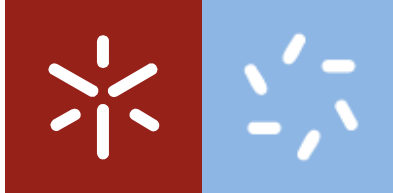


Universidade do Minho
Escola de Ciências

Maria Beatriz Silva Santos

Repetibilidade e reprodutibilidade de exames para avaliação da acomodação ocular



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Maria Beatriz Silva Santos

**Repetibilidade e reprodutibilidade de
exames para avaliação da acomodação
ocular**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Optometria Avancada

Trabalho efetuado sob a orientação da

Professora Doutora Sandra Maria de Braga Franco

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.



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Agradecimentos

Tudo na vida sabe melhor quando estamos acompanhados, pelo que este percurso tão importante na minha vida também. Por esta mesma razão, e apesar de ser difícil expor tudo o que sinto em palavras, faço questão de agradecer a algumas pessoas que, de uma maneira ou de outra, estiveram do meu lado.

Primeiramente, como não podia deixar de ser, o meu maior agradecimento vai para os meus pais, Paulinho e Lurditas, que sempre moveram mundos e fundos para que eu pudesse alcançar todos os meus sonhos. Obrigada, essencialmente por me ajudarem a tornar na pessoa que sou hoje.

De seguida, quero fazer um especial agradecimento à minha irmã que é, sem qualquer dúvida, a minha pessoa preferida em todo o Mundo. Mana, obrigada por sempre me incentivares e me ajudares.

Um obrigada muito especial ao meu namorado, o meu João, por toda a paciência e por estar do meu lado nos momentos mais bonitos da minha vida.

À minha orientadora, a Professora Doutora Sandra Franco, um agradecimento muito especial por sempre estar disponível, por me incentivar e por me ajudar ao longo desta jornada.

À Jéssica Gomes, pois sem ela isto não teria sido possível. Obrigada por me ajudares em tudo e por estares disponível a qualquer hora.

Agradeço também a todos os participantes, que, de uma forma voluntária fizeram questão de me ajudar e a todas as pessoas que se cruzaram comigo ao longo desta jornada.

A todos vocês, o meu muito obrigada! Vocês são sem dúvida especiais...

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.

Repetibilidade e reprodutibilidade de exames para avaliação da acomodação ocular

Resumo

A avaliação dos parâmetros acomodativos é extremamente importante na avaliação optométrica dos pacientes. No entanto, para determinar se uma alteração significativa ocorreu num parâmetro clínico, é essencial avaliar a repetibilidade e a reprodutibilidade do procedimento de medição. Fazer a avaliação destes parâmetros, ajudará também a perceber qual ou quais os métodos que são mais adequados para determinadas situações. Posto isto, o objetivo deste estudo é avaliar a repetibilidade e reprodutibilidade de métodos para avaliação da acomodação ocular.

Foram avaliados os olhos direitos de 28 sujeitos, cuja média de idades foi de $21,07 \pm 2,31$ anos. Foi pedido a todos os participantes que comparecessem a duas sessões (intervaladas em média por $115,69 \pm 48,0$ horas) sendo que na primeira foi feita uma avaliação optométrica base e foi também feita a recolha de dados para a repetibilidade (quatro medições consecutivas, efetuadas pelo observador 1), na segunda sessão foi feita a recolha de dados por parte de dois observadores, sendo que cada um deles realizou apenas uma medição para cada método, para se avaliar a reprodutibilidade.

O limite de repetibilidade do método de *Sheard* foi de $\pm 1,14$ D, melhor do que o método de Donders que obteve o valor de $\pm 2,26$ D, a retinoscopia de MEM obteve um limite de repetibilidade de $\pm 0,35$ D, sendo este semelhante ao dos cilindros cruzados fixos de $\pm 0,39$ D. Quanto ao limite de reprodutibilidade inter-sessão os valores foram $\pm 1,56$ D, $\pm 2,86$ D, $\pm 0,42$ D e $\pm 0,62$ D para o método de Sheard, método de Donders, MEM e cilindros cruzados fixos, respetivamente. No que concerne aos valores da reprodutibilidade inter-observadores, foi possível verificar que o limite do método de Sheard foi de $\pm 1,56$ D, valor substancialmente melhor do que o limite obtido com o método de Donders ($\pm 3,63$ D), quanto aos métodos para avaliação do atraso acomodativo, os cilindros cruzados obtiveram um limite de reprodutibilidade inter-observadores melhor ($\pm 0,36$ D) do que a retinoscopia de MEM ($\pm 0,47$ D). Através dos resultados, foi possível verificar que, para além do fator tempo e do observador, também a ametropia do sujeito condiciona a precisão (repetibilidade e reprodutibilidade).

Existem diferenças ao nível da precisão de cada um dos métodos em estudo, pelo que é possível concluir que em determinadas situações deve-se optar por um método em específico.

Palavras-chave: atraso acomodativo, amplitude de acomodação, precisão, repetibilidade, reprodutibilidade

Repeatability and reproducibility of exams to evaluate ocular accommodation

Abstract

The evaluation of accommodative parameters is extremely important in the optometric evaluation of patients. However, to determine whether a significant change occurred in a clinical parameter, it is essential to evaluate the repeatability and reproducibility of the measurement procedure. Evaluating these parameters will also help you understand which method(s) are best suited for certain situations. That said, the aim of this study is to evaluate the repeatability and reproducibility of methods for evaluating ocular accommodation.

We evaluated the right eyes of 28 subjects, whose average age was $21,07 \pm 2,31$ years. All participants were asked to attend two sessions (intervals on average for $115,9 \pm 48,0$ hours) and in the first one a base optometric evaluation was made, and data was also collected for repeatability (four consecutive measurements, made by observer 1), in the second session data collection was made by two observers, each who performed only one measurement for each method, to evaluate the reproducibility.

The repeatability limit of the Sheard method was $\pm 1,14$ D, better than the method of Donders who obtained the value of $\pm 2,26$ D. MEM retinoscopy obtained a limit of repeatability of $\pm 0,35$ D, similar to the cross cylinders ($\pm 0,39$ D). As for the inter-session reproducibility, the values were $\pm 1,56$ D, $\pm 2,86$ D, $\pm 0,42$ D e $\pm 0,62$ D for the Sheard method, Donders, MEM retinoscopy and fixed crossed cylinders, respectively. Regarding the values of inter-observer reproducibility, it was possible to verify that the limit of the Sheard method was $\pm 1,56$ D, value substantially better than the limit obtained with Donders method ($\pm 3,63$ D), as for the methods for evaluating accommodative response, the crossed cylinders obtained a better inter-observer reproducibility limit ($\pm 0,36$ D), than MEM retinoscopy ($\pm 0,47$ D). Through the results, it was possible to verify that, in addition to the time factor and the observer, the subject's ametropia also conditions the accuracy (repeatability and reproducibility).

There are differences in the precision of each of the methods under study, so it is possible to conclude that in certain situations, a specific method should be chosen.

Keywords: accommodative response, amplitude of accommodation, precision, repeatability, reproducibility.

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de tabelas	ix
Índice de gráficos	xi
Abreviaturas e acrónimos.....	xii
Capítulo 1: Introdução	2
Capítulo 2: Revisão bibliográfica.....	4
2.1. Acomodação	4
2.2. Disfunções acomodativas	4
2.2.1. Sinais e sintomas relacionados com as disfunções acomodativas	6
2.2.2. Prevalência das disfunções acomodativas	8
2.3. Exame clínico da acomodação.....	8
2.3.1. Amplitude de acomodação.....	9
2.3.1.1. Métodos para avaliação da amplitude de acomodação	9
2.3.1.1.1. Comparação de métodos para avaliação da amplitude de acomodação..	10
2.3.2. Atraso acomodativo	11
2.3.2.1. Métodos para avaliação do atraso acomodativo	12
2.3.2.1.1. Comparação de métodos para avaliação do atraso acomodativo	14
2.3.3. Flexibilidade acomodativa	15
2.3.4. Valores médios dos parâmetros acomodativos	15
2.4. Repetibilidade e reprodutibilidade	16
2.4.1. Repetibilidade e reprodutibilidade de métodos para avaliação da amplitude de acomodação	16
2.4.2. Repetibilidade e reprodutibilidade de métodos para avaliação do atraso acomodativo	18
Capítulo 3: Materiais e métodos.....	21
3.1. Tipo de estudo	21
3.2. Tamanho e caracterização da amostra	22
3.3. Material	23

3.4.	Procedimento experimental	23
3.4.1.	Exame Optométrico.....	24
3.4.1.1.	Avaliação do estado refrativo.....	24
3.4.1.2.	Avaliação da visão binocular	25
3.4.1.3.	Avaliação dos parâmetros acomodativos	26
3.4.2.	Métodos em estudo.....	27
3.4.2.1.	Métodos em estudo para avaliação da Amplitude de Acomodação	27
3.4.2.2.	Métodos em estudo para avaliação do Atraso Acomodativo	29
3.4.3.	Crerérios de seleção.....	30
3.5.	Análise estatística.....	30
Capítulo 4:	Resultados.....	33
4.1	Caracterização da amostra	33
4.2.	Resultados dos parâmetros acomodativos.....	34
4.3.	Repetibilidade	35
4.3.1.	Repetibilidade tendo em conta o erro refrativo.....	36
4.4.	Reprodutibilidade	37
4.4.1.	Reprodutibilidade inter-sessão.....	38
4.4.1.1.	Reprodutibilidade inter-sessão tendo em conta o erro refrativo.....	38
4.4.2.	Reprodutibilidade inter-observadores	40
4.4.2.1.	Reprodutibilidade inter-observadores tendo em conta o erro refrativo	41
Capítulo 5:	Discussão de Resultados.....	45
5.2.	Parâmetros acomodativos	45
5.3.	Repetibilidade	46
5.3.	Fator tempo (reprodutibilidade inter-sessão).....	48
5.4.	Fator observador (reprodutibilidade inter-observadores).....	51
Capítulo 6:	Conclusão.....	55
Referências		56
Anexo 1:	Consentimento informado.....	60
Anexo 2:	Tabela de aleatorização com a ordem pela qual os métodos devem ser realizados ...	62
Anexo 3:	Tabela de aleatorização com a ordem pela qual os observadores recolhem os dados na 2ª sessão	63

Índice de tabelas

Tabela1. Sumário dos sinais associados a cada uma das disfunções acomodativas	7
Tabela2 . Valores médios para os parâmetros acomodativos	15
Tabela 3: Valores médios e desvio padrão de cada ametropia encontrada na amostra	34
Tabela 4: médias ($\pm$ desvio padrão) expressas em dioptrias, obtidas em cada uma das medições da primeira sessão, relativamente aos métodos em estudo	34
Tabela 5: Repetibilidade (D) e limite de repetibilidade (D) dos diferentes métodos em estudo ..	35
Tabela 6 :Repetibilidade (D) e limite de repetibilidade (D) dos diferentes métodos em estudo para míopes	36
Tabela 7 :Repetibilidade (D) e limite de repetibilidade (D) dos diferentes métodos em estudo para emetropes	36
Tabela 8 :Repetibilidade (D) e limite de repetibilidade (D) dos diferentes métodos em estudo para hipermetropes	37
Tabela 9: Reprodutibilidade inter-sessão (D) e limite de reprodutibilidade inter-sessão (D) dos diferentes métodos em estudo.....	38
Tabela 10 :Reprodutibilidade inter-sessão (D) e limite de reprodutibilidade inter-sessão (D) dos diferentes métodos para míopes.....	39
Tabela 11 :Reprodutibilidade inter-sessão (D) e limite de reprodutibilidade inter-sessão (D) dos diferentes métodos em estudo para emetropes.....	39
Tabela 12 :Reprodutibilidade inter-sessão (D) e limite de reprodutibilidade inter-sessão (D) dos diferentes métodos em estudo para hipermetropes.....	40
Tabela 13: Médias ($\pm$ desvio padrão) obtidas pelos observadores 1 e 2 para os diferentes métodos em estudo	41
Tabela 14: Reprodutibilidade inter-observadores (D) e limite de reprodutibilidade inter-observadores (D) dos diferentes métodos em estudo	41
Tabela 15 :Reprodutibilidade inter-observadores (D) e limite de reprodutibilidade inter-observadores (D) dos diferentes métodos em estudo para míopes	42

Tabela 16 :Reprodutibilidade inter-observadores (D) e limite de reprodutibilidade inter-observadores (D) dos diferentes métodos em estudo para emetropes.....	42
Tabela 17 :Reprodutibilidade inter-observadores (D) e limite de reprodutibilidade inter-observadores (D) dos diferentes métodos em para hipermetropes	42

Índice de gráficos

Gráfico 1: Distribuição da idade os participantes	33
---	----

Abreviaturas e acrónimos

AA	Atraso acomodativo
AC/A	Convergência acomodativa/Acomodação
AmAc	Amplitude de acomodação
ANOVA	Analysis of Variance ou Análise da Variância
AO	Ambos os Olhos
ARN	Acomodação relativa negativa
ARP	Acomodação relativa positiva
AV	Acuidade visual
Cil	Cilindro
Cpm	Ciclos por minuto
Cx	Cilindros cruzados fixos
D	Dioptrias
DIP	Distância Inter-pupilar
DP	Desvio padrão
DT	Distância de trabalho
EA	Estímulo acomodativo
EE	Equivalente esférico
Esf	Esfera
FA	Flexibilidade Acomodativa
lx	Lux
MEM	Monocular estimation method
mm	Milímetros
OD	Olho direito
OE	Olho esquerdo
PPC	Ponto próximo de convergência
RA	Resposta acomodativa
S	Segundos
VL	Visão de longe
VP	Visão de perto

Capítulo 1

Introdução

Capítulo 1: Introdução

A acomodação é um processo dinâmico através do qual existe um ajuste no poder dióptrico do olho, para que seja possível visualizar de forma nítida objetos que se encontram a diferentes distâncias. [1]

Montés-Micó [2] concluiu, através dum estudo que realizou que, 61,4% dos participantes apresentavam uma disfunção acomodativa, sendo que a mais comum foi a insuficiência acomodativa (11,4%), seguindo-se a inflexibilidade acomodativa (10,3%), o excesso acomodativo (6,5%) e por último a fadiga acomodativa (6,4%).

Sendo as disfunções acomodativas algo comum na prática clínica em optometria, é imprescindível fazer uma boa aferição do estado acomodativo de determinado sujeito para detetar qualquer anomalia no sistema acomodativo. Para isso, é necessário fazer uma avaliação dos parâmetros acomodativos, sendo eles: amplitude de acomodação, atraso acomodativo e flexibilidade acomodativa. Existem vários métodos para avaliar cada um dos parâmetros mencionados, pelo que se torna imprescindível fazer a avaliação da precisão de cada um para entender qual o melhor método para cada situação. Para além disso, estudar a repetibilidade e a reprodutibilidade permite saber se as alterações ocorridas em determinados parâmetros são reais ou se são resultado da natural variabilidade do método. Posto isto, este estudo teve como objetivo avaliar a repetibilidade e a reprodutibilidade de métodos para avaliação da acomodação ocular.

O presente trabalho conta com sete capítulos, sendo este, a Introdução, o primeiro.

O segundo capítulo diz respeito à revisão bibliográfica, no qual constarão definições importantes para a realização desta dissertação, bem como serão enumerados alguns estudos cujas conclusões são de extrema relevância para este trabalho. No terceiro capítulo irá ser descrito o tipo de estudo a que esta dissertação diz respeito, o material necessário para a recolha de dados e será também feita a descrição da metodologia a utilizar bem como da análise estatística que será efetuada. No quarto capítulo faz-se a exposição de todos os resultados obtidos, para que, no quinto capítulo seja feita a descrição dos mesmos. No sexto capítulo será feita uma conclusão do trabalho, bem como serão enunciadas as limitações do mesmo e também serão expostas algumas propostas para trabalhos futuros.

No último capítulo, o capítulo sete serão descritas todas as publicações utilizadas para sustentar as informações que constam neste trabalho

Capítulo 2

Revisão bibliográfica

2.1. Acomodação

A acomodação é um processo dinâmico que provoca um incremento da potência do olho, como consequência do aumento da potência do cristalino, fazendo com que seja possível obter uma imagem, de objetos próximos, nítida na retina.[1]

São várias as teorias existentes sobre o processo da acomodação, uma vez que, desde 1841, ano em que a palavra foi indiscutivelmente introduzida por Burrow, têm surgido diversas propostas com o intuito de tentar explicar como ocorre efetivamente o processo de acomodação ocular. Ainda assim é correto afirmar que a teoria de Helmholtz, com modificações de Fincham, é a que persiste atualmente. [3]

A teoria de Helmholtz é também conhecida como a teoria do relaxamento, uma vez que este defendeu que, quando se observam objetos mais próximos as fibras zonulares provocam uma menor tensão sob o cristalino. O músculo ciliar é o responsável por provocar a tensão nas fibras. Quando o músculo ciliar contrai, este desloca-se para a frente, provocando uma diminuição do seu diâmetro, havendo um relaxamento das fibras zonulares anteriores, aumentando a tensão no ligamento de Weiger e nas fibras zonulares posteriores. Como consequência destes movimentos, existe uma diminuição do raio de curvatura do cristalino, havendo um incremento da sua potência.[3], [4]

2.2. Disfunções acomodativas

Uma boa análise dos parâmetros acomodativos é fundamental para que possa ser feito um bom diagnóstico de qualquer anomalia acomodativa, evitando assim sintomatologia indesejada, consequentemente melhorando a qualidade de vida do paciente. As anomalias acomodativas podem ser resultado de algum trauma ou acidente ou então o sistema visual pode simplesmente não conseguir atingir determinados requisitos visuais. Por norma, as anomalias acomodativas não são o único problema que se encontra, uma vez que a vergência muitas das vezes também está envolvida, sendo, portanto, fundamental realizar alguns dos exames de forma monocular, de maneira a se conseguir determinar a causa dos sintomas.

As anomalias acomodativas são algo bastante comum na prática clínica, sendo por isso imprescindível fazer uma boa classificação das mesmas. Duke-Elder é responsável pela classificação das disfunções acomodativas[5] que prontamente serão expostas.

- **Insuficiência acomodativa**

A insuficiência acomodativa ocorre quando a amplitude de acomodação do paciente é inferior aquela que é esperada tendo em conta a sua idade, provocando assim uma dificuldade em conseguir realizar tarefas visuais em visão de perto. Pacientes com insuficiência acomodativa geralmente apresentam uma flexibilidade acomodativa baixa, manifestando maior dificuldade com as lentes negativas, uma vez que não consegue estimular a acomodação. [6]. Relativamente ao atraso acomodativo, será de esperar que pacientes com este distúrbio acomodativo apresentem um atraso acomodativo.

- **Fadiga acomodativa**

No caso da fadiga acomodativa, a amplitude de acomodação apresenta valores normais quando testada em condições normais, mas, se se fizer várias repetições é expectável que a AmAc se deteriore.[7] Quando são apresentados estímulos em visão de perto durante algum tempo não se consegue manter a AmAc normal. O atraso acomodativo costuma apresentar valores normais e, na flexibilidade acomodativa geralmente nota-se que o grau de dificuldade vai aumentando. Por norma, a sintomatologia só aparece depois de um longo período de tempo a realizar tarefas em visão de perto.

- **Inflexibilidade acomodativa**

Este tipo de anomalia acomodativa ocorre quando o sistema acomodativo é demasiado lento a realizar alterações na acomodação, apresentando um valor baixo entre o estímulo acomodativo e a resposta ao mesmo.

- **Paralisia acomodativa**

Apesar de ser uma condição bastante rara, a paralisia acomodativa pode ocorrer monocular ou binocularmente e resulta numa falha do sistema acomodativo em responder a qualquer estímulo. Um sinal a ter em conta é que, nestes casos, a pupila apresenta-se sempre fixa e dilatada.

Usualmente é causada pelo uso de cicloplégicos, por traumas oculares, nomeadamente o glaucoma por doenças, sejam elas sistêmicas ou ocular ou por toxicidade. [7]

▪ **Espasmo acomodativo**

O espasmo acomodativo geralmente é resultado da hiperestimulação do sistema nervoso parassimpático e pode estar amplamente relacionado com a fadiga. Nesta disfunção, geralmente a amplitude de acomodação apresenta valores superiores aos esperados.

Normalmente está disfunção encontra-se associada a um espasmo do reflexo de perto (*spasm of near reflex – SNR*), que engloba um excesso de acomodação e de convergência e a pupilas mióticas, podendo também ser resultado da ingestão de alguns medicamentos para doenças sistêmicas, traumas ou tumores cerebrais.

Apesar de não constar na classificação de Duke-Elder, existe ainda uma disfunção acomodativa, designada de **excesso acomodativo**. Verifica-se quando a AmAc se encontra nos valores normais, mas a mudança do sistema acomodativo é lenta, o que se observa quando se avalia a flexibilidade acomodativa, no momento em que se utilizam as lentes positivas presentes no flipper $\pm 2.00D$, uma vez que as lentes positivas relaxam a acomodação e, um paciente com excesso acomodativo tem dificuldades em fazê-lo.[7]

2.2.1. Sinais e sintomas relacionados com as disfunções acomodativas

A sintomatologia associada às disfunções acomodativas é imprescindível para que ocorra um bom diagnóstico e para que seja possível fazer um tratamento eficaz.[8] Os sintomas relacionados com problemas acomodativos são maioritariamente relacionados com a realização de tarefas em visão de perto. De acordo com Montés-Micó [2] os sintomas mais comuns associados a disfunções acomodativas são astenopia (19%), visão desfocada à distância (8,7%), dores de cabeça (7,9%), sensibilidade à luz (7%), visão desfocada em tarefas em visão de perto (4,6%) e por último, e menos frequente, diplopia (4,6%). É ainda possível que haja queixas de falta de concentração, uma vez que, com este tipo de disfunções, muitas vezes se torna incomodativo realizar tarefas em visão de perto. No caso da inflexibilidade acomodativa, é provável que o paciente se queixe de visão desfocada ao longe, após realizar tarefas em visão de perto e/ou visão desfocada em visão de perto, imediatamente após estar a utilizar a visão ao longe.[7]

Relativamente aos sinais que podem ser encontrados, durante a realização de uma consulta de optometria, estes dependem do tipo de disfunção em questão, contudo, no quadro 2, encontram-se sumarizados todos os sinais que poderão ajudar num bom diagnóstico de uma disfunção acomodativa.

Tabela1. Sumário dos sinais associados a cada uma das disfunções acomodativas [2], [5], [7]

Disfunção acomodativa	Sinais
Insuficiência acomodativa	AmAc baixa ARP baixo Flexibilidade acomodativa baixa (falha com lentes -) MEM e cilindros cruzados alto (atraso acomodativo elevado)
Fadiga acomodativa	AmAc normal numa primeira medição ARP normal numa primeira medição Flexibilidade acomodativa baixa numa primeira medição MEM e cilindros cruzados normal numa primeira medição Nota: os resultados para os parâmetros acomodativos para um sujeito com fadiga acomodativa, poderão estar normais numa primeira medição, apresentando resultados anómalos nas medições seguintes, apresentando depois um atraso acomodativo e uma dificuldade com lentes negativas.
Inflexibilidade acomodativa	AmAc normal Flexibilidade acomodativa baixa (falha com lentes -e +) ARP e ARN baixo
Paralisia acomodativa	AmAc baixa MEM e cilindros cruzados alto (atraso acomodativo) ARP baixo
Excesso acomodativo	AmAc normal MEM e cilindros cruzados baixo (adianto acomodativo) ARN baixo Flexibilidade acomodativa baixa (falha com lentes +)

2.2.2. Prevalência das disfunções acomodativas

Muitos autores consideram que a insuficiência acomodativa é a disfunção acomodativa mais frequente [2], [9]–[11] ainda assim, é importante ter uma ligeira noção a prevalência das restantes disfunções, uma vez que estas podem facilmente aparecer na prática clínica de um optometrista.

Montés-Micó [2] realizou um estudo que teve como objetivo avaliar a prevalência de disfunções acomodativas e de visão binocular e, para tal, contou com 1679 participantes (idades compreendidas entre os 18 e 38 anos) e fez a avaliação necessário. O investigador concluiu que, 61,4% dos participantes apresentavam uma disfunção acomodativa, sendo que a mais comum foi a insuficiência acomodativa (11,4%), seguindo-se a inflexibilidade acomodativa (10,3%), o excesso acomodativo (6,5%) e por último a fadiga acomodativa (6,4%).

Num outro estudo, Abdul-Kabir *et al.*, [9] determinaram a prevalência da insuficiência acomodativa e inflexibilidade acomodativa ao avaliar 204 jovens em idade escolar. Com os resultados que obteve, os investigadores concluíram que 32% dos jovens tinham insuficiência acomodativa e 26% inflexibilidade acomodativa.

Num estudo realizado em Portugal, Franco *et al.*, [11] verificaram que, dos 156 participantes no estudo, 21.1% tinham uma disfunção acomodativa, sendo a mais comum a insuficiência acomodativa (11.5%).

2.3. Exame clínico da acomodação

Para um bom funcionamento da visão binocular, existe a união de dois sistemas distintos, sendo eles a componente acomodativa e a componente de vergência. Uma vez que ambos operam em conjunto e de forma a garantir uma boa avaliação dos parâmetros acomodativos, é imprescindível fazer uma avaliação da acomodação de forma monocular, para que, caso haja alteração nos valores, se saber que é resultado de algum problema da componente acomodativa, descartando assim a componente da vergência.

De forma a garantir uma boa avaliação da componente acomodativa, e para se conseguir descartar problemas neste domínio, deverão ser realizados exames clínicos que garantam uma avaliação dos seguintes parâmetros:

- Amplitude de acomodação;
- Atraso acomodativo;

- Flexibilidade acomodativa.

2.3.1. Amplitude de acomodação

A amplitude de acomodação, expressa em dioptrias (D), é em muitos países o parâmetro acomodativo mais comumente medido. Diz respeito ao valor máximo de focagem que o olho consegue atingir num determinado momento. Por outras palavras, assume-se como amplitude de acomodação, a diferença entre o ponto mais remoto que a retina consegue focar, utilizando uma acomodação mínima e o ponto mais próximo em que, utilizando a máxima acomodação possível, é possível ter uma visão clara e nítida na retina. De forma a garantir uma visão nítida a diferentes distâncias, é necessário que ocorra um ajuste no poder dióptrico.[12]–[14]

A avaliação deste parâmetro acomodativo é imprescindível para um diagnóstico de problemas acomodativos. Sabe-se também que é um parâmetro fundamental de avaliar, uma vez que existem patologias ou efeitos secundários de fármacos que provocam uma alteração nesta componente, sendo que, fazendo uma avaliação regular, é possível controlar e detetar problemas maiores.[13]

2.3.1.1. Métodos para avaliação da amplitude de acomodação

Para avaliação da amplitude de acomodação existem quatro diferentes métodos que podem ser utilizados na prática clínica numa consulta de optometria, sendo eles:

i. *Push-up* (ou método de *Donders*)

Segundo vários autores este é o método mais comumente usado na prática clínica para avaliação da amplitude de acomodação. Para a realização deste método, é utilizado um optotipo que se vai aproximando de forma gradual até aos olhos do paciente. É pedido ao paciente que diga quando vir o optotipo que lhe é apresentado de forma continuamente desfocada. É registada a distância a que o optotipo ficou dos olhos do paciente e o valor da amplitude de acomodação é dado pelo inverso dessa mesma distância, em metros.[12], [13]

ii. *Push-down*

Este método é considerado uma variação do método anteriormente descrito. Neste método, o optotipo é colocado o mais próximo possível dos olhos do paciente e é então afastado

até que o paciente refira que o objeto se encontra totalmente nítido. No final, a amplitude de acomodação calcula-se de forma idêntica à maneira como se calcula no método de *Sheard*. [13]

iii. Lentes negativas (ou método de *Sheard*)

Para a realização do método de *Sheard*, o objeto encontra-se fixo, a 40 cm do paciente e são adicionadas lentes esféricas negativas ao valor da refração obtida no exame subjetivo realizado previamente, até que este refira que o objeto se encontra totalmente desfocado. Regista-se o valor das lentes negativas adicionadas e o valor da amplitude de acomodação é dado por |lentes (-) adicionadas| +2.5D. [12], [13]

iv. Retinoscopia dinâmica

Neste método de avaliação da amplitude de acomodação, é inicialmente aplicado o método *push-down*, de forma a induzir a acomodação do paciente. Coloca-se o objeto o mais próximo dos olhos do paciente e este é então afastado até que o paciente refira ver o objeto de forma constantemente nítida. Tendo sempre o objeto nesta mesma posição, é então feita a retinoscopia dinâmica, com auxílio do retinoscópio, o observador coloca-se na sua distância de trabalho habitual (habitualmente o dobro da distância de fixação do objeto) e é então observado o reflexo da retinoscopia. Caso se observe um movimento “contra”, o que é comum acontecer, o observador aproxima-se do olho do paciente (diminuindo a distância de trabalho) até que se neutralize o movimento observado. É medida a distância entre o retinoscópio (observador) e os olhos do paciente. [14]

Esta é uma boa técnica para medir a amplitude de acomodação em pessoas cuja comunicação é algo difícil, uma vez que não requer muita intervenção por parte do participante ou em pessoas com deficiência visual.[12], [13]

2.3.1.1.1. Comparação de métodos para avaliação da amplitude de acomodação

Ao longo dos anos foram feitos vários estudos com o objetivo de comparar os diferentes métodos para avaliação da amplitude de acomodação e disso foram retiradas algumas conclusões.

Em 2012, Taub *et al.*, realizaram um estudo cujo objetivo foi comparar três métodos para avaliar a amplitude de acomodação (*método de Donders, push-down* e método de *Sheard*). Foi

com o método de *Sheard* que obtiveram um menor valor para a amplitude de acomodação (8.41 ± 3.01 D), seguindo-se o método *push-down* (13.72 ± 3.88 D) e por último, foi o método de *Donders* (média = 13.78 ± 4.67 D). [15]

No ano seguinte, Momeni-Moghaddam *et al.*, compararam quatro métodos para avaliação da amplitude de acomodação, nomeadamente o método de *Donders*, *push-down*, método de *Sheard* e *push-up* modificado. Através dos resultados obtidos, os autores concluíram que é com o método de *Donders* que se obtém valores de amplitude de acomodação mais elevados (11.21 ± 1.85 D). Verificaram também que foi com o método de *Sheard* que a média da amplitude de acomodação foi mais baixa (9.31 ± 1.61 D). Com o método *push-down* a média que obtiveram foi de 10.92 ± 1.69 D e com o método *push-up* modificado foi de 10.99 ± 1.02 D para a amplitude de acomodação. [16]

Num outro estudo, realizado por León *et al.*, foi feita uma comparação entre a retinoscopia dinâmica e dois métodos subjetivos para avaliar a amplitude de acomodação, nomeadamente *push-down* modificado e método de *Sheard*. Os autores concluíram que a retinoscopia dinâmica é o método que produz resultados mais corretos, uma vez que este método não é influenciado pela profundidade de foco. Segundo os resultados obtidos no estudo, a média da amplitude de acomodação para a retinoscopia dinâmica foi de 7.44D, para o método *push-down* modificado de 9.84D e para o método de *Sheard* de 9.43D, sendo este último método, o método subjetivo que resulta num menor valor de AmAc. [14]

2.3.2. Atraso acomodativo

O atraso acomodativo é a diferença entre o estímulo acomodativo e a resposta acomodativa. Quando esta diferença é positiva, utiliza-se o termo *lag*, o mesmo que dizer atraso acomodativo, que acontece quando o sistema acomodativo produz uma resposta acomodativa inferior a determinado estímulo. [17] Por outro lado, quando a diferença é negativa, diz-se que se trata de um *lead*, o mesmo que dizer adianto acomodativo. [18]

A avaliação do atraso acomodativo fornece informação útil sobre o equilíbrio acomodativo entre ambos os olhos e sobre diferenças acomodativas que podem estar associadas às anisometropias, erros refrativos e alterações na visão binocular.

2.3.2.1. Métodos para avaliação do atraso acomodativo

Existem diversos métodos que têm como propósito a avaliação do atraso acomodativo. Os métodos em questão podem ser objetivos – Método de Estimação Monocular (MEM), retinoscopia de *Nott* e auto-refratômetro de campo aberto, ou então subjetivos – cilindros cruzados fixos.

i. Método de estimativa monocular (MEM)

A retinoscopia de MEM consiste na estimativa da resposta acomodativa monocular em condições de binocularidade.[19]. Este método é realizado com o paciente a utilizar a melhor compensação refrativa obtida no exame subjetivo. É pedido ao paciente que fixe um optotipo que se encontra fixado no retinoscópio que é utilizado para realizar o teste e que o mantenha nítido. É observado o reflexo no meridiano horizontal e são rapidamente (<0.5seg) inseridas e removidas lentes, em passos de 0.25D, até se encontrar a lente que neutraliza o movimento do reflexo. [18]

A utilização das lentes esféricas deverá ser realizada o mais rapidamente possível de forma a garantir que não haja perturbação na resposta acomodativa bem como na visão binocular do paciente.[20]

Caso se observe um movimento “com”, são adicionadas lentes positivas, e trata-se de um atraso acomodativo. Caso o movimento do reflexo seja “contra”, utilizam-se lentes negativas, sendo um caso de adianto acomodativo. O valor do atraso acomodativo é o valor da lente que neutraliza o movimento do reflexo.

ii. Retinoscopia de *Nott*

Na retinoscopia de *Nott*, com o auxílio da régua de RAF (*Royal Air Force*), é colocado o optotipo a 40 cm do sujeito, que deverá estar a utilizar a sua melhor correção para visão de longe. O examinador posiciona o retinoscópio à mesma distância em que se encontra o objeto, observando o movimento da sombra. Caso observe um movimento com, deverá afastar o retinoscópio até que o movimento neutralize, caso o movimento observado seja “contra” deverá aproximar o retinoscópio[19]. Anota-se o valor da distância em que se neutralizou o movimento da franja. Para obter o valor da resposta acomodativa, deverá fazer-se o seguinte cálculo (fórmula 1):

$$\frac{1}{0,4 \text{ (distância da trabalho (m))}} - \frac{1}{\text{distância a que se neutralizou o movimento (m)}} \quad (1)$$

iii. Auto-refratômetro de campo aberto

A medição da resposta acomodativa com auto-refratômetros pode ser feita utilizando lentes negativas para induzir a acomodação ou esse estímulo pode ser feito colocando um objeto a determinada distância (dt) dos olhos do paciente.

Atchison *et al.*, [21] desenvolveram um conjunto de fórmulas que tem por objetivo auxiliar no cálculo da resposta acomodativa quando a medição com o auto-refratômetro é feita induzindo a acomodação através de uma lente negativa. Os autores referem-se à refração habitual do sujeito, como SR, *d* diz respeito à distância a que os óculos se encontram do apex da córnea do sujeito, / refere-se à distância a que se encontra um objeto em relação à lente usada para induzir a acomodação e R refere-se à leitura efetuada pelo auto-refratômetro.

O estímulo acomodativo é calculado através da fórmula 2:

$$\text{Estímulo acomodativo (EA)} = \frac{SR}{1 - d \times SR} - \frac{L + F}{1 - d(L + F)} \quad (2)$$

em que:

$$L = \frac{1}{l} \quad (3)$$

Já a resposta acomodativa é dada por:

$$\text{Resposta acomodativa(RA)} = \frac{SR}{1 - d \times SR} - \frac{R + F}{1 - d(R + F)} \quad (4)$$

Efetuada os cálculos acima descritos, obtém-se o atraso acomodativo através de:

$$AA = EA - RA \quad (5)$$

Existe também a possibilidade de realizar a medição do atraso acomodativo através do auto-refratômetro utilizando um optotipo em substituição da lente esférica negativa anteriormente referida. Para tal o optotipo é aproximado até à distância pretendida, de forma a induzir o estímulo acomodativo desejado. Neste caso o inverso da distância a que se encontra o optotipo diz respeito ao estímulo acomodativo (EA). Mede-se, através do auto-refratômetro a refração de longe do sujeito, depois coloca-se o objeto à distância a que se pretende estimular a acomodação e mede-se novamente a refração estando o paciente a acomodar como resposta ao estímulo colocado. A resposta acomodativa obtém-se fazendo a diferença entre a refração de longe em condições

normais e a refração quando o sujeito se encontra a acomodar. Por último, e para obter o atraso acomodativo, recorre-se à fórmula já enunciada acima: $AA=EA-RA$

iv. Cilindros cruzados fixos

Com o paciente a utilizar a melhor compensação refrativa obtida no exame subjetivo, são colocados os cilindros cruzados $\pm 0.50D$ em frente de cada olho do mesmo. É pedido ao paciente que visualize uma grelha, de alto contraste, colocada a 40cm na qual estão presentes linhas horizontais e verticais.

Com o paciente sempre a visualizar a grelha acima referida, questiona-se quais as linhas (verticais/horizontais) que este vê mais nítidas e, mediante a resposta obtida são adicionadas lentes esféricas. Se este referir ver as linhas horizontais mais nítidas são adicionadas lentes esféricas positivas, caso contrário as lentes a adicionar são lentes esféricas negativas. O exame termina assim que o paciente refira ver ambas as linhas igualmente nítidas e o valor do atraso acomodativo do paciente é o total das lentes esféricas adicionadas. [22]

2.3.2.1.1. Comparação de métodos para avaliação do atraso acomodativo

Del Pilar Cacho *et al.*, [19] realizaram um estudo que teve por objetivo fazer uma comparação entre dois métodos para avaliação do atraso acomodativo, nomeadamente a retinoscopia de MEM e a retinoscopia de Nott. Para o efeito recrutaram 50 sujeitos aos quais realizaram a medição do atraso acomodativo quatro vezes, sendo que os valores médios obtidos para o atraso acomodativo foram: MEM sobre a retinoscopia estática (0,94D), MEM sobre o exame subjetivo (0,735D), retinoscopia de Nott sobre a retinoscopia estática (0,529D) e por último a retinoscopia de Nott sobre o exame subjetivo (0,415D). Através dos resultados obtidos, os investigadores verificaram que, com a retinoscopia de MEM o atraso acomodativo apresenta valores mais altos.

Num outro estudo Rosenfield *et al.*[22], compararam diferentes métodos para avaliação do AA, sendo eles auto-refratómetro, cilindros cruzados fixos, retinoscopia de MEM e retinoscopia de Nott. Foi com os cilindros cruzados que obtiveram valores mais altos e por outro lado, foi através do auto-refratómetro que o atraso acomodativo tomou valores mais baixos.

2.3.3. Flexibilidade acomodativa

A flexibilidade acomodativa diz respeito à destreza com que o sistema acomodativo realiza alterações, conseguindo relaxar ou acomodar, quando as distâncias focais são alteradas. Pode ser medida monocular ou binocularmente.[23]

Quando se realiza a avaliação da flexibilidade acomodativa para visão de perto, está-se a medir o ritmo com que o cristalino consegue manter focada uma imagem que está colocada a 40cm. Para tal efeito utiliza-se lentes positivas, que têm como objetivo relaxar a acomodação alternadamente com lentes negativas, que irão induzir a acomodação. Habitualmente, e para este efeito, é utilizado um *flipper* que contém lentes positivas de +2.00D e lentes negativas de -2.00D. Para fazer a medição da flexibilidade acomodativa para visão de longe, o procedimento é o mesmo, mas alterna-se entre lente com potência neutra e lente esférica negativa de -2.00D. Mede-se o ritmo da flexibilidade, durante um minuto, sendo o resultado expresso em ciclos por minuto (cpm).

2.3.4. Valores médios dos parâmetros acomodativos

Os valores médios para os parâmetros acomodativos encontram-se apresentados na tabela que se segue (tabela 2).

Tabela2 . Valores médios para os parâmetros acomodativos [7]

	Média	Desvio padrão
Amac – método de <i>Sheard</i>	Menos 2D que <i>Donders</i>	$\pm 2D$
Amac – método de <i>Donders</i>	$18 - 0,30 \times \text{idade}$	
Atraso acomodativo - mem	+0.50D	$\pm 0.25D$
Atraso acomodativo – cilindros cruzados	+0.50D	$\pm 0.50D$
Flexibilidade acomodativa - monocular	11 cpm	$\pm 5 \text{ cpm}$
Flexibilidade acomodativa em vp - binocular	10 cpm	$\pm 5 \text{ cpm}$

2.4. Repetibilidade e reprodutibilidade

De forma a aumentar o grau de fiabilidade da medição e, consequentemente, do método utilizado, deve-se recorrer ao estudo da sua precisão. A precisão refere-se à proximidade dos valores obtidos em medições repetidas [24]. A variabilidade encontrada nas consecutivas medições depende de fatores como o observador, o instrumento usado e a sua calibração, o meio envolvente bem com o intervalo entre as sessões. Para um grau de precisão elevado, é imprescindível que haja uma boa reprodutibilidade e uma boa repetibilidade.

Repetibilidade diz respeito à realização de pelo menos duas medidas consecutivas do método a examinar [25], nas quais os fatores acima descritos se mantêm constantes [26], sendo, portanto, todas as medições efetuadas por um só observador, através do mesmo instrumento, mantendo todas as condições externas constantes. As diferenças nos resultados obtidas num estudo de repetibilidade, são resultado de variações do próprio método em estudo. [24], [25], ou seja, através do limite de repetibilidade é possível verificar se as alterações ocorridas em determinado parâmetro são reais ou se, simplesmente, são consequência do método que se está a utilizar.

Por outro lado, para estudar a reprodutibilidade é necessário obter várias medidas alterando pelo menos um dos fatores descritos acima. [24], [26] De entre vários métodos de medição da reprodutibilidade existem a reprodutibilidade inter-observadores, na qual existem dois ou mais observadores que vão executar medições através dos mesmos métodos, estando os restantes fatores mantidos constantes. Por outro lado, é também possível avaliar a reprodutibilidade apenas com um observador, alterando, por exemplo, o tempo entre sessões – reprodutibilidade inter-sessão, ou qualquer outro dos fatores descritos anteriormente.

Caso vários observadores utilizem o mesmo método para avaliar determinado parâmetro, através do estudo da reprodutibilidade, será possível verificar se, as diferenças obtidas entre-observadores, são de facto reais, ou se poderão ser causadas pela variação do observador. [25]

2.4.1. Repetibilidade e reprodutibilidade de métodos para avaliação da amplitude de acomodação

Ao longo dos anos, foram vários os estudos efetuados sobre a reprodutibilidade e a repetibilidade de exames para avaliação da amplitude de acomodação, que permitiram obter diversas conclusões.

O primeiro estudo encontrado foi publicado em 1996, cujos autores Mark Rosenfield e Andrea S. Cohen[27] referiram estudar a repetibilidade de três métodos para avaliação da amplitude de acomodação: método de Donders, push-down e método de Sheard. No entanto, o que realmente estudaram foi a reprodutibilidade inter-sessão, tendo em conta o tempo entre cada uma das sessões foi de pelo menos 24 horas, não sendo consideradas consecutivas as medições. O estudo contou com 13 participantes e, quanto à metodologia utilizada, os investigadores optaram por realizar 10 sessões a cada sujeito (em 5 sessões avaliaram método de *Donders* e *push-down*, e noutras 5 sessões avaliaram apenas através do método de *Sheard*). Os autores obtiveram graus de reprodutibilidade inter-sessão semelhantes, e concluíram que, era através do método de *Donders* que obtinham os valores mais altos para a amplitude de acomodação.

Dois anos depois, em 1998, foi publicado um artigo relativo a um estudo de Chen *et al.*, [28], que teve por objetivo estudar a repetibilidade do método *push-up* modificado (que pela descrição efetuada pelos autores o procedimento é o mesmo que para o método *push-down*). Para tal pediram aos participantes para comparecerem em duas sessões distintas, e, através dos resultados, concluíram que o método *push-up* modificado apresenta um bom grau de repetibilidade (a diferença média encontrada entre as duas sessões foi de 0,07D na avaliação monocular e 0,04D na avaliação binocular).

Num outro estudo, com o intuito de analisar a repetibilidade dos métodos de *Donders*, *push-down* e método de *Sheard*, Antona *et al.*, (2008) [29] realizaram uma experiência que contou com 61 participantes. Na realidade os autores estudaram a reprodutibilidade inter-sessão, uma vez que o tempo entre as medidas foi de pelo menos 24 horas, o que faz com que não sejam medidas consecutivas, estando envolvido o fator tempo e não somente a variabilidade do método em si. Os dados foram recolhidos em duas sessões distintas (separadas no mínimo por 24 horas) e cada método foi realizado por um observador em específico. Através dos resultados, verificaram que com o método de *Sheard*, o grau de reprodutibilidade inter-sessão é melhor (Coeficiente de repetibilidade – COR= 2,52D) e é com o método de *Donders* que a reprodutibilidade apresenta valores mais fracos (COR=4,76D).

Já em 2011, León *et al.*, [14] realizaram um estudo cujo objetivo foi avaliar a repetibilidade e reprodutibilidade de três métodos de medição da amplitude de acomodação, um deles objetivo, a retinoscopia dinâmica e dois subjetivos, *push-down* modificado (pois incluíram uma lente esférica de -4,00D para induzir a acomodação) e método de *Sheard*. Para estudar a

repetibilidade, contou com 76 sujeitos e apenas um observador, que fez medições em duas ocasiões, separadas por 1 semana. Tendo em conta o tempo entre as sessões, o que foi realmente estudado foi a reprodutibilidade inter-sessão. Para estudar a reprodutibilidade inter-observador, foram utilizados 79 sujeitos e dois observadores, que realizaram as medições com 30 minutos de intervalo entre eles. Através dos resultados, foi possível concluir que a retinoscopia dinâmica foi o método que apresentou melhor reprodutibilidade inter-sessão e reprodutibilidade inter-observadores ($\pm 0,61$ D e $\pm 0,80$ D, respetivamente), seguindo-se o método *push-down* modificado ($\pm 1,21$ D e $\pm 1,43$ D) e por fim o método de *Sheard* ($\pm 2,01$ D e $\pm 2,30$ D).

Num estudo mais recente, em 2019, Chen *et al.*, [30] estudaram a repetibilidade de dois métodos subjetivos para avaliação da amplitude de acomodação – Método de *Donders* (modificado, pois foi adicionada uma lente esférica de -4,00D à melhor compensação refrativa obtida no exame subjetivo do participante) e método de *Sheard*. Para tal recrutaram 47 participantes, aos quais realizaram as medições da amplitude de acomodação. Ambos os métodos (*Donders* (modificado) e *Sheard*) foram realizados até à primeira sensação de desfocado e até o participante referir que o objeto se encontra totalmente ilegível e, para todos eles foram realizadas 3 repetições. Foi com o método de *Sheard* (totalmente desfocado) que observaram uma melhor repetibilidade, que, fazendo os cálculos necessários resulta num limite de repetibilidade de $\pm 0,97$ D, e, com o mesmo método, mas parando na primeira sensação de desfocado, a repetibilidade foi de $\pm 0,56$ D (limite de repetibilidade = 1,55 D). Já com o método de *Donders* (modificado), a repetibilidade foi de $\pm 0,63$ D (limite de repetibilidade = $\pm 1,75$ D) quando o procedimento terminava assim que houvesse a primeira sensação de desfocado e, parando quando o objeto estive totalmente desfocado, a repetibilidade foi de $\pm 0,93$ D (limite de repetibilidade = $\pm 2,58$).

Por último, em 2020, também Weng *et al.*, [31] estudaram a repetibilidade de um método objetivo para avaliação da amplitude de acomodação, o auto-refratómetro TONOREF III. O estudo contou com 35 participantes, aos quais foram feitas duas medições da AmAc, intervaladas de 10 minutos. Através dos resultados, os investigadores concluíram que a repetibilidade deste instrumento foi de $\pm 0,23$ D.

2.4.2. Repetibilidade e reprodutibilidade métodos para avaliação do atraso acomodativo

Apesar de em menor quantidade, também existem estudos que têm como objetivo avaliar a repetibilidade de métodos de medição do atraso acomodativo,

Em 2003, McClelland e K. J. Saunders[17] realizaram um estudo cujo objetivo foi avaliar a variabilidade da retinoscopia de *Nott*. Os autores referem que estudaram a repetibilidade intra-observador, no entanto, o que eles efetivamente estudaram foi a reprodutibilidade inter-sessão, uma vez que recolheram dados em duas sessões distintas, intervaladas uma semana, o que não são consideradas medições consecutivas e já há ação do fator tempo. Para o estudo, os investigadores recrutaram 41 sujeitos e as medidas foram apenas recolhidas por um observador. O método utilizado foi a retinoscopia de *Nott* modificada pois, em vez de utilizarem uma distância de trabalho de 40cm, os investigadores optaram por utilizar três distâncias de trabalho distintas, nomeadamente 10, 16,7 e 25 cm (resultando num estímulo acomodativo de 10, 6 e 4D respetivamente). Através dos resultados obtidos, os investigadores concluíram que, para uma distância de trabalho de 10cm o coeficiente de reprodutibilidade inter-sessão foi de $\pm 1.34D$, para 16,7cm o coeficiente foi de $\pm 1,34D$ e por último, para 25 cm, o coeficiente tomou o valor de $\pm 0,56D$.

Num outro estudo realizado por Antona *et al.*, [18] foi feita uma averiguação da variabilidade de métodos para avaliação do atraso acomodativo. Os autores referem que avaliaram a repetibilidade, no entanto, o que realmente foi avaliado foi a reprodutibilidade inter-sessão, uma vez que as medições não foram consecutivas, havendo influência do fator tempo sobre os valores obtidos. Os métodos presentes neste estudo foram: retinoscopia de *Nott*, retinoscopia de MEM, cilindros cruzados fixos e auto-refratómetro. O estudo contou com 61 participantes e foi feita uma medição do atraso acomodativo através de cada método em cada uma das duas sessões (intervalo entre elas foi no mínimo 24 horas e no máximo 10 dias). Para cada método havia um examinador em específico, ou seja, 4 examinadores no total. Através dos resultados, os investigadores concluíram que o método que apresenta uma melhor reprodutibilidade é a retinoscopia de Nott ($COR=\pm 0,66D$), seguindo-se os cilindros cruzados fixos ($COR= \pm 0,75D$), retinoscopia de MEM ($COR=\pm 0,98D$) e Auto-refratómetro ($COR=\pm 1,00$)

Capítulo 3

Materiais e métodos

Capítulo 3: Materiais e métodos

O capítulo que se segue é composto por cinco partes, algumas das quais se encontram divididas em diferentes tópicos.

Na primeira parte será referido qual o tipo de estudo de que se trata a presente dissertação, em segundo lugar será feita uma detalhada descrição da amostra e de seguida será feita a enumeração do material utilizado durante a recolha de dados. Chegando à parte quatro do presente capítulo, iremos abordar o procedimento experimental, dividindo esta parte em diferentes tópicos, sendo eles a descrição detalhada do exame optométrico, ao relato de como foi aferido o estado refrativo de todos os participantes, a demonstração da metodologia utilizada para avaliar, tanto a visão binocular como os parâmetros acomodativos. Por fim, ainda no mesmo capítulo, irá ser feita uma descrição minuciosa dos métodos em estudo, quer para avaliação da amplitude de acomodação – Método de *Sheard* e Método de *Donders*, como para a avaliação do atraso acomodativo – MEM e Cilindros Cruzados Fixos.

Este capítulo irá ser encerrado com a apresentação da análise estatística dos dados obtidos durante a recolha.

3.1. Tipo de estudo

Este é estudo prospetivo, observacional, mais concretamente transversal, uma vez que os dados foram recolhidos em dois momentos temporais distintos. Trata-se de um estudo experimental, o qual teve como objetivo estudar diferentes métodos para medir dois parâmetros acomodativos nomeadamente, a amplitude de acomodação e atraso acomodativo.

A recolha de dados decorreu no Laboratório de Investigação em Ótica da Visão e Instrumentação Oftálmica do Centro de Física, da Universidade do Minho na cidade de Braga. É de extrema importância informar que o protocolo do estudo foi aprovado pela Subcomissão de Ética para as Ciências da Vida e da Saúde da Universidade do Minho.

Acrescenta-se ainda que, a todos os participantes, antes de qualquer envolvimento no estudo, foi fornecido um consentimento informado (Anexo 1) que respeita as normas da Declaração de Helsínquia, no qual consta a informação relativa ao estudo, nomeadamente o título, o objetivo, procedimento, condições e financiamento e confidencialidade e anonimato, que será devidamente assinado e datado pelo investigador e respetivos participantes.

Aquando da assinatura do consentimento informado, foram também esclarecidas todas as dúvidas que poderiam surgir e foi também dito ao participante que, a qualquer momento, podia recusar-se a participar, sem qualquer tipo de consequências. Para todos os participantes pertencentes ao estudo, o consentimento informado foi devidamente assinado pelo investigador e pelos mesmos.

3.2. Tamanho e caracterização da amostra

Como referido anteriormente, para a realização do presente estudo, foi necessário recrutar sujeitos que foram alunos desta mesma instituição de ensino, Universidade do Minho – Campus de Gualtar, Braga.

De forma a efetuar o cálculo da amostra, teve-se como ponto de partida o artigo publicado por McAlinden *et al.*[24], em 2015 no conceituado jornal *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. Não desvalorizando a restante informação presente em todo o artigo, para o cálculo da amostra foi utilizada uma equação presente nesta mesma publicação, equação essa que será a seguir enunciada (6):

$$\frac{1.96}{\sqrt{2n(n' - 1)}} = \text{grau de incerteza} \quad (6)$$

Na equação 6, estão presentes 3 incógnitas, sendo elas o n que será então o número de sujeitos necessários para o estudo, o n' diz respeito ao número de repetições efetuadas para o estudo da repetibilidade, que foi previamente estabelecido em quatro repetições consecutivas, de forma a evitar que o número de repetições pudesses comprometer os resultados devido a um possível efeito de aprendizagem (“treino”) e também para se chegar a um número razoável de participantes. Por fim, também presente na equação existe também o grau de incerteza – *confidence in the estimate*, que ficou estabelecido como 15%. Assim, foi com base nesta equação que se efetuaram os cálculos, chegando-se então ao tamanho da amostra, 28 participantes.

Como referido anteriormente, o estudo contou com 28 participantes, 21 do sexo feminino e 7 do sexo masculino, cujas idades estavam compreendidas entre 18 anos e os 27 anos, sendo que a média amostral correspondente foi de $21,071 \pm 2,31$ anos. Relativamente ao estado refrativo dos participantes, foi possível auferir que o EE médio foi de $-0.77 \pm 1.34D$ e $-1.15 \pm 1.59D$, para o OD e OE, respetivamente.

A colaboração de todos os participantes foi voluntária.

3.3. Material

Para a realização da recolha de dados, foram necessários os instrumentos base de uma consulta de optometria, nomeadamente o optotipo de *Snellen*, o foróptero, com respetivo suporte e optotipo de VP, armação de prova e lentes soltas, retinoscópio com o optotipo próprio para realizar a retinoscopia de MEM e por fim a régua de RAF (*Royal Air Force*) com suporte próprio para colocar o optotipo para realizar o método de *Donders*.

Ainda no seguimento dos materiais, foi também utilizado um luxímetro (Illuminance meter T-10; Konica Minolta Sensing Inc., Japan), para obter os valores de iluminância nas diferentes condições de iluminação para os diferentes métodos de avaliação da acomodação ocular, de forma a garantir que a questão da iluminação não produzia qualquer influência indesejada na recolha de dados.

3.4. Procedimento experimental

O estudo contou com duas fases (sessões) distintas, as quais serão devidamente explicadas de seguida.

Numa primeira fase, foi feita uma consulta de optometria completa, de forma a auferir o estado refrativo dos participantes, bem como avaliar quais dos participantes estavam aptos para seguir no estudo, tendo em conta os critérios de seleção, que irão ser referidos no ponto 3.4.3. Ainda nesta mesma, aos sujeitos que cumpriam com os critérios de inclusão, sessão foi feito o estudo da repetibilidade. Com esse fim, foram feitas quatro medições consecutivas (com um minuto de intervalo entre elas) dos quatro métodos que fazem parte do estudo – MEM, Cilindros Cruzados Fixos, Método de *Sheard* e Método de *Donders*. As medidas foram realizadas pelo mesmo observador e apenas foram registados os valores correspondentes ao olho direito. Tendo em conta que a avaliação da amplitude de acomodação é um momento que exige mais esforço por parte do paciente, os dois métodos para este fim foram os últimos a ser realizados, de forma a não provocar cansaço extremo e consequentemente distorção dos resultados. Posto isto, foram estabelecidas duas ordens possíveis para a realização dos diferentes exames, pelo que os participantes foram distribuídos aleatoriamente, resultando na tabela que consta no Anexo 2.

Na segunda e última sessão, foi feito o estudo da reprodutibilidade. Para o estudo da reprodutibilidade inter-sessão, o observador 1 (observador que realizou a primeira consulta, bem como é responsável pelo estudo da repetibilidade) fez a medição dos quatro métodos em estudo

somente uma vez, registrando apenas os valores correspondentes ao OD. Posteriormente os valores obtidos serão então comparados aos valores obtidos pelo mesmo observador na primeira sessão. Ainda na mesma sessão foi feito o estudo da reprodutibilidade inter-observadores, para tal foram recolhidos dados, dos quatro métodos em estudo, por dois observadores diferentes. De forma a não haver qualquer influência nos resultados por parte dos observadores, foi estipulada uma ordem pela qual os observadores iniciavam a recolha de dados, presente no Anexo 3. Os resultados obtidos só foram partilhados assim que os dois observadores tivessem terminado a recolha de dados.

Para não haver influencia nos dados, resultante do cansaço e habituação por parte do participante, foi estipulado um tempo de 10 min entre observadores, para que a acomodação ocular voltasse ao estado inicial. Durante estes 10 min, foi pedido ao participante que não realizasse tarefas em VP. Foi ainda tido em atenção, por parte dos observadores, a questão da iluminação na realização de cada método, bem como a DIP de VP de cada participante e o valor do subjetivo obtido na primeira sessão

3.4.1. Exame Optométrico

A recolha de dados teve como ponto de partida a realização de uma consulta de optometria base, na qual foi estabelecida a acuidade visual atual do participante, foi também avaliado o estado refrativo do participante, bem como a sua visão binocular e respetivos parâmetros acomodativos.

Para avaliação da acuidade visual do participante, foi tido em conta a graduação que habitualmente utiliza ou então, nos casos em que não utiliza qualquer tipo de compensação, foi medida a acuidade visual sem compensação. Foi medida a AV de longe monocular e binocular, através do optotipo de *Snellen* a uma distância de 6 metros do observador.

3.4.1.1. Avaliação do estado refrativo

Após isto, foi então medido o estado refrativo do participante. Para isto foi utilizado o método objetivo da retinoscopia estática seguido do método subjetivo para realizar os ajustes necessários.

Para a realização do exame subjetivo foi tido como ponto de partida o valor neto obtido durante a realização da retinoscopia estática e foi realizado em três fases distintas: monocular, biocular e binocular. Durante a fase monocular e através do método da miopização foi determinada a potência esférica e a potência cilíndrica, que permitia ao participante atingir uma AV de 1.0.

Para refinar o eixo, bem como a potência do cilindro, foram utilizados os Cilindros Cruzados de Jackson $\pm 0,25D$. Realizou-se este procedimento para ambos os olhos.

De seguida passou-se para a fase biocular, cujo objetivo é igualar o estímulo acomodativo dos dois olhos, através da dissociação das imagens de cada olho com $3\Delta BS$ no OD e $3\Delta BI$ no OE, sendo que esta fase do exame subjetivo terminaria assim que se igualasse a nitidez em ambas as imagens, fazendo ajustes na potência esférica de cada olho.

Para terminar o exame subjetivo, foi então realizada a fase binocular, na qual se miopizou AO dos participantes, diminuindo em passos de $-0,25D$ até que este conseguisse ver a linha de AV 1.0 de forma nítida.

Por fim registou-se o valor da melhor compensação refrativa do participante e mediu-se novamente a acuidade visual monocular e binocular do participante.

3.4.1.2. Avaliação da visão binocular

Para fazer a avaliação do estado da visão binocular dos participantes foi utilizado o método de *Von Graefe*, método que através da dissociação por prismas é utilizado para medir heteroforias de perto e de longe. Posteriormente, foram medidas as reservas fusionalis, com o intuito de verificar se, no caso de existir alguma heteroforia, saber se esta se encontra compensada ou não.

Para a realização do método *Von Graefe*, foi necessário o foróptero e os optotipos (VL e VP). O exame foi realizado colocando a melhor compensação refrativa obtida no exame subjetivo.

Para a medição das forias horizontais, foi isolada uma coluna de letras e, usando os prismas de *Risley*, colocou-se $12\Delta BN$ no OD e $6\Delta BS$ no OE, desocluíram-se AO dos participantes e certificou-se que estes viam duas imagens. Após explicar o objetivo do teste ao participante, diminuiu-se a quantidade de prismas no OD até que o participante dissesse que as colunas se encontravam alinhadas. Para a medição das forias verticais, realizou-se o mesmo procedimento, só que desta vez foi usada uma linha de letras e diminuíram-se os prismas no OE até as linhas estarem alinhadas. Registou-se o valor quer para as forias horizontais como para as forias verticais.

Após ser realizada a medição das heteroforias em VL, deu-se início à medição das reservas fusionalis.

Na medição das reservas fusionalis horizontais, foram colocados os prismas de *Risley* (prismas na horizontal) em zero. Aumentou-se a quantidade de prismas ΔBT , pedindo ao

participante que dissesse quando visse desfocado pela primeira vez. Após isso continuou-se a aumentar a quantidade de prismas até este referir ver duas colunas, por fim, diminui-se a quantidade de prismas até o participante dizer que já estava a ver apenas uma coluna. Repetiu-se exatamente o mesmo procedimento, mas utilizando Δ BN e registaram-se os valores obtidos na seguinte forma: desfocagem/rutura/recuperação.

Na medição das reservas fusionais verticais, colocou-se um prisma vertical em frente de um olho e aumentou-se o valor do prisma até o participante referir ver duas linhas, após isso diminui-se a quantidade de prismas até ver novamente apenas uma linha. Registou-se o valor para a supravergência e infravergência.

Repetiram-se os mesmos procedimentos para VP, tendo em especial atenção ao ajuste da DIP para VP, ajustando-se também a questão da iluminação (luzes da coluna ligadas no máximo).

3.4.1.3. Avaliação dos parâmetros acomodativos

Para avaliação da componente acomodativa dos participantes foram utilizados diferentes métodos, sendo eles: ARN, ARP, flexibilidade acomodativa, método de Sheard, método de Donders, retinoscopia de MEM e cilindros cruzados fixos.

Iniciou-se a avaliação dos parâmetros acomodativos com a medição da acomodação relativa positiva (ARP) e acomodação relativa negativa (ARN). Para a realização destes métodos, ajustou-se o foróptero para a DIP de VIP e colocou-se o valor obtido através do exame subjetivo, com AO desocluídos. Pediu-se aos participantes para olharem para a linha de AV inferior à AV máxima. Para a realização da ARP, adicionaram-se binocularmente lentes negativas em passos de -0.25D até que o paciente visse consistentemente desfocado, o valor total das lentes negativas adicionadas foi a ARP. Para avaliação da ARN, o procedimento foi exatamente o mesmo, só que foram adicionadas binocularmente lentes positivas em passos de +0.25D, parando assim que o participante visse desfocado. Registou-se o valor obtido para ambas as situações.

De seguida passou-se para a avaliação da flexibilidade acomodativa em VP, monocular e binocular. Para a realização deste método, utilizou-se a armação de prova, colocando a melhor compensação refrativa obtida no exame subjetivo, oclutor e lentes soltas +2.00/-2.00. Começou-se por medir monocularmente, ocluindo o OE, colocou-se uma lente em frente ao OD e ia-se alternando com a outra lente assim que o participante dissesse que estava a ver nítido. Repetiu-

se o procedimento durante 1 min, registrando no fim a quantidade de ciclos (cpm) obtidos. Realizou-se o mesmo procedimento para o OE (ocludindo o OD) e binocularmente.

3.4.2. Métodos em estudo

Após a avaliação das componentes anteriormente referidas, passou-se então para a avaliação da repetibilidade, tal como referido no ponto 4, utilizando os métodos em estudo, quer para a avaliação da amplitude de acomodação (método de *Sheard* e método de *Donders*) como para a avaliação do atraso acomodativa (retinoscopia de MEM e cilindros cruzados fixos).

3.4.2.1. Métodos em estudo para avaliação da Amplitude de Acomodação

Como referido anteriormente, de entre todos os métodos em estudo, os que são utilizados para medir a amplitude de acomodação foram deixados para último, uma vez que a medição deste parâmetro acomodativo é algo que implica uma grande concentração e em muitos casos resulta em cansaço, uma vez que ao realizá-los, estamos a levar a acomodação do participante ao limite. Tomar a decisão e avaliar a amplitude de acomodação em último lugar, fez com que os resultados obtidos nos restantes exames, não fossem afetados pela realização desta medida. A amplitude de acomodação foi medida através de dois métodos distintos, sendo eles o Método de *Sheard* e o Método de *Donders*.

i. Método de *Sheard*

Para a realização do Método de *Sheard*, foi utilizado o foróptero bem como o suporte de VP e respetivo optotipo, colocado a 40cm. Antes de realizar as medições, teve-se em atenção a colocação da DIP de VP, bem como o ajuste da iluminação, estando a luz da sala ligada e a luz da coluna ambas ligadas no máximo, resultando num valor de 300 lux. O exame foi realizado sobre o valor obtido no exame subjetivo. Este método foi realizado apenas para o OD, mantendo o OE sempre ocluído.

Pediu-se ao participante para conduzir a sua atenção para a linha de AV inferior à AV máxima. Aumentou-se, lentamente (cerca de 1 segundo por lente) em passos de -0.25D as lentes negativas, até o participante referir que a linha para a qual estava a olhar se encontrava totalmente desfocada. Atingindo o ponto de desfocagem, registou-se o valor das lentes negativas adicionadas.

Para obter o valor da AmAc do participante, utilizou-se a fórmula 7:

$$AmAc = |L(-)| + 2.5D \quad (7)$$

na fórmula acima citada, AmAc é o valor da amplitude de acomodação que se pretende calcular, L(-) diz respeito ao total de lentes negativas adicionadas ao realizar a medição e adiciona-se +2,5D uma vez que este é o valor equivalente ao estímulo relativo à distância a que o optotipo se encontrava, 40cm.

ii. Método de *Donders*

Para a realização do método de *Donders*, o material necessário foi: armação de prova, lentes soltas, oclutor, régua de RAF e respetivo optotipo.

Antes de se iniciar todo o procedimento, teve-se em atenção às condições de iluminação, sendo que, tal como aconteceu para o método de *Sheard*, também no método de *Donders* se utilizou a luz da sala e a luz da coluna, ambas ligadas no máximo. Quando medido com o luxímetro, obteve-se o valor de 300 lux para estas condições. Foi colocado o valor obtido no subjetivo de cada participante na armação de prova, com auxílio das lentes soltas e ajustou-se a DIP para VP. Uma vez que apenas era necessário o valor obtido para o OD, realizou-se apenas para este mesmo olho, ocluindo o OE.

Relativamente ao procedimento, foi pedido aos participantes que encostassem a régua de RAF na ponta do nariz, para que esta ficasse posicionada horizontalmente, pedindo ao participante que a segurasse. Após explicar o objetivo do teste, pediu-se ao participante que aproximasse o optotipo, desde os 40 cm, que foi o ponto de partida, parando assim que a linha de letras de AV máxima estivesse completamente desfocada. Registou-se a distância indicada na régua.

Para obter o valor da AmAc dos participantes, utilizou-se a seguinte equação:

$$AmAc = \frac{1}{distância (m)} \quad (8)$$

na equação 8, AmAc diz respeito à amplitude de acomodação que se pretende calcular e a distância, é o valor que se encontrava indicado na régua de RAF, convertido de centímetros para metros.

3.4.2.2. Métodos em estudo para avaliação do Atraso Acomodativo

A avaliação do atraso acomodativo foi feita através de dois métodos, sendo eles a retinoscopia de MEM e os cilindros cruzados fixos. Em ambos os casos, apesar de ambos os olhos estarem desocluídos, apenas foram registados os valores relativos ao OD.

i. Retinoscopia de MEM

O material necessário para a realização da retinoscopia de MEM foi o retinoscópio e o respetivo optotipo fixado, lentes soltas e armação de prova.

Começou-se por colocar o valor da melhor compensação refrativa obtida no exame subjetivo na armação de prova, através das lentes soltas disponíveis. Ajustou-se a DIP para VP e ajustou-se também a luminosidade. Para a retinoscopia de MEM, a luz da sala encontrava-se desligada e a luz da coluna encontrava-se no mínimo, resultando em 17 lux.

O exame foi realizado à distância de 40 cm e pediu-se ao participante que lesse o texto do optotipo que se encontrava colado ao retinoscópio e que, em momento algum, desvia-se a sua atenção do mesmo. Foram colocadas lentes soltas em frente ao olho que estava a ser avaliado (OD) com o objetivo de neutralizar o movimento da franja. Usou-se o espelho plano do retinoscópio e, posto isto, se o movimento da franja refletida acompanhava o movimento da franja do retinoscópio (movimento com) teriam de ser usadas lentes esféricas positivas, caso contrário, e o movimento da franja refletida fosse no sentido oposto ao movimento da franja do retinoscópio (movimento contra) as lentes usadas teriam de ser esféricas negativas. As lentes usadas eram colocadas em frente do olho, cerca de 1 s por lente, até se encontrar aquela que neutralizava o movimento da franja. Registou-se o valor da lente de neutralização como sendo o valor do atraso acomodativo.

ii. Cilindros cruzados fixos (Cx)

Apesar dos métodos em estudo serem apenas realizados para o OD, este método em específico, cilindros cruzados fixos (Cx) realizou-se através de duas fases, uma biocular e uma binocular, registando-se no fim apenas o valor obtido para o OD.

Para a realização do método dos cilindros cruzados fixos utilizou-se o foróptero e respetivo optotipo de VP (grelha), colocado a uma distância de 40cm e os prismas de *Ris/ey*. Colocou-se o valor o da refração obtido no exame subjetivo de VL no foróptero e ajustou-se a DIP para VP.

Quanto à questão da iluminação, durante toda a realização deste método, a luz da sala encontrava-se desligada e a luz da coluna estava com o mínimo de intensidade, resultando assim numa iluminação de 7lux a incidir no optotipo.

Iniciou-se a realização do método através da fase biocular e para isso, colocou-se 3ΔBS no OD e 3ΔBI no OE, informando o participante que, após ambos os olhos serem desocuídos este iria ver duas grelhas, uma mais em cima do que a outra. Após isso explicou-se então ao participante que o objetivo do estudo seria igualar a nitidez das linhas verticais e horizontais de cada uma das imagens. Questionou-se quais as linhas (verticais/horizontais) estavam mais nítidas na imagem mais acima, caso o participante referisse que eram as horizontais, adicionavam-se lentes de +0.25D no OE até a nitidez igualar, caso fossem as verticais, o ajuste seria feito com lentes de -0.25D e caso o paciente dissesse que não havia qualquer tipo de diferença de nitidez entre as linhas, não seria feito qualquer tipo de ajuste. Repetiu-se o mesmo procedimento, mas referindo a imagem que se encontra mais em baixo, fazendo os ajustes necessários no OD.

Terminada a fase biocular, seguiu-se a fase binocular, para a qual se retiravam os prismas de *Risley* colocados, garantindo que o participante se encontrava a ver apenas uma grelha. Questionou-se outra vez o participante se havia diferença de nitidez entre as linhas e, mediante a resposta, faziam-se os ajustes necessários, tal e qual como se fez durante a fase biocular.

Igualando a nitidez entre as linhas verticais e horizontais, registou-se o valor das lentes adicionadas no OD como sendo o valor do atraso acomodativo

3.4.3. Critérios de seleção

Para participarem no estudo, os participantes tiveram de cumprir com determinados requisitos, o que seria comprovado através do exame completo realizado numa primeira fase. Selecionou-se para o estudo sujeitos com menos de 35 anos, com ametropias cujo equivalente esférico estivesse entre +1.50D e -4D. Garantiu-se que a acuidade visual em visão de longe com a melhor correção fosse igual ou superior a 9/10 quer monocularmente (para o OD e OE) como binocularmente.

Não foram incluídos sujeitos com patologias oculares ou disfunções acomodativas.

3.5. Análise estatística

Para realizar a análise estatística, foi utilizado o software de estatística IBM SPSS

Statistics Versão 20.

Para fazer a análise da repetibilidade e/ou da reprodutibilidade, foram tidas em conta as medições efetuadas e, posteriormente, foi feita uma análise de variância – ANOVA, com o objetivo de calcular a média dos quadrados entre grupos, para posteriormente se calcular, através da raiz quadrada a repetibilidade (ou reprodutibilidade) e também o limite de repetibilidade (ou limite de reprodutibilidade), assumindo um grau de incerteza de 5%, que foi calculado através da seguinte fórmula:

$$1,96 \sqrt{2} \times \text{Repetibilidade (ou reprodutibilidade)}$$

Capítulo 4

Resultados

Capítulo 4: Resultados

4.1 Caracterização da amostra

O presente estudo contou com 28 participantes, dos quais 25% eram do sexo masculino e 75% do sexo feminino. A idade média dos participantes foi de $21,07 \pm 2,31$ anos (média $\pm$ desvio padrão), sendo 27 anos a idade máxima e 18 anos a idade mínima. A distribuição das idades dos participantes encontra-se representada no gráfico 1.

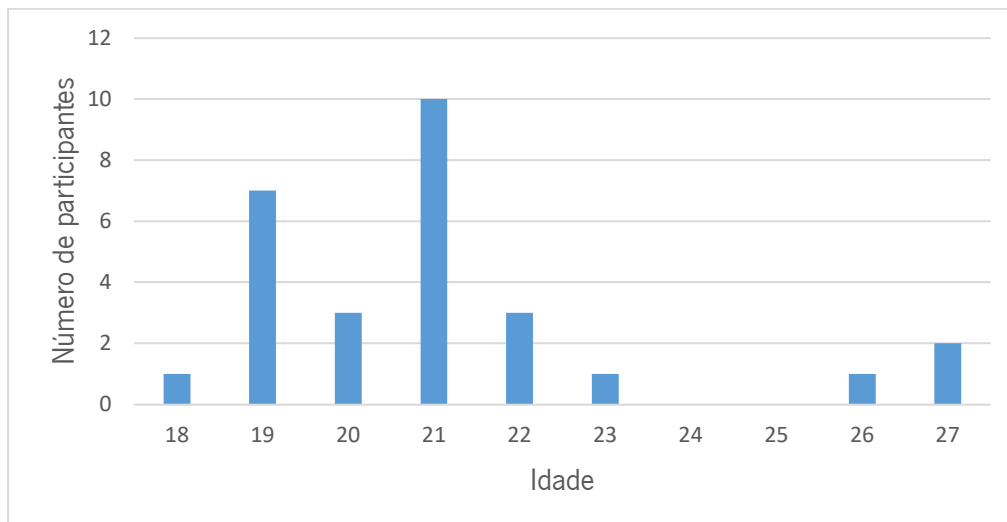


Gráfico 1: distribuição da idade os participantes

Relativamente ao erro refrativo dos participantes, optou-se por transformar o valor da componente esférica e da componente cilíndrica no equivalente esférico (EE) [32], cuja fórmula se encontra exposta de seguida:

$$EE = \text{esfera} + \frac{\text{cilindro}}{2} \quad (9)$$

Foram considerados emétopes, aqueles cujo EE se encontrava entre -0,50D e +0,50D, exclusive. Posto isto, míopes são aqueles cujo EE é igual ou inferior a -0,50D e hipermetropes igual ou superior a +0,50D. Apesar de só serem utilizados os valores dos olhos direitos dos participantes para avaliação da precisão, na tabela 3 encontram-se os valores médios das ametropias tendo em conta ambos os olhos dos participantes.

Tabela 3: Valores médios e desvio padrão de cada ametropia encontrada na amostra

	Olho direito		Olho esquerdo	
	N	Média $\pm$ desvio padrão	N	Média $\pm$ desvio padrão
Emetropes	9	+0,11 $\pm$ 0,23D	6	-0,10 $\pm$ 0,22D
Míopes	17	-1,85 $\pm$ 1,06D	18	-1,91 $\pm$ 1,45D
Hipermetropes	2	+0,82 $\pm$ 0,44D	4	+0,72 $\pm$ 0,12D

4.2. Resultados dos parâmetros acomodativos

No que diz respeito ao valor dos parâmetros acomodativos dos participantes, teve-se em conta todas as medições efetuadas, quer na primeira, como na segunda sessão.

Na primeira sessão, tal como referido no capítulo anterior, foi feito o estudo da repetibilidade e para isso foram feitas 4 medições consecutivas e as médias ($\pm$ desvio padrão), expressas em dioptrias (D) relativas aos métodos em estudo encontram-se retratadas na tabela que se segue (tabela 4).

Tabela 4: médias ($\pm$ desvio padrão) expressas em dioptrias, obtidas em cada uma das medições da primeira sessão, relativamente aos métodos em estudo

		Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4
AmAc (D)	Método de <i>Sheard</i>	10,05 ($\pm$ 1,22)	10,12 ($\pm$ 1,18)	10,24 ($\pm$ 1,3)	10,13 ($\pm$ 1,11)
	Método de <i>Donders</i>	15,40 ($\pm$ 2,11)	15,53 ($\pm$ 2,32)	15,32 ($\pm$ 2,4)	14,99 ($\pm$ 2,44)
	Retinoscopia de MEM	+0,38 ($\pm$ 0,24)	+0,46 ($\pm$ 0,27)	+0,46 ($\pm$ 0,28)	+0,43 ($\pm$ 0,23)
	Cilindros cruzados fixos	+0,27 ($\pm$ 0,30)	+0,19 ($\pm$ 0,32)	+0,20 ($\pm$ 0,30)	+0,13 ($\pm$ 0,25)

Através da visualização dos valores apresentados na Tabela 4, é possível verificar que a amplitude de acomodação apresentou valores mais altos quando medida com o método de *Donders*, quando comparado com o método de *Sheard*.

Relativamente à medição do atraso acomodativo e, tendo em conta os valores obtidos na primeira sessão, é possível verificar que, medindo com o método da retinoscopia de MEM os valores do atraso acomodativo são ligeiramente mais positivos.

Ao longo de toda a recolha de dados, o valor máximo obtido através do método de *Sheard* foi de 12,5D e o mínimo 7,25D. Por outro lado, com o método de *Donders*, a amplitude de

acomodação máxima medida foi de 20,4D e a mínima de 7,69D. No caso dos métodos para avaliação do atraso acomodativo, com a retinoscopia de MEM, o valor máximo obtido foi de um atraso de +1D e o valor mínimo diz respeito a um adianto acomodativo de valor -0,50D. No que diz respeito ao método dos cilindros cruzados fixos, o valor máximo obtido foi de +1,0D e o mínimo de -0,75D.

4.3. Repetibilidade

Todos os dados, assim que recolhidos, foram introduzidos numa base de dados em Excel e, com o objetivo de realizar uma análise estatística mais profunda, os dados foram posteriormente exportados para o SPSS (IBM SPSS *Statistics* para Windows, Versão 20.0).

Para fazer a análise da repetibilidade, foram tidas em conta as quatro medições efetuadas na primeira sessão e foi feita uma análise de variância – ANOVA, com o objetivo de calcular a média dos quadrados entre grupos, para posteriormente se calcular, através da raiz quadrada a repetibilidade e também o limite de repetibilidade, assumindo um grau de incerteza de 5%, que foi calculado através da seguinte fórmula $1.96\sqrt{2 \times \text{repetibilidade}}$. [24]

Os resultados obtidos para os valores da repetibilidade e para o limite de repetibilidade para os quatro métodos em estudo encontram-se expostos na Tabela 5.

Tabela 5: Repetibilidade (D) e limite de repetibilidade (D) dos diferentes métodos em estudo

	Repetibilidade (D)	Limite de repetibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,41	1,14
Método de <i>Donders</i>	0,81	2,26
Retinoscopia de MEM	0,13	0,35
Cilindros cruzados fixos	0,14	0,39

Explorando os valores contidos na Tabela 5, é possível deduzir que, na medição da amplitude de acomodação, foi com o método de *Sheard* que se obteve um limite de repetibilidade inferior ($\pm 1,14D$), uma vez que, com o método de *Donders* o limite de repetibilidade tomou o valor de $\pm 2,26D$. Tendo em conta agora os valores relativos aos métodos de avaliação do atraso acomodativo, é evidente que a diferença entre ambos não é tão acentuada quando contrastada com a diferença entre os métodos de avaliação da amplitude de acomodação, ainda assim é possível referir que, através do método da retinoscopia de MEM, o limite de repetibilidade é menor

($\pm 0,35D$), sendo que com o método dos cilindros cruzados fixos o limite de repetibilidade foi de $+0,39D$.

4.3.1. Repetibilidade tendo em conta o erro refrativo

De forma a averiguar se a precisão dos métodos é também influenciada pela ametropia, foi estudada a repetibilidade tendo em conta a ametropia dos participantes. É de salientar que para todas as análises estatísticas do estudo se tiveram em conta apenas os valores obtidos para os olhos direitos dos participantes, pelo que se contou com um total de 9 emetropes, 17 míopes e 2 hipermetropes, o que se verifica através da Tabela 3.

Nas tabelas que se seguem, são apresentados os valores obtidos para a repetibilidade e para o limite de repetibilidade dos métodos em estudo para míopes (tabela 6), para emetropes (tabela 7) e por último para hipermetropes (tabela 8).

Tabela 6 :Repetibilidade (D) e limite de repetibilidade (D) dos diferentes métodos em estudo para míopes

Míopes (n=17)		
	Repetibilidade (D)	Limite de Repetibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,47	1,29
Método de <i>Donders</i>	0,84	2,32
Retinoscopia de MEM	0,11	0,32
Cilindros cruzados fixos	0,14	0,40

Tabela 7 :Repetibilidade (D) e limite de repetibilidade (D) dos diferentes métodos em estudo para emetropes

Emetropes (n=9)		
	Repetibilidade (D)	Limite de Repetibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,29	0,80
Método de <i>Donders</i>	0,82	2,26
Retinoscopia de MEM	0,15	0,41
Cilindros cruzados fixos	0,14	0,38

Tabela 8 :Repetibilidade (D) e limite de repetibilidade (D) dos diferentes métodos em estudo para hipermetropes

Hipermetropes (n=2)		
	Repetibilidade (D)	Limite de Repetibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,40	1,11
Método de <i>Donders</i>	0,54	1,48
Retinoscopia de MEM	0,13	0,37
Cilindros cruzados fixos	0,13	0,35

Através dos resultados obtidos, que estão presentes nas tabelas 6, 7 e 8 é possível verificar que o limite de repetibilidade é influenciado pelo tipo de ametropia em questão. No que diz respeito à medição da amplitude de acomodação em míopes (tabela 6), é possível verificar que o método de *Sheard* apresenta um melhor limite de repetibilidade ($\pm 1,29D$), tendo em conta que apresenta um menor valor que o método de *Donders*. No que concerne à avaliação do atraso acomodativo, o método da retinoscopia de MEM foi o que apresentou um limite de repetibilidade melhor ($\pm 0,32D$).

Considerando agora os valores da tabela 7 e no que concerne aos valores dos métodos para avaliação da amplitude de acomodação, é notada uma grande diferença ao nível do limite de repetibilidade, sendo que com o método de *Sheard* ($\pm 0,80D$), o limite de repetibilidade foi melhor quando comparado com o método de *Donders* (limite de repetibilidade= $\pm 2,26D$). Quanto aos métodos para avaliação do atraso acomodativo em emetropes, a diferença do limite de repetibilidade entre ambos não foi tão acentuada, mas ainda assim foi possível verificar que, ao contrário do que acontece no caso dos míopes, com o método dos cilindros cruzados foi melhor ($\pm 0,38D$) do que com o método da retinoscopia de MEM ($\pm 0,41$).

No que diz respeito aos valores obtidos com os quatro métodos do estudo em hipermetropes (tabela 8), é importante referir que a amostra que lhes deu origem é constituída unicamente por dois sujeitos, pelo que qualquer dedução efetuada tendo por base estes resultados, poderá ser precipitada. Ainda assim, pelos dados recolhidos e depois da análise estatística feita foi possível verificar que, no que toca à medição da amplitude de acomodação, o método com que se obteve um melhor limite de repetibilidade foi com o método de *Sheard* ($\pm 1,11D$) uma vez que foi com este método que o limite de repetibilidade tomou um menor valor, enquanto, na medição do atraso acomodativo o melhor método foi o dos cilindros cruzados ($\pm 0,35D$).

4.4. Reprodutibilidade

Para o estudo da reprodutibilidade, a análise estatística foi feita da mesma forma que para a repetibilidade, no entanto os dados utilizados foram diferentes. No estudo da reprodutibilidade inter-sessão, foram utilizados os dados da primeira repetição relativos à primeira sessão e também os dados obtidos pelo mesmo observador (observador 1) na segunda sessão. Já para a reprodutibilidade inter-observadores, foram utilizados os dados recolhidos pelos dois observadores na segunda sessão.

4.4.1. Reprodutibilidade inter-sessão

Como referido anteriormente, para fazer a avaliação da reprodutibilidade inter-sessão, foram utilizados os dados obtidos na primeira sessão (mais concretamente da 1ª repetição) e os dados da segunda sessão recolhidos pelo mesmo observador. O intervalo entre as duas sessões foi em média 116 ± 48 horas (equivalente a quase 5 dias), sendo que o tempo máximo entre as duas sessões foi de 168 horas e o mínimo de 47 horas. Para as duas sessões, todas as condições externas se mantiveram, havendo apenas o fator tempo a condicionar os dados.

Na tabela 9 encontram-se expostos os valores obtidos para a reprodutibilidade inter-sessão para os quatro métodos em estudo.

Tabela 9: Reprodutibilidade inter-sessão (D) e limite de reprodutibilidade inter-sessão (D) dos diferentes métodos em estudo

	Reprodutibilidade (D)	Limite de reprodutibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,56	1,56
Método de <i>Donders</i>	1,03	2,86
Retinoscopia de MEM	0,15	0,42
Cilindros cruzados fixos	0,22	0,62

Tendo em conta os valores referidos na tabela anterior (tabela 9), para a medição da amplitude de acomodação, o método de *Sheard* apresenta um limite de reprodutibilidade de $\pm 1,56D$ enquanto, para o método de *Donders* o limite de reprodutibilidade foi de $\pm 2,86D$. No que concerne à medição do atraso acomodativo, o limite de reprodutibilidade é de $\pm 0,42D$ para a retinoscopia de MEM e $\pm 0,62D$ para o método dos cilindros cruzados fixos.

4.4.1.1. Reprodutibilidade inter-sessão tendo em conta o erro refrativo

Fazendo agora a mesma análise estatística, mas tendo em conta a ametropia dos participantes, foi possível resumir os valores obtidos em três tabelas: tabela 10, tabela 11 e tabela

12 que dizem respeito à reprodutibilidade inter-sessão para míopes, emetropes e hipermetropes, respetivamente.

Tabela 10 :Reprodutibilidade inter-sessão (D) e limite de reprodutibilidade inter-sessão (D) dos diferentes métodos para míopes

Míopes (n=17)		
	Reprodutibilidade(D)	Limite de Reprodutibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,59	1,65
Método de <i>Donders</i>	0,97	2,68
Retinoscopia de MEM	0,11	0,32
Cilindros cruzados fixos	0,23	0,63

No caso dos míopes (tabela 10), é possível verificar que, para medição da amplitude de acomodação, o método de *Sheard* apresenta um menor limite de reprodutibilidade ($\pm 1,65D$) do que o método de *Donders* ($\pm 2,68D$). Quanto à medição do atraso acomodativo, foi com a retinoscopia de MEM que se obteve um menor limite de reprodutibilidade ($\pm 0,32D$).

Tabela 11 :Reprodutibilidade inter-sessão (D) e limite de reprodutibilidade inter-sessão (D) dos diferentes métodos em estudo para emetropes

Emétropes (n=9)		
	Reprodutibilidade (D)	Limite de Reprodutibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,28	0,76
Método de <i>Donders</i>	1,21	3,36
Retinoscopia de MEM	0,21	0,59
Cilindros cruzados fixos	0,20	0,57

Relativamente aos métodos para medição da amplitude de acomodação, e através da análise dos valores da tabela 11, é possível verificar uma enorme desigualdade ao nível do limite de reprodutibilidade inter-sessão dos métodos para avaliação da amplitude de acomodação para os emétropes, uma vez que, para o método de *Sheard* ($\pm 0,76 D$) é substancialmente superior quando comparado com o método de *Donders* ($\pm 3,36 D$). Quanto aos métodos para medição do atraso acomodativo, não existe uma diferença tão acentuada ao nível do limite de reprodutibilidade (MEM= $\pm 0,59 D$ e Cilindros cruzados fixos= $\pm 0,57 D$).

Tabela 12 :Reprodutibilidade inter-sessão (D) e limite de reprodutibilidade inter-sessão (D) dos diferentes métodos em estudo para hipermetropes

Hipermetropes (n=2)		
	Reprodutibilidade (D)	Limite de Reprodutibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	1,03	2,86
Método de <i>Donders</i>	0,56	1,54
Retinoscopia de MEM	0,13	0,35
Cilindros cruzados fixos	0,28	0,77

Como referido na repetibilidade para hipermetropes, os resultados da Tabela 12 não poderão levar a conclusões concretas, uma vez que, na amostra do estudo (n=28) só 2 participantes é que apresentaram equivalente esférico hipermetrópico para o OD. Ainda assim, e pela análise da tabela 12, foi através do método de *Donders* que se obteve o melhor limite de reprodutibilidade ($\pm 1,54$ D), quanto à medição do atraso acomodativo, foi a retinoscopia de MEM que apresentou uma melhor reprodutibilidade inter-sessão (limite de reprodutibilidade= $\pm 0,35$ D).

4.4.2. Reprodutibilidade inter-observadores

Como referido anteriormente, o estudo conta com uma amostra de 28 sujeitos, no entanto, para análise da reprodutibilidade inter-observadores, apenas se utilizaram os valores relativos a 26 sujeitos, pois a dois deles o observador 2 não conseguiu realizar a recolha de dados. Posto isto, e para a análise da reprodutibilidade inter-observadores conta-se com 8 emetropes, 16 miopes e 2 hipermetropes.

Para a análise da reprodutibilidade inter-observadores foram tidas em conta as medições efetuadas pelos dois observadores na 2ª sessão, uma vez que, desta forma, o fator tempo não influencia os resultados. Como referido no capítulo da metodologia, foi feito um pequeno intervalo de 10 minutos entre a recolha de dados dos dois observadores.

Relativamente aos valores obtidos para a amplitude de acomodação, a média calculada de todas as medições efetuadas pelo observador 1 para o método de *Sheard* foi de $9,83 \text{ D} \pm 1,08$ D e de $9,96 \text{ D} \pm 1,37$ D para as medições efetuadas pelo observador 2 através do mesmo método. No que diz respeito ao método de *Donders* foi de $15,1 \text{ D} \pm 2,07$ D e de $14,21 \text{ D} \pm 2,68$ D para o observador 1 e 2, respetivamente. Referindo agora os métodos em estudo para a medição do atraso acomodativo, a média para a retinoscopia de MEM foi de $+0,455 \text{ D} \pm 0,24$ D para as medições efetuadas pelo observador 1 e de $+0,375 \text{ D} \pm 0,27$ D para as medições efetuadas pelo

observador 2. Quanto ao método dos cilindros cruzados fixos, as médias foram de $+0,188D \pm 0,316D$ e $+0,125D \pm 0,31D$, para o observador 1 e 2, respetivamente.

Os valores acima referidos encontram-se na tabela 13.

Tabela 13: Médias ($\pm$ desvio padrão) obtidas pelos observadores 1 e 2 para os diferentes métodos em estudo

	Observador 1	Observador 2
Método de <i>Sheard</i>	9,83 D $\pm$ 1,08 D	9,96 D $\pm$ 1,37 D
Método de <i>Donders</i>	15,1 D $\pm$ 2,07 D	14,21 D $\pm$ 2,68 D
Retinoscopia de MEM	+0,46 D $\pm$ 0,24 D	+0,38 D $\pm$ 0,27 D
Cilindros cruzados fixos	+0,19 D $\pm$ 0,32 D	+0,13 D $\pm$ 0,31 D

Com o intuito de sumarizar os limites de reprodutibilidade inter-observadores para os quatro métodos em estudo, foi elaborada a tabela que se segue (tabela 14).

Tabela 14: Reprodutibilidade inter-observadores (D) e limite de reprodutibilidade inter-observadores (D) dos diferentes métodos em estudo

	Reprodutibilidade (D)	Limite de reprodutibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,56	1,56
Método de <i>Donders</i>	1,31	3,63
Retinoscopia de MEM	0,17	0,47
Cilindros cruzados fixos	0,13	0,36

Observando os valores do limite de reprodutibilidade inter-observadores que constam na tabela 14, é possível apurar que, para medição da amplitude de acomodação foi com o Método de *Sheard* que se obteve um menor limite de reprodutibilidade ($\pm 1,56D$) quando comparado com o método de *Donders* ($\pm 3,63D$). No que concerne aos métodos para medição do atraso acomodativo, nota-se que a diferença do limite de reprodutibilidade inter-observadores não é tão acentuada, sendo que foi com o método dos cilindros cruzados fixos que se obteve um valor mais baixo para o referido limite ($\pm 0,36D$).

4.4.2.1. Reprodutibilidade inter-observadores tendo em conta o erro refrativo

Tal como aconteceu na reprodutibilidade inter-sessão, também para a reprodutibilidade inter-observadores foi feita uma análise estatística tendo em conta a ametropia dos participantes. Os resultados obtidos da análise estatística encontram-se representados nas tabelas 15, 16 e 17, dizendo respeito à reprodutibilidade inter-observadores para míopes, emetropes e hipermetropes, respetivamente.

Tabela 15 :Reprodutibilidade inter-observadores (D) e limite de reprodutibilidade inter-observadores (D) dos diferentes métodos em estudo para míopes

Míopes (n=17)		
	Reprodutibilidade (D)	Limite de Reprodutibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,67	1,85
Método de <i>Donders</i>	1,11	3,07
MEM	0,15	0,42
Cilindros cruzados fixos	0,14	0,39

Tabela 16 :Reprodutibilidade inter-observadores (D) e limite de reprodutibilidade inter-observadores (D) dos diferentes métodos em estudo para emetropes

Emetropes (n=9)		
	Reprodutibilidade (D)	Limite de Reprodutibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,31	0,87
Método de <i>Donders</i>	1,76	4,87
MEM	0,21	0,57
Cilindros cruzados fixos	0,13	0,35

Tabela 17 :Reprodutibilidade inter-observadores (D) e limite de reprodutibilidade inter-observadores (D) dos diferentes métodos em estudo para hipermetropes

Hipermetropes (n=2)		
	Reprodutibilidade (D)	Limite de Reprodutibilidade (D)
Método de <i>Sheard</i>	0,39	1,09
Método de <i>Donders</i>	0,42	1,16
MEM	0,13	0,35
Cilindros cruzados fixos	0	0

Com a análise dos resultados apresentados na tabela 15, e relativamente aos métodos para avaliação da amplitude de acomodação, o limite de reprodutibilidade inter-observadores para o método de *Sheard* foi de $\pm 1,85D$, valor substancialmente mais baixo quando comparado com o método de *Donders* (limite de reprodutibilidade = $\pm 3,07D$). Analisando o limite de reprodutibilidade para os métodos em estudo para avaliação do atraso acomodativo, não se

observa uma discrepância tão grande e foi com o método dos cilindros cruzados fixos que se obteve um menor valor (limite reprodutibilidade = $\pm 0,39D$).

No que concerne à tabela 16, é de notar uma acentuada disparidade entre os valores do limite de reprodutibilidade inter-observadores para os métodos de medição da amplitude de acomodação, sendo que foi com o método de *Sheard* que se obteve um limite de reprodutibilidade menor ($\pm 0,87D$) enquanto para o método de *Donders* o valor para o mesmo limite foi de $\pm 4,87D$. Debruçando agora a atenção para os métodos de avaliação do atraso acomodativo, foi com o método dos cilindros cruzados que se obteve um menor valor do limite de reprodutibilidade ($\pm 0,35D$) enquanto que, com a retinoscopia de MEM o limite de reprodutibilidade inter-observadores foi de $\pm 0,57D$.

Quanto à reprodutibilidade inter-observadores em hipermetropes (tabela 17), é importante salientar mais uma vez que, qualquer conclusão que possa ser retirada destes valores pode não ser muito viável, tendo em conta o tamanho da amostra ($n=2$). Quanto aos métodos para medição da amplitude de acomodação, é de referir que com o método de *Sheard* o limite de reprodutibilidade foi menor ($\pm 1,09D$), sendo que, com o método de *Donders* o valor para o mesmo limite foi de $\pm 1,16D$. No que diz respeito aos métodos para avaliação do atraso acomodativo, a retinoscopia de MEM apresentou um limite de reprodutibilidade de $\pm 0,35D$ e os cilindros cruzados fixos o limite foi de 0.

Capítulo 5

Discussão de Resultados

Neste capítulo será analisada a repetibilidade, a influência do fator tempo (reprodutibilidade inter-sessão) e observador (reprodutibilidade inter-observadores) na medição dos parâmetros acomodativos através dos métodos em estudo. Serão também analisados os parâmetros acomodativos em geral. Sempre que possível, os resultados apresentados serão confrontados com estudos até então publicados.

5.2. Parâmetros acomodativos

Quanto aos valores obtidos para a medição da amplitude de acomodação através dos diferentes métodos, é possível verificar que, através do método de *Sheard* obtiveram-se sempre valores mais baixos para este parâmetro acomodativo, quando comparados com os valores obtidos com o método de *Donders*, o que está de acordo com alguns estudos já publicados.[1], [2]. No entanto, é de salientar que as diferenças obtidas entre ambos os métodos são bastante superiores às esperadas, tendo em conta que a literatura refere que a diferença esperada entre ambos os métodos (*Sheard* e *Donders*) é de 2,00 D [3], sendo que são esperados valores mais altos com o método de *Donders*. Esta diferença acentuada entre os dois métodos deverá ser resultado do procedimento utilizado, uma vez que no método de *Donders*, com a aproximação do objeto, há um aumento do tamanho angular da imagem na retina e consequentemente ocorre um aumento do estímulo acomodativo proximal. [4] Em contrapartida, ao realizar a medição da amplitude de acomodação através do método de *Sheard*, com a adição de lentes negativas, ocorre a diminuição do tamanho angular das letras, fazendo com que seja difícil do sujeito distinguir se não consegue ver porque está desfocado ou se por estar muito pequeno.

No que concerne aos métodos para avaliação do atraso acomodativo, apesar da diferença entre os valores obtidos não ser tão acentuada quanto à diferença obtida para os métodos de medição da amplitude de acomodação, é possível verificar que, de uma maneira geral com a retinoscopia de MEM obtêm-se valores mais positivos, ou seja, atrasos acomodativos superiores. Fazendo uma comparação com trabalhos já existentes, a média obtida neste estudo para a retinoscopia de MEM nas diferentes medições efetuadas (tabelas 4 e 13) foi mais baixa quando comparada com a média obtida por Del Pilar Cacho *et al.*, [5] que tomou o valor de (+0,74 D). Em contrapartida, Rosenfield *et al.*, [6] obtiveram valores mais altos quando fazendo a medição através do método dos cilindros cruzados fixos.

5.3. Repetibilidade

Como referido no capítulo da revisão bibliográfica, a repetibilidade diz respeito à variabilidade nos resultados que são causados pelo método em análise, e neste estudo foi calculada fazendo quatro medições consecutivas, através do mesmo método e com o mesmo observador. Pela definição, é possível concluir que, quanto menor for a repetibilidade e o seu limite, melhor é o método, uma vez que os valores dos parâmetros que se pretendem medir não são tão afetados pelo exame que se escolheu realizar.

É essencial saber a repetibilidade de cada método que se pode realizar na prática clínica pois, só desta forma é possível verificar se uma variação ocorrida em determinado parâmetro é real ou se é simplesmente resultado pela variação natural das medidas.

Tendo em conta os valores obtidos neste estudo para a repetibilidade, é possível verificar que o método de *Sheard* ($\pm 1,14$ D) apresenta um melhor limite de repetibilidade quando comparado ao método de *Donders* (limite de repetibilidade = $\pm 2,26$ D). Através da análise efetuada e, tendo em conta unicamente o limite de repetibilidade inicialmente referido, é possível concluir que o método de *Sheard* é melhor do que o método de *Donders* para a medição da amplitude de acomodação, uma vez que é o método que é mais repetível, ou seja, é com este que os resultados são menos afetados como consequência da variabilidade dos métodos.

Foram vários os estudos encontrados que referem avaliar a repetibilidade de diversos métodos para avaliação da amplitude de acomodação, no entanto, muitos deles fazem intervalos entre medidas superiores a 24 horas, não se tratando de medidas consecutivas, pelo que não se podem comparar os resultados destes com os resultados obtidos no presente estudo para a repetibilidade. No entanto, poderá ser interessante referir que Chen *et al.*, [7] através do seu estudo verificaram que o método de *push-down* apresenta uma boa repetibilidade (notando diferenças de $\pm 0,07$ D na avaliação monocular da amplitude de acomodação). Weng *et al.*, [8] por outro lado estudou a repetibilidade de um auto-refratômetro, obtendo um limite de repetibilidade de $\pm 0,23$ D, melhor resultados dos que os obtidos no presente estudo. Yun Yun Chen *et al.*, [9] obtiveram um valor de limite de repetibilidade de $\pm 0,97$ D (repetibilidade $\pm 0,35$ D), ligeiramente melhor que o obtido no presente estudo.

Passando para a análise do limite de repetibilidade tendo em conta a ametropia do sujeito, apesar de, no capítulo anterior, serem apresentados os valores obtidos para o limite de repetibilidade para hipermetropes, estes não serão tidos em conta para a discussão de resultados

uma vez que a amostra conta apenas com dois sujeitos, pelo que, qualquer conclusão que possa ser efetuada é muito preliminar. Posto isto, serão tidos em conta apenas os valores obtidos para sujeitos míopes e emétopes.

Em míopes, verifica-se um limite de repetibilidade melhor com o método de *Sheard* ($\pm 1,29$ D) do que com o método de *Donders* ($\pm 2,32$ D), o mesmo acontece no caso dos emétopes, (limite de repetibilidade *Sheard* = $\pm 0,80$ D e método de *Donders* = $\pm 2,26$ D). Através dos resultados anteriormente enunciados, é possível verificar que o método de *Sheard*, tendo em conta a natural variabilidade do método, funciona melhor em emétopes do que em míopes, o que poderá ser devido ao facto de que, neste método são adicionadas lentes negativas para medição da amplitude de acomodação, o que provoca a diminuição do tamanho angular das letras [4], sendo que isto afeta mais os míopes, uma vez que a melhor correção refrativa destes é feita através das lentes negativas. Assim, é mais difícil para estes sujeitos distinguirem se estão a ver desfocado porque já não conseguem acomodar, ou se apenas têm dificuldades na leitura devido ao diminuto tamanho das letras, provocando uma maior oscilação nos resultados.

Quanto ao método de *Donders*, apesar de ambos os limites de repetibilidade (emétopes e míopes) serem altos, é possível verificar que, tendo em conta unicamente a variabilidade do método, este método funciona melhor com emétopes, apesar da diferença entre os limites de repetibilidade em míopes e em emétopes ($= \pm 0,06$) não ser considerada significativa do ponto de vista clínico.

No que concerne à avaliação da repetibilidade em métodos para avaliação do atraso acomodativo, é relevante ter em conta que em estudo se encontram dois métodos, sendo que um é um método objetivo - retinoscopia de MEM, e outro é um método subjetivo - cilindros cruzados fixos, sendo que neste último referido, a resposta do sujeito condiciona os valores obtidos. Através dos resultados é possível verificar que de uma maneira geral, o método da retinoscopia de MEM é melhor (limite de repetibilidade = $\pm 0,35$ D) do que o método dos cilindros cruzados, que apresenta um limite de repetibilidade superior ($\pm 0,39$ D), quando feitas medidas consecutivas. A diferença observada entre o limite de repetibilidade de ambos os métodos ($\pm 0,04$ D), não é considerada significativa do ponto de vista clínico. Apesar das variabilidades dos métodos serem praticamente iguais, é de notar que o método dos cilindros cruzados fixos, tendo em conta o limite de repetibilidade é pior para a medição do atraso acomodativo, isto poderá ser justificado pelo facto de este ser um método subjetivo, pelo que a resposta do paciente afeta os resultados, sendo que os métodos objetivos são os mais precisos.

Apesar de terem sido encontrados dois estudos até então existentes que referem estudar a repetibilidade de métodos para avaliação do atraso acomodativo, uma vez que no caso destes não foram feitas medições consecutivas, mas sim intervaladas de uma semana, não serão comparados com os resultados da repetibilidade do presente estudo, mas sim com os resultados obtidos para a reprodutibilidade inter-sessão.

Apesar da diferença não ser clinicamente significativa, tendo em conta a ametropia dos sujeitos, em míopes, o método da retinoscopia de MEM aparentemente é o que funciona melhor (limite de repetibilidade = $\pm 0,32$ D) quando comparado com o método dos cilindros cruzados fixos ($\pm 0,40$ D), pelo contrário, se se tiverem em conta os valores obtidos para os sujeitos emétopes, o método dos cilindros cruzados foi aquele que apresentou um melhor limite de repetibilidade ($\pm 0,38$ D).

5.3. Fator tempo (reprodutibilidade inter-sessão)

Tal como referido no capítulo da revisão bibliográfica, existem diversos fatores que podem influenciar a variabilidade dos métodos, sendo eles: o observador, o instrumento utilizado e a sua calibração, bem como o intervalo entre as duas sessões. [10], [11]

Como foi possível verificar através dos resultados apresentados no capítulo anterior, neste estudo foi feita uma avaliação da reprodutibilidade inter-sessão. Para realizar esta análise, foram feitas duas medições, pelo mesmo observador, com um intervalo de pelo menos 24 horas. Posto isto, ao analisar a reprodutibilidade inter-sessão, está-se de facto a avaliar a influência do fator tempo na variabilidade dos métodos. Também para a reprodutibilidade, quanto menor for o seu limite, melhor, pois afeta menos os resultados.

De uma forma geral e tendo unicamente em conta o limite de reprodutibilidade inter-sessão, para medição da amplitude de acomodação, o método de *Sheard* aparenta ser o melhor método, uma vez que é o que apresenta um melhor limite de reprodutibilidade inter-sessão ($\pm 1,56$ D), o que faz com que este seja o método que afeta menos os valores da amplitude de acomodação, quando a medição é feita em momentos distintos. Já para o método de *Donders*, o mesmo limite tomou um valor de $\pm 2,86$ D, o que significa que pode existir uma diferença de $\pm 2,86$ D entre os valores obtidos pelo mesmo observador em diferentes momentos, até que ocorra efetivamente uma alteração real no atraso acomodativo do sujeito.

Com o intuito de comparar os resultados do presente estudo, com resultados já existentes, será feita uma enumeração de conclusões que investigadores obtiveram nos seus estudos para avaliar a reprodutibilidade inter-sessão. É de referir que a seguir serão enumerados alguns artigos cujo objetivo seria medir a repetibilidade, no entanto, como as medições que os investigadores efetuaram foram intervaladas de pelo menos 24 horas, faz mais sentido comparar os resultados com os obtidos no presente estudo para a reprodutibilidade inter-sessão.

Antona *et al.*, [12] realizaram um estudo que refere ter como objetivo a avaliação da repetibilidade, no entanto e, tendo em conta o procedimento utilizado pelos investigadores e a definição de repetibilidade (variação entre medidas repetidas), o que eles efetivamente estudaram foi a reprodutibilidade inter-sessão pois a segunda sessão ocorreu pelo menos 24 horas depois da primeira. Apesar dos valores obtidos pelos autores serem mais altos que os obtidos no presente estudo, também verificaram um melhor limite de reprodutibilidade inter-sessão para o método de *Sheard* ($\pm 2,52$ D), comparativamente ao método de *Donders* ($\pm 4,76$ D). Também Rosenfield *et al.*, [13] apesar de referirem estudar a repetibilidade, por não terem feito medições consecutivas, estudaram efetivamente a reprodutibilidade inter-sessão. Os investigadores, para o método de *Donders*, *push-down* e *Sheard* obtiveram valores de limite de reprodutibilidade semelhantes ($\pm 1,42$ D), sendo que para o método de *Donders*, os valores foram melhores do que os obtidos no presente estudo. Num outro estudo León *et al.*, [14] também estudaram a precisão do método de *Sheard*, obtendo um valor de $\pm 2,01$ D, que, apesar de não ser muito diferente, é pior que o obtido no presente estudo.

Se, para além do fator tempo, se tiver em conta a ametropia do sujeito, as conclusões já são diferentes, pois, o valor do limite de reprodutibilidade inter-sessão varia. É de ter em conta que, mais uma vez, não serão discutidos os valores obtidos para os sujeitos hipermetrópes, uma vez que a amostra é de 2 sujeitos, pelo que não faz sentido incluir na discussão.

No caso dos sujeitos emétopes, verifica-se uma diferença acentuada entre os dois métodos para avaliação da amplitude acomodação, pois para o método de *Sheard*, o limite de reprodutibilidade foi de $\pm 0,76$ D enquanto para o método de *Donders* foi de $\pm 3,36$ D, verificando assim que, em sujeitos com esta ametropia, caso se tenha em conta unicamente o limite de reprodutibilidade inter-sessão, o método de *Sheard* funciona muito melhor para a medição da amplitude de acomodação caso se realizem medições em diferentes alturas. Para míopes, foi através do método de *Sheard* que se obteve um menor limite de reprodutibilidade inter-sessão ($\pm 1,65$ D), uma vez que, para o mesmo limite, através do método de *Donders* o valor foi de $\pm 2,68$

D. Tendo em conta todos os valores obtidos no estudo da reprodutibilidade tendo em conta a ametropia, foi possível averiguar que o método de *Sheard* funciona muito melhor quando realizado em sujeitos emétopes, o que poderá novamente ser justificado pela metodologia utilizada, uma vez que para míopes é mais difícil distinguir se não conseguem ver por estar desfocado ou por as letras estarem muito pequenas, pelo que esta dificuldade provoca uma maior oscilação dos resultados. No que diz respeito ao método de *Donders*, obteve-se um melhor limite de reprodutibilidade inter-sessão em sujeitos míopes ($\pm 2,68$ D) do que em sujeitos emétopes ($\pm 3,36$ D).

Fazendo agora uma análise dos resultados obtidos para a reprodutibilidade inter-sessão de métodos para avaliação do atraso acomodativo, se apenas se tiver em conta o fator tempo, é o método da retinoscopia de MEM que apresenta um limite de reprodutibilidade melhor ($\pm 0,42$ D), comparativamente ao método dos cilindros cruzados fixos, em que o limite de reprodutibilidade foi de $\pm 0,62$ D. Esta diferença obtida, mais uma vez não é considerada clinicamente significativa, uma vez que utilizando lentes esféricas de $\pm 0,25$ D como habitualmente acontece na prática de optometria, os resultados para os dois testes serão praticamente os mesmos.

Não foram encontrados estudos já publicados que fizessem a análise da reprodutibilidade inter-sessão de métodos para avaliação do atraso acomodativo. Encontraram-se sim duas publicações que, apesar de referirem estudar a repetibilidade, uma vez que o intervalo entre as diferentes sessões foi de no mínimo 24 horas, os resultados serão comparados com os obtidos no presente estudo para o limite de reprodutibilidade inter-sessão. Antona *et al.* [15] obtiveram, um limite de reprodutibilidade inter-sessão (que eles referem ser limite de repetibilidade) de $\pm 0,75$ D para o método dos cilindros cruzados fixos e de $\pm 0,98$ D para a retinoscopia de MEM, valores estes que, quando comparados com os obtidos neste estudo são considerados piores, apesar da diferença só ser clinicamente significativa para a retinoscopia de MEM.

Fazendo agora uma análise da reprodutibilidade inter-sessão dos métodos para avaliação do atraso acomodativo, tendo em conta os erros refrativos dos sujeitos, é possível verificar que, para míopes a retinoscopia de MEM continua a ser o método que aparentemente resulta melhor ($\pm 0,32$ D), no entanto, se a avaliação do atraso acomodativo for realizada a um sujeito emétope, é com o método dos cilindros cruzados que se obtêm resultados mais reais, uma vez que o limite de reprodutibilidade inter-sessão deste método foi de $\pm 0,57$ D, sendo que para a retinoscopia de MEM foi de $\pm 0,59$ D. As diferenças entre ambos os métodos só são consideradas significativas

do ponto de vista clínico nos resultados obtidos para míopes, uma vez que a diferença obtida entre ambos os limites é ligeiramente superior a $\pm 0,25$ D.

Tendo em conta tudo o que foi referido anteriormente e, é possível verificar que o método da retinoscopia de MEM funciona melhor em sujeitos míopes do que em sujeitos emétopes, enquanto o método dos cilindros cruzados fixos funciona melhor em sujeitos emétopes do que em sujeitos míopes, apesar de que, para este método, as diferenças não são consideradas significativas do ponto de vista clínico.

5.4. Fator observador (reprodutibilidade inter-observadores)

De entre os fatores inicialmente referidos, é de destacar que o observador também pode alterar os resultados que se obtêm. Posto isto, foi também feita uma análise da reprodutibilidade inter-observadores, na qual todos os fatores foram mantidos constantes, à exceção do observador, uma vez que para a realização desta análise, tiveram-se em conta os valores obtidos por dois observadores diferentes, na mesma sessão.

No que diz respeito à reprodutibilidade inter-observadores para métodos de avaliação da amplitude de acomodação, é possível verificar que o método de *Sheard* aparenta ser o melhor método pois apresenta um limite mais baixo ($\pm 1,56$ D) que o método também em estudo para o mesmo fim (limite reprodutibilidade inter-observadores *Donders* = $\pm 3,63$ D). Por outras palavras, o método de *Sheard*, caso sejam feitas medidas por vários observadores, é o que aparentemente provoca uma menor influência nos resultados, ou seja, ao realizar a medição da amplitude de acomodação a determinado sujeito, através do método de *Sheard* pode existir uma diferença de $\pm 1,56$ D entre os resultados de diferentes observadores até que efetivamente tenha ocorrido uma alteração clínica, enquanto que para o método de *Donders* pode haver uma influência por parte do observador de $\pm 3,63$ D, segundo os resultados obtidos no presente estudo.

Foi apenas encontrado um estudo que refere fazer a avaliação da reprodutibilidade inter-observadores para métodos de medição da amplitude de acomodação, que é o estudo de León *et al.*, [14] que estudaram o limite para os métodos da retinoscopia dinâmica, *push-down* e método de *Sheard*. Para o método de *Sheard* os investigadores obtiveram um limite de reprodutibilidade de $\pm 2,30$ D, que é pior do que o encontrado no presente estudo. Os autores obtiveram ainda um limite de reprodutibilidade inter-observadores de $\pm 0,80$ D para a retinoscopia dinâmica e $\pm 1,43$ D para o método *push-down*.

Caso se tenha em conta a ametropia do sujeito, é importante novamente referir que não serão discutidos os resultados obtidos para os sujeitos hipermetrópes, uma vez que a amostra conta apenas com 2 sujeitos, pelo que qualquer conclusão retirada é muito preliminar. Através dos resultados obtidos para o limite de reprodutibilidade inter-observadores, o método de *Sheard* continua a ser aquele que garante melhores resultados, uma vez que os limites são $\pm 1,85$ D e $\pm 0,87$ D para míopes e emétopes, enquanto para o método de *Donders* o limite foi $\pm 3,07$ D para míopes e $\pm 4,87$ D para emétopes, verificando assim que a diferença relativa aos sujeitos emétopes é substancialmente maior.

Em suma, tendo em conta o limite de reprodutibilidade inter-observadores é possível verificar que o método de *Sheard* apresentará melhores resultados em emétopes, caso se façam medições por vários observadores. Esta diferença pode advir da maior dificuldade por parte dos sujeitos míopes em identificar o ponto de desfocagem máxima do optotipo, havendo uma maior oscilação nos resultados.

No que concerne à medição do atraso acomodativo, de uma forma geral, apesar da diferença entre o limite de reprodutibilidade inter-observadores não ser considerada clinicamente significativa, é através do método dos cilindros cruzados fixos que se obtêm valores mais reais para este parâmetro, uma vez que este método é o que aparenta ter uma menor variabilidade quando realizado por diferentes observadores (limite de reprodutibilidade inter-observadores = $\pm 0,36$ D), enquanto que para a retinoscopia de MEM, o limite foi de $\pm 0,47$ D). Não foram encontrados estudos publicados que avaliassem a reprodutibilidade inter-observadores para métodos de avaliação do atraso acomodativo, pelo que se torna impossível fazer uma comparação com os resultados obtidos neste estudo.

Passando para a análise dos resultados obtidos para a reprodutibilidade inter-observadores tendo em conta a ametropia, o método dos cilindros cruzados continua a ser aquele que aparentemente resulta melhor, pois é o método que apresenta uma menor variabilidade, causada pelos observadores. No caso dos míopes, apesar dos resultados não serem considerados clinicamente significativos, o limite de reprodutibilidade inter-observadores foi de $\pm 0,39$ D para o método dos cilindros cruzados fixos e $\pm 0,42$ D para a retinoscopia de MEM. Para sujeitos emétopes, os limites foram $\pm 0,35$ D e $\pm 0,57$ D para os métodos dos cilindros cruzados fixos e retinoscopia de MEM. Por último, fazendo referência aos valores obtidos para sujeitos hipermetrópes, apesar das conclusões não serem totalmente viáveis, uma vez que a amostra é

constituída por apenas 2 sujeitos, o método dos cilindros cruzados fixos apresenta um limite de $\pm 0,00$ D e a retinoscopia de MEM de $\pm 0,35$ D. Em suma, foi possível verificar que, caso se façam medições do atraso acomodativo através de vários observadores, a retinoscopia de MEM resulta melhor em míopes, apesar da diferença não ser clinicamente significativa. Quanto ao método dos cilindros cruzados fixos, é possível verificar que, o limite de reprodutibilidade inter-observadores é praticamente o mesmo para míopes e para emétopes.

Capítulo 6

Conclusão

Capítulo 6: Conclusão

Neste estudo foi avaliada a precisão de diferentes métodos para a medição da amplitude de acomodação - método de Sheard e método de Donders, e para a avaliação do atraso acomodativo – retinoscopia de MEM e cilindros cruzados fixos, com o intuito de perceber qual o melhor método a utilizar, dependendo das situações. Para isso avaliou-se a influência nos resultados obtidos proveniente da natural variabilidade do método, do observador e do tempo entre sessões.

Foi possível concluir através do estudo realizado que todos os fatores descritos acima condicionam a variabilidade do método.

Para a medição da amplitude de acomodação, o método de *Sheard* aparenta ser o melhor para qualquer situação que apareça na prática clínica pois, independentemente do observador, do tempo entre medidas e da ametropia do sujeito, este foi o método através do qual se obtiveram valores melhores para a precisão. Posto isto, é através do método de Sheard que se irão obter valores mais repetitivos.

No que concerne à medição do atraso acomodativo, poucas foram as situações em que os resultados obtidos demonstraram diferenças consideradas clinicamente significativas, no entanto, é possível verificar que, se o sujeito a quem se pretende medir o atraso acomodativo for emétrope, deve-se recorrer ao método dos cilindros cruzados, uma vez que este é o que influencia menos os valores em termos de repetibilidade. Caso se pretenda fazer a mesma medição, mas num sujeito míope, o método que resulta melhor é a retinoscopia de MEM.

As conclusões retiradas deste estudo podem ser importantes para várias situações, nomeadamente no seguimento de um programa de terapia visual, no qual são recolhidos dados em momentos distintos e por vezes, por observadores diferentes.

Este estudo conta com uma limitação que é o número reduzidos de hipermétropes, pelo que, caso se queira obter a precisão dos mesmos métodos, mas para sujeitos com esta ametropia, deverá realizar-se um estudo aumentando a amostra, para se conseguir obter conclusões bem sustentadas. Poderá também ser interessante fazer a mesma avaliação, para sujeitos com ametropias maiores ou até mesmo realizar o mesmo estudo, mas para avaliação de outros métodos de avaliação da acomodação ocular.

Referências

- [1] J. J. Esteve-Taboada, R. Montés-Micó, and T. Ferrer-Blasco, "Schematic eye models to mimic the behavior of the accommodating human eye," *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 44, no. 5, pp. 627–641, 2018, doi: 10.1016/j.jcrs.2018.02.024.
- [2] R. Montés-Micó, "Prevalence of general dysfunctions in binocular vision," *Ann. Ophthalmol.*, vol. 33, no. 3, pp. 205–208, 2001, doi: 10.1007/s12009-001-0027-8.
- [3] D. Adler-Grinberg, "Questioning our classical understanding of accommodation and presbyopia," *Optom. Vis. Sci.*, vol. 63, no. 7, pp. 571–580, 1986, doi: 10.1097/00006324-198607000-00012.
- [4] L. Werner, F. Trindade, F. Pereira, and L. Werner, "Fisiologia da acomodação e presbiopia," *Arq. Bras. Oftalmol.*, vol. 63, no. 6, pp. 487–493, 2000, doi: 10.1590/s0004-27492000000600011.
- [5] J. S. Cooper, C. R. Burns, S. A. Cotter, K. M. Daum, J. R. Griffin, and M. M. Scheiman, "Accommodative and Vergence Dysfunction," *Prevention*, p. 107, 2010, [Online]. Available: <http://www.aoa.org/documents/CPG-18.pdf>.
- [6] P. Cacho-Martínez, Á. García-Muñoz, and M. T. Ruiz-Cantero, "Do we really know the prevalence of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions?," *J. Optom.*, vol. 3, no. 4, pp. 185–197, 2010, doi: 10.1016/S1888-4296(10)70028-5.
- [7] M. Scheiman and B. Wick, *Clinical management of binocular vision: Heterophoric, accommodative, and eye movement disorders: Fourth edition*. 2013.
- [8] S. O. Wajuihian, "Correlations between clinical measures and symptoms: Report 2: Accommodative and vergence measures with symptoms," *J. Optom.*, vol. 14, no. 2, pp. 142–155, 2021, doi: 10.1016/j.optom.2020.06.008.
- [9] M. Abdul-Kabir, D. Kumah, N. Koomson, and C. Afari, "Prevalence of accommodative insufficiency and accommodative infacility among junior high school students in a Ghanaian town," *J. Sci. Technol.*, vol. 34, no. 2, p. 60, 2015, doi: 10.4314/just.v34i2.7.
- [10] K. M. Daum, "Accommodative dysfunction," vol. 198, no. 3, pp. 177–198, 1983.
- [11] S. Franco, A. Moreira, and A. Fernandes, "Accommodative and binocular vision dysfunctions in a Portuguese clinical population," *J. Optom.*, vol. 000, no. xxxx, 2021, doi: 10.1016/j.optom.2021.10.002.
- [12] D. H. Burns, P. M. Allen, D. F. Edgar, and B. J. W. Evans, "Sources of error in clinical measurement of the amplitude of accommodation," *J. Optom.*, vol. 13, no. 1, pp. 3–14, 2020, doi: 10.1016/j.optom.2019.05.002.
- [13] D. Burns, B. Evans, and P. Allen, "Clinical measurement of amplitude of accommodation: a review," *Optom. Pract.*, vol. 15, no. 3, pp. 75–86, 2014.
- [14] A. Á. León, S. M. Medrano, and M. Rosenfield, "A comparison of the reliability of dynamic retinoscopy and subjective measurements of amplitude of accommodation," *Ophthalmic Physiol. Opt.*, vol. 32, no. 2, pp. 133–141, 2012, doi: 10.1111/j.1475-1313.2012.00891.x.

- [15] M. B. Taub and J. Shallo-Hoffmann, "A Comparison of Three Clinical Tests of Accommodation Amplitude to Hofstetter ' s Norms to Guide Diagnosis and Treatment," *Optom. Vis. Dev.*, vol. 43, no. 4, pp. 180–190, 2012, [Online]. Available: <https://www.clinicians-view.com/Articles/Article006.pdf>.
- [16] H. Momeni-Moghaddam, J. Kundart, and F. Askarizadeh, "Comparing measurement techniques of accommodative amplitudes," *Indian J. Ophthalmol.*, vol. 62, no. 6, pp. 683–687, 2014, doi: 10.4103/0301-4738.126990.
- [17] J. F. McClelland and K. J. Saunders, "The repeatability and validity of dynamic retinoscopy in assessing the accommodative response," *Ophthalmic Physiol. Opt.*, vol. 23, no. 3, pp. 243–250, 2003, doi: 10.1046/j.1475-1313.2003.00113.x.
- [18] B. Antona, I. Sanchez, A. Barrio, F. Barra, and E. Gonzalez, "Intra-examiner repeatability and agreement in accommodative response measurements," *Ophthalmic Physiol. Opt.*, vol. 29, no. 6, pp. 606–614, 2009, doi: 10.1111/j.1475-1313.2009.00679.x.
- [19] M. Del Pilar Cacho, Á. García-Muñoz, J. R. García-Bernabeu, and A. López, "Comparison between MEM and Nott dynamic retinoscopy," *Optom. Vis. Sci.*, vol. 76, no. 9, pp. 650–655, 1999, doi: 10.1097/00006324-199909000-00023.
- [20] M. W. Rouse, R. London, and D. C. Allen, "An evaluation of the monocular estimate method of dynamic retinoscopy," *Optom. Vis. Sci.*, vol. 59, no. 3, pp. 234–239, 1982, doi: 10.1097/00006324-198203000-00006.
- [21] D. A. Atchison and S. R. Varnas, "Accommodation stimulus and response determinations with autorefractors," *Ophthalmic Physiol. Opt.*, vol. 37, no. 1, pp. 96–104, 2017, doi: 10.1111/opo.12340.
- [22] J. K. Portello, M. Rosenfield, G. H. Blustein, and C. Jang, "COMPARISON OF CLINICAL TECHNIQUES TO ASSESS THE NEAR ACCOMMODATIVE RESPONSE," *Optom. Vis. Sci.*, vol. 72, no. SUPPLEMENT, p. 195, 1995, doi: 10.1097/00006324-199512001-00308.
- [23] A. Pandian *et al.*, "Accommodative facility in eyes with and without myopia," *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.*, vol. 47, no. 11, pp. 4725–4731, 2006, doi: 10.1167/iovs.05-1078.
- [24] C. McAlinden, J. Khadka, and K. Pesudovs, "Precision (repeatability and reproducibility) studies and sample-size calculation," *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 41, no. 12, pp. 2598–2604, 2015, doi: 10.1016/j.jcrs.2015.06.029.
- [25] J. W. Bartlett and C. Frost, "Reliability, repeatability and reproducibility: Analysis of measurement errors in continuous variables," *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, vol. 31, no. 4, pp. 466–475, 2008, doi: 10.1002/uog.5256.
- [26] C. McAlinden, J. Khadka, and K. Pesudovs, "Statistical methods for conducting agreement (comparison of clinical tests) and precision (repeatability or reproducibility) studies in optometry and ophthalmology," *Ophthalmic Physiol. Opt.*, vol. 31, no. 4, pp. 330–338, 2011, doi: 10.1111/j.1475-1313.2011.00851.x.
- [27] M. Rosenfield and A. S. Cohen, "Repeatability of clinical measurements of the amplitude of accommodation," *Ophthalmic Physiol. Opt.*, vol. 16, no. 3, pp. 247–249, 1996, doi: 10.1016/0275-5408(95)00093-3.
- [28] A. H. Chen and D. J. O'Leary, "Validity and repeatability of the modified push-up method

- for measuring the amplitude of accommodation," *Clin. Exp. Optom.*, vol. 81, no. 2, pp. 63–71, 1998, doi: 10.1111/j.1444-0938.1998.tb06628.x.
- [29] B. Antona, F. Barra, A. Barrio, E. Gonzalez, and I. Sanchez, "Repeatability intraexaminer and agreement in amplitude of accommodation measurements," *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.*, vol. 247, no. 1, pp. 121–127, 2009, doi: 10.1007/s00417-008-0938-9.
 - [30] Y. Chen *et al.*, "Repeatability of two subjective accommodative amplitude measurements and agreement with an objective method," *Clin. Exp. Optom.*, vol. 102, no. 4, pp. 412–417, 2019, doi: 10.1111/cxo.12884.
 - [31] C. C. Weng, D. K. Hwang, and C. J. L. Liu, "Repeatability of the amplitude of accommodation measured by a new generation autorefractor," *PLoS One*, vol. 15, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0224733.
 - [32] J. M. Miller, "Clinical applications of power vectors," *Optom. Vis. Sci.*, vol. 86, no. 6, pp. 599–602, 2009, doi: 10.1097/OPX.0b013e3181a6a211.
 - [33] M. Rosenfield and B. Gilmartin, "Effect of target proximity on the open-loop accommodative response," *Optom. Vis. Sci.*, vol. 67, no. 2, pp. 74–79, 1990.
 - [34] J. K. Portello, M. Rosenfield, G. H. Blustein, and C. Jang, "COMPARISON OF CLINICAL TECHNIQUES TO ASSESS THE NEAR ACCOMMODATIVE RESPONSE," *Optom. Vis. Sci.*, vol. 72, no. SUPPLEMENT, p. 195, Dec. 1995, doi: 10.1097/00006324-199512001-00308.

Anexos

Anexo 1: Consentimento informado

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar este documento.

Título do estudo:

“Repetibilidade e reprodutibilidade de exames para avaliação da acomodação ocular”

Enquadramento:

O estudo será realizado no âmbito de uma tese de Mestrado de Optometria Avançada, em desenvolvimento no Centro de Física da Universidade do Minho sob a orientação da Doutora Sandra Franco.

Objetivo:

O objetivo deste trabalho é estudar a repetibilidade e reprodutibilidade de vários exames de avaliação da acomodação ocular e determinar qual o mais aconselhado para determinado objetivo.

Descrição dos exames a realizar:

Como ponto de partida irá ser realizada uma consulta base de optometria, na qual irão ser feitos exames preliminares, avaliação do estado refrativo, avaliação da visão binocular e avaliação dos parâmetros acomodativos.

Nas visitas seguintes, irão ser apenas realizados os métodos em estudo, sendo eles:

- **Amplitude de acomodação:** Método de Sheard; Método push-up
- **Atraso acomodativo:** retinoscopia de MEM, cilindros cruzados fixos

Todos os exames que vão ser realizados são totalmente indolores e não invasivos. Durante a realização dos mesmos é normal sentir uma ligeira alteração na qualidade de visão, pois será espetável que a visão desfoque em determinados momentos, mas de forma totalmente reversível.

Na segunda sessão, os dados serão recolhidos por duas pessoas distintas, uma vez que estão as duas envolvidas no projeto.

Qualquer questão que surja durante a realização dos exames, pode e deve ser colocada para sucessivo esclarecimento.

Condições e financiamento:

A participação será de carácter voluntário podendo desistir a qualquer momento, sem que essa decisão tenha qualquer tipo de consequência.

Não haverá qualquer pagamento de deslocações ou outras contrapartidas financeiras.

Confidencialidade e anonimato:

Será garantida a confidencialidade e uso exclusivo dos dados recolhidos para o presente estudo.

A identificação dos participantes nunca será tornada pública.

Assinatura/s:

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas pela pessoa que acima assina. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pela investigadora.

Email: Telemóvel:

Nome:

Assinatura: Data: /..... /.....

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO POR 2 PÁGINAS E FEITO EM DUPLICADO: UMA VIA PARA A INVESTIGADORA, OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE

Anexo 2: Tabela de aleatorização com a ordem pela qual os métodos devem ser realizados

	1º método	2º método	3º método	4º método
1	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
2	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
3	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
4	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
5	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
6	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
7	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
8	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
9	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
10	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
11	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
12	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
13	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
14	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
15	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
16	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
17	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
18	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
19	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
20	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
21	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
22	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
23	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
24	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
25	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up
26	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
27	Cilindros cruzados fixos	MEM	Push Up	Sheard
28	MEM	Cilindros Cruzados fixos	Sheard	Push Up

Anexo 3: Tabela de aleatorização com a ordem pela qual os observadores recolhem os dados na 2ª sessão

Paciente	Observador
Paciente 1	2
Paciente 2	1
Paciente 3	1
Paciente 4	1
Paciente 5	1
Paciente 6	1
Paciente 7	1
Paciente 8	1
Paciente 9	1
Paciente 10	2
Paciente 11	1
Paciente 12	1
Paciente 13	2
Paciente 14	1
Paciente 15	1
Paciente 16	2
Paciente 17	2
Paciente 18	2
Paciente 19	2
Paciente 20	2
Paciente 21	1
Paciente 22	1
Paciente 23	2
Paciente 24	1
Paciente 25	2
Paciente 26	2
Paciente 27	1
Paciente 28	1