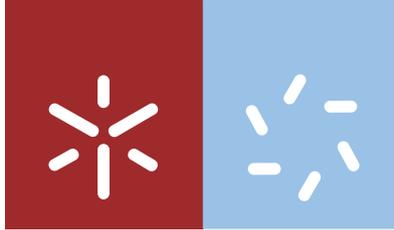


**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Ana Catarina da Costa Esteves

**Adaptação oculomotora em escotoma central simulado**



**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Ana Catarina da Costa Esteves

## **Adaptação oculomotora em escotoma central simulado**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Optometria Avançada

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor António Filipe Teixeira Macedo**  
e coorientação do  
**Professor António Manuel Gonçalves Baptista**

## DECLARAÇÃO

Nome: Ana Catarina da Costa Esteves

Endereço eletrónico: catcesteves@gmail.com

Número de Bilhete de Identidade: 13804427

Título: *Adaptação oculomotora em escotoma central simulado*

Orientador Principal: Professor Doutor António Filipe Teixeira Macedo

Ano de conclusão: 2015

Designação do mestrado: Mestrado em Optometria Avançada

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A  
REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE

Universidade do Minho, 30 / 1 / 2015

Assinatura: Ana Catarina da Costa Esteves

Aos meus Pais,



## Agradecimentos

Quero agradecer a todos aqueles que sempre confiaram em mim, desde sempre.

Ao Professor Doutor António Filipe Macedo, pela disponibilidade, dedicação e compreensão ao longo deste trabalho.

Ao professor Doutor António Manuel Baptista, pelo conhecimento e disponibilidade.

Ao meu Pai, que onde quer que esteja, nunca deixou de me amar, nem de confiar em mim e à minha Mãe que sempre me apoiou.

À minha irmã, Andreia e ao meu afilhado, Guilherme pela paciência e ajuda.

A todos os participantes, pela disponibilidade.

Aos meus amigos.

A todos, renovo o meu apreço e a minha eterna gratidão.



**Titulo:** *Adaptação oculomotora em escotoma central simulado*

## Resumo

**Motivação:** Pacientes com baixa visão afectados pela perda de campo central ou escotoma central são forçados a usar a visão periférica, a fim de identificar objectos, rostos ou palavras.

**Objectivo:** O principal objectivo deste estudo foi analisar, a performance visual em indivíduos com escotoma central simulado durante a leitura para verificar se existe uma adaptação oculomotora ao escotoma.

**Métodos:** Participaram nesta experiência 10 indivíduos universitários, com idade compreendidas entre os 26 e 31 anos. A tarefa experimental consistiu em ler cinco textos por cada sessão, num total de 3 sessões. Dos 5 textos lidos por sessão quatro eram lidos com escotoma central e um foi lido sem escotoma. Neste estudo analisou-se dados sobre a velocidade de leitura, número e duração das fixações e amplitude e números de sacádicos.

**Resultados:** Os resultados mostraram que, em todas as sessões, a leitura sem escotoma foi significativamente mais rápida ( $F(5,45) = 34.3$ ,  $p=0,00$ ) do que quando existia escotoma. Na condição sem escotoma verificou-se um menor número de fixações ( $\chi^2(5) = 31.6$ ,  $p= 0,000$ ), e um menor número de sacádicos ( $\chi^2(5) = 14.227$ ,  $p=0.014$ ).

**Discussão:** Como esperado, em tarefas em que não existe escotoma a performance visual é muito melhor do que quando existe. O nosso modelo e resultados são consistentes com o que se observa em pacientes com degeneração macular associada à idade. Os nossos resultados mostram que o padrão de movimentos oculares muda de forma impressionante quando a tarefa é realizada com o escotoma mas que não se altera significativamente com o tempo nas condições da experiência realizada.

**Palavras-chave:** escotoma, velocidade de leitura, sacádico, fixação, eye tracking



**Title:** *Oculomotor adaptation in simulated central scotoma*

## **Abstract**

**Motivation:** Patients with poor vision affected by the loss of the central vision or central scotoma are forced to use the peripheral vision in order to identify objects, faces, or words.

**Aim:** The main aim of this study was to examine the visual performance in individuals with simulated visual scotoma while reading, in order to analyze if there is an oculomotor adaptation to the scotoma.

**Methods:** 10 university individuals participated in this study, ranging between the ages of 26 and 31. The main experimental task consisted in reading five texts each session, in a total of 3 sessions. Within the 5 texts read in each session, 4 were read with central scotoma and another without scotoma. In this study, data from reading speed, number of fixations and amplitude, and numbers of saccades were analyzed.

**Results:** Results revealed that, in every session, reading without scotoma was significantly faster ( $F(5,45)= 34.3, p=0,00$ ) than reading with scotoma. In the condition without scotoma, a lower number of fixations ( $\chi^2 (5) = 31.6, p= 0,000$ ), and a lower number of saccades ( $\chi^2 (5) = 14.227, p=0.014$ ) were observed.

**Discussion:** As expected, in tasks in which there was no scotoma, visual performance was considerably better than when there was scotoma. Our model and results are consistent with what is observed in patients with macular degeneration associated to age. Our results show that the pattern of ocular movements changes dramatically when the task is performed with scotoma, but that it does not change significantly with time in the conditions of the this experiment.

**Key-words:** scotoma, reading speed, saccadic, fixation, eye tracking



# Índice

1.	Introdução .....	1
1.1.	Retina .....	1
1.2.	Movimentos oculares .....	2
1.3.	Escotoma central .....	3
1.4.	Velocidade de leitura.....	6
2.	Objectivo e Hipótese .....	8
2.1.	Formulação do problema .....	8
2.2.	Objectivo.....	8
2.3.	Hipótese.....	8
3.	Metodologia .....	9
3.1.	Amostra .....	9
3.2.	Testes Clínicos .....	10
3.2.1.	Acuidade Visual.....	10
3.2.2.	Dominância ocular.....	10
3.3.	Material .....	10
3.4.	Procedimento.....	11
3.5.	Descrição das variáveis .....	14
3.6.	Análise estatística .....	15
4.	Resultados .....	16
4.1.	Velocidade de leitura.....	16
4.2.	Amplitude dos sacádicos.....	18
4.3.	Número de sacádicos .....	19
4.4.	Duração das fixações.....	22
4.5.	Número de fixações .....	22
5.	Discussão .....	25
5.1.	Movimentos oculomotores .....	25
6.	Conclusão .....	27
7.	Referências bibliográficas .....	28
8.	Anexos .....	31
8.1.	Anexo I – Folheto informativo.....	31

8.2.	Anexo II – Consentimento informado .....	34
------	--	----

# Índice de figuras

Figura 1.1 Oftalmoscopia de uma retina normal. Os círculos mostram aproximadamente a localização de 5° e 10 ° de excentricidade (Marmor & Marmor, 2010). .....	2
Figura 1.2 Movimentos realizados na leitura. F- fixação, S- sacádico e R-Regressão. .	3
Figura 1.3 Sequência de tarefas na fase de exploração. Esta etapa é composta por quatro fases. (i) Procura do objecto desejável em fundo cinza, (ii) Centramento do olhar, (iii) Pesquisa do objecto inicialmente apresentado numa serie de distrações não-alvo, (iv) Procura do objecto num fundo confuso. ....	4
Figura 1.4 Exemplo do período de treino. Os sujeitos foram instruídos a usar a cruz como ponto de referência. ....	5
Figura 1.5 Sequência de tarefas com o escotoma invisível. (i) procura do objecto desejável, (ii) pesquisa do objecto desejável num fundo composto por não-alvos. ....	5
Figura 3.1 Distribuição da amostra em género.....	9
Figura 3.2: Material utilizado na experiencia. A imagem do lado esquerdo ilustra a disposição de algum material (eye-tracker incorporado no ecrã ligado a dois computadores (Um com o sistema do eye-tracker e o outro com o software Matlab)). A imagem da direita ilustra o participante já disposto para dar início à experiência, sentado numa cadeira com suporte de cabeça.....	11
Figura 3.3 Imagem ilustrativa da fase de calibração. Este ponto branco movia-se aleatoriamente para 9 posições diferentes no ecrã.....	12
Figura 3.4 Esquema ilustrativo da experiencia. 1) Início da experiencia 2) apresentação do texto 3) Início do próximo texto. O loop 1-3 foi repetido 5 vezes (quatro vezes com o texto com escotoma e uma vez sem escotoma). ....	13

Figura 3.5 Movimentos oculares realizados na condição com escotoma (cd1). (A) ilustração de um dos textos com o escotoma. (B) O mesmo texto com a apresentação dos movimentos, os círculos retractam a duração da fixação e as linhas os sacádicos. ....	13
Figura 3.6 Movimentos oculares realizados na condição sem escotoma (cd2). (A) ilustração de um dos textos sem o escotoma. (B) O mesmo texto com a apresentação dos movimentos, os círculos retractam a duração da fixação e as linhas os sacádicos. ....	13
Figura 3.7 Exemplo de parte da folha de Excel com os dados dos sacádicos fornecidos pelo programa de Matlab. ....	14
Figura 4.1 Velocidade de leitura, expressa em palavras por minuto, nas duas diferentes condições. Em cada coluna está representada a média da velocidade de leitura, em que as cores cinza mais claras representam a variável na condição 1 e as cinza mais escuras a variável na condição 2. ( $V_{S2\_cd2}$ – velocidade de leitura na sessão 2 na condição 1; designação igual para as restantes variáveis). As barras de erro representam o desvio padrão. ....	17
Figura 4.2 Amplitude dos movimentos sacádicos, expressa em graus, obtida nas duas diferentes condições nas três sessões de leitura. Em cada coluna está representada a mediana, em que os três cinzas mais claros representam as sessões onde o escotoma estava presente. As barras de erro representam o DIQ (Distancia interquartil).....	18
Figura 4.3 Número de sacadicos obtido nas duas diferentes condições nas três sessões de leitura num texto de 100 palavras (Rácio1). Em cada coluna está representada a mediana, em que os três cinzas mais claros representam as sessões onde o escotoma estava presente. As barras de erro representam o DIQ (distancia interquartil).....	21
Figura 4.4 Número de fixações obtido nas duas diferentes condições nas três sessões de leitura num texto de 100 palavras (Rácio2). Em cada coluna está representada a mediana, em que os três cinzas mais claros representam as sessões onde o escotoma estava presente. As barras de erro representam o DIQ (distancia interquartil). ....	23

# Índice de tabelas

Tabela 4.1. Valores médios e desvio padrão da variável velocidade de leitura. A V\_S2\_Cond1 indica a velocidade de leitura na sessão 2 na condição1 (com escotoma), V\_S2\_cd2 indica a velocidade de leitura ocorridos na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restantes variáveis aqui representadas..... 16

Tabela 4.2. Mediana e DIQ (distancia interquartil) da variável amplitude nas três sessões de leitura nas duas condições. A Amp\_S2\_Cd1 indica a amplitude dos sacádicos na sessão 2 na condição1 (com escotoma), Amp\_S2\_cd2 indica a amplitude dos sacádicos ocorridos na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restantes variáveis aqui representadas..... 18

Tabela 4.3 Comparação par a par das significâncias estatísticas das diferentes variáveis em estudo. .... 19

Tabela 4.4 Mediana e DIQ (Distancia interquartil) da variável número de sacadicos (10palavras) nas 3 sessões de leitura nas duas condições. A N\_Sac\_S2\_cd1 indica o número de sacádicos ocorridos na sessão 2 na condição 1 (com escotoma), N\_S2\_cd2 indica o numero de sacadicos ocorridos na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restantes variáveis aqui representadas. .... 20

Tabela 4.5 Comparação par a par das significâncias estatísticas das diferentes variáveis em estudo. .... 21

Tabela 4.6 Mediana e DIQ (distancia interquartil) da variável duração da fixação nas três sessões de leitura realizada nas duas condições. A D\_S2\_cd1 indica ao duração das fixações ocorridas na sessão 2 na condição 1 (com escotoma), D\_S2\_cd2 indica a duração das fixações ocorridas na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restantes variáveis aqui representadas. .... 22

Tabela 4.7 Mediana e DIQ (Distancia interquartil) da variável número de fixações (10palavras) nas 3 sessões de leitura nas duas condições. A N\_Fix\_S2\_cd1 indica o número de fixações ocorridos na sessão 2 na condição 1 (com escotoma),

N\_Fix\_S2\_cd2 indica o numero de fixações ocorridos na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restantes variáveis aqui representadas. .... 23

Tabela 4.8 Comparação par a par das significâncias estatísticas das diferentes variáveis em estudo. .... 24

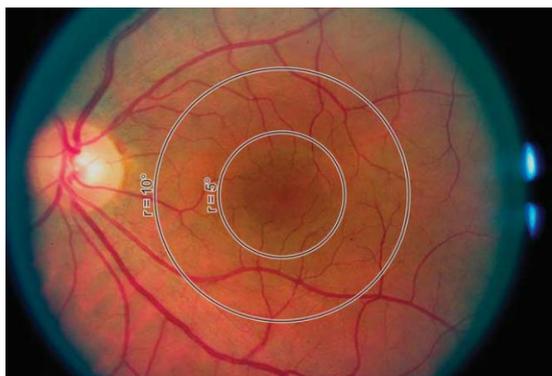
# 1.Introdução

## 1.1. Retina

A retina é a membrana nervosa mais interna do olho. Apenas esta estrutura, contém neurónios que são sensíveis à luz e são responsáveis por enviar os estímulos luminosos ao cérebro. Representa um espaço compreendido entre 0,2 – 0,5mm e apresenta um aspecto transparente com tonalidade avermelhada, uniforme salvo a fóvea (área avascular e mais escura), visível no fundo do olho. A mácula, local onde se encontra a fóvea é a parte central da retina, que submete aproximadamente 5 graus de campo visual. É composta por uma densidade alta de células neurais e por uma ausência de suplemento sanguíneo (Provis, Penfold, Cornish, Sandercoe & Madigan, 2005).

É constituída por fotorreceptores (cones e bastonetes), células ganglionares, interneurónios (células bipolares, horizontais e amácrinas) e células gliais (células de Müller, astrócitos e microglia). Encontra-se junto da coróide sendo esta um tecido vascular e nervoso que tem como várias funções a vascularização externa da retina.

Em geral, a acuidade visual diminui com a excentricidade e a Figura 1.1 ilustra a retina, a quando da visualização do fundo do olho e também as excentricidades de 5° e 10°, sendo o centro a mácula.



**Figura 1.1 Oftalmoscopia de uma retina normal. Os círculos mostram aproximadamente a localização de 5° e 10 ° de excentricidade (Marmor & Marmor, 2010).**

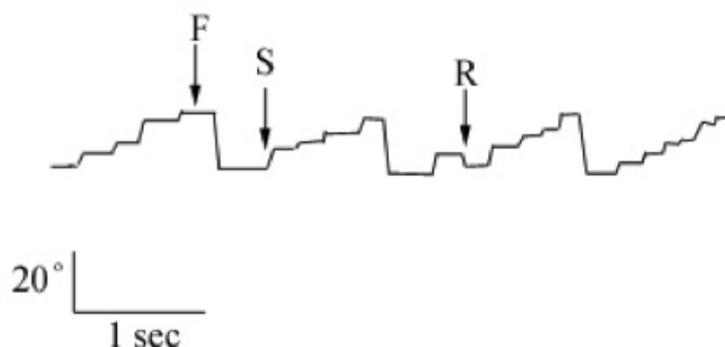
Em pacientes, onde há perda de visão central, por exemplo, pacientes com degeneração macular associada à idade (DMI) o processo de leitura é lento e o desenvolvimento de PRL (regiões da retina em que estes pacientes utilizam para ver (pseu-fóvea) é tardio (Crossland, Culham, Kabanarou & Rubin, 2005). A DMI é a primeira causa de perda irreversível de visão, onde há morte das células retinianas na mácula.

## **1.2. Movimentos oculares**

O globo ocular move-se por ação dos seis músculos motores (músculo recto superior, inferior, medial, lateral e obliquo superior e inferior). Através destes movimentos, a imagem é formada na retina. Se existir algum déficit em um dos músculos, a estabilização da imagem fica comprometida e a imagem obtida não será a desejada nem nítida.

Durante a leitura o olho faz essencialmente dois tipos de movimentos: sacádicos e fixações. Os sacádicos são movimentos oculares rápidos que permitem, por exemplo, saltar de uma palavra para a outra durante a leitura e têm uma duração relativamente constante de 30-50ms. As fixações são os intervalos entre os sacádicos em que os olhos permanecem estáveis e têm uma duração altamente variável de cerca de 200-250ms. (Rayner, 1998). É durante a fixação que a informação é obtida a partir do estímulo visual já que durante os sacadicos a visão é suprimida e é essencialmente “cega”. (Blythe, Liversedge, Joseph, White, Findlay & Rayner, 2006) Para além destes dois tipos de movimentos, durante a leitura, também existem *regressões*, em que o individuo move o olho para trás, a fim de corrigir o que leu e correspondem só a 10-15% dos movimentos. A percentagem de regressões depende

da dificuldade do texto. Muitas palavras são fixadas mais do que uma vez e cerca de um terço das palavras no texto são ignorados (não são fixadas directamente) durante a leitura. Muitas vezes estas palavras ignoradas, são palavras curtas, muito comuns (como a, de, em, e). (Rayner & Well, 1996). A Figura 1.2 mostra os movimentos oculares realizados na leitura.



**Figura 1.2 Movimentos realizados na leitura. F- fixação, S- sacádico e R- Regressão.**

O padrão de movimentos oculares na leitura normal é influenciado por muitos parâmetros visuais e cognitivos. Por exemplo, sabe-se que, com o aumento da dificuldade do texto, aumenta a duração de fixação, diminuição do comprimento dos sacádicos e a frequência dos sacádicos de regressão aumenta (Rayner, 1998).

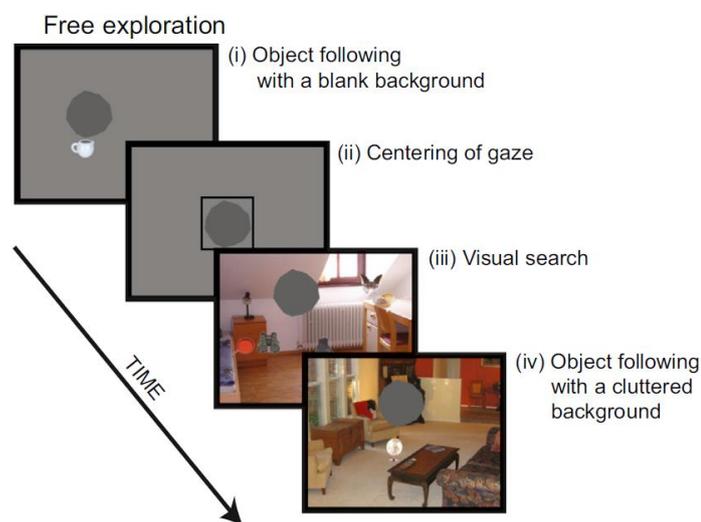
### **1.3. Escotoma central**

Segundo o Dicionário de termos médicos, da Porto editora (elaborado por Manuel Freitas e Costa – 2014) um escotoma é definido como uma mancha escura que se situa no campo visual e pode ser positivo ou negativo, consoante é ou não é reconhecido pelo indivíduo. Ainda pode ser absoluto, quando a zona afectada da retina não apresenta percepção luminosa, ou relativo, quando apenas existe para certos estímulos de luz. Nesta experiência, a todos os participantes, foi-lhes simulado um escotoma central, em que a zona cega correspondia à mácula.

A zona central da retina, a fóvea, é responsável pela acuidade visual máxima. Como a acuidade diminui ao longo da retina os olhos movem-se para direccionar a fóvea para o lado de interesse.

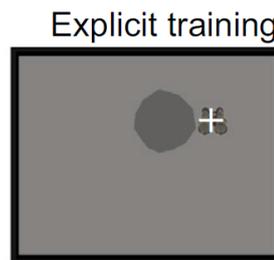
Pacientes com baixa visão afectados pela perda de campo central são forçados a usar a visão periférica, a fim de identificar objectos, rostos ou palavras. Esses pacientes geralmente desenvolvem uma forte preferência pela utilização de uma região específica da retina. Estas regiões são comumente referidas como PRL (locus preferencial da retina) e foram investigadas em diversos estudos (Cheung & Legge, 2005). A maioria dos estudos clínicos com estes pacientes não encontrou nenhuma relação clara entre a velocidade de leitura e a localização do PRL (Bowers, Woods & Peli, 2004)-(Crossland et al., 2005)- (Fletcher, Schuchard & Watson, 1999). No entanto, sabe-se que quando a leitura é contínua, há uma sequência de fixações separadas por sacádicos para “varrer” progressivamente o texto exibido na página.

No investigação de Mi Young Know et al. (Kwon, Nandy & Tjan, 2013) demonstrou-se que o sistema oculomotor pode adoptar rapidamente e espontaneamente “pontos” periféricos para a fixação e estes, uma vez desenvolvidos são mantidos ao longo de semanas na ausência de escotoma. Mi Youg simulou um escotoma central (10°) utilizando o gaze-contingent display, num grupo de seis indivíduos com visão normal. Um outro grupo de seis sujeitos constituía o grupo de controlo sem escotoma simulado. Numa fase inicial (3h) realizou uma exploração livre que consistia numa procura visual de um objecto num fundo desorganizado com um escotoma simulado (circulo cinza, Figura 1.3)

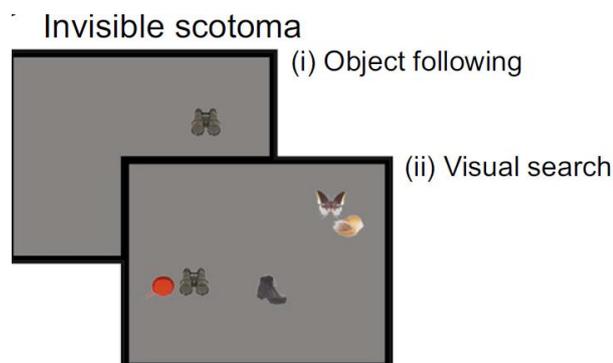


**Figura 1.3 Sequência de tarefas na fase de exploração. Esta etapa é composta por quatro fases. (i) Procura do objecto desejável em fundo cinza, (ii) Centramento do olhar, (iii) Pesquisa do objecto inicialmente apresentado numa serie de distracções não-alvo, (iv) Procura do objecto num fundo confuso.**

Observou que 5 dos sujeitos desenvolveram fixação perto da fronteira com o escotoma (PRL). Numa fase seguinte, os sujeitos receberam treino (15h) e os PRL's foram marcados com uma cruz branca como ponto de referência ( Figura 1.4) e concluiu-se que utilizando um regime de treino eficaz, o controlo oculomotor com visão periférica pode ser tão preciso e exacto como que com visão foveal normal. Passado uma semana os sujeitos foram convocados novamente, mas agora a experiência ocorreu sob forma de escotoma invisível (Figura 1.5) com o intuito de estudar se o PRL desenvolvido anteriormente se mantinha e verificou-se que este, mesmo sem treino durante um período de tempo retinha-se. No entanto, a localização da parte preferencial da retina (PRL) e a localização da primeira fixação variam bastante em comparação com os resultados obtidos após a realização do treino visual. Os resultados deste estudo indicam que o sistema oculomotor é flexível e adaptável. Em média, a experiência durou 30horas e foi dividida em várias sessões durante dois meses.



**Figura 1.4 Exemplo do período de treino. Os sujeitos foram instruídos a usar a cruz como ponto de referência.**



**Figura 1.5 Sequência de tarefas com o escotoma invisível. (i) procura do objecto desejável, (ii) pesquisa do objecto desejável num fundo composto por não-alvos.**

O desenvolvimento visual de pacientes com escotoma macular está inteiramente relacionado com a estabilização do PRL (Whittaker, Budd & Cummings, 1988),

(Falkenberg, Rubin & Bex, 2007),(Tarita-Nistor, Gonzalez, Markowitz & Steinbach, 2009).O desenvolvimento natural de PRL pode ocorrer em algumas semanas após a perda de visão, nos pacientes com DMI.

É muito plausível que a deterioração gradual da visão em pacientes com DMI interfira com o desenvolvimento do comportamento oculomotor. A idade também pode ser um factor que contribui para o desenvolvimento lento. Os pacientes têm melhor estabilidade de fixação se a sua perda de visão central ocorrer numa idade mais jovem (White & Bedell, 1990). Num estudo recente (Kwon, Ramachandra, Satgunam, Mel, Peli & Tjan, 2012) verificou-se que os adultos mais velhos eram mais lentos e utilizavam movimentos oculares excessivos durante a tarefa de busca visual com escotoma central simulado, embora o mesmo estudo não tenha examinado o desenvolvimento do PRL. Uma outra explicação para o lento desenvolvimento é que escotomas reais são muitas vezes invisíveis ou com limite incerto (Schuchard, 1993) (Fletcher, Schuchard & Renninger, 2012).

## **1.4. Velocidade de leitura**

A velocidade de leitura, expressa em ppm, indica quantas palavras são lidas num minuto.

Um estudo interessante que envolve escotoma artificial é o de Anne-Catherine Scherlen, et al (Scherlen, Bernard, Calabrese & Castet, 2008). Este estudo investigou a relação entre os parâmetros de velocidade de leitura e oculomotor em indivíduos com visão normal quando liam frases simples com um escotoma central simulado. O principal resultado foi que, o número de sacádicos e a duração média das fixações são responsáveis por 94% da variação da velocidade de leitura. Estes resultados sugerem que independentemente do tamanho dos sacádicos existe uma diminuição da velocidade de leitura e aumento das fixações quando há escotoma.

Um outro estudo (McIlreavy, Fiser & Bex, 2012) refere que o tamanho do escotoma interfere essencialmente na velocidade de leitura. Os outros padrões oculomotores, como a duração da fixação e a duração dos sacádicos não alteram significativamente, independe do tamanho do escotoma. No entanto, este estudo diz-nos que a adaptação automática à perda de visão central é limitada.

Esta dissertação é composta por 7 capítulos, inclusive este. Neste, faz-se uma breve descrição da retina, movimentos oculares e escotoma.

No capítulo 2 são descritos quais os objectivos deste trabalho.

No capítulo 3 são apresentados os métodos de exame, caracterização da amostra da amostra seleccionada, assim como o material usado para determinação dos parâmetros oculomotores e os procedimentos usados.

No capítulo 4 apresentam-se os resultados obtidos e faz-se a análise estatística dos mesmos.

No capítulo 5 faz-se a discussão dos resultados obtidos e no capítulo 6 e uma conclusão.

## **2.Objectivo e Hipótese**

### **2.1. Formulação do problema**

Pacientes com perda de acuidade visual central como é o caso da DMI têm dificuldade na leitura e na visão dos detalhes. Estes indivíduos apresentam uma baixa velocidade de leitura e um desequilíbrio oculomotor caracterizado por controlo deficiente da fixação e dos movimentos sacádicos.

### **2.2. Objectivo**

O objectivo desta investigação é estudar a performance de leitura em indivíduos com visão normal simulando um escotoma central. Para além da velocidade de leitura são avaliados os movimentos oculares com o apoio de um *eye-tracker* no qual vamos determinar o número e amplitude dos sacádicos e fixações. Pretendeu-se verificar se existe uma adaptação oculomotora que depois leva a uma melhor performance com o escotoma. Algo semelhante ao que se espera que se verifique num paciente com perda de visão central durante o processo adaptativo.

### **2.3. Hipótese**

A hipótese testada foi: Existe uma adaptação oculomotora à medida que os indivíduos são expostos ao escotoma central nas várias sessões o que leva a uma melhoria na performance de leitura.

## 3. Metodologia

Neste capítulo serão descritos em primeiro lugar a caracterização da amostra, em segundo o material usado, de seguida o procedimento da experiência e por último uma breve descrição da análise estatística utilizada na interpretação dos resultados.

### 3.1. Amostra

Foram recrutados 10 participantes (voluntários) estudantes da Universidade do Minho com idades compreendidas entre os 26 e 31 anos sendo, a média = 28.2 anos e DP = 1.7 anos. Destes participantes, 4 eram do sexo masculino (30%) e 6 do sexo feminino (70%), como se pode verificar na Figura 3.1. A melhor acuidade visual corrigida de todos os participantes era de 10/10 ou superior. Segundo as especificações do fabricante o eyetracker é compatível com o uso de óculos ou lentes de contacto. Nenhum dos participantes referiu ter dificuldades de leitura como dislexia nem sofrer de patologia ocular.

A recolha dos dados desta experiência realizou-se no Laboratório de Reabilitação Visual do Centro de Física da Universidade do Minho durante o mês de Junho de 2014.

O presente estudo foi revisto pelo conselho científico da Escola de Ciência da Universidade do Minho. Antes de qualquer ensaio, foi entregue aos participantes os folhetos informativos (anexo I) e os consentimentos informados (anexo II), onde era explicado o trabalho proposto.

#### Participantes/ Género

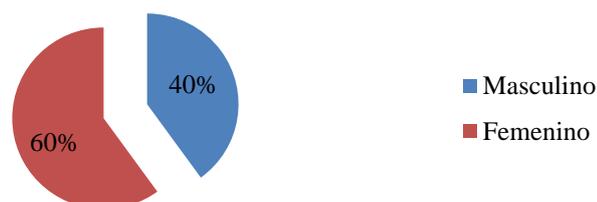


Figura 3.1 Distribuição da amostra em género.

## **3.2. Testes Clínicos**

### **3.2.1. Acuidade Visual**

Determinou-se a melhor AV corrigida para longe, monocularmente. Utilizou-se o Ecrã retroiluminado ETDRS da Precision Vision colocado a 4 metros.

### **3.2.2. Dominância ocular**

Foi determinado o olho dominante a todos os participantes (olho que foi utilizado para a realização da experiência). Inicialmente, o indivíduo, de pé, foi instruído a esticar os braços e com eles formar um triângulo, no qual, tinha que fixar, binocularmente, um ponto distante através dele. Cada olho foi ocluído individualmente. Quando o olho dominante era obstruído, o alvo não era observado através do triângulo e quando o olho não dominante era obstruído o alvo mantinha-se na mira do observador. A experiência realizou-se monocularmente com o olho dominante a ver. Os dois olhos estavam abertos mas o não dominante tinha um filtro infravermelho (Wratten IR; Eastman Kodak, Rochester, NY) a tapar a visão.

## **3.3. Material**

Os movimentos oculares foram monitorizados binocularmente, utilizando um sistema remoto de eyetracking SMIRE250 (SensoMotoric Instruments GmbH, Teltow, Alemanha), controlado por um software desenvolvido em Matlab (The MathWorks™, Inc), exclusivamente para este trabalho. O eye-tracker estava acoplado a um monitor de 22 polegadas onde eram apresentados os textos que serviram de estímulo. Este apresentava uma resolução de 1680x1050 pixéis, uma luminância média de 99.2 cd/m<sup>2</sup> (máxima 162 cd/m<sup>2</sup> e mínima 0.63 cd/m<sup>2</sup>) e estava ligado a um segundo computador onde corria o software Matlab e controlava a apresentação do estímulo. O eye-tracker apresenta uma resolução espacial de 0,03° com compensação de movimentos de cabeça até 25 cm/s e uma precisão da posição do olhar melhor ou igual a 0,4°. A latência desde o movimento do olho até ao primeiro computador é estimada, segundo o fabricante, em 1mseg, atendendo que são recolhidas amostras a cada 4mseg, estima-se que cada amostra de posição xy da posição do olhar esteja disponível a cada 5mseg para o segundo computador onde corre o programa Matlab.

O tempo estimado pelo fabricante para a transferência das amostras entre os dois computadores é de 2mseg. A velocidade com que a posição do escotoma é actualizada no monitor, depende da taxa de refrescamento deste. Como o monitor tem uma taxa de refrescamento de 60Hz demora 16.7mseg a redesenhar o ecrã. Se for somada a latência de cerca de 5mseg mais o tempo da transferência de informação entre computadores de 2mseg dá um atraso global de aproximadamente 25mseg.

O estímulo apresentado aos participantes eram textos, de apenas 3 linhas retirados do teste MNREAD. O teste MNREAD consiste em blocos de texto com 3 linhas de 10 palavras e 60 caracteres, centradas na página. No total tem 19 tamanhos de fonte, sendo cada bloco de texto 0,1 logMAR menor que a anterior (ou seja, cerca de 80% do tamanho). É usado um vocabulário simples, seleccionado a partir de palavras muito frequentes na escola primária.

A disposição do equipamento é ilustrada na Figura 3.2. com o participante já pronto para a realização da experiência.



**Figura 3.2: Material utilizado na experiência. A imagem do lado esquerdo ilustra a disposição de algum material (eye-tracker incorporado no ecrã ligado a dois computadores (Um com o sistema do eye-tracker e o outro com o software Matlab)). A imagem da direita ilustra o participante já disposto para dar início à experiência, sentado numa cadeira com suporte de cabeça.**

### **3.4. Procedimento**

Os participantes foram instruídos para se sentar em frente ao ecrã /eyetracker numa cadeira com suporte específico para evitar os movimentos da cabeça (visível na Figura 3.3 (direita)). Foram usados uns óculos, em que, o olho não dominante era obstruído por um filtro infravermelho (o sujeito não conseguia ver por este olho mas a câmara do eye-tracker conseguia detecta-lo). Os indivíduos eram ajustados de modo a que ambos os olhos estivessem visíveis para as camaras do eye-tracker. A distância entre o participante e o ecrã era de 70cm. Antes da recolha dos dados de leitura o

eye-tracker era calibrado como se mostra na Figura 3.3. A calibração consistia que cada participante, usando apenas o movimento ocular, seguisse um ponto branco (no centro apresentava outro ponto vermelho) que se deslocava aleatoriamente para 9 posições no ecrã de fundo cinza. Após calibração realizada foi explicado precisamente o que era pretendido. Explicou-se que, iriam aparecer textos com uma mancha no centro (escotoma) e que para tentar ler, deveriam descolar a mancha ligeiramente para os lados para tentar ler o que estava na periferia. E só depois da explicação, e com o paciente a olhar para o centro do ecrã é que os textos apareciam.



**Figura 3.3 Imagem ilustrativa da fase de calibração. Este ponto branco movia-se aleatoriamente para 9 posições diferentes no ecrã.**

Foram realizadas, 4 sessões de leitura, sessão inicial, 3 dias, 4 dias e 7 dias depois da primeira avaliação. Durante a experiência foram apresentados 5 textos, cada um com 3 linhas e com um tamanho de letra de 36N que corresponde a uma acuidade de 1.1 logMAR e um tamanho de carácter de 1°. Dos 5 textos, 4 foram lidos com um escotoma central simulado de 10 graus de formato circular e de cor preta (condição 1), o quinto e último texto foi lido sem escotoma (condição 2). O ciclo da experiência da leitura está representado na Figura 3.4. Para apresentação dos 5 textos o ciclo foi repetido 5 vezes. Os movimentos oculares foram usados durante o passo 2 para desenhar o escotoma e foram também gravados para análise dos parâmetros oculomotores. Figura 3.5 mostra os movimentos oculares realizados por um participante na condição 1 (com escotoma). A condição 2, sem escotoma foi sempre a última e a Figura 3.6 mostra os movimentos oculares realizados por um participante nesta condição (2). Os participantes tinham que ler os textos em voz alta e foram instruídos para evitar movimentos da cabeça. Foram realizadas quatro medições de leitura, mas apenas três é que entram na análise dos dados uma vez que, a primeira sessão foi apenas de explicação.

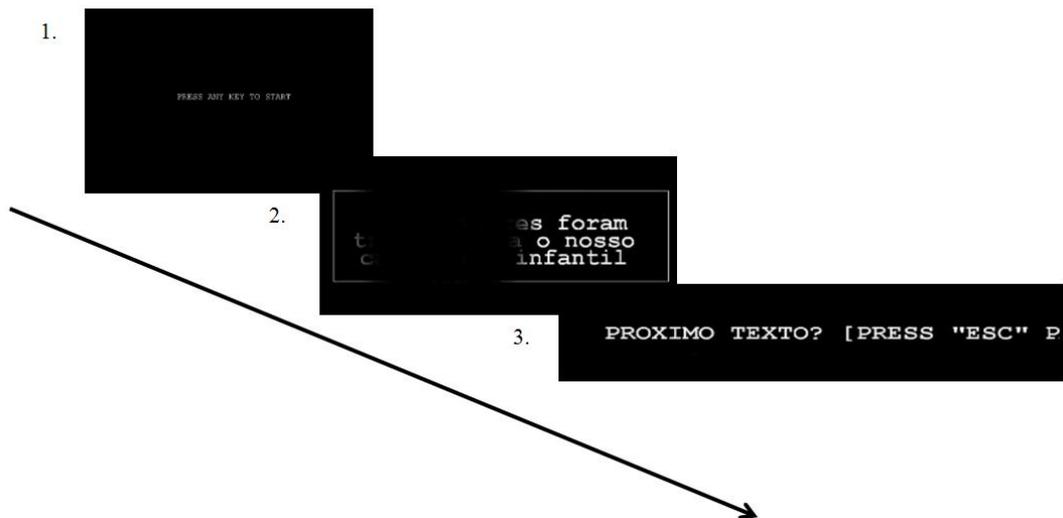


Figura 3.4 Esquema ilustrativo da experiencia. 1) Inicio da experiencia 2) apresentação do texto 3) Início do próximo texto. O loop 1-3 foi repetido 5 vezes (quatro vezes com o texto com escotoma e uma vez sem escotoma).



Figura 3.5 Movimentos oculares realizados na condição com escotoma (cd1). (A) ilustração de um dos textos com o escotoma. (B) O mesmo texto com a apresentação dos movimentos, os círculos retractam a duração da fixação e as linhas os sacádicos.

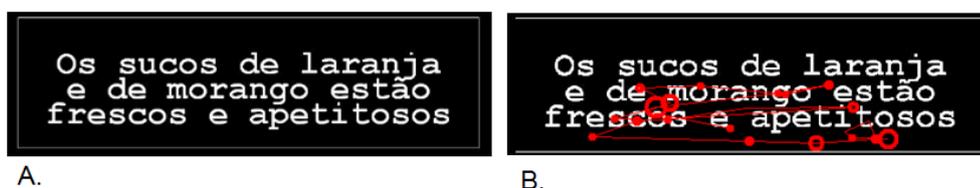


Figura 3.6 Movimentos oculares realizados na condição sem escotoma (cd2). (A) ilustração de um dos textos sem o escotoma. (B) O mesmo texto com a apresentação dos movimentos, os círculos retractam a duração da fixação e as linhas os sacádicos.

### 3.5. Descrição das variáveis

As variáveis analisadas ao longo deste trabalho foram a velocidade de leitura, as fixações e os movimentos sacádicos.

Para determinar a velocidade de leitura utilizou-se a seguinte equação (Eq1):

$$\text{Equação 1: } V_{\text{leitura}} \text{ (ppm)} = 10 / (t / 60)$$

A velocidade de leitura expressa-se em *palavras por minuto* e determina-se a partir do tempo (t) que o participante demora a ler o texto. Esta fórmula é específica para o teste MNREAD, teste do qual foram extraídos os textos usados na experiência e já descrita, na sessão 3.3.

Os movimentos sacádicos foram determinados utilizando um critério de velocidade de 30graus/seg e/ou aceleração de 8500 graus/segxseg. Para caracterizar o movimento sacádico foram analisadas a amplitude, expressa em graus (°) e o número de movimentos realizados durante a leitura. O número de sacádicos também foi expresso em Rácio (Rácio 1 = 100 x nº sacádicos no texto/ n palavras do texto).

Apenas sacádicos com amplitude superior a 0,5 graus foram considerados para a análise. Os sacádicos de mudança de linha também foram eliminados. Para tal, depois de eliminar estes sacádicos, foi calculada a amplitude média e o desvio padrão dos sacádicos pretendidos. A Figura 3.7, mostra a folha de Excel utilizada para a recolha destes dados.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Amp_Sac_total	Eliminação	Amp_Sac_anlise	peak_vel.	duração	latencia	codigo_texto		amplitude_sac	num_sac
2	3,465270807	1	3,465270807	363	332	244	20000		3,1159	18
3	1,709252474	1	1,709252474	86	72	864	20000			
4	1,234110373	0		103	24	1196	20000	Média	3,3744	
5	2,510951114	1	2,510951114	202	32	1400	20000	Desvio_Padrão	2,0321	
6	7,013555747	0		317	72	1712	20000	num_sac_total	28	
7	4,59309423	1	4,59309423	200	52	2040	20000			
8	1,271899113	0		34	60	2176	20000			

**Figura 3.7 Exemplo de parte da folha de Excel com os dados dos sacádicos fornecidos pelo programa de Matlab.**

Na Figura 3.7 a primeira coluna (Amp\_Sac\_total, A1) representa a amplitude de todos os sacádicos. As células I4 e I5 representam a média e desvio padrão da amplitude de todos os sacádicos (Amp\_Sac\_total). Depois de calculada a média e o desvio padrão de todos os sacádicos, foram eliminados os que tinham amplitude maior do que média + desvio padrão (e.g. média 3graus e desvio padrão 2graus, todos os sacádicos com + 5graus foram eliminados (coluna B) e por isso, não foram incluídas no cálculo dos parâmetros (amplitude e numero de sacádicos) final, analisando

apenas os dados da coluna C. A eliminação destes sacádicos permitiu eliminar eventuais sacádicos usados para mudar de linha. Portanto, a amplitude\_sac (célula I2) indica-nos apenas os valores médios referentes amplitude dos sacadicos em que a Eliminação=1 e a num\_sac (J2) refere-se ao número de sacadicos com eliminação = 1.

Foi também analisado o número de fixações e a duração, em milissegundos. Fixações com duração inferior a 16mseg foram eliminadas da análise. O número de fixação nas 10 palavras do texto foi depois convertido num rácio em número de fixações realizadas num texto de 100 palavras (Rácio 2 =  $100 \times n^{\circ}$  sacádicos no texto/ n palavras do texto).

### **3.6. Análise estatística**

Os dados dos movimentos oculares foram analisados utilizando o software de programação Matlab (MathWorks Inc., USA). Foi utilizado o Excel (2010) e o programa *IBM SPSS Statistics* versão 2.2 ( IBM Inc, Chicago, IL).

Foi realizada a análise descritiva das variáveis e a informação foi exibida em tabelas e gráficos, demonstrando as médias e desvio padrão quando a variável tem distribuição normal ou mediana e intervalo intervalo -interquartil quando a variável não tem distribuição normal.

Foi testada a normalidade das variáveis utilizando o teste Kolmogorov-Smirnov.

Para verificar o efeito das sessões nas variáveis e também o efeito do escotoma foi utilizado ANOVA para medidas repetidas sempre que a variável tinha uma distribuição normal. Estabeleceu-se em análise separada, várias variáveis dependentes (p. ex. amplitude de sacadicos) sendo os factores a sessão (2 ou 3 ou 4) e a condição (1 ou 2). Foi também usado o ANOVA Friedman e comparação par a par com o teste de Wilcoxon, quando as variáveis não tinham distribuição normal.

## 4. Resultados

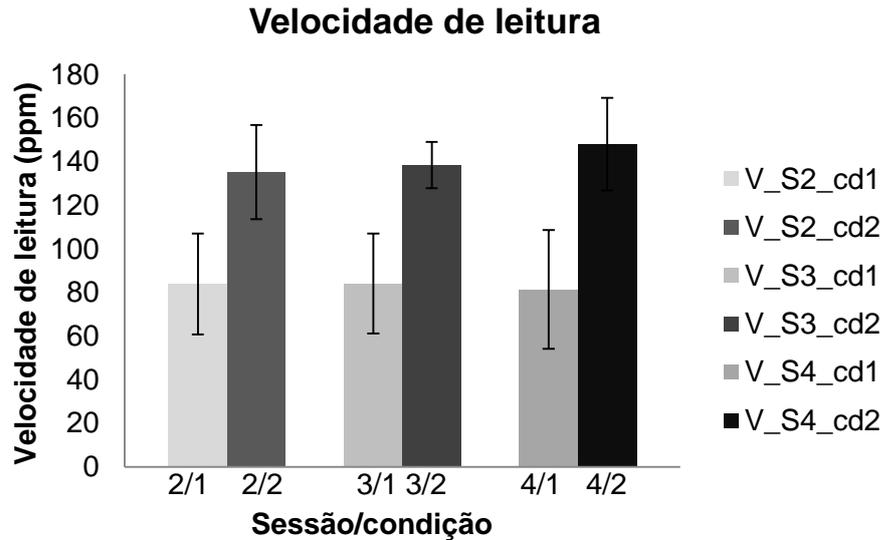
Neste capítulo apresentam-se os resultados experimentais obtidos para todas as variáveis estudadas: velocidade de leitura, número e amplitude do movimento sacádico e número e duração da fixação. Foi analisado o comportamento de cada uma, tendo em conta a condição com (cond1) ou sem escotoma (cond2).

### 4.1. Velocidade de leitura

A Tabela 4.1 indica os valores médios e o desvio padrão referente à variável velocidade de leitura e a Figura 4.1 ilustra-os. Em cada sessão foi avaliada a velocidade de leitura nas duas condições diferentes: Cond1: com escotoma e Cond2: sem escotoma.

**Tabela 4.1. Valores médios e desvio padrão da variável velocidade de leitura. A V\_S2\_Cond1 indica a velocidade de leitura na sessão 2 na condição1 (com escotoma), V\_S2\_cd2 indica a velocidade de leitura ocorridos na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restantes variáveis aqui representadas.**

Velocidade de leitura (ppm)		
	Média	DP
V_S2_Cd1	84,8	23,2
V_S2_Cd2	135,2	21,5
V_S3_Cd1	84,1	22,9
V_S3_Cd2	138,4	10,7
V_S4_Cd1	81,4	27,2
V_S4_Cd2	148	21,3



**Figura 4.1** Velocidade de leitura, expressa em palavras por minuto, nas duas diferentes condições. Em cada coluna está representada a média da velocidade de leitura, em que as cores cinza mais claras representam a variável na condição 1 e as cinza mais escuras a variável na condição 2. (V\_S2\_cd2 – velocidade de leitura na sessão 2 na condição 1; designação igual para as restantes variáveis). As barras de erro representam o desvio padrão.

Através da análise da tabela e do gráfico verifica-se que em condições com escotoma a velocidade é mais reduzida do que em condições sem escotoma o que nos indica que ter um escotoma prejudica a leitura.

Se avaliar as sessões em conjunto, as que apresentam escotoma têm velocidade média=83ppm (DP=6) e as que não apresentam escotoma apresentam uma velocidade de leitura média de 141 ± 4 ppm

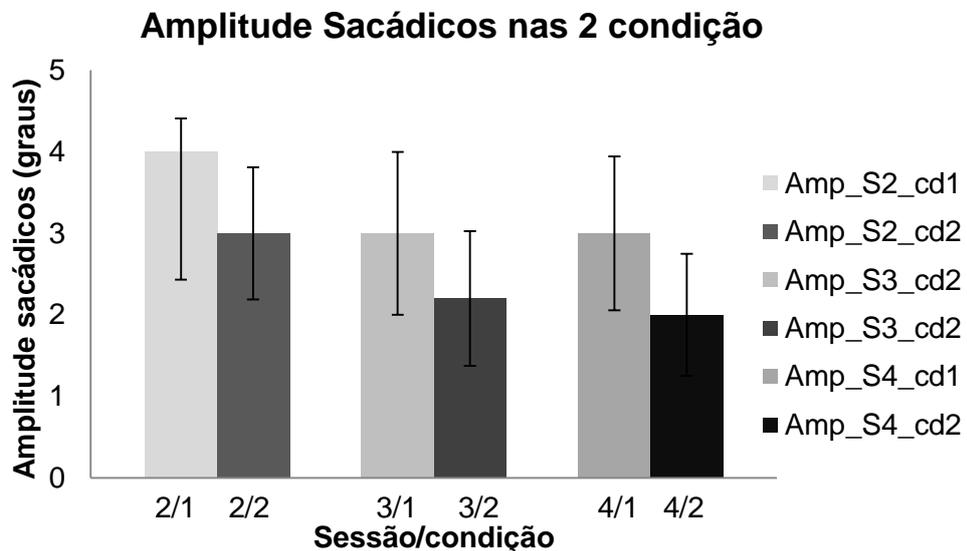
Aplicando o ANOVA para medidas repetidas verificou-se que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as três sessões com escotoma ( $p=0,944$ ) nem diferenças significativas entre as três sessões sem escotoma ( $p=0,227$ ). Entre as condições verificou-se que existe um efeito estatisticamente significativo ( $F(5,45)= 34$   $p=0,00$ ), ou seja, apresentar um escotoma reduz bastante a velocidade de leitura, a diferença média são 57ppm.

## 4.2. Amplitude dos sacádicos

A Tabela 4.2 e a Figura 4.2 mostram a amplitude dos sacádicos obtida nas diferentes sessões nas duas condições.

**Tabela 4.2. Mediana e DIQ (distancia interquartil) da variável amplitude nas três sessões de leitura nas duas condições. A Amp\_S2\_Cd1 indica a amplitude dos sacádicos na sessão 2 na condição1 (com escotoma), Amp\_S2\_cd2 indica a amplitude dos sacádicos ocorridos na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restantes variáveis aqui representadas.**

Amplitude sacádicos (graus)	
	Mediana [DIQ]
Amp_S2_cd1	4 [2,4; 4,4]
Amp_S2_cd2	2,9 [1,7; 3,2]
Amp_S3_cd1	3 [2,3; 3,25]
Amp_S3_cd2	2,2 [2; 3]
Amp_S4_cd1	3 [3; 4]
Amp_S4_cd2	2 [2; 3]



**Figura 4.2 Amplitude dos movimentos sacádicos, expressa em graus, obtida nas duas diferentes condições nas três sessões de leitura. Em cada coluna está representada a mediana, em que os três cinzas mais claros representam as sessões onde o escotoma estava presente. As barras de erro representam o DIQ (Distancia interquartil).**

Foi aplicado o ANOVA de Friedemann para verificar a existência de diferenças entre os valores da amplitude dos sacádicos entre as duas condições. Foi encontrada diferença estatisticamente significativa ( $\chi^2(5) = 11.013, p = 0.05$ ).

A Tabela 4.3 mostra os dados obtidos com o teste Wilcoxon, comparando par-a-par as sessões.

**Tabela 4.3 Comparação par a par das significâncias estatísticas das diferentes variáveis em estudo.**

Sessão/cond						
	2/1	2/2	3/1	3/2	4/1	4/2
2/1		0,05*	0,122	0,075	0,342	0,06
2/2			0,241	0,721	0,213	0,678
3/1				0,04*	0,829	0,04*
3/2					0,143	0,786
4/1						0,04*
4/2						

\*p<0,05    \*\*p<0.01    \*\*\*p<0.001

Verificou-se que não existiram diferenças estatisticamente significativas dentro da mesma condição entre as sessões diferentes.

### 4.3. Número de sacádicos

A Tabela 4.4 mostra o número de sacádicos durante a leitura dos textos (em média tinham 10 palavras). E depois, ilustra-se na Figura 4.3 no qual estão representados quantos sacadicos se realizariam num texto de 100 palavras (Rácio 1).

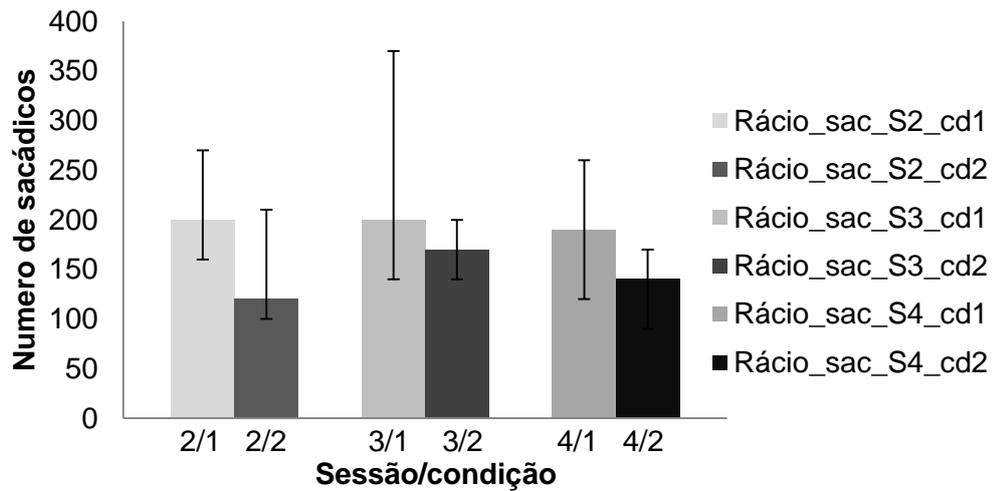
**Tabela 4.4 Mediana e DIQ (Distancia interquartil) da variável número de sacádicos (10palavras) nas 3 sessões de leitura nas duas condições. A N\_Sac\_S2\_cd1 indica o número de sacádicos ocorridos na sessão 2 na condição 1 (com escotoma), N\_S2\_cd2 indica o numero de sacádicos ocorridos na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restastes variáveis aqui representadas.**

<b>Número de sacádicos</b>	
	Mediana [DIQ]
<b>N_Sac_S2_cd1</b>	19,5 [15,7; 26,5]
<b>N_Sac_S2_cd2</b>	11,5 [9,6; 21]
<b>N_Sac_S3_cd1</b>	19,5 [14,25; 36,5]
<b>N_Sac_S3_cd2</b>	16,5 [14; 20,3]
<b>N_Sac_S4_cd1</b>	18,5 [11,7; 26,3]
<b>N_Sac_S4_cd2</b>	14 [9,3; 17]

De acordo com os dados obtidos desta variável obteve-se que nos casos com escotoma o número de sacádicos era maior em relação aos casos sem escotoma.

A variável número de sacádicos não apresentava uma distribuição normal e por isso foi aplicado o teste ANOVA de Friedman para verificar a existência de diferenças entre o número de sacádicos entre as duas condições. Foi encontrada diferença estatisticamente significativa ( $\chi^2 (5) = 14.227, p=0.014$ ).

### Número de sacádicos/ 100 palavras



**Figura 4.3** Número de sacádicos obtido nas duas diferentes condições nas três sessões de leitura num texto de 100 palavras (Rácio1). Em cada coluna está representada a mediana, em que os três cinzas mais claros representam as sessões onde o escotoma estava presente. As barras de erro representam o DIQ (distancia interquartil).

A Tabela 4.5 mostra os resultados obtidos analisando separadamente as sessões com o teste Wilcoxon.

**Tabela 4.5** Comparação par a par das significâncias estatísticas das diferentes variáveis em estudo.

Sessão/cond	2/1	2/2	3/1	3/2	4/1	4/2
2/1		0,01**	0,594	0,102	0,414	0,690
2/2			0,07	0,28	0,172	0,41
3/1				0,04*	0,192	0,04*
3/2					0,143	0,07
4/1						0,09
4/2						

\*p<0,05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001

Verificou-se que não existiram diferenças estatisticamente significativas nas mesmas condições em sessões diferentes.

## 4.4. Duração das fixações

Na Tabela 4.6 são apresentados os valores obtidos.

**Tabela 4.6 Mediana e DIQ (distancia interquartil) da variável duração da fixação nas três sessões de leitura realizada nas duas condições. A D\_S2\_cd1 indica a duração das fixações ocorridas na sessão 2 na condição 1 (com escotoma), D\_S2\_cd2 indica a duração das fixações ocorridas na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restantes variáveis aqui representadas.**

Duração fixação (ms)		
	Média	DP
D_Fix_S2_cd1	135,9	56,1
D_Fix_S2_cd2	143,5	60,9
D_Fix_S3_cd1	165,3	45,2
D_Fix_S3_cd2	151,2	51,1
D_Fix_S4_cd1	154,1	56,3
D_Fix_S4_cd2	153,1	79,6

Aplicando o ANOVA para medidas repetidas verificou-se que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as três sessões com escotoma ( $p=0,246$ ) nem diferenças significativas entre as três sessões sem escotoma ( $p=0,883$ ). Entre as condições também não se verificou efeito estatisticamente significativo ( $p=0,221$ ), ou seja, a duração das fixações não é afectada pela presença de escotoma.

## 4.5. Número de fixações

A Tabela 4.7 representa o numero de fixações que os participantes realizaram na experiencia e a Figura 4.4 representa o Rácio2 que corresponde ao numero de fixações num texto de 100 palavras.

Tabela 4.7 Mediana e DIQ (Distancia interquartil) da variável número de fixações (10palavras) nas 3 sessões de leitura nas duas condições. A N\_Fix\_S2\_cd1 indica o número de fixações ocorridos na sessão 2 na condição 1 (com escotoma), N\_Fix\_S2\_cd2 indica o numero de fixações ocorridos na sessão 2 na condição 2 (sem escotoma), e assim sucessivamente nas restastes variáveis aqui representadas.

Número de Fixações	
	Mediana [DIQ]
N_Fix_S2_cd1	26,2 [22; 36,7]
N_Fix_S2_cd2	18,3 [14,5; 22]
N_Fix_S3_cd1	24,6 [20,3; 34]
N_Fix_S3_cd2	18,4 [19,1;19,5]
N_Fix_S4_cd1	30,2 [18; 40,4]
N_Fix_S4_cd2	16,8 [15,2; 18,2]

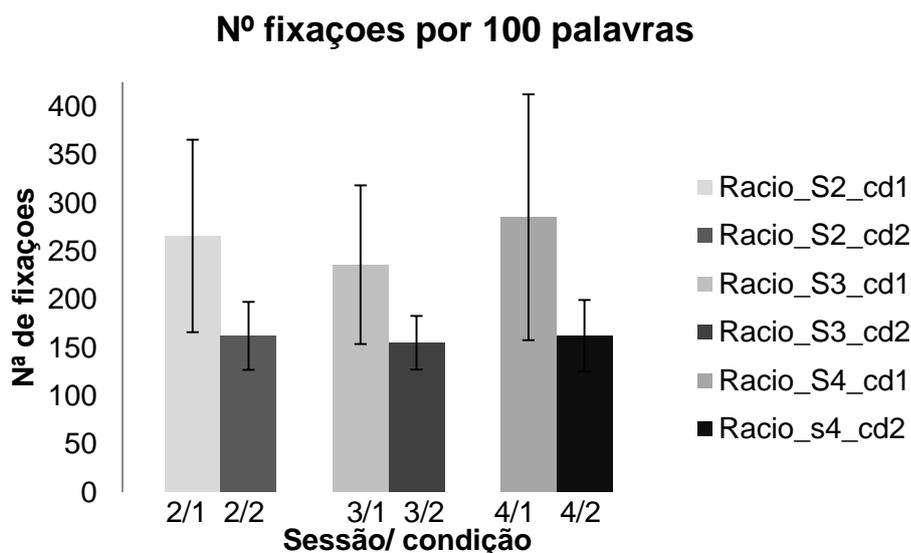


Figura 4.4 Número de fixações obtido nas duas diferentes condições nas três sessões de leitura num texto de 100 palavras (Rácio2). Em cada coluna está representada a mediana, em que os três cinzas mais claros representam as sessões onde o escotoma estava presente. As barras de erro representam o DIQ (distancia interquartil).

Verificou-se que nas condições com escotoma (condição1) o número de fixações é maior do que na condição sem escotoma. Em média os participantes realizam mais 12 fixações sob a condição1.

Esta variável não apresentava uma distribuição normal e por isso foi aplicado o ANOVA de Friedman para verificar a existência de diferenças entre o número de fixações entre as duas condições. Foi encontrada diferença estatisticamente significativa ( $\chi^2(5) = 31.6, p = 0.000$ ).

A Tabela 4.5 Tabela 4.8 mostra os resultados obtidos analisando separadamente as sessões com o teste Wilcoxon.

**Tabela 4.8 Comparação par a par das significâncias estatísticas das diferentes variáveis em estudo.**

Sessão/cond	2/1	2/2	3/1	3/2	4/1	4/2
2/1		0,008**	0,677	0,005**	0,722	0,005**
2/2			0,025*	0,28	0,038*	0,260
3/1				0,005**	0,474	0,04*
3/2					0,021*	0,234
4/1						0,008**
4/2						

\*p<0,05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001

Comparando par-a-par as sessões verificou-se que não há diferenças estatisticamente significativas nas mesmas condições em sessões diferentes. Apenas há diferenças em todas as sessões em condições distintas.

## 5. Discussão

Nesta investigação pretendeu-se estudar qual o comportamento oculomotor do sistema visual quando confrontado com um escotoma central e se ocorria alguma adaptação oculomotora depois de estar exposto várias sessões à leitura com escotoma. Esta avaliação foi executada utilizando um sistema remoto de eyetracking, durante uma tarefa simples de leitura. Foram analisadas a velocidade de leitura e as características dos movimentos oculares (sacádicos e fixações) em duas condições, uma com escotoma simulado e outra sem escotoma. Com os resultados obtidos, pode-se confirmar as alterações de performance de leitura e alterações oculomotoras reportadas em doentes com DMI. Contrariamente ao antecipado na hipótese deste estudo não verificou uma melhoria significativa da performance visual ao longo das sessões.

### 5.1. Movimentos oculomotores

A exposição inicial a um escotoma central simulado diminuiu drasticamente a qualidade de um sistema visual normal. Neste estudo, os sujeitos que leram em condições com escotoma apresentam uma velocidade de leitura menor do que os sujeitos que leram em condições normais. Em condições com escotoma lê-se em média menos 57ppm. Com escotoma, os leitores usam mais recursos de processamento para codificar e entender a palavra que está obstruída pelo escotoma do que os leitores rápidos (Rayner, Slattery & Belanger, 2010).

Verificou-se que ao longo das sessões a amplitude dos sacádicos diminuiu, podendo este resultado ser o melhor indicador encontrado de alguma adaptação ao escotoma central, embora não haja uma diferença estatisticamente significativa.

Em relação ao número de sacádicos realizados num texto de 100 palavras (Rácio1) verifica-se que nos casos sem escotoma o número é mais pequeno. Nos casos com escotoma, em média, os participantes realizam menos 40 sacádicos do que nos casos com escotoma. Embora não haja diferenças significativas à uma pequena diminuição do número de sacádicos entre o início e o fim da experiência. Este resultado é consistente com o estudo de Anne-Catherine Scherlen, et al (Scherlen et

al., 2008) que verificou que nos casos em que se simulava um escotoma o número de sacádicos era maior.

Analisando as fixações, verifica-se que a duração não é afectada pela presença do escotoma. Resultado que era esperado, uma vez que, também foi encontrado no estudo da Anne-Catherine Scherlen, et all. Em relação ao número de fixações realizadas num texto de 100 palavras (Rácio2) os participantes fazem em média mais 90 fixações quando se simula o escotoma. Comparando o número de fixações na sessão 2 na condição sem escotoma com o numero de fixações na sessão 4 sem escotoma há uma diminuição de cerca de 20 fixações.

Estas conclusões indicam-nos que apresentar um escotoma influencia, e bastante, o quotidiano do ser humano.

Contrariamente à hipótese inicial, não foi encontrada uma alteração significativa dos parâmetros oculomotores. Ou seja, não houve uma adaptação ao escotoma uma vez que a experiencia apenas foi realizada três vezes (duração aproximada de 15 minutos), e segundo o estudo de David V. Walsh, et al (Walsh & Liu, 2014) para existir uma adaptação do sistema oculomotor ao escotoma é necessário expor o paciente 1 hora por dia durante 11 sessões. Este estudo também nos indica que os pacientes foram capazes de aprender a executar melhor a tarefa desenvolvendo uma nova rotina visual para lidar com esta perda de campo visual. Outra explicação, para esta conclusão, é o facto de a nossa amostra ser pequena para conseguir provar o efeito.

No nosso estudo, simulou-se um escotoma a pessoas com visão periférica saudável. Nos casos dos doentes com DMI, isto pode não acontecer. Mesmo assim, simular o escotoma continua a ser a melhor maneira de estudar as alterações funcionais da doença macular quando não é desejável ou possível envolver pacientes.

Antes de generalizar estes resultados para pacientes com DMI, há algumas limitações presentes neste estudo que merecem destaque. O escotoma artificial utilizado neste estudo é denso e tem uma forma definida. Em contraste, pacientes com DMI testados noutros estudos, revelam escotomas cujos limites e formas são muito menos claras. Além disso, os nossos participantes foram jovens. Pacientes com DMI são geralmente muito mais velhos e sem motivação nenhuma.

## 6. Conclusão

Com este estudo pretendeu-se estudar qual seria a performance dos indivíduos com escotomas e perceber se existiria alguma adaptação ao escotoma.

Percebemos que, indivíduos com falha de visão central demoram muito a ler, pois apresentam uma velocidade de leitura baixa, fazem mais sacádicos e mais fixações. No entanto, não houve à adaptação significativa ao escotoma.

Talvez, fosse interessante, realizar esta experiência num espaço de tempo maior.

## 7.Referências bibliográficas

Blythe, H.I., Liversedge, S.P., Joseph, H.S., White, S.J., Findlay, J.M., & Rayner, K. (2006). The binocular coordination of eye movements during reading in children and adults. *Vision Res*, 46 (22), 3898-3908.

Bowers, A.R., Woods, R.L., & Peli, E. (2004). Preferred retinal locus and reading rate with four dynamic text presentation formats. *Optom Vis Sci*, 81 (3), 205-213.

Cheung, S.H., & Legge, G.E. (2005). Functional and cortical adaptations to central vision loss. *Vis Neurosci*, 22 (2), 187-201.

Crossland, M.D., Culham, L.E., Kabanarou, S.A., & Rubin, G.S. (2005). Preferred retinal locus development in patients with macular disease. *Ophthalmology*, 112 (9), 1579-1585.

Falkenberg, H.K., Rubin, G.S., & Bex, P.J. (2007). Acuity, crowding, reading and fixation stability. *Vision Res*, 47 (1), 126-135.

Fletcher, D.C., Schuchard, R.A., & Renninger, L.W. (2012). Patient awareness of binocular central scotoma in age-related macular degeneration. *Optom Vis Sci*, 89 (9), 1395-1398.

Fletcher, D.C., Schuchard, R.A., & Watson, G. (1999). Relative locations of macular scotomas near the PRL: effect on low vision reading. *J Rehabil Res Dev*, 36 (4), 356-364.

Kwon, M., Nandy, A.S., & Tjan, B.S. (2013). Rapid and persistent adaptability of human oculomotor control in response to simulated central vision loss. *Curr Biol*, 23 (17), 1663-1669.

- Kwon, M., Ramachandra, C., Satgunam, P., Mel, B.W., Peli, E., & Tjan, B.S. (2012). Contour enhancement benefits older adults with simulated central field loss. *Optom Vis Sci, 89* (9), 1374-1384.
- Marmor, D.J., & Marmor, M.F. (2010). Simulating vision with and without macular disease. *Arch Ophthalmol, 128* (1), 117-125.
- McIlreavy, L., Fiser, J., & Bex, P.J. (2012). Impact of simulated central scotomas on visual search in natural scenes. *Optom Vis Sci, 89* (9), 1385-1394.
- Provis, J.M., Penfold, P.L., Cornish, E.E., Sandercoe, T.M., & Madigan, M.C. (2005). Anatomy and development of the macula: specialisation and the vulnerability to macular degeneration. *Clin Exp Optom, 88* (5), 269-281.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychol Bull, 124* (3), 372-422.
- Rayner, K., Slattery, T.J., & Belanger, N.N. (2010). Eye movements, the perceptual span, and reading speed. *Psychon Bull Rev, 17* (6), 834-839.
- Rayner, K., & Well, A.D. (1996). Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination. *Psychon Bull Rev, 3* (4), 504-509.
- Scherlen, A.C., Bernard, J.B., Calabrese, A., & Castet, E. (2008). Page mode reading with simulated scotomas: oculo-motor patterns. *Vision Res, 48* (18), 1870-1878.
- Schuchard, R.A. (1993). Validity and interpretation of Amsler grid reports. *Arch Ophthalmol, 111* (6), 776-780.
- Tarita-Nistor, L., Gonzalez, E.G., Markowitz, S.N., & Steinbach, M.J. (2009). Plasticity of fixation in patients with central vision loss. *Vis Neurosci, 26* (5-6), 487-494.
- Walsh, D.V., & Liu, L. (2014). Adaptation to a simulated central scotoma during visual search training. *Vision Res, 96*, 75-86.
- White, J.M., & Bedell, H.E. (1990). The oculomotor reference in humans with bilateral macular disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci, 31* (6), 1149-1161.

Whittaker, S.G., Budd, J., & Cummings, R.W. (1988). Eccentric fixation with macular scotoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 29 (2), 268-278.

## 8. Anexos

### 8.1. Anexo I – Folheto informativo

Título do estudo: Adaptação Oculomotora em Escotoma central simulado

Acrónimo: AOEECS

#### INFORMAÇÃO AO PARTICIPANTE

Por favor leia atentamente o seguinte texto. Se não o conseguir ler ou se não entender alguma informação, por favor pergunte a um dos membros desta investigação. Este texto dirige-se ao participante. Está a ser convidado para participar num estudo, leve o tempo que necessitar a ler toda a informação e converse sobre este assunto com familiares e/ou amigos se desejar. Muito obrigado por ler!

#### ***Qual o propósito deste estudo?***

O objectivo desta investigação é estudar o efeito de um plano de treino na performance de pessoas com visão normal onde é simulado um escotoma central (perda visual central). Vamos elaborar um programa de treino visual e estudar se os sujeitos que receberam treino apresentam maior estabilidade no seu sistema oculomotor e maior velocidade de leitura do que o grupo que não o recebeu.

#### ***O que vai ser pedido no caso de participar?***

##### *Teste 1: Medição da Acuidade Visual / Dominância ocular*

Neste teste o paciente terá que ler as letras de um quadro com a finalidade de verificar se o paciente tem uma acuidade visual de 1.0 ou superior com ambos os olhos (com ou sem correcção). A dominância ocular será estimada através de uma lente positiva com a finalidade de saber qual o olho que o paciente irá utilizar no estudo (óculos com filtro infravermelho no olho não dominante).

##### ***Teste 2: Sessão de leitura***

*Neste teste o paciente terá que ler um pequeno texto com um escotoma central.*

**Teste 3: Treino visual**

*Neste teste o paciente tem de fixar alvos em diferentes posições no ecrã do PC a fim de monitorizar os movimentos oculares com o eye-tracker.*

*Onde decorrerão os testes*

Os testes 1,2 e 3 serão realizados na Universidade do Minho, Laboratório de Reabilitação Visual. Para realizar este teste será necessário o participante deslocar-se ao laboratório situado no Campus de Gualtar da Universidade do Minho, Edifício da Escola de Ciências, Sala 2100.

***Que benefício terá a participação?***

Os resultados deste estudo poderão vir a ser benéficos para determinar se a realização de um treino visual melhora ou não a estabilização do sistema oculomotor e a qualidade de vida, por exemplo, nas pessoas com DMRI.

Todos os participantes receberão um voucher em compras na Fnac (ou noutra loja).

***O que vai acontecer aos resultados deste estudo?***

Os resultados vão ser publicados como parte de uma tese e poderão também ser usados em conferências ou artigos científicos em revistas da especialidade. Os dados pessoais dos participantes nunca serão identificados em nenhuma publicação de resultados referentes a este estudo. Os resultados em cada um dos testes só serão do conhecimento do investigador e não serão revelados. Se desejar o participante pode obter os seus resultados requerendo-os ao investigador responsável.

*A quem me devo dirigir se tiver alguma reclamação?*

Deve dirigir-se Doutor António Filipe Macedo, telefone: 253 604 320, correio eletrónico: [macedo@fisica.uminho.pt](mailto:macedo@fisica.uminho.pt)

***Quem devo contactar para quaisquer informações?***

*Contacto preferencial*

Dra. Ana Catarina Esteves

Tel. 927713710

Correio eletrónico: [catcesteves@gmail.com](mailto:catcesteves@gmail.com)

*Em caso de necessidade pode também contactar*

Doutor António Filipe Macedo

Telefone: 253 604 320

Correio eletrónico: [macedo@fisica.uminho.pt](mailto:macedo@fisica.uminho.pt)

## 8.2. Anexo II – Consentimento informado

### Declaração de Consentimento Adaptação oculomotora em escotoma central simulado

Acrónimo: AOEECS

Eu,

**Contacto telefónico:** \_\_\_\_\_

(coloque por favor uma rubrica ou as suas iniciais dentro de cada quadrado)

Confirmo que li e compreendi o folheto informativo **Versão 1, datado de 1 Outubro de 2012** respeitante ao estudo acima mencionado e reproduzido em 2 páginas. Tive oportunidade de colocar questões e fui devidamente esclarecido.

A minha participação é voluntária e livre de abandonar este estudo a qualquer altura e sem dar qualquer justificação.

Aceito de livre vontade a minha participação neste estudo.

Autorizo que os dados recolhidos sejam usados de forma anónima, na literatura científica e em outros meios de divulgação adequados.

*Participante*

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data:

*Investigador/ pessoa que recolhe os dados*

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: