica entre as **HOA Corneais** e **Totais**, na Figura 29, os resultados mostraram que as **HOA Corneais** tendem a aumentar e, serem mais elevadas nos indivíduos sintomáticos, enquanto as Totais se mantêm mais estáveis, ao longo do tempo, o que reforça a hipótese de compensação interna (parte ótica interna do olho principalmente o cristalino.) ou, que a contribuição dominante para a deterioração visual subjetiva pode residir na superfície ocular/corneal. [55,56]

Mas, estudos clássicos e recentes demonstraram que, pacientes com olho seco, exibem **HOA** mais elevadas devido à irregularidade do filme lacrimal e, que as **HOA**, mudam de uma forma dinâmica após o pestanejo.[53,54] Algumas revisões sistemáticas confirmam a associação entre métricas do filme lacrimal (BUT, NIBUT, Schirmer, *OSDI)* e **HOA**, bem como, a capacidade de algumas lágrimas artificiais reduzirem as **HOA** a curto prazo.[55]

Por outro lado, a literatura também mostra alguns resultados heterogéneos, como em tudo. Algumas formulações de lágrimas, provocam uma alteração transitória aumentando os valores de **HOA**, enquanto outras, melhoram a qualidade ótica, o que justifica, para este estudo e, futuros, avaliar tanto a dinâmica temporal (medidas em vários tempos), como a correlação com *OSDI*, para captar a dimensão funcional e sintomática da questão.[57]

Estes resultados estão de acordo com a literatura, que mostra que, em olhos secos, há um aumento mais rápido das aberrações Corneais (**Coma**, **Trefoil**, etc.) após o pestanejo, o que se relaciona com o valor do tempo de rutura do filme lacrimal[58]. Além disso, mesmo em olhos saudáveis, as aberrações Corneais e Totais aumentam progressivamente após o pestanejo, refletindo uma irregularidade temporal progressiva da lágrima (por exemplo em 20 segundos) e, que o aumento é mais pronunciado para pupilas maiores. [59]

Em resumo, a associação moderada entre o *OSDI* e **Tetrafoil** sugere que pacientes com sintomas mais intensos de olho seco apresentam irregularidades óticas refletidas por aberrações de ordem superior de simetria mais complexa, que podem estar menos compensadas pela ótica interna. O facto de **Z_2^2 Interna** se correlacionar

negativamente com *OSDI*, também pode indicar que, em olhos sintomáticos, há um valor menor de **"defocus" Interna** detetável porque, possivelmente, a aberração Corneal dominante mascara ou altera as características de foco interno, hipótese que requer confirmação em estudos futuros.

A instabilidade corneal (aumento de **HOA Corneais**, ao longo de tempo, em sintomáticos) pode traduzir-se em sintomas visuais subjetivos, como visão desfocada intermitente, fotofobia e, pior desempenho visual, em condições de baixo contraste ou, após períodos prolongados de atenção visual (uso de ecrãs, condução).

Assim, os resultados reforçam que a sintomatologia de olho seco (medida por *OSDI*) está associada a alterações objetivas da ótica ocular, especialmente a nível Corneal e, que essas alterações são dinâmicas e variam no tempo, mas não de forma uniforme.

Este comportamento é consistente com a literatura, que reconhece a película lacrimal como um dos principais determinantes da qualidade ótica imediata após o pestanejo, com impacto direto na função visual dinâmica. [48–51]

A consistência com a literatura existente, sugere que as medições aberrométricas podem ser úteis para monitorizar terapias ou intervenções que visem melhorar a estabilidade da película lacrimal ou reduzir a instabilidade ótica.

A estabilidade da película lacrimal tem, também, implicações clínicas diretas em procedimentos cirúrgicos que, particularmente, pode comprometer a precisão da biometria pré-operatória, reduzir a previsibilidade refrativa e, a satisfação final do paciente em implementações de LIO premium (multifocais/EDOF), que são mais sensíveis a perdas de contraste e irregularidades do filme lacrimal. Estudos indicam, que a avaliação e o tratamento pré-operatório do olho seco, melhora a precisão biométrica, a previsibilidade refrativa e a qualidade visual final, reforçando a importância da avaliação aberrométrica e, como ferramenta objetiva, para avaliar a eficácia terapêutica e otimizar a seleção de candidatos a LIO Multifocais/EDOF.[60–62]

De forma global, os resultados obtidos sugerem que, em indivíduos saudáveis, a instilação de uma lágrima artificial viscosa, não altera significativamente a qualidade ótica, nem a estabilidade da frente de onda ocular, a curto prazo**.** Contudo, a observação de correlações pontuais entre os sintomas de olho seco e determinadas aberrações específicas (como o **Tetrafoil** e o "**defocus**"), indica que, a interação entre a película lacrimal e o desempenho ótico é complexa e pode manifestar-se de forma subtil.

Assim, embora os efeitos imediatos da lágrima artificial não sejam estatisticamente relevantes, a aberrometria demonstra potencial como ferramenta complementar para explorar o impacto funcional do filme lacrimal e, para avaliar de forma objetiva, intervenções terapêuticas ou pré-cirúrgicas relacionadas com a superfície ocular.

4.1. Limitações do estudo

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados.

- Tamanho amostra reduzido, que pode limitar a generalização dos resultados e aumentar a variabilidade inter-individual. Além disso, a amostra pode não refletir toda a diversidade de fenótipos de olho seco, especialmente no que respeita à severidade e etiologia (olho seco evaporativo, aquoso, etc). Neste caso, tem como consequência reduzir o poder estatístico e dificultar a deteção de diferenças pequenas entre grupos ou, ao longo do tempo;
- A espessura, composição e estabilidade da lágrima variam substancialmente entre indivíduos e, até no mesmo indivíduo, ao longo do dia. Essa variabilidade pode ter influenciado as medições das aberrações corneais e totais, especialmente considerando o uso de lágrima artificial viscosa;
- Seria útil incluir medições complementares de estabilidade da lágrima que permitiriam correlacionar diretamente eventos de rutura lacrimal com aumentos de aberrações óticas, como o BUT ou NIBUT;
- Potenciais fontes externas de variabilidade não controlada, como por exemplo a humidade e temperatura da sala, pode ter permitido alterações fisiológicas (adaptação, hidratação da córnea, pestanejar involuntário), interferido possivelmente os resultados;
- O WAM 700+ (Essilor), utilizado neste estudo, apresenta uma resolução limitada, fornecendo valores de aberrações com apenas duas casas decimais (μm). Dado que, as aberrações de alta ordem (HOA), frequentemente apresentam amplitudes muito pequenas (da ordem de centésimos de micrómetro), essa limitação instrumental pode ter dificultado a deteção de variações subtis induzidas pela instabilidade lacrimal ou pelo uso da lágrima artificial.

Capítulo 5: Conclusões

O presente estudo avaliou o efeito da instilação de uma lágrima artificial (*Systane Complete*) nas aberrações oculares de baixa e alta ordem ao longo de um período de 10 minutos, com medições em quatro momentos distintos. Os resultados obtidos demonstraram que, de forma geral, a lágrima artificial usada não produziu alterações estatisticamente significativas nas aberrações corneais, internas ou totais, indicando uma estabilidade ótica ocular durante o período de observação.

Entre todos os parâmetros analisados, apenas a aberração esférica interna (Sph interna) apresentou uma diferença estatisticamente significativa, embora de pequena magnitude e sem relevância clínica evidente. Estes resultados sugerem que, em olhos saudáveis, o impacto da lágrima artificial sobre a frente de onda ocular é mínimo refletindo a capacidade compensatória do sistema ótico ocular e a estabilidade fisiológica do filme lacrimal.

Em relação à comparação entre os grupos definidos pelo OSDI, mostrou que indivíduos com maior sintomatologia de olho seco (OSDI ≥ 13) apresentaram valores superiores de aberrações de alta ordem corneais (HOA), sugerindo que a sintomatologia, que pode estar associada à instabilidade da película lacrimal, afeta principalmente a regularidade da superfície anterior do olho.

A ausência de diferenças expressivas nas aberrações totais reforça a hipótese de que as estruturas internas do olho podem desempenhar um papel compensatório, atenuando parcialmente as irregularidades corneais induzidas pela instabilidade lacrimal.

Assim sendo, conclui-se que a instabilidade ou alteração da qualidade do filme lacrimal influência as aberrações óticas, sobretudo corneais, podendo comprometer a precisão das medições biométricas e de qualidade ótica, especialmente quando realizadas sem um controlo adequado das condições lacrimais.

Recomenda-se, portanto, que a avaliação da qualidade ótica e dos parâmetros biométricos oculares seja acompanhada de uma caracterização prévia da estabilidade lacrimal, de modo a garantir resultados mais fiáveis e reprodutíveis. Investigações futuras, com amostras mais amplas e instrumentos de maior resolução, poderão clarificar a magnitude destas variações e o papel compensatório das estruturas internas do olho.

Capítulo 6: Trabalho futuro

O presente estudo abre caminho para futuras investigações que poderão aprofundar o impacto da película lacrimal na qualidade ótica ocular. Assim, recomenda-se que, trabalhos futuros considerem:

- Aumentar o tamanho amostral, de modo, a melhorar a robustez estatística e, permitir a análise de subgrupos;
- Repetir o protocolo experimental, utilizando diferentes equipamentos de medição da aberrometria, de forma a avaliar a consistência dos resultados entre tecnologias distintas;
- Aplicar o mesmo protocolo, mas com lágrimas artificiais de diferentes formulações (por exemplo, aquosas), para comparar o efeito da composição sobre os parâmetros óticos;
- Integrar medidas objetivas da estabilidade lacrimal, como o *Break-Up Time* (BUT) ou o *Non-Invasive Break-Up Time* (NIBUT), que permitam correlacionar diretamente a instabilidade da película com as alterações aberrométricas);
- Avaliar a utilização do *Systane Complete* em indivíduos saudáveis com sintomas oculares leves, verificando, se, o seu uso regular mantém a integridade do filme lacrimal e a estabilidade ótica;
- Explorar o impacto das alterações lacrimais na precisão biométrica e, na perceção visual, em pacientes candidatos a implantes de LIO multifocais ou de foco estendido (EDOF).

Bibliografia

1. Kels, B. D., Grzybowski, A. & Grant-Kels, J. M. Human ocular anatomy. *Clinics in Dermatology* **33**, 140–146 (2015).
2. Chang, A. Y. & Purt, B. Biochemistry, Tear Film. in *StatPearls [Internet]* (StatPearls Publishing, 2023).
3. Rolando, M. & Zierhut, M. The Ocular Surface and Tear Film and Their Dysfunction in Dry Eye Disease. *Survey of Ophthalmology* **45**, S203–S210 (2001).
4. Cheong, N. *et al.* Symptomology and Impact of Dry Eye Disease: A Patient and Physician Perspective. *Ophthalmol Ther* **14**, 1357–1368 (2025).
5. Filipe Miguel Gonçalves da Silva, Dissertação de Mestrado: "Influência da Película Lacrimal na medição da Pressão Intraocular".
6. Wolff: The muco-cutaneous junction of the lid margin... - Google Académico. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=The%20muco-cutaneous%20junction%20of%20the%20lid%20margin%20and%20the%20distribution%20of%20the%20tear%20fluid&publication_year=1946&author=E.%20Wolff.
7. Pflugfelder, S. C. & Stern, M. E. Biological functions of tear film. *Experimental Eye Research* **197**, 108115 (2020).
8. Doane, M. G. Interaction of Eyelids and Tears in Corneal Wetting and the Dynamics of the Normal Human Eyeblink. *American Journal of Ophthalmology* **89**, 507–516 (1980).
9. Bron, A. J. *et al.* TFOS DEWS II pathophysiology report. *The Ocular Surface* **15**, 438–510 (2017).
10. Shimazaki, J. Definition and Diagnostic Criteria of Dry Eye Disease: Historical Overview and Future Directions. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* **59**, DES7–DES12 (2018).
11. Wolffsohn, J. S. *et al.* TFOS DEWS III Diagnostic Methodology. *American Journal of Ophthalmology* https://doi.org/10.1016/j.ajo.2025.05.033 (2025) doi:10.1016/j.ajo.2025.05.033.
12. Ärzteblatt, D. Ä. G., Redaktion Deutsches. The Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment of Dry Eye Disease (30.01.2015). *Deutsches Ärzteblatt* https://www.aerzteblatt.de/int/archive/article?id=167472.
13. Yao, W., Davidson, R. S., Durairaj, V. D. & Gelston, C. D. Dry Eye Syndrome: An Update in Office Management. *The American Journal of Medicine* **124**, 1016–1018 (2011).
14. Yu, K., Asbell, P. A., Shtein, R. M. & Ying, G.-S. Dry Eye Subtypes in the Dry Eye Assessment and Management (DREAM) Study: A Latent Profile Analysis. *Transl Vis Sci Technol* **11**, 13 (2022).

15. Wolffsohn, J. S. *et al.* TFOS DEWS II Diagnostic Methodology report. *The Ocular Surface* **15**, 539–574 (2017).

16. Prigol, A. M., Tenório, M. B., Matschinske, R., Gehlen, M. L. & Skare, T. Tradução e validação do índice da doença da superfície ocular para a língua portuguesa. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia* **75**, 24–28 (2012).

17. Bernardi, F. R. DRY EYE: DIAGNOSIS AND MANAGEMENT.

18. Britten-Jones, A. C. *et al.* Epidemiology and Risk Factors of Dry Eye Disease: Considerations for Clinical Management. *Medicina* **60**, 1458 (2024).

19. Benelli, U., Nardi, M., Posarelli, C. & Albert, T. G. Tear osmolarity measurement using the TearLab™ Osmolarity System in the assessment of dry eye treatment effectiveness. *Contact Lens and Anterior Eye* **33**, 61–67 (2010).

20. Arvind, A., Nanjappa, R., Gupta, K. K., Macedo-de-Araújo, R. J. & Fadel, D. Lid wiper epitheliopathy: Topical review of current identification strategies and future perspectives. *Contact Lens and Anterior Eye* **47**, 102312 (2024).

21. Jones, L. *et al.* TFOS DEWS III Management and Therapy Report. *American Journal of Ophthalmology* https://doi.org/10.1016/j.ajo.2025.05.039 (2025) doi:10.1016/j.ajo.2025.05.039.

22. Lu, N., Lin, F., Huang, Z., He, Q. & Han, W. Changes of Corneal Wavefront Aberrations in Dry Eye Patients after Treatment with Artificial Lubricant Drops. *Journal of Ophthalmology* **2016**, 1342056 (2016).

23. Lee, Y., Kim, T. H., Paik, H. J. & Kim, D. H. Artificial Tear Instillation-Induced Changes in Corneal Topography. *Bioengineering (Basel)* **11**, 121 (2024).

24. Nilsen, C. *et al.* The Significance of Dry Eye Signs on Preoperative Keratometry Measurements in Patients Scheduled for Cataract Surgery. *OPTH* **18**, 151–161 (2024).

25. Lee, Y., Kim, T. H., Paik, H. J. & Kim, D. H. Artificial Tear Instillation-Induced Changes in Corneal Topography. *Bioengineering* **11**, 121 (2024).

26. Sun, C.-C., Chan, Y.-H., Huang, P.-W. & Chen, N.-N. Evaluation of Two Artificial Tears Containing Hyaluronic Acid for Post Cataract Surgery Dry Eye Disease: A Randomized Controlled Trial. *Ophthalmol Ther* **13**, 2615–2627 (2024).

27. Pucker, A. D., McGwin, G., Franklin, Q. X., Nattis, A. & Lievens, C. Evaluation of Systane Complete for the Treatment of Contact Lens Discomfort. *Cont Lens Anterior Eye* **43**, 441–447 (2020).

28. Yeu, E. *et al.* Efficacy and Safety of Phospholipid Nanoemulsion-Based Ocular Lubricant for the Management of Various Subtypes of Dry Eye Disease: A Phase IV, Multicenter Trial . *OPTH* **14**, 2561–2570 (2020).

29. Markoulli, M. *et al.* The effect of hydroxypropyl-guar nanoemulsion on signs and symptoms of dry eye. *Cont Lens Anterior Eye* **45**, 101736 (2022).

30. Ng-Alemán, D. D. *et al.* Effects of a propylene glycol-hydroxypropyl guar nanoemulsion in patients with mild to moderate dry eye disease. *Int Ophthalmol* **45**, 307 (2025).

31. Gómez-Correa, J. E. *et al.* Roadmap on Advances in Visual and Physiological Optics. Preprint at https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.14606 (2024).

32. Navarro, R. The Optical Design of the Human Eye: a Critical Review. *Journal of Optometry* **2**, 3–18 (2009).

33. Maeda, N. Clinical applications of wavefront aberrometry – a review. *Clinical & Experimental Ophthalmology* **37**, 118–129 (2009).

34. Oliveira, C. M., Ferreira, A. & Franco, S. Wavefront analysis and Zernike polynomial decomposition for evaluation of corneal optical quality. *Journal of Cataract and Refractive Surgery* **38**, 343–356 (2012).

35. Lombardo, M. & Lombardo, G. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. *Journal of Cataract and Refractive Surgery* **36**, 313–331 (2010).

36. Andreia do Carmo Gonçalves , Dissertação de Mestrado: "Alterações das propriedades óticas do olho com a utilização de computadores".

37. Liao, X. *et al.* Efficacy of a new nanoemulsion artificial tear in dry eye disease management: Study protocol for a prospective cohort study. *PLOS ONE* **20**, e0323523 (2025).

38. Srinivasan, S. & Williams, R. Propylene Glycol and Hydroxypropyl Guar Nanoemulsion - Safe and Effective Lubricant Eye Drops in the Management of Dry Eye Disease. *OPTH* **Volume 16**, 3311–3326 (2022).

39. Silverstein, S. *et al.* Symptom Relief Following a Single Dose of Propylene Glycol-Hydroxypropyl Guar Nanoemulsion in Patients with Dry Eye Disease: A Phase IV, Multicenter Trial . *OPTH* **14**, 3167–3177 (2020).

40. Schiffman, R. M., Christianson, M. D., Jacobsen, G., Hirsch, J. D. & Reis, B. L. Reliability and Validity of the Ocular Surface Disease Index. *Arch Ophthalmol* **118**, 615–621 (2000).

41. Screening, diagnosis and Management of Dry Eye disease: Practical Guidelines for Canadian Optometrists. *ResearchGate* https://www.researchgate.net/publication/275956973_Screening_diagnosis_and_Management_of_Dry_Eye_disease_Practical_Guidelines_for_Canadian_Optometrists.

42. Charman, W. N., Mont, és-M. R. & Radhakrishnan, H. Problems in the Measurement of Wavefront Aberration for Eyes Implanted With Diffractive Bifocal and Multifocal Intraocular Lenses. *Journal of Refractive Surgery* **24**, 280–286 (2008).

43. Ke, M., Kumar, A., Ansbæk, T. E. & Leitgeb, R. A. Wide Dynamic Range Digital Aberration Measurement and Fast Anterior-Segment OCT Imaging †. *Sensors* **24**, 5161 (2024).

44. Montés-Micó, R., Cervino, A., Ferrer-Blasco, T., García-Lázaro, S. & Madrid-Costa, D. The Tear Film and the optical Quality of the Eye. *The Ocular Surface* **8**, 185–192 (2010).

45. Koh, S. *et al.* Serial Measurements of Higher-Order Aberrations after Blinking in Normal Subjects. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* **47**, 3318–3324 (2006).

46. Goto, E. & Tseng, S. C. G. Differentiation of Lipid Tear Deficiency Dry Eye by Kinetic Analysis of Tear Interference Images. *Arch Ophthalmol* **121**, 173–180 (2003).

47. Tutt, R., Bradley, A., Begley, C. & Thibos, L. N. Optical and visual impact of tear break-up in human eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* **41**, 4117–4123 (2000).

48. Rhee, J. *et al.* A Systematic Review on the Association Between Tear Film Metrics and Higher Order Aberrations in Dry Eye Disease and Treatment. *Ophthalmol Ther* **11**, 35–67 (2022).

49. Lu, N., Lin, F., Huang, Z., He, Q. & Han, W. Changes of Corneal Wavefront Aberrations in Dry Eye Patients after Treatment with Artificial Lubricant Drops. *Journal of Ophthalmology* **2016**, 1342056 (2016).

50. Denoyer, A., Rabut, G. & Baudouin, C. Tear Film Aberration Dynamics and Vision-Related Quality of Life in Patients with Dry Eye Disease. *Ophthalmology* **119**, 1811–1818 (2012).

51. The impact of dysfunctional tear films and optical aberrations on chronic migraine | Eye and Vision. https://link.springer.com/article/10.1186/s40662-017-0070-1?utm_source=chatgpt.com.

52. Koh, S. *et al.* Effect of tear film break-up on higher-order aberrations measured with wavefront sensor. *American Journal of Ophthalmology* **134**, 115–117 (2002).

53. Montés-Micó, R., Cáliz, A. & Alió, J. L. Wavefront analysis of higher order aberrations in dry eye patients. *J Refract Surg* **20**, 243–247 (2004).

54. Denoyer, A., Rabut, G. & Baudouin, C. Tear Film Aberration Dynamics and Vision-Related Quality of Life in Patients with Dry Eye Disease. *Ophthalmology* **119**, 1811–1818 (2012).

55. Rhee, J. *et al.* A Systematic Review on the Association Between Tear Film Metrics and Higher Order Aberrations in Dry Eye Disease and Treatment. *Ophthalmol Ther* **11**, 35–67 (2022).

56. Denoyer, A., Rabut, G. & Baudouin, C. Tear Film Aberration Dynamics and Vision-Related Quality of Life in Patients with Dry Eye Disease. *Ophthalmology* **119**, 1811–1818 (2012).

57. Wei, Z. *et al.* Effect of artificial tears on dynamic optical quality in patients with dry eye disease. *BMC Ophthalmology* **22**, 64 (2022).

58. Lin, Y.-Y., Carrel, H., Wang, I.-J., Lin, P.-J. & Hu, F.-R. Effect of Tear Film Break-up on Higher Order Aberrations of the Anterior Cornea in Normal, Dry, and Post-LASIK Eyes. *Journal of Refractive Surgery* **21**, S525–S529 (2005).

59. Montés-Micó, R., Alió, J. L., Muñoz, G., Pérez-Santonja, J. J. & Charman, W. N. Postblink changes in total and corneal ocular aberrations. *Ophthalmology* **111**, 758–767 (2004).

60. Kim, J., Kim, M. K., Ha, Y., Paik, H. J. & Kim, D. H. Improved accuracy of intraocular lens power calculation by preoperative management of dry eye disease. *BMC Ophthalmology* **21**, 364 (2021).

61. Huang, H. *et al.* Tear Film Stability Affects Visual Acuity After Implantations of Monofocal and Multifocal Intraocular Lenses: An Evaluation by Objective Scatter Index. *Transl Vis Sci Technol* **12**, 15 (2023).

62. Sachdev, G. S. & Sachdev, M. Optimizing outcomes with multifocal intraocular lenses. *Indian J Ophthalmol* **65**, 1294–1300 (2017).

Anexos

Anexo 1: Consentimento Informado utilizado no estudo.

CONSENTIMENTO INFORMADO

- **Leia com atenção todo o conteúdo deste documento;**
- **Não hesite em solicitar mais informações ao optometrista caso tenha dúvidas.**
- **Se concordar com o conteúdo do documento, então, assine-o, por favor.**

O presente documento e os procedimentos a que diz respeito, respeitam a "Declaração de Helsínquia" da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996 e Edimburgo 2000, Seul 2008).

Título do estudo: Influência da película lacrimal na aquisição de parâmetros biométricos com e sem a instilação de lágrima artificial.

Responsável pelo projeto e membros da equipa de investigação:

- Doutora Maria Madalena Cunha, Departamento de Física da Escola de Ciências da Universidade do Minho
- Doutor António Manuel Marques de Queirós Pereira, Departamento de Física da Escola de Ciências da Universidade do Minho

Enquadramento: Estudos recentes indicam um crescimento de sintomatologia ocular, como desconforto, irritação, hiperemia, prurido, sensação de corpo estranho, visão desfocada, entre outros.

Com os avanços tecnológicos disponíveis, é possível avaliar diversos parâmetros da superfície ocular, incluindo a película lacrimal, a aberrometria, topografia e múltiplos parâmetros oculares adicionais que permitem a obtenção de padrões lacrimais e outras características que auxiliam na compreensão dos padrões lacrimais e suas implicações visuais.

Objetivo do Estudo:

O presente estudo pretende adquirir imagens da superfície anterior do olho, incluindo Aberrometria e o padrão lacrimal, tanto em condições normais como após a colocação de lágrima artificial. O objetivo é analisar as alterações na película lacrimal e possíveis impactos na qualidade visual.

Procedimentos: O exame consiste na captação de imagens oculares através de equipamentos específicos, sem contato direto com a superfície do olho. Em algumas medições, será administrada uma lágrima artificial para avaliação das alterações na qualidade da película lacrimal. O exame é não invasivo e indolor, sem riscos conhecidos.

Confidencialidade e anonimato: Os dados pessoais anónimos nunca serão partilhados com terceiros e não será possível associar os dados ao paciente, uma vez que serão utilizadas chaves alfanuméricas impessoais para caracterizar as fichas de registo. Os participantes serão selecionados a partir dos pacientes que visitem a sede Jorge Oculista Ótica, Lda, local onde será realizada a captação de imagens e de dados biométrico.

Participação Voluntária: A participação neste estudo é voluntária, podendo ser interrompida a qualquer momento sem qualquer prejuízo ao participante.

Ao assinar este documento declaro:

- Ter compreendido os objetivos do estudo que me foi proposto;
- Foi-me dada possibilidade de fazer todas as perguntas sobre o assunto e para todas elas ter obtido resposta esclarecedora;
- Não haverá prejuízo para os meus direitos assistenciais subsequentes se eu recusar participar neste trabalho de investigação;
- Autorizo a recolha de imagens pelo WaveAnalyzer da Essilor.

Braga, ____ /_____ / 2025

NOME:_____

Assinatura do participante:_____

Assinatura do investigador: _____

1

Anexo 2: Questionário *OSDI* facultado aos pacientes.[16]

Ocular Surface Disease Index® (OSDI®)[2]

Teve algum dos seguintes sintomas durante a última semana?

	Sempre (4)	Frequentemente (3)	Ás vezes (2)	Raramente(1)	Nunca (0)
1. Olhos sensíveis à luz					
2. Sensação de areia					
3. Olhos doridos					
4. Visão turva					
5. Má visão					
				Total de pontos	

Teve problemas/limitações com os seus olhos ao realizar alguma das seguintes atividades durante a última semana?

	Sempre (4)	Frequentemente (3)	Ás vezes (2)	Raramente(1)	Nunca (0)
6. Leitura					
7. Conduzir à noite					
8. Trabalhar com computador					
9. Ver televisão					
				Total de pontos	

Sentiu algum incómodo nos seus olhos em alguma das situações na última semana?

	Sempre (4)	Frequentemente (3)	Ás vezes (2)	Raramente(1)	Nunca (0)
10. Com vento					
11. Locais com humidade baixa (secos)					
12. Locais com ar condicionado					
				Total de pontos	