

Universidade do Minho
Escola de Ciências

Efeito de filtros à luz azul no sistema visual

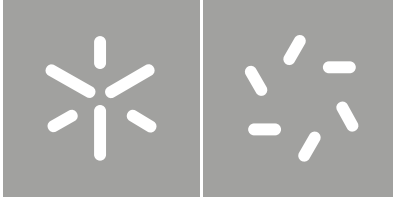
Ana Rita Magalhães Vieira

Efeito de filtros à luz azul no sistema visual

Ana Rita Magalhães Vieira

UMinho | 2022

Outubro 2022



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Ana Rita Magalhães Vieira

Efeito de filtros à luz azul no sistema visual

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Optometria Avançada

Trabalho efetuado sob a orientação de
Doutora Sandra Maria Franco
Doutor João Manuel Maciel Linhares

Outubro 2022

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

Agradeço, em primeiro lugar à minha família, em especial aos meus pais e irmãos, que sempre me apoiaram em todos os momentos, sem eles esta jornada não seria possível. Um especial agradecimento, à minha irmã Diana pelas sugestões dadas e pela paciência.

Obrigada às minhas amigas, em especial, à Sara, a pessoa de todas as horas e às minhas colegas de casa, Carla, Ana e Margarida que sempre me apoiaram e estiveram presentes nesta jornada. Obrigada pela grande amizade! Agradeço também à Filipa pelo apoio.

Obrigado aos meus amigos da Universidade do Minho, por todos os bons momentos passados ao longo deste percurso.

À pessoa que se cruzou comigo e desde então sempre me apoiou e encorajou a nunca desistir. Obrigada, David!

Um agradecimento aos meus orientadores, Doutora Sandra Maria Braga Franco e Doutor João Manuel Maciel Linhares, por todas as sugestões dadas, por toda a paciência e pelo apoio nesta dissertação.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico 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.

Efeito de filtros à luz azul no sistema visual

Resumo

Objetivo: Avaliar o impacto do uso de lentes oftálmicas com filtro seletivo à luz azul, na sensibilidade visual ao contraste e na visão das cores.

Amostra: Foram recrutados 17 voluntários, dos quais 13 eram do sexo feminino e 4 do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 21 e os 29 anos.

Métodos: A sensibilidade visual ao contraste foi medida usando o teste Vector Vision CVS1000E e a visão das cores foi medida usando o teste de Farnsworth Munsell 100 Hue Test. Foram utilizados três pares de lentes com características distintas, um par com o anti-reflexo simples e sem filtro à luz azul (lente controlo, Lente 2), outro par de lentes com filtro à luz azul por reflexão (Lente 3) e outro par de lentes com filtro à luz azul incorporado na matriz da lente (Lente 1). Ambos os parâmetros foram avaliados com cada uma das lentes utilizadas neste estudo.

A iluminação da sala para os diferentes testes utilizados, foi medida através do luxímetro (Illuminance meter T-10; Konica Minolta Sensing Inc., Japan).

Resultados: Para a sensibilidade visual ao contraste, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na comparação das três lentes testadas, para a frequência 3 ciclos/grau ($p = 0,29$), 6 ciclos/grau ($p = 0,54$), 12 ciclos/grau ($p = 0,07$) e 18 ciclos/grau ($p = 0,31$).

Em relação à visão das cores, durante a utilização dos diferentes pares de lentes, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. A pontuação total de erro apresentou um valor p de 0,58, em relação ao índice de confusão e de seletividade, o valor p foi de 0,80 e 0,74, respetivamente.

Conclusão: Os resultados obtidos demonstram que a utilização de filtros à luz azul não influencia a sensibilidade visual ao contraste nem a visão das cores.

Palavras-chave: Filtro à luz azul; Radiação azul; Sensibilidade visual ao contraste; Visão das cores.

Effect of blue light filters on the visual system

Abstract

Objective: To evaluate the impact of wearing ophthalmic lenses with selective blue light filter, on visual contrast sensitivity and color vision.

Sample: Seventeen volunteers were recruited, of which 13 were female and 4 were male, aged between 21 and 29.

Methods: Visual contrast sensitivity was measured using the Vector Vision CVS1000E test and color vision was measured using the Farnsworth Munsell 100 Hue Test. Three pairs of lenses with different characteristics were used, one pair with the simple anti-reflective and no blue light filter (control lens, Lens 2), another pair of lenses with blue light filter by reflection (Lens 3) and another pair of lenses with the blue light filter incorporated into the lens matrix (Lens 1). Both parameters were evaluated with each of the lenses used in this study.

The illuminance of the room for the different tests used, was measured using a luxmeter (Illuminance meter T-10; Konica Minolta Sensing Inc., Japan).

Results: For visual contrast sensitivity, no statistically significant differences were found when comparing the three lenses tested, for the frequency 3 cycles/degree ($p = 0,29$), 6 cycles/degree ($p = 0,54$), 12 cycles/degree ($p = 0,07$) and 18 cycles/degree ($p = 0,31$).

Regarding color vision while using the different pairs of lenses, no statistically significant differences were found. The total error score showed a p-value of 0.58, for the confusion index and selectivity index, the p-value was 0.80 and 0.74, respectively.

Conclusion: The results obtained show that the use of blue light filters does not influence visual contrast sensitivity or color vision.

Key words: Blue light filter; Blue radiation; Color Vision; Visual contrast sensitivity.

Índice

Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas	xi
Abreviaturas e Acrónimos	xii
Capítulo 1 - Introdução	1
Capítulo 2 - Revisão bibliográfica	4
2.1 Propriedades da luz.....	4
2.2 Meios oculares	5
2.3 Radiação azul.....	6
2.4 Danos e mudanças oculares	7
2.5 Filtros à luz azul.....	9
2.6 Efeitos do filtro à luz azul.....	10
2.6.1 Sensibilidade visual ao contraste	10
2.6.2 Visão das cores	11
Capítulo 3 – Hipóteses e objetivos do estudo.....	13
3.1 Formulação do Problema	13
3.2 Hipóteses.....	13
3.3 Objetivos.....	13
Capítulo 4 - Material e Métodos	14
4.1 Tipo de estudo.....	14
4.2 População estudada.....	14
4.3 Procedimento experimental	15
4.3.1 Exame optométrico	17

4.3.2 Tabela de aleatorização.....	18
4.3.3 Sensibilidade visual ao contraste	18
4.3.4 Visão das cores	20
4.4 Análise estatística	22
Capítulo 5 - Resultados.....	23
5.1 Caracterização da amostra	23
5.2 Sensibilidade visual ao contraste	24
5.3 Visão das cores	27
Capítulo 6 – Discussão dos resultados.....	33
6.1 Sensibilidade visual ao contraste	33
6.2 Visão das cores	35
Capítulo 7 - Conclusões e trabalho futuro.....	37
Capítulo 8 - Bibliografia.....	38
Capítulo 9 - Anexos.....	42

Índice de Figuras

Figura 1. Porção do espectro eletromagnético que interage com o olho, referida como radiação ótica. Inclui comprimentos de onda de ultravioleta (100-400 nm), visível (400-760 nm) e luz infravermelha (760-10 000+ nm). (Adaptado de Louis A. Bloomfield, 2005).(11) ..	5
Figura 2. Constituintes do globo ocular. (Adaptado de http://yesko.com/medical_illustrations/stock-illustration-dog-anatomy-07.htm , 1999).....	6
Figura 3. Espectro de ação de perigo da luz azul. (Adaptado de JB O’ Hagan J. et al, 2016).	8
Figura 4. Curvas de transmitância espectral para cada um dos três tipos de lentes utilizadas neste estudo.	16
Figura 5. Curvas de transmitância, com ampliação espectral dos 300 nm aos 500 nm, para cada um dos três tipos de lentes utilizadas neste estudo.	17
Figura 6. Teste Vector Vision CVS1000E. As frequências espaciais A, B, C e D, correspondem a 3, 6, 12 e 18 ciclos/grau, respetivamente. De 1 até 8, estão representadas as grelhas sinusoidais com diferentes contrastes.	19
Figura 7. Teste de Farnsworth Munsell 100 Hue Test.....	20
Figura 8. Exemplo de diagrama polar, obtido pelo <i>software</i> do Teste Farnsworth Munsell 100 Hue Test.	21
Figura 9. Caracterização da amostra por idade (n=17).....	23
Figura 10. Gráfico dos valores médios obtidos de sensibilidade visual ao contraste, em escala logarítmica, obtidos com cada uma das lentes.	27
Figura 11. Diagrama polar do valor mínimo (imagem à esquerda) e do valor máximo (imagem à direita), da pontuação total de erro durante a utilização da lente 2.....	28
Figura 12. Média dos valores da pontuação total de erro, para cada lente. As barras de erro representam o desvio padrão associado.	29
Figura 13. Médias dos valores da pontuação total de erro para cada lente na caixa 43-64. As barras de erro representam o desvio padrão associado.	30
Figura 14. Gráfico dos valores médios do Índice de seletividade, obtidos durante a utilização de cada uma das lentes.....	31
Figura 15. Gráfico dos valores médios do Índice de confusão obtidos, durante a utilização de cada uma das lentes.	32

Índice de Tabelas

Tabela 1. Valores da sensibilidade visual ao contraste representados em escala logarítmica, para as frequências espaciais 3, 6, 12 e 18, na escala cycle per degree (CPD - ciclo por grau), com o valor standard (S), que indica o valor base a partir do qual é detetado contraste e os diferentes contrastes, identificados de 1 a 8.....	20
Tabela 2. Valores médios e desvio padrão, da acuidade visual (AV) e do equivalente esférico (EE), para o olho direito (OD) e para o olho esquerdo (OE).....	24
Tabela 3. Valores da SVC para a frequência de 3 ciclos/grau, obtidos com cada uma das lentes. Um valor de $p>0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes	25
Tabela 4. Valores da SVC para a frequência de 6 ciclos/grau, obtidos com cada uma das lentes. Um valor de $p>0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes	25
Tabela 5. Valores da SVC para a frequência 12 ciclos/grau, obtidos com cada uma das lentes. Um valor de $p>0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes	26
Tabela 6. Valores da SVC para a frequência 18 ciclos/grau, obtidos com cada uma das lentes. Um valor de $p>0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes	26
Tabela 7. Valores da Pontuação Total de Erro, durante a utilização dos três pares de lentes. Um valor de $p>0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes	28
Tabela 8. Valores da Pontuação Total de Erro associada à caixa 43-64. Um valor de $p>0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre as performances das lentes	29
Tabela 9. Valores relativos ao Índice de Seletividade, durante a utilização dos três pares de lentes. Um valor de $p>0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes	30
Tabela 10. Valores relativos ao Índice de Seletividade, durante a utilização dos três pares lentes. Um valor de $p>0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes	31

Abreviaturas e Acrónimos

A2E	N-retinilideno-N-retinoletanolamina
AO	Ambos os olhos
AV	Acuidade Visual
CIE	<i>Commision Internationale De L'Eclairage</i>
CPD	<i>Cicle Per Degree</i>
D	Dioptrias
D65	Iluminante da luz do dia com a temperatura correlacionada de cor 6500K
DMRI	Degeneração Macular Relacionada à Idade
EE	Equivalente esférico
EEOD	Equivalente esférico do olho direito
EEOE	Equivalente esférico do olho esquerdo
EPR	Epitélio Pigmentar Da Retina
IBM SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
ipRGCs	Células Ganglionares Da Retina Intrinsecamente Fotossensíveis
IV	Infravermelho
IVA	Infravermelho A
IVB	Infravermelho B
IVC	Infravermelho C
L1	Lente 1
L2	Lente 2
L3	Lente 3
LED	<i>Light Emitting Díode</i>
LIO	Lente intraocular
LOG UNITS	Unidades Logarítmicas

LUX	Iluminância
nm	Nanómetros
OD	Olho direito
OE	Olho esquerdo
S	<i>Standard</i>
SVC	Sensibilidade Visual ao Contraste
S-W	<i>Shapiro-Wilk</i>
UV	Ultravioleta
UVA	Ultravioleta A
UVB	Ultravioleta B
UVC	Ultravioleta C

Capítulo 1 - Introdução

Atualmente, a utilização excessiva de equipamentos digitais, como computadores, tablets e smartphones, sujeita o olho humano a uma exposição elevada à luz azul. (1)

Estes aparelhos estão equipados com *Light Emitting Diode* (LED), que emitem, entre outras, radiação azul de comprimento de onda curto entre os 380 nm e os 500 nm do espectro visível (que se encontra entre os 400 nm e os 780 nm). (2) Sabe-se que existem muitas fontes de cor azul que emitem neste comprimento de onda curto utilizando este tipo de iluminação e que para formar branco também se usa um LED azul que emite constantemente neste comprimento de onda, o que significa que mesmo em outras cores temos a presença deste componente.

A exposição à luz azul em circunstâncias ditas normais, é de pouca relevância, no entanto, a elevada exposição a este tipo de luz de baixo comprimento de onda (principalmente entre os 415 nm e os 455 nm) e de alta energia, pode ser prejudicial para o olho humano. (3,4) Esta radiação pode conduzir a alterações na retina através de danos fototérmicos, fotomecânicos e fotoquímicos. (5) A radiação azul está também relacionada com o aparecimento da síndrome visual do computador, sendo evidente após um período de exposição elevada a ecrãs digitais, surgindo um padrão de sintomas como a fadiga ocular, dores de cabeça, fotofobia, visão desfocada e olho seco. (6)

A luz azul sempre foi emitida durante o dia pela fonte solar, no entanto, a sua existência durante a noite é recente, uma vez que as lâmpadas incandescentes, velas ou fogueiras não emitem radiação azul do espectro visível. A recente utilização de dispositivos digitais e luzes fluorescentes, que emitem radiação azul, pode influenciar o ritmo circadiano e consequentemente alterar a qualidade do sono. (7)

O impacto ocular da luz azul e os seus potenciais efeitos têm vindo a despertar interesse nos últimos anos, levando os fabricantes de lentes oftálmicas a disponibilizar e introduzir no mercado lentes com filtros que dizem ser capazes de atenuar o possível efeito nocivo desta radiação, através da redução da entrada da luz azul nos tecidos oculares. (3)

As lentes oftálmicas tradicionais contêm, na sua constituição, uma proteção à radiação ultravioleta, sendo que quase toda a radiação com comprimentos de onda acima do ultravioleta, passa para a retina, levando a uma possível alteração da mesma. (3)

As lentes oftálmicas que contêm filtros que refletem a radiação azul, foram concebidas com o objetivo de bloquear a radiação até aos 380 nm, mas também a radiação acima deste comprimento de onda. (3) Este filtro, para além de ser colocado em lentes oftálmicas, também pode ser inserido em lentes intraoculares (LIOs) e nos ecrãs de equipamentos digitais.

Apesar de existir alguma literatura sobre os possíveis benefícios deste tipo de filtros, o seu impacto não é totalmente conhecido, estando em discussão a relação risco-benefício e a sua eficácia na diminuição de sintomas associados à longa exposição à radiação azul. (3) Assim, torna-se importante avaliar o efeito destes filtros no sistema visual através da avaliação de parâmetros, como a visão das cores e a sensibilidade visual ao contraste (SVC). A utilização de lentes oftálmicas com filtros à luz azul origina uma diminuição seletiva dos comprimentos de onda que chegam à retina, podendo, desta forma, alterar a aparência de um objeto, através da modificação do contraste luminoso e a cor potencial desse objeto. (8)

Um estudo, realizado em 2008 por Schmidinger G. *et al.* (9), observou que este tipo de filtro, quando colocado numa lente intraocular, reduz parte do comprimento de onda curto do espetro visível, podendo resultar num aumento tendencial da sensibilidade visual ao contraste dos pacientes, no entanto, os resultados não foram estatisticamente significativos. Todavia, um estudo realizado em 2009 por Wirtitsch MG. *et al.* (10), contraria esta perspetiva, concluindo que a presença deste tipo de filtro, diminui de forma significativa a sensibilidade visual ao contraste.

Em 2020, foi publicado um estudo, por Alzahrán HS. *et al.* (8), que concluiu que este filtro pode reduzir a sensibilidade visual ao contraste de cores, podendo diminuir a discriminação das cores.

Desta forma, o principal objetivo deste estudo será analisar o impacto deste tipo de filtro no olho humano, através da avaliação de parâmetros como a visão das cores e a sensibilidade visual ao contraste, durante a utilização de diferentes tipos de filtro à luz azul. Estes parâmetros serão avaliados utilizando três pares de lentes oftálmicas: uma primeira com a utilização deste filtro à luz azul por reflexão (Lente 3), outra com o anti-reflexo simples e sem a utilização de qualquer filtro à luz azul, designada de lente de controlo (Lente 2) e uma terceira com o filtro à luz azul incorporado na matriz da lente (Lente 1).

O presente estudo está dividido em nove capítulos principais, o primeiro inclui uma introdução sobre o que é a radiação azul e a consequente aquisição de filtros à luz azul. O segundo capítulo centra-se na revisão bibliográfica segundo uma base de investigação, enquanto o terceiro capítulo apresenta as hipóteses e objetivos do estudo. Os materiais e métodos encontram-se no capítulo seguinte, seguido dos resultados e da discussão destes. O capítulo sete esboça as principais conclusões e os possíveis trabalhos futuros, o capítulo oito apresenta toda a bibliografia utilizada nesta dissertação, e por fim, apresenta-se o capítulo nove que exhibe todos os anexos.

Capítulo 2 - Revisão bibliográfica

Neste capítulo será feita uma revisão da bibliografia, segundo uma base de investigação, sobre as propriedades da luz, os tipos de radiação existente e a forma como esta é absorvida pelos meios oculares. Abordará também alguma literatura sobre a radiação azul e os tipos de danos e mudanças oculares causadas pela mesma, acerca da utilização de filtros à luz azul e o seu impacto no olho e o que é a sensibilidade visual ao contraste e a visão das cores. Por último, informará as possíveis alterações destes parâmetros visuais com a utilização destes filtros à luz azul.

2.1 Propriedades da luz

A luz é frequentemente representada como uma forma de energia eletromagnética, exibida como uma onda eletromagnética dupla. Esta energia é descrita por um espectro eletromagnético, representado na Figura 1. (3)

A radiação ótica é a parte do espectro eletromagnético que interage com o olho e inclui comprimentos de onda ultravioleta (100-400 nm), luz visível (400-760 nm) e de luz infravermelha (760-10 000 nm). Segundo a *Commision Internationale de l'Eclairage* (CIE), existem também subgrupos da radiação descrita acima, nomeadamente a radiação ultravioleta que é classificada como UVA (315-400 nm), UVB (260-315 nm) e UVC (100-260 nm). A luz visível é classificada como curta (azul), média (verde) e longa (vermelha) e a luz infravermelha (IV) é classificada como IVA (760-1400 nm), IVB (1400-3000 nm) e IVC (3000-10000 nm). (5)

Este estudo vai incidir sobre o impacto da luz visível de comprimento de onda curto, classificada como radiação azul. Esta radiação é descrita pelo comprimento de onda entre os 380 nm e os 500 nm, podendo ser prejudicial para o olho humano, quando este é exposto à radiação azul, numa quantidade considerada excessiva. (5)

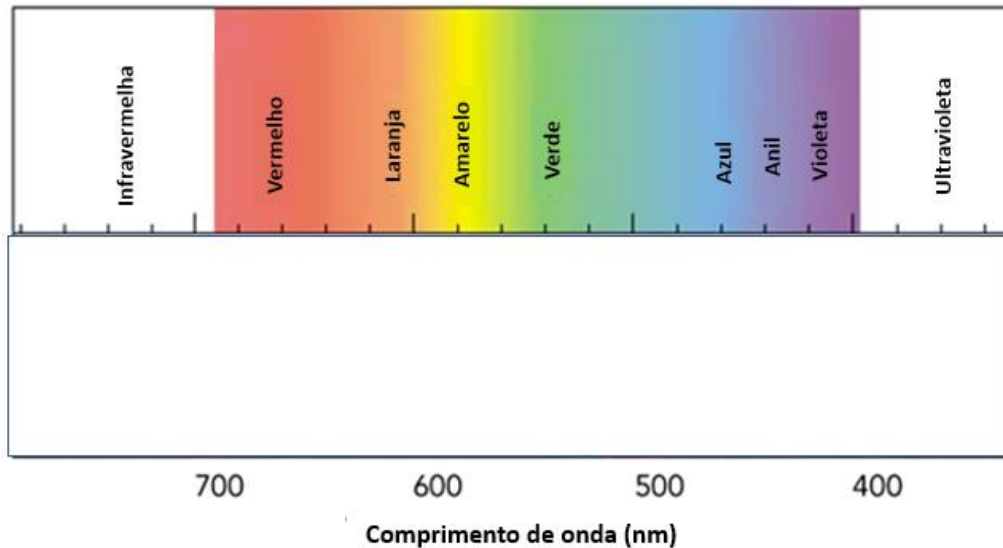


Figura 1. Porção do espectro eletromagnético que interage com o olho, referida como radiação ótica. Inclui comprimentos de onda de ultravioleta (100-400 nm), visível (400-760 nm) e luz infravermelha (760-10 000+ nm). (Adaptado de Louis A. Bloomfield, 2005).(11)

2.2 Meios oculares

O olho humano é constituído por uma variedade de tecidos e meios oculares, alguns representados na Figura 2 .

A percepção visual é atingida quando a luz que chega à retina é convertida em impulsos nervosos, que são posteriormente enviados para o cérebro. (5) Esta luz é absorvida pelos fotorreceptores que integram a retina, os cones e os bastonetes, sendo que os cones são os responsáveis pela visão em condições de boa iluminação e pela visão das cores (visão fotópica) e os bastonetes são os responsáveis pela visão noturna (visão escotópica).(12)

O olho humano foca a luz, maioritariamente, na retina central, no entanto, nem toda a radiação que entra no olho deve chegar à retina, uma vez que há radiação que pode provocar alterações no olho humano. No entanto, alguns tecidos e meios oculares conseguem impedir, através da absorção da luz, que esta radiação penetre mais profundamente no globo ocular. (5)

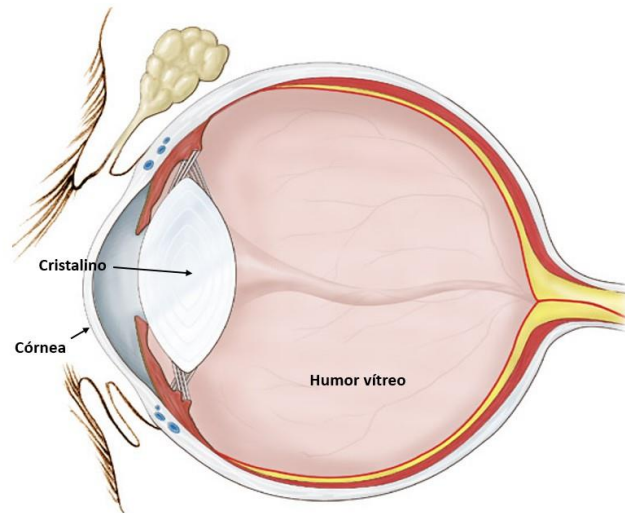


Figura 2. Constituintes do globo ocular. (Adaptado de http://yesko.com/medical_illustrations/stock-illustration-dog-anatomy-07.htm, 1999).

Quando a luz incide no olho, o tecido corneal ou córnea absorve quase toda a radiação ultravioleta com comprimento de onda inferior a 295 nm (ou seja, toda a UVC e uma parte da UVB). Por sua vez, o cristalino absorve a radiação UVB e uma parte da UVA. Este meio ocular sofre alterações com a idade, ocorrendo um amarelecimento fisiológico que resulta numa maior percentagem de absorção da luz azul, limitando a sua propagação até à retina. Posteriormente a este meio, existe o humor vítreo, composto por 98% de água, que absorve parte da UV, IVB e IVC. (5) Posto isto, sabe-se que parte da radiação do espectro eletromagnético é bloqueada logo na entrada do olho.

2.3 Radiação azul

A radiação azul encontra-se representada por parte do espectro eletromagnético visível e compreende comprimentos de onda curtos entre os 380 nm e os 500 nm, portando uma energia relativamente mais elevada do que a luz visível de outros comprimentos de onda. (5)

O sol é a principal fonte de luz azul, no entanto, esta é também emitida por ecrãs digitais que têm como fonte LEDs e que são utilizados diariamente, por luzes fluorescentes e díodos emissores de luz (LED). (13) Estes ecrãs digitais, são amplamente utilizados, no local de trabalho, nas escolas e se forem dispositivos portáteis, utilizados em qualquer lugar.

Sabe-se que na última década houve um grande aumento da utilização destes dispositivos que emitem luz azul, tanto em ambientes domésticos como laborais, ocorrendo

também um aumento do uso de lâmpadas fluorescentes e LEDs, que emitem esta radiação em quantidades superiores às das fontes incandescentes tradicionais. (14,15)

A exposição elevada à radiação azul, pode conduzir a alterações na retina (principalmente entre os 415 nm e os 455 nm) (3,16) através de danos fototérmicos, fotomecânicos e danos fotoquímicos (2), sabe-se que esta pode também alterar o ritmo circadiano, e consequentemente, a qualidade do sono. (1). Esta radiação está ainda relacionada com o aparecimento da síndrome visual do computador e com a degeneração macular associada à idade (DMRI). (3). Alguns estudos realizados em animais demonstraram que a radiação azul pode também destruir alguns fotorreceptores da retina. (12,18)

Ainda não está comprovado a partir de que quantidade de tempo passado em frente a um ecrã digital, que emite radiação azul, é considerado como uma exposição excessiva, no entanto um estudo realizado em 2012, por Thorud HMS. *et al.* (19), registou um aparecimento de sintomas visuais ao fim de duas horas de trabalho visualmente exigente ao computador.

2.4 Danos e mudanças oculares

A elevada exposição à radiação azul está relacionada com o aumento da temperatura ambiente do tecido retiniano. Embora a retina possua mecanismos capazes de a proteger da exposição aos radicais livres gerados pela luz, pensa-se que os danos ocorrem quando esta exposição é de tal forma elevada, que ultrapassa as capacidades de proteção dos mecanismos. (5)

Os danos fototérmicos (queimaduras produzidas por absorção de luz) podem ocorrer devido a um único ponto laser ou devido a uma exposição contínua a este ponto laser e ocorrem quando existe transferência de energia radiante para os tecidos da retina. (20) Quando existe um aumento da temperatura ambiente da retina de pelo menos 101°C, estes danos são irreversíveis. (5)

Os danos fotomecânicos ocorrem quando existe uma força de compressão resultante de uma rápida introdução de energia nos tecidos retinianos. A porção de danos está diretamente relacionada com a quantidade de energia que é absorvida. (5)

Os danos fotoquímicos estão associados a longos tempos de exposição à luz de baixo comprimento de onda e por isso são considerados o mecanismo mais frequentemente relacionado com os danos causados pela exposição da retina à luz. (18) Estes danos são independentes de danos mecânicos ou térmicos (5) e podem ocorrer quando a energia fotónica é alta o suficiente para quebrar as ligações químicas. (20)

Sabe-se que a radiação azul de comprimento de onda de 435 nm é dez vezes mais propensa a provocar danos fotoquímicos na retina do olho, do que a radiação a 500 nm. (14,20) Tal como podemos verificar pela Figura 3, que representa o espectro de ação de perigo da luz azul.

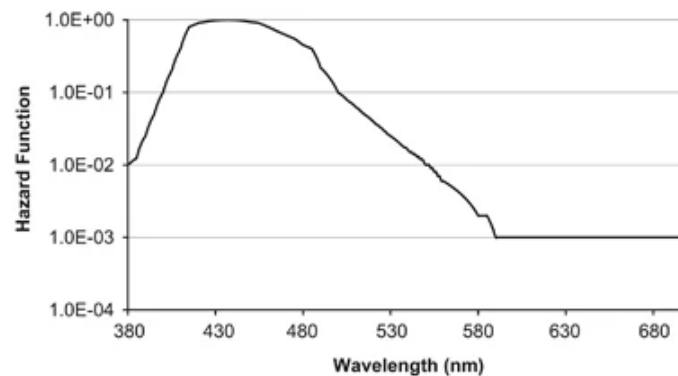


Figura 3. Espectro de ação de perigo da luz azul. (Adaptado de JB O' Hagan J. et al, 2016).

A exposição excessiva à luz azul é apontada como potencial causadora de uma disfunção do sono devido a uma alteração no ritmo circadiano, provocada por exemplo, por uma exposição noturna à luz azul. (21) A melatonina é a hormona responsável pela regulação do nosso ritmo circadiano e pela “produção” de sono. Visto que a radiação azul emitida pelos dispositivos eletrónicos é caracterizada por comprimentos de onda curtos, próximos do pico de sensibilidade da supressão da melatonina, utilizar este tipo de dispositivos à noite leva a uma desregulação do ritmo circadiano, e, conseqüentemente, do sono. (8)

A melatonina é mediada pelas células ganglionares da retina intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs), que são diretamente estimuladas pela ativação da melanopsina fotopigmentada. A estimulação da melanopsina através desta via intrínseca é mais sensível à luz de comprimento de onda curto. (22)

A excessiva exposição a ecrãs digitais é também mencionada como a causa de um padrão de sintomas conseqüentes da exposição à radiação azul, entre os quais a fadiga ocular, dores de cabeça, fotofobia, visão desfocada e olho seco. Este conjunto de sintomas é frequentemente denominado como síndrome visual do computador. (17) Sabe-se que, dos indivíduos que utilizam ecrãs digitais de forma elevada, 40% a 60% deles, experimentam estes sintomas visuais e/ou oculares. (23) No entanto, ainda não existe nenhum estudo que explique de forma clara porque é que a radiação azul tem um papel maior na causa destes sintomas visuais, quando comparada com outros comprimentos de onda. (6) A *American Optometric Association* define esta síndrome visual do computador como um conjunto de problemas visuais

e oculares que surgem durante a utilização do computador, ou estão relacionados com esta utilização. (24)

Um estudo realizado em 2019 nos Estados Unidos, analisou os sintomas associados à síndrome visual do computador, antes e depois de utilizar lentes com o tratamento da luz azul, e concluíram que as lentes com a inserção do filtro à luz azul podem amenizar estes sintomas. (17)

Apesar da seguinte afirmação ainda não estar totalmente clara, acredita-se que a luz azul é também conhecida por aumentar o risco de degeneração macular relacionada à idade (DMRI). (25,26)

Um estudo realizado no ano de 2017 em animais de laboratório, demonstrou que a luz azul danifica o epitélio pigmentar da retina através da formação de espécies reativas de oxigénio, que provocam uma fotose celular, sendo por isso consideradas como um fator de risco para o aparecimento da DMRI. (27)

Alguns estudos relataram que a exposição à luz azul está associada ao acúmulo de metabólitos do ciclo visual, como a N-retinilideno-N-retinoletanolamina (A2E), que é um derivado fotossensível do pigmento visual. A sua presença ativa a autofagia das células epiteliais pigmentadas da retina, provocando assim a sua degradação natural. (28)

Um estudo realizado em 2013 por Arnault E. *et al.* (4), concluiu que a perda de viabilidade celular, associada a diferentes concentrações de A2E, era máxima nos comprimentos de onda entre os 415 nm e os 455 nm.

2.5 Filtros à luz azul

Como foi referido anteriormente, quando o olho humano está exposto de forma excessiva à radiação azul emitida pelos ecrãs digitais, pode sofrer algumas mudanças e danos. Portanto, o impacto ocular deste tipo de radiação e os seus potenciais efeitos tem vindo a despertar interesse na última década, fazendo com que os fabricantes de lentes oftálmicas tenham desenvolvido lentes com filtros que tentam diminuir o possível efeito nocivo desta radiação, através da redução da radiação que alcança os tecidos oculares. (3)

As lentes oftálmicas tradicionais, contêm uma proteção contra a radiação ultravioleta, sendo que quase toda a radiação com comprimentos de onda acima do ultravioleta, passa para a retina causando uma possível alteração da mesma. As lentes oftálmicas que contêm os filtros à luz azul, referidos como atenuantes desta alteração, foram concebidas com o objetivo de

impedir também a radiação acima do ultravioleta, a chamada radiação azul. Estes filtros incluem, na sua constituição, materiais filtrantes ou são revestidos por um corante, o cromóforo, que é capaz de absorver a radiação UV e luz visível. Neste caso, o cromóforo é de cor amarela, que sendo a cor complementar do azul, é capaz de absorver seletivamente a luz azul. (3)

Nos dias de hoje, este filtro luz azul também pode ser colocado em lentes intraoculares, visto que a luz azul visível é um fator que contribui para o aparecimento da degeneração macular associada à idade após a cirurgia à catarata.(10) Este filtro, atualmente, também se encontra inserido em alguns aparelhos digitais, como o computador e o telemóvel, sendo ativado quando o utilizador assim o pretenda.

2.6 Efeitos do filtro à luz azul

O desafio da utilização dos filtros que absorvem a radiação azul é encontrar o equilíbrio entre a redução eficaz dos riscos desta radiação e a manutenção de algumas funções visuais, visto que o seu efeito secundário na visão, não está totalmente caracterizado, particularmente o seu efeito na sensibilidade ao contraste e na visão das cores.

2.6.1 Sensibilidade visual ao contraste

A base da perceção visual é a capacidade de deteção de contraste, sendo que a redução desta capacidade, diminui o desempenho visual, nomeadamente em situações de busca de informação visual, como a capacidade de ver rostos, sinais de trânsito e objetos comuns (29) e em comportamentos de motilidade, tais como andar a pé e conduzir. (8)

A avaliação desta função, da capacidade de detetar contraste, é clinicamente importante, pois pode indicar se o paciente tem algum tipo de dificuldade no reconhecimento de alvos visuais típicos no dia-a-dia. (29)

O olho humano possui uma alta sensibilidade à mudança de contraste, tornando-se importante avaliar este parâmetro visual durante a utilização de um filtro à luz azul, visto que se este filtro bloqueia e reduz uma parte do comprimento de onda curto do espectro visível, pode provocar algum tipo de efeito na capacidade de deteção de contraste e, conseqüentemente, na perceção visual.

Um estudo realizado em 2000, publicado no jornal *Optometry and Vision Science*, por Wolffsohn JS. *et al.* (30), avaliaram o efeito de três tipos de lentes oftálmicas na sensibilidade

visual ao contraste, em jovens entre os 20 e os 28 anos. O estudo incluiu uma “lente clara” com um comprimento de onda com a capacidade de absorver a luz azul de 380 nm (ou seja, sem qualquer tipo de filtro que absorve a luz azul), outra lente designada por “lente amarela” com uma capacidade de absorver nos 450 nm, outra lente com 511 nm “lente amarelo-escura” e uma lente “laranja” com 527 nm. O estudo concluiu que não houveram diferenças estatisticamente significativas nos valores da sensibilidade visual ao contraste, com a utilização das lentes. No entanto, houve uma tendência para a redução da sensibilidade visual ao contraste com a utilização da lente “laranja”, para as frequências de 2 e 4 ciclos/grau.

Em 2009, foi realizado um estudo por Wirtitsch MG. *et al.* (10), que avaliou o efeito de dois tipos de lentes intraoculares na SVC, em 28 participantes com uma idade média de 74 anos \pm 8: uma lente com filtro à luz azul e outra lente com o filtro UV, implantadas no mesmo paciente, uma em cada olho. Concluindo, que o olho que continha a lente com o filtro à luz azul, apresentou valores significativamente mais baixos de sensibilidade visual ao contraste, principalmente em condições de iluminação mesópica.

2.6.2 Visão das cores

Segundo a evidência científica existente, a luz azul tem um papel fundamental na discriminação das cores já que as células fotorreceptores responsáveis por esta função visual, atingem a sua máxima sensibilidade sob o ambiente azul e verde-azul. (27) Desta forma, a privação do olho a este comprimento de onda curto, pode ter algum impacto na visão das cores. Esta perturbação da visão normal das cores, pode ser inconveniente principalmente em algumas situações como, a visualização dos sinais de trânsito e dos semáforos durante a condução. A utilização de lentes com o filtro à luz azul, por indivíduos com deficiência na visão das cores, pode agravar esta condição. (31)

Segundo um estudo realizado no ano de 2000 na Austrália por Wolffsohn JS. *et al.* (30), que utilizou o teste Farnsworth Munsell 100 Hue para avaliar o efeito da utilização de filtros coloridos, na visão das cores. Concluíram que a inserção de filtros coloridos nas lentes oftálmicas, pode levar a uma mudança na discriminação de cores, principalmente se a sua transmissão tiver um comprimento de onda igual ou superior a 455 nm. O olho humano cria uma adaptação cromática, e, desta forma, neutraliza algumas das mudanças de cor causadas pela utilização deste filtro fazendo com que, muitas das vezes, esta mudança não seja perceptível.

Foi realizado um estudo de revisão em 2009 por Wirtitsch MG. *et al.* (10), que avaliou o efeito de dois tipos de lentes intraoculares na visão das cores: uma lente que continha o filtro

à luz azul e outra lente com o filtro UV, implantadas no mesmo paciente, uma em cada olho. Este estudo, concluiu que a utilização de filtros à luz azul pode modificar a discriminação das cores.

Em 2020, foi publicado um estudo, por Alzahran HS. *et al.* (8) , que concluiu, tal como Wirtitsch MG. *et al.* (10) , que a utilização de lentes que absorvem a radiação azul, podem afetar a percepção da cor dos objetos.

Capítulo 3 – Hipóteses e objetivos do estudo

Este capítulo explica de uma forma sintetizada a principal questão que se apresenta com este estudo, assim como, as suas possíveis respostas e os seus principais objetivos.

3.1 Formulação do Problema

Atualmente, existe pouca literatura que indique de uma forma clara e concisa os possíveis efeitos da utilização de filtros à luz azul no olho humano. Nesta dissertação pretende-se saber de que forma a utilização destes filtros afeta ou tem algum tipo impacto em determinados parâmetros visuais, como a sensibilidade visual ao contraste e a visão das cores.

3.2 Hipóteses

- H0: A utilização de filtros à luz azul não altera a sensibilidade visual ao contraste e a visão das cores.
- H1: A utilização de filtros à luz azul nas lentes oftálmicas altera a discriminação das cores e a sensibilidade visual ao contraste.

3.3 Objetivos

- Verificar se existe alguma alteração na sensibilidade visual ao contraste e na visão das cores, com a utilização de filtros à luz azul;
- Observar as diferenças nestes parâmetros, entre os dois tipos diferentes de filtros à luz azul;
- Concluir de que forma os filtros à luz azul podem afetar a discriminação das cores e a deteção de contraste.

Capítulo 4 - Material e Métodos

Este capítulo especifica toda a informação relevante acerca das características dos participantes deste estudo, assim como, os métodos, os materiais e o procedimento utilizado durante a recolha de dados. Por fim, é também descrita, a análise estatística utilizada nesta dissertação.

4.1 Tipo de estudo

Trata-se de um estudo experimental, randomizado e duplo cego. Este estudo permitiu avaliar parâmetros visuais, como a sensibilidade visual ao contraste e a visão das cores, durante a utilização de filtros à luz azul nas lentes oftálmicas.

A recolha de dados para o estudo decorreu no Gabinete de Optometria do Departamento de Física da Universidade do Minho e foi realizada entre maio de 2022 a julho de 2022. O protocolo deste estudo foi aprovado pela Subcomissão de Ética para as Ciências da Vida e da Saúde da Universidade do Minho (Braga, Portugal).

Todos os participantes leram o procedimento e os objetivos deste estudo, sendo também explicadas todas as dúvidas apresentadas acerca do estudo. Seguindo as normas da Declaração de Helsínquia, foi entregue um consentimento informado (Anexo 1) que foi devidamente lido, assinado e datado pelo investigador e pelos participantes do estudo.

4.2 População estudada

Foi calculado no software Ps Power and Sample Size, um tamanho de amostra de 15 indivíduos, para um nível de confiança de 95%, um nível de significância de 5%, um desvio padrão da população de 0,15 e uma diferença mínima detetável de 0,14. Posteriormente, foram recrutados 17 participantes para este estudo, estes apresentavam idades compreendidas entre os 21 e os 29 anos e grande parte destes participantes foram recrutados na comunidade académica. Todos os participantes apresentaram uma acuidade visual igual ou superior a 1.0, em escala decimal, com a melhor correção visual.

Foi necessário ter um protocolo do estudo adequado e critérios seletivos de inclusão e exclusão de pacientes para controlar a variabilidade e detetar pequenas diferenças de valores. É de notar que os métodos utilizados para o estudo do efeito da utilização de lentes oftálmicas, com diferentes filtros aplicados, na sensibilidade visual ao contraste e na visão das cores, foram sensíveis o suficiente para permitir a determinação de mudanças sutis, durante a utilização dos diferentes tipos de lentes.

A seleção da amostra foi realizada de acordo com os seguintes critérios de inclusão:

- Jovens com idades entre os 18 e 30 anos;
- De preferência sem ametropias, ou com ametropias baixas;
- Indivíduos que referiam que a utilização do filtro à luz azul alterou de alguma forma a sua visão das cores e/ou sensibilidade ao contraste.

Da mesma forma, os participantes foram excluídos segundo os seguintes critérios de exclusão:

- Indivíduos com deficiência na visão das cores e na sensibilidade visual ao contraste;
- Ametropias significativas (ou seja, $+1.50D < \text{Equivalente esférico} < -3.00D$; astigmatismo $> 1.00D$).

4.3 Procedimento experimental

Para os 17 participantes do estudo foram atribuídos de forma aleatória 3 tipos de lentes, e de seguida, foram medidos os parâmetros sensibilidade visual ao contraste e visão das cores para cada par de lentes:

Lente 1	Lente 2 (lente controlo)	Lente 3
Filtro à luz azul incorporado na matriz da lente	Anti-reflexo simples e sem a utilização de filtro à luz azul	Filtro à luz azul por reflexão

As armações foram pré-ajustadas para cada indivíduo e numeradas por 1, 2 e 3, sendo que nem os participantes nem o investigador sabiam a qual característica correspondia cada número do óculo, apenas a orientadora tinha conhecimento do mesmo. Só após a recolha de todos os dados e posterior registo dos mesmos, é que o investigador foi informado que tipo de característica continha cada óculo.

A recolha de dados foi dividida em duas fases, a primeira fase consistiu na realização de um exame optométrico de rotina e uma avaliação inicial da visão das cores, através do teste de Ishiara. Posto esta fase, todos os participantes demonstraram uma visão das cores e sensibilidade visual ao contraste normal, e uma acuidade visual de pelo menos 1.0, em escala decimal, com a melhor correção visual, sendo por isso considerados aptos para a segunda fase. A segunda fase incluiu a avaliação da sensibilidade visual ao contraste e da visão das cores, durante a utilização dos três óculos, de forma separada.

Foi utilizado um luxímetro (Illuminance meter T-10; Konica Minolta Sensing Inc., Japan) para obter os valores de iluminação da sala para os diferentes testes realizados.

Foram medidas as curvas de transmitância espectral, através do espectrofotómetro UV-3101PC (*UV-VIS-NIR SCANNING SPECTROPHOTOMETER*), de cada uma das três lentes utilizadas no estudo. As curvas de transmitância espectral estão representadas na Figura 4.

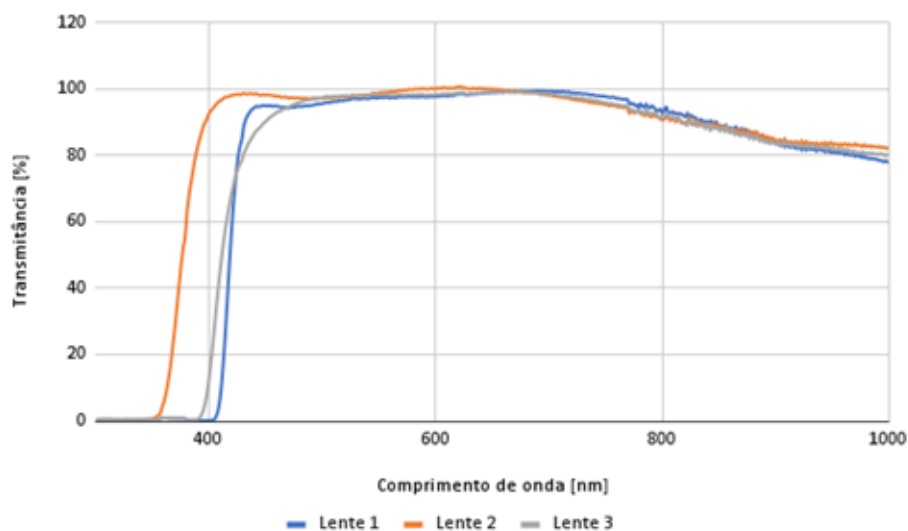


Figura 4. Curvas de transmitância espectral para cada um dos três tipos de lentes utilizadas neste estudo.

Posteriormente, foi realizado um gráfico com uma ampliação do espectro, dos 300 nm aos 500 nm, com o intuito de analisar de forma pormenorizada a porção do espectro referente à radiação azul. Este gráfico está representado na Figura 5.

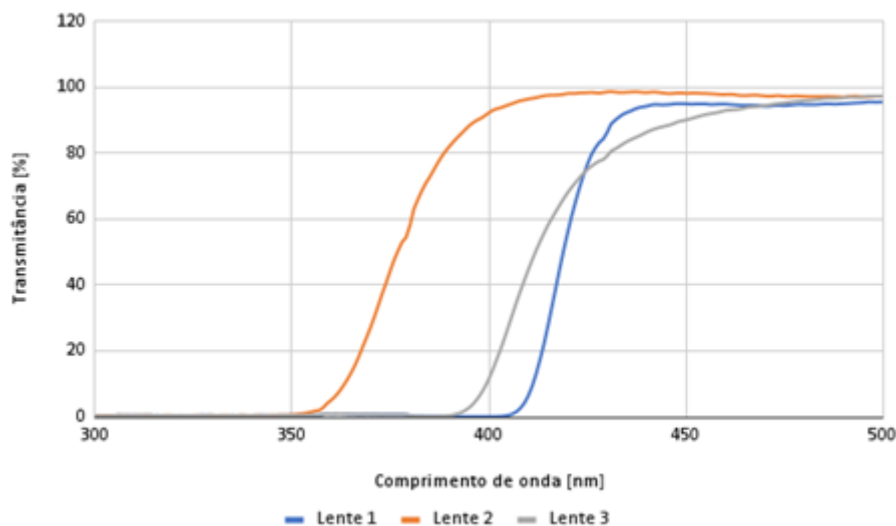


Figura 5. Curvas de transmitância, com ampliação espectral dos 300 nm aos 500 nm, para cada um dos três tipos de lentes utilizadas neste estudo.

Através da observação da ampliação espectral, no espectro da radiação azul (380 nm-500 nm), verificamos que a lente 1, que corresponde à lente com o filtro à luz azul incorporado na matriz da lente, absorve a luz azul totalmente até aos 410 nm, sendo que a partir desse valor a luz azul é toda transmitida. A lente 2, que corresponde à lente sem qualquer tipo de filtro à luz azul, absorve totalmente até aos 350 nm, transmitindo assim toda a radiação azul existente. A lente 3, que corresponde à lente com filtro à luz azul por reflexão, absorve a luz azul totalmente até aos 390 nm, passando cerca de 50% da luz azul aos 410 nm, e a partir dos 450 nm a luz azul é praticamente toda transmitida (> 90%).

Através da análise das curvas de transmitância das lentes, pode-se concluir que as lentes utilizadas neste estudo, que continham o filtro à luz azul, filtram apenas uma pequena parte da radiação azul, tal como sugere o estudo de 2020 publicado por Arines J. *et al.* (32), que concluiu que algumas lentes que contêm o filtro à luz azul, absorvem uma percentagem muito baixa da radiação azul.

4.3.1 Exame optométrico

Após uma boa concordância de ambas as partes (participante e investigador) acerca dos objetivos do estudo, dos exames que iriam ser realizados durante a recolha de dados e a posterior assinatura do consentimento informado, foram registados alguns dados do participante como a idade, sexo, profissão, valores da refração habitual e os valores do exame subjetivo

realizado a iluminação de 580lux. De seguida, foi realizada uma avaliação da visão das cores através do Teste de Ishiara, com uma fonte de luz metamérica do iluminante CIE D65, para descartar qualquer tipo de deficiência das cores, isto na designada fase 1.

4.3.2 Tabela de aleatorização

A posteriori, foi formulada uma tabela de aleatorização (anexo 3) que consistiu em aleatorizar a ordem pela qual cada um dos óculos iria ser avaliado. O objetivo desta tabela foi também o de aleatorizar a ordem pela qual as várias frequências do teste de SVC iriam ser aplicadas. A utilização desta tabela serviu para que os participantes não praticassem o efeito de aprendizagem para as diferentes frequências de sensibilidade visual ao contraste e para que a ordem de utilização dos óculos, não influenciasse os resultados.

4.3.3 Sensibilidade visual ao contraste

A sensibilidade visual ao contraste foi avaliada para cada participante, durante a utilização dos três pares de lentes, de forma binocular. Esta avaliação foi feita com o teste VectorVisionCSV1000E, teste que prevê quatro linhas de grelhas de ondas sinusoidais e é realizado na distância recomendada de teste de 2,5 metros, com uma baixa iluminação da sala (0,19lux). As grelhas de ondas sinusoidais testam o limiar de contraste a partir do qual é possível detetar diferença, para cada frequência espacial fixa. Este teste está representado na Figura 6, as letras A, B, C e D, correspondem às diferentes frequências espaciais, 3, 6, 12 e 18 ciclos/grau, respetivamente, e os números de 1 a 8, correspondem às grelhas de ondas sinusoidais de diferentes contrastes, sendo que o contraste vai diminuindo do 1 até ao 8 e que a frequência espacial vai aumentando do A até ao D.

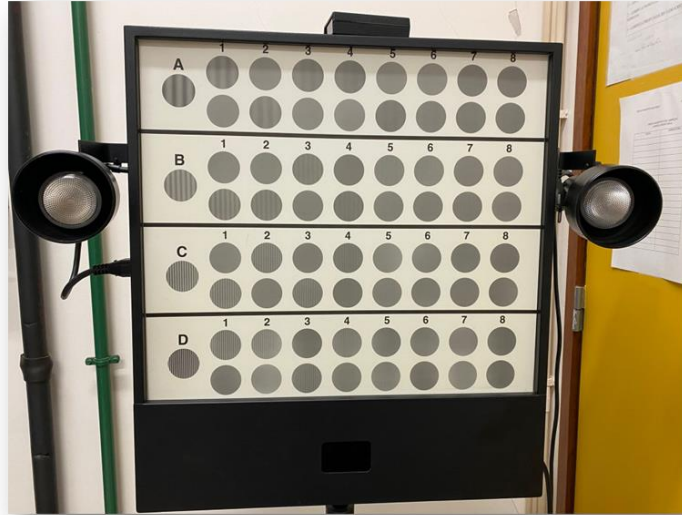


Figura 6. Teste Vector Vision CVS1000E. As frequências espaciais A, B, C e D, correspondem a 3, 6, 12 e 18 ciclos/grau, respetivamente. De 1 até 8, estão representadas as grelhas sinusoidais com diferentes contrastes.

A forma de avaliação do teste Vector Vision CVS1000E passou por pedir a cada participante que identificasse, para cada uma das grelhas 1-8, a localização das mesmas. Como já foi referido, a tabela de aleatorização serviu para identificar, de forma aleatória, por qual frequência A, B, C ou D, cada participante iria começar a responder ao teste, sendo que para qualquer uma das frequências, a forma correta de responder à localização das grelhas, é sempre da esquerda para a direita e o participante apenas pode responder que vê as grelhas em cima, em baixo ou que, ambas estão em branco. Foi anotado para cada participante, o último bloco de grelhas sinusoidais com a resposta certa, para cada uma das frequências espaciais.

Por fim, as respostas dadas por cada participante foram convertidas num valor em escala logarítmica, correspondente à frequência respondida, este valor foi dado pela Tabela 1, que contém as frequências espaciais 3, 6, 12 e 18, na escala cycle per degree (CPD - ciclo por grau), o valor standard (S), que indica o valor base a partir do qual é detetado contraste e os diferentes contrastes, identificados de 1 a 8.

Tabela 1. Valores da sensibilidade visual ao contraste representados em escala logarítmica, para as frequências espaciais 3, 6, 12 e 18, na escala cycle per degree (CPD - ciclo por grau), com o valor standard (S), que indica o valor base a partir do qual é detetado contraste e os diferentes contrastes, identificados de 1 a 8

	S	1	2	3	4	5	6	7	8
Row (CPD)									
A (3.0)	.70	1	1.17	1.34	1.49	1.63	1.78	1.93	2.08
B (6.0)	.91	1.21	1.38	1.55	1.70	1.84	1.99	2.14	2.29
C (12.0)	.61	.91	1.08	1.25	1.40	1.54	1.69	1.84	1.99
D (18.0)	.17	.47	.64	.81	.96	1.10	1.25	1.4	1.55

4.3.4 Visão das cores

Para cada participante foi também avaliada a visão das cores, com os três pares de óculos, de forma binocular e com a melhor correção visual (1.0, em escala decimal). Neste estudo foi utilizado o teste de Farnsworth Munsell 100 Hue Test, este teste é composto por 100 cápsulas divididas em 4 caixas, em que cada caixa varia entre 2 tons de cores. A tarefa do observador consistiu em ordenar as cápsulas por cor, de forma progressiva, entre uma cor inicial e outra final. Exibido na Figura 7, este teste é realizado à distância recomendada de 45 cm e utiliza uma fonte de luz metamérica do iluminante CIE D65.



Figura 7. Teste de Farnsworth Munsell 100 Hue Test.

O teste referido permite descobrir se existe alguma deficiência na visão das cores e, quando presente, se este defeito é maior na percepção das cores azuis, verdes ou vermelhas. As cápsulas do teste de Farnsworth são numeradas pela parte de trás, e divididas em 4 caixas, uma numerada de 85 a 21, outra numerada de 22 a 42, outra de 43 a 63 e uma de 64 a 84. Este teste dispõe ainda de um software que após a inserção de todas as respostas do participante, nos disponibiliza uma série de variáveis relevantes para a avaliação estatística, como: (30,33)

- A pontuação total de erro, que indica a gravidade de uma determinada falha de discriminação de tonalidade, através da quantificação da precisão de discriminação da cor;
- O índice de confusão, que quantifica o grau de perda de cor em relação à disposição das cápsulas;
- O índice de seletividade, que quantifica a aleatoriedade existente aquando da ordenação das cápsulas por ordem gradiente de tonalidade.

Na Figura 8 está representado, um exemplo de diagrama polar, obtido pelo *software* utilizado para a inserção das respostas dos participantes deste estudo, ao teste de Farnsworth Munsell 100 Hue Test.

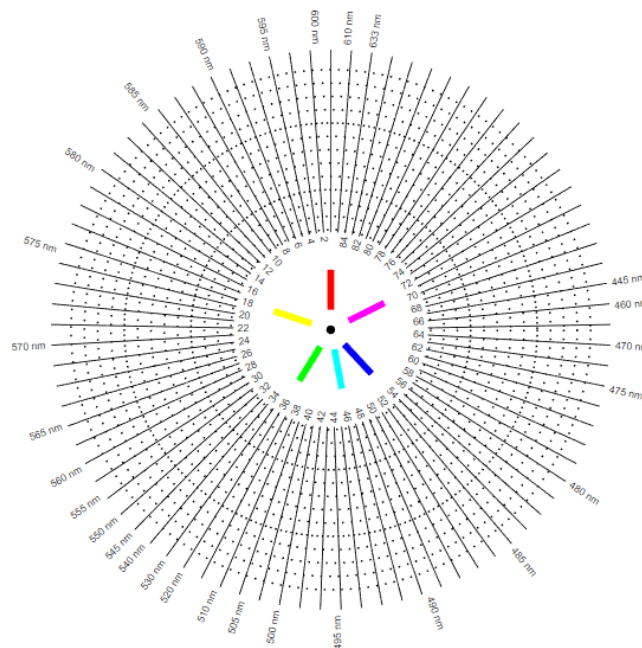


Figura 8. Exemplo de diagrama polar, obtido pelo *software* do Teste Farnsworth Munsell 100 Hue Test.

4.4 Análise estatística

Após a recolha dos dados, a análise estatística foi realizada através do programa *IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)* versão 28.0.

Inicialmente foi necessário testar a normalidade das variáveis em estudo, para isso, foi utilizado o teste de *Shapiro-Wilk (S-W)*, porque a amostra do estudo foi menor que 30 participantes. Através da verificação do valor de p , parâmetro de significância estatística, é demonstrada ou não a normalidade das variáveis, isto é, se o p for superior a 0,05, conclui-se que as variáveis seguem uma distribuição normal, e são utilizados os testes paramétricos para a análise dos resultados, caso contrário estamos perante uma distribuição não normal e nesse caso são utilizados testes não paramétricos.

Para analisar os valores da sensibilidade visual ao contraste, foi utilizado um teste não paramétrico, o teste de Friedman, visto que as variáveis não seguiam uma distribuição normal ($p < 0,05$). No que diz respeito aos valores da visão das cores, foi utilizado o teste paramétrico, o teste ANOVA, visto que os valores seguiam uma distribuição normal. No entanto, para avaliar a visão das cores apenas na caixa de teste que continha os tons azuis, foi utilizado um teste não paramétrico, o teste de Friedman, visto que as variáveis não seguiam uma distribuição normal ($p < 0,05$).

A análise estatística baseia-se no princípio de que se o valor de p for inferior a 0,05, conclui-se que o valor obtido apresenta diferenças estatisticamente significativas, para um nível de significância de 5% e um nível de confiança de 95%.

Os valores obtidos neste estudo, foram descritos pela média \pm desvio padrão.

Capítulo 5 - Resultados

Este capítulo consiste na apresentação dos resultados obtidos neste estudo. Inicialmente, será exibida a caracterização da amostra, com os valores obtidos na primeira fase do estudo. De seguida, serão exibidos os resultados obtidos no teste de sensibilidade visual ao contraste e na visão das cores, com a utilização das três lentes. A lente 1, que incorpora o filtro à luz azul na sua matriz, a lente 2, que não contém qualquer tipo de filtro à luz azul, e a lente 3 que inclui o filtro à luz azul por reflexão.

5.1 Caracterização da amostra

Depois de aplicados os critérios de inclusão do estudo, participaram 17 indivíduos, dos quais 13 (76,5%) eram do sexo feminino e 4 (23,5%) do sexo masculino. De seguida, na Figura 9, é possível verificar a distribuição do estudo por idades, sendo que a idade média dos indivíduos foi de $22,7 \pm 2,71$ anos, com valores que variaram entre os 21 e os 29 anos.

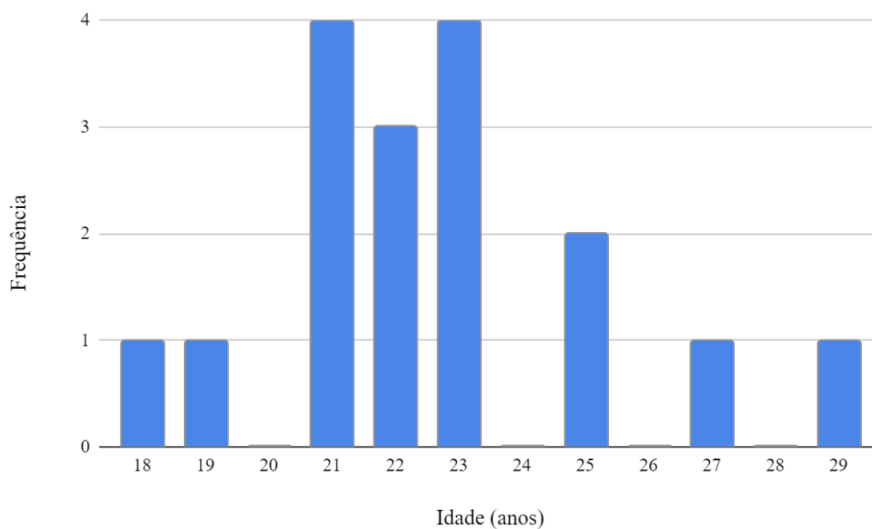


Figura 9. Caracterização da amostra por idade (n=17).

Em relação ao erro refrativo apresentado pelos participantes, foi calculado o equivalente esférico (EE), através dos valores da esfera e do cilindro, obtidos no exame subjetivo inicial. O equivalente esférico é dado pela Equação 1.

$$EE = Esfera + \frac{Cilindro}{2} \quad \text{Equação 1}$$

O valor médio de acuidade visual (em escala decimal) da amostra para o olho direito foi de 1,10D ± 0,14D, para o olho esquerdo de 1,12D ± 0,17D e para ambos os olhos de 1,21D ± 0,21D. Em relação à acuidade visual, os participantes exibiram um mínimo de 1,0 e um máximo de 1,5 em ambos os olhos. No que diz respeito ao EE, o valor médio para o olho direito foi de -0,35D ± 0,81D e para o olho esquerdo de -0,24D ± 0,69D, sendo que o EE do olho direito exibiu um mínimo de -2,50 D e um máximo de +0,50 D, já o EE do olho esquerdo exibiu um mínimo de -1,87 D e um máximo de +0,50 D, como está representado na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão, da acuidade visual (AV) e do equivalente esférico (EE), para o olho direito (OD) e para o olho esquerdo (OE)

	Média	Desvio Padrão
AV_AO	1,21	± 0,21
AV_OD	1,10	± 0,14
AV_OE	1,12	± 0,17
EEOD (D)	-0,35	± 0,81
EEOE (D)	-0,24	± 0,69

5.2 Sensibilidade visual ao contraste

Nas próximas tabelas são apresentados os valores obtidos para a sensibilidade visual ao contraste, de acordo com as suas diferentes frequências (3, 6, 12 e 18 ciclos/grau), para cada uma das lentes testadas.

A Tabela 3 exibe a SVC para a frequência de 3 ciclos/grau, designada por A, sendo que foi dividida em lente 1, 2 e 3, apresentando um valor p = 0,29. Através da análise da tabela, pode-se concluir que, embora a média da SVC seja menor com a utilização da lente 1 e maior com a utilização da lente 2, o valor de p demonstra que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, concluindo-se que a SVC dos participantes mantém-se independentemente da lente que estavam a utilizar.

Tabela 3. Valores da SVC para a frequência de 3 ciclos/grau, obtidos com cada uma das lentes. Um valor de $p > 0,05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes

Frequência (ciclos/grau)	SVC (LOG UNITS)			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
3				
Lente 1	1,76	1,63	1,93	0,12
Lente 2	1,83	1,63	2,08	0,17
Lente 3	1,79	1,34	2,08	0,18

$p = 0,29$

Nos valores da Tabela 4 para a frequência de 6 ciclos/grau, designada por B, observa-se um valor $p = 0,54$. Através da análise da tabela, conclui-se que a média da SVC é maior com a utilização da lente 2, quando comparada com a lente 1 e 3, no entanto, analisando o valor de p , é clara a inexistência de diferenças estatisticamente significativas, durante a medição da SVC com as diferentes lentes. Em relação aos valores mínimos e máximos associados, estes foram idênticos para as três lentes.

Tabela 4. Valores da SVC para a frequência de 6 ciclos/grau, obtidos com cada uma das lentes. Um valor de $p > 0,05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes

Frequência (ciclos/grau)	SVC (LOG UNITS)			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
6				
Lente 1	2,07	1,84	2,29	0,11
Lente 2	2,10	1,84	2,29	0,17
Lente 3	2,07	1,84	2,29	0,16

$p = 0,54$

Relativamente aos valores da Tabela 5, para a SVC de frequência 12 ciclos/grau, designada por C, verifica-se um valor p igual a 0,07. Pode-se concluir que, embora o valor médio da SVC seja maior com a utilização da lente 2, a lente sem qualquer filtro à luz azul, o valor de p indica que não existem diferenças estatisticamente significativas para a SVC, ainda que o valor de significância seja próximo do limiar de significância estatística definido. Em relação ao valor mínimo, a lente 1 foi a que apresentou um valor mais baixo, sendo que o valor máximo não variou com a utilização das três lentes.

Tabela 5. Valores da SVC para a frequência 12 ciclos/grau, obtidos com cada uma das lentes. Um valor de $p > 0,05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes

Frequência (ciclos/grau)	SVC (LOG UNITS)			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
<i>12</i>				
Lente 1	1,72	1,25	1,99	0,18
Lente 2	1,81	1,40	1,99	0,17
Lente 3	1,76	1,54	1,99	0,13

$p = 0,07$

Os valores da Tabela 6, para a SVC de frequência 18 ciclos por grau, designada por D, demonstram um valor $p = 0,31$. Através da tabela, conclui-se que embora o valor médio da SVC, com a utilização dos três tipos de lentes, seja mais alto com a lente 2, o valor p indica que não existem diferenças estatisticamente significativas, logo a SVC comporta-se de forma idêntica independentemente da lente utilizada. Também se pode concluir, que apesar do valor mínimo ser menor com a utilização da lente 2 e maior com a utilização da lente 1, não existem diferenças estatisticamente significativas. Em relação ao máximo, os valores mostraram-se idênticos com a utilização das três lentes.

Tabela 6. Valores da SVC para a frequência 18 ciclos/grau, obtidos com cada uma das lentes. Um valor de $p > 0,05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes

Frequência (ciclos/grau)	SVC (LOG UNITS)			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
<i>18</i>				
Lente 1	1,40	1,25	1,55	0,13
Lente 2	1,43	0,96	1,55	0,17
Lente 3	1,38	1,10	1,55	0,14

$p = 0,31$

A Figura 10, mostra a variação das respostas dadas pelos indivíduos do estudo, para cada lente utilizada e para cada frequência distinta presente no teste VectorVision CVS1000E.

A curva de sensibilidade visual ao contraste é formada pela média das respostas de cada participante, que para ser considerada normal, tem de estar localizada na zona sombreada. Segundo as respostas obtidas neste estudo, conclui-se que as curvas representadas durante a utilização da lente 1, 2 e 3, são semelhantes entre si e estão integradas na zona considerada normal.

A lente 1, que contém o filtro à azul incorporado na matriz da lente, apresentou uma variação média de $1,74 \pm 0,27$ e um pico de SVC na frequência 6 ciclos/grau.

Em relação à lente 2, esta apresentou uma variação média de $1,79 \pm 0,28$ e um pico de SVC na frequência 6 ciclos/grau.

No que diz respeito à lente 3, que contém o filtro à luz azul por reflexão, apresentou uma variação média de $1,75 \pm 0,28$, e exibiu, tal como as lentes 1 e 2, um pico de SVC na frequência 6 ciclos/grau.

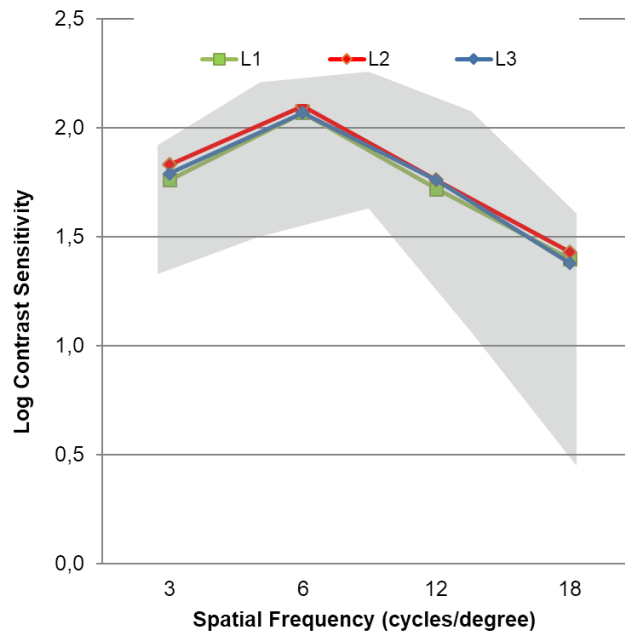


Figura 10. Gráfico dos valores médios obtidos de sensibilidade visual ao contraste, em escala logarítmica, obtidos com cada uma das lentes.

5.3 Visão das cores

No que diz respeito aos valores da visão das cores, realizaram-se várias tabelas, obtidas pelo teste de Farnsworth Munsell 100 Hue Test, nomeadamente sobre a pontuação total de erro e do índice de seletividade e de confusão.

A Tabela 7 apresenta os valores da pontuação total de erro, obtida durante a utilização das três lentes, a lente 1, a lente 2 e a lente 3, observando-se assim um valor $p = 0,58$. Através da análise da tabela, conclui-se que embora o valor médio da pontuação total de erro, seja mais alto com a utilização da Lente 1, e mais baixo com a utilização da Lente 2, o valor de p indica que não existiram diferenças estatisticamente significativas na visão das cores, com a utilização das três lentes. O valor mínimo foi mais baixo com a utilização da Lente 2 e mais alto com a utilização da Lente 1. Em relação ao máximo, verifica-se que não houve muita diferença de

valores para as lentes 1 e 3, no entanto, este valor foi mais alto durante a utilização da Lente2 e mais baixo durante a utilização da Lente 3.

Tabela 7. Valores da Pontuação Total de Erro, durante a utilização dos três pares de lentes. Um valor de $p > 0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes

	Pontuação Total de Erro			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Lente 1	38,75	11	88	22,57
Lente 2	34,31	3	96	26,51
Lente 3	35,94	8	86	25,44

$p = 0,58$

Na Figura 11, está demonstrado um exemplo de diagrama polar obtido, através das respostas dadas pelos participantes no âmbito deste trabalho. Encontra-se representado o valor mínimo e máximo da pontuação total de erro associada à utilização da lente 2.

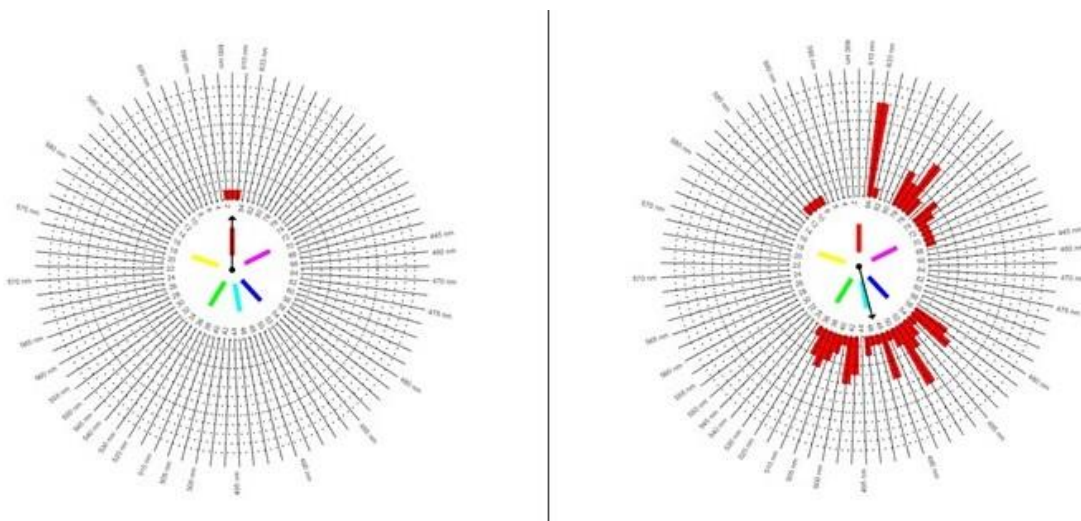


Figura 11. Diagrama polar do valor mínimo (imagem à esquerda) e do valor máximo (imagem à direita), da pontuação total de erro durante a utilização da lente 2.

Foi ainda realizado um gráfico, representado na Figura 12, que demonstra a variação da pontuação total de erro das respostas dadas pelos indivíduos do estudo, para cada lente utilizada. Através da análise do gráfico, conclui-se que, apesar da pontuação total de erro ser ligeiramente mais baixa com a utilização da lente 2, este valor não é significativo do ponto de vista estatístico ($p = 0,58$).

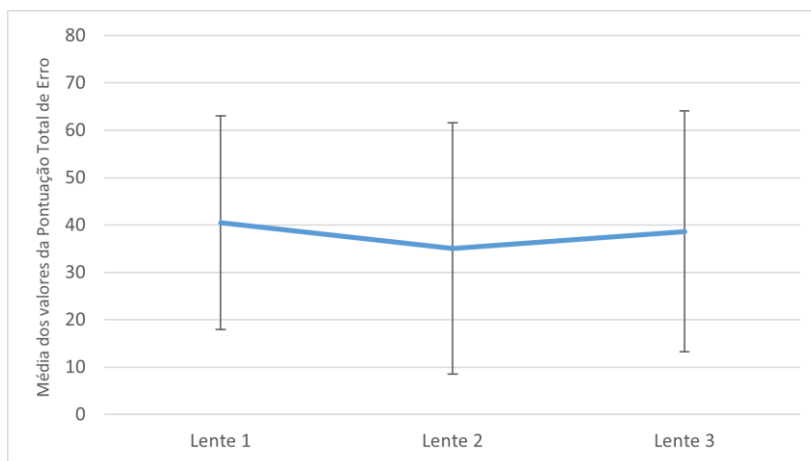


Figura 12. Média dos valores da pontuação total de erro, para cada lente. As barras de erro representam o desvio padrão associado.

Foi realizada uma análise dos valores médios, mínimo, máximo e desvio padrão da pontuação total de erro, individualmente para a caixa 43-63, que continha cápsulas apenas com tons azuis. Esta análise está demonstrada na Tabela 8 e foi realizada com o intuito de descobrir se existia um aumento da pontuação total de erro durante a utilização de lentes com filtros à luz azul, visto que, estes filtros são fabricados com o objetivo de absorver a radiação azul. Através da análise da tabela, é possível concluir que, apesar dos valores médios da pontuação total de erro serem mais baixos com a utilização da lente 2, as diferenças entre as lentes não são estatisticamente significativas, pois o valor de p foi de 0,33.

Tabela 8. Valores da Pontuação Total de Erro associada à caixa 43-64. Um valor de $p > 0,05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre as performances das lentes

	Pontuação Total de Erro (caixa 43-63)			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Lente 1	12,71	0	29	7,99
Lente 2	10,06	0	38	10,13
Lente 3	12,18	0	27	9,02

$p = 0,33$

A Figura 13 representa a variação da pontuação total de erro, associada à caixa 43-64, das respostas dadas pelos indivíduos do estudo, para cada lente utilizada. Através da análise do gráfico, conclui-se que, apesar da pontuação total de erro apresentar um valor mais baixo com a utilização da lente 2, este valor não é estatisticamente significativo ($p = 0,33$).

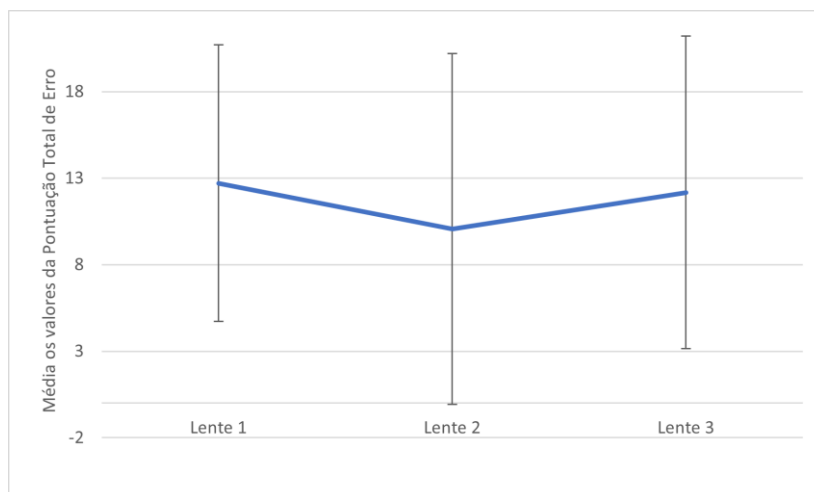


Figura 13. Médias dos valores da pontuação total de erro para cada lente na caixa 43-64. As barras de erro representam o desvio padrão associado.

No que concerne aos valores demonstrados pela Tabela 9, pode-se verificar os diferentes valores da média, mínimo, máximo e desvio padrão, associados ao índice de seletividade. O valor médio do índice de seletividade foi ligeiramente mais baixo com a utilização da lente 2, mas, tal como foi referido, esta variável também não apresentou diferenças estatisticamente significativas, isto porque o valor p foi igual a 0,74.

Tabela 9. Valores relativos ao Índice de Seletividade, durante a utilização dos três pares de lentes. Um valor de $p > 0.05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes

	Índice de Seletividade			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Lente 1	1,39	1,22	1,55	0,11
Lente 2	1,37	1,16	1,61	0,11
Lente 3	1,39	1,16	1,54	0,13

$p = 0,74$

De seguida, na Figura 14, está representado o gráfico dos valores médios do índice de seletividade, durante a utilização das três lentes. Pela observação deste gráfico, existe uma diminuição do índice de seletividade, com o uso da Lente 2, mas essa diminuição não é estatisticamente significativa ($p = 0,74$).

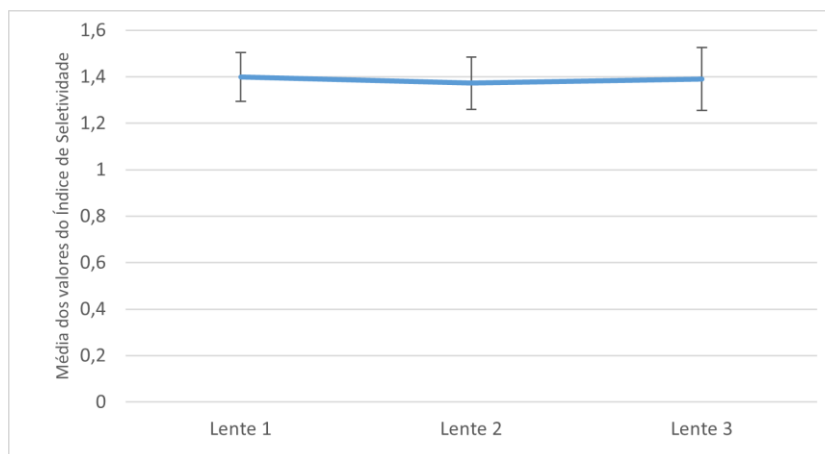


Figura 14. Gráfico dos valores médios do Índice de seletividade, obtidos durante a utilização de cada uma das lentes.

A Tabela 10 apresenta os valores da média, mínimo, máximo e desvio padrão, associados ao índice de confusão. Obteve-se um valor $p = 0,80$. Embora o valor médio do índice de confusão seja ligeiramente mais baixo durante a utilização da Lente 2 e Lente 3, o valor de p indica que não existem diferenças estatisticamente significativas. Em relação aos valores mínimos, estes foram semelhantes entre as três lentes testadas.

Tabela 10. Valores relativos ao Índice de Seletividade, durante a utilização dos três pares lentes. Um valor de $p > 0,05$ indica que não existe diferenças estatisticamente significativas entre a performance das lentes

Índice de Confusão				
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Lente 1	1,32	1,10	1,64	0,16
Lente 2	1,29	1,05	1,97	0,25
Lente 3	1,29	1,02	1,73	0,22

$p = 0,80$

Na Figura 15, está representado o gráfico dos valores médios do índice de confusão, durante a utilização das três lentes. O gráfico permite concluir que apesar dos valores médios de índice de confusão serem mais baixos com a utilização da Lente 2 e da Lente 3, estes valores não são estatisticamente significativos ($p = 0,80$).

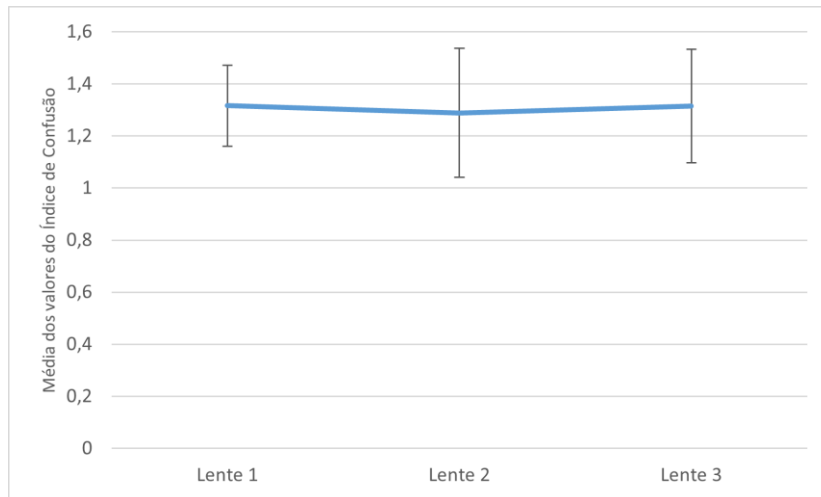


Figura 15. Gráfico dos valores médios do Índice de confusão obtidos, durante a utilização de cada uma das lentes.

Capítulo 6 – Discussão dos resultados

Neste capítulo, é realizada uma discussão acerca dos valores da sensibilidade visual ao contraste e da visão das cores, com a utilização de três pares de lentes que contêm características distintas: Lente 1(L1): com o filtro à luz azul incorporado na matriz da lente; Lente 2(L2): com o anti-reflexo simples e sem qualquer filtro à luz azul; Lente 3 (L3): com o filtro à luz azul por reflexão.

6.1 Sensibilidade visual ao contraste

A sensibilidade visual ao contraste, medida de forma binocular e com a melhor correção visual de cada participante, foi analisada durante a utilização de três lentes, sob uma iluminação de 0,19lux.

Os resultados foram obtidos para as frequências espaciais, 3, 6, 12 e 18 ciclos/grau, identificadas por A, B, C, e D, respetivamente. Pela análise dos resultados, é possível concluir que para todas as frequências, a média da SVC aparentou ser maior com a lente 2, no entanto, o valor da significância estatística, para todas as frequências, demonstrou ser superior a 0,05, indicando que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Concluindo-se que o comportamento da SVC é o mesmo independentemente da lente com que esta foi medida. Estes resultados estão de acordo com o estudo publicado em 2000 por Wolffsohn JS. *et al.*(30), na Austrália, que analisou também uma amostra jovem de 20 sujeitos, entre os 20 e os 28 anos. Este estudo, comparou, tal como a presente dissertação, os valores médios da SVC num fundo preto e branco, com a utilização de quatro pares de lentes com características distintas (três lentes com diferentes filtros à luz azul, e uma lente sem o filtro à luz azul). Concluiu também que a utilização de filtros que absorvem a radiação azul não induz diferenças significativas do ponto de vista estatístico. No entanto, ao realizar o mesmo teste, mas num fundo de cor azul, já existiram diferenças estatisticamente significativas dos valores de SVC com a utilização das lentes.

Os resultados desta dissertação estão também de acordo com um estudo realizado em 2017, por Leung TW. *et al.* (27), que avaliou a SVC com e sem encadeamento, durante a utilização de três pares de lentes (uma lente controlo e duas lentes com filtro à luz azul). Testaram também a SVC através do teste Vector Vision CVS1000E, sendo que amostra foi

dividida em duas faixas etárias, jovens dos 18 aos 35 anos e adultos de meia-idade dos 40 aos 55 anos. Os resultados obtidos para a SVC da amostra jovem, demonstraram, da mesma forma, que a utilização de filtros à luz azul não afeta de forma significativa a sensibilidade visual ao contraste com e sem encandeamento. Em relação aos valores obtidos para os adultos de meia-idade, embora indiquem que SVC em condições normais, apresentou valores significativamente mais baixos, não houve a presença de diferenças estatisticamente significativas entre as idades testadas e os tipos de lentes utilizadas. Embora exista também uma tendência para a redução da SVC com a utilização de uma das lentes com o filtro à luz azul, estes valores não são considerados significativos do ponto de vista estatístico.

É de notar, que este estudo está também de acordo com os primeiros estudos realizados acerca do impacto dos filtros à luz azul na SVC. Estudos realizados em 1984 e em 1989, por Kelly, S. A. *et al.* (34) e por Hovis JK. *et al.* (31), respetivamente, concluíram que a utilização de filtros à luz azul não altera de forma significativa a SVC. O estudo realizado por Kelly, S. A. *et al.* (34), testou a SVC de 52 sujeitos com uma idade média de $26,2 \pm 3,30$ anos, de forma binocular, durante a utilização de um par de lentes sem filtro à luz azul e outro par com filtro à luz azul. Pela análise dos resultados do estudo, pode-se concluir que o facto da amostra ser maior, não resultou em diferenças estatisticamente significativas. Este estudo analisou também os tempos de resposta para as diferentes frequências espaciais, com e sem o filtro à luz azul, e concluiu que o tempo de resposta às frequências de baixo contraste foi significativamente mais rápido durante a utilização do filtro à luz azul, isto pode justificar-se pelo aumento de contraste luminoso, durante utilização do filtro à luz azul, esta conclusão foi também apresentada pelo estudo de Wolffsohn JS. *et al.* (30), em 2000.

O estudo realizado em 1989, utilizou 10 sujeitos com idades entre os 22 e os 33 anos, e avaliou de forma monocular a SVC durante a utilização das lentes com e sem o filtro à luz azul. Este estudo concluiu que não houve diferenças estatisticamente significativas, isto sugere, que se a presente dissertação realizasse esta investigação de forma monocular, poderia também não apresentar diferenças significativas. (31)

No entanto, esta dissertação não está de acordo com um estudo realizado em 2009, por Wirtitsch MG. *et al.* (10), que analisou o impacto na SVC da utilização de filtros à luz azul em lentes intraoculares. Este estudo utilizou 28 pacientes, que tinham sido operados às cataratas com a implantação de lentes intraoculares com filtro UV em alguns olhos e, de lentes intraoculares com filtro à luz azul em outros olhos. As idades destes pacientes estavam compreendidas entre os 58 e os 88 anos. A SVC dos pacientes foi testada em diferentes

iluminações, e concluíram que a SVC foi estatisticamente mais baixa em condições de baixa iluminação (5lux), nos pacientes que tinham sido implantadas as LIO's com o filtro à luz azul.

Apesar de tudo, comparando os resultados de Wirtitsch MG. *et al.* (10) com o presente estudo, esta relação não é tão linear, visto que esta dissertação avaliou lentes oftálmicas e não lentes intraoculares. As lentes intraoculares são implantadas diretamente no olho, o que implica a filtragem de toda a iluminação que chega à retina. Pelo contrário, as lentes oftálmicas, como são colocadas numa armação a uma determinada distância do olho, filtram apenas parte desta iluminação, enquanto a restante passa pela periferia. Assim, prevê-se que este seja um fator a ter em conta nos resultados do estudo de Wirtitsch MG. *et al.*

6.2 Visão das cores

A visão das cores, foi medida de forma binocular e com a melhor correção visual de cada participante, durante a utilização de três lentes com características distintas, sob uma fonte de luz CIED65.

Os resultados foram obtidos para cada variável dada pelo teste de Farnsworth Munsell 100 Hue Test, ou seja, para a pontuação total de erro, para o índice de seletividade e para o índice de confusão. Pela análise dos resultados, conclui-se que durante a utilização de três lentes com características distintas, os valores da visão das cores mantiveram-se semelhantes entre si, e por isso não houve diferenças do ponto estatístico. Assim, pode-se afirmar que a visão das cores, neste estudo, manteve o comportamento independentemente da lente utilizada. Tal como, também não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na visão das cores, durante a utilização dos diferentes tipos de lente, para a caixa de tons azuis.

Esta dissertação está de acordo com um estudo realizado em 2017, por Leung TW. *et al.*(27), que utilizaram uma amostra dividida em duas faixas etárias, jovens dos 18 aos 35 anos e adultos de meia-idade dos 40 aos 55 anos. Foi utilizado o teste de Farnsworth Munsell 100 Hue Test para avaliar a discriminação das cores, tal como na presente dissertação, durante a utilização de três pares de lentes (uma lente controlo e duas lentes com filtro à luz azul). Através da pontuação total de erro associada a cada lente, concluíram que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas.

Hovis JK. *et al.*(31), em 1989 utilizaram também o teste de Farnsworth para analisar a visão das cores, durante a utilização de lentes sem e com filtro à luz azul e de forma binocular,

em 5 sujeitos sem qualquer tipo de deficiência na visão das cores, e em 2 sujeitos que apresentavam defeitos na visão das cores, nomeadamente, protanopia e deuteranopia. Concluíram que os sujeitos normais apresentaram um valor médio de pontuação total de erro maior com a utilização do filtro à luz azul, significando uma diminuição na capacidade de discriminação das cores, no entanto, estes valores não mostraram ser significativos, estando então de acordo com a presente dissertação. No entanto, nos sujeitos com deficiência na visão das cores, houve a presença de um defeito na visão da cor tritan (cor azul), durante a utilização de lentes com o filtro à luz azul, sendo que a absorção do comprimento de onda curto da lente com este filtro, pode ser a principal razão da perda da discriminação das cores. Durante a utilização do filtro à luz azul, os indivíduos com protanopia e deuteranopia demonstraram uma organização das cápsulas do teste realizada de forma aleatória, sugerindo que após a colocação deste filtro, a capacidade de distinguir e ordenar de forma progressiva as diferentes tonalidades de cores, é inexistente. O estudo sugere que a utilização deste filtro é desaconselhável em indivíduos com deficiências das cores, e por isso, seria interessante, ter avaliado nesta dissertação, também sujeitos com esta deficiência.

Wirtitsch MG. *et al.*(10), avaliaram em 2009 a visão das cores de vinte e quatro sujeitos, após a colocação de LIO's com o filtro à luz azul, e também concluíram que não existiram diferenças estatisticamente significativas entre as LIO's com e sem filtro à luz azul.

Os resultados desta dissertação não foram semelhantes aos resultados obtidos num estudo realizado em 2000 por Wolffsohn JS. *et al.* (30), que utilizou o mesmo teste, Farnsworth Munsell, numa amostra de 20 participantes com visão das cores normal, durante a utilização de quatro pares de lentes com características distintas. Concluíram que a pontuação total de erro e o índice de confusão e de seletividade, aumentaram de forma significativa com as lentes de filtro à luz azul ($p < 0,01$), sugerindo que a utilização destes filtros altera a visão das cores. Esta dissertação também não está de acordo com um estudo recentemente publicado por Alzahrán HS. *et al.* (8) em 2020, que analisou uma amostra de 5 sujeitos, entre os 23 e os 39 anos, com visão das cores normal. A visão das cores dos sujeitos foi comparada durante a utilização de três lentes com filtro à luz azul e uma lente sem filtro à luz azul (lente controlo). Concluíram que as lentes com filtro à luz azul absorvem maior parte da luz azul, resultando numa redução da capacidade de deteção do contraste da cor.

Capítulo 7 - Conclusões e trabalho futuro

Após a análise dos resultados obtidos na presente investigação, conclui-se que a utilização de lentes oftálmicas com filtros à luz azul não influencia a sensibilidade visual ao contraste nem a visão das cores. Desta forma, a hipótese H0 é a considerada como correta.

As principais limitações apresentadas neste estudo foram, um número de participantes reduzido e a pouca diferença de idades testada.

Numa tentativa de entender se os resultados deste estudo se mantêm noutras condições experimentais, deverão ser realizados mais estudos. Em relação à sensibilidade visual ao contraste, a amostra deverá ser aumentada, principalmente para a frequência 12 ciclos/grau, visto que neste estudo o valor de p esteve perto de atingir a significância estatística ($p = 0,07$). Também deverá ser testado o teste da sensibilidade visual ao contraste realizado em fundos de cor azul, visto que já foram mencionadas diferenças estatisticamente significativas em estudos. No que diz respeito à visão das cores, também deverá ser testada em indivíduos que apresentem deficiência na visão das cores e comparada com indivíduos que não apresentem qualquer tipo de deficiência das cores. Será também relevante avaliar outras lentes existentes no mercado que apresentem espectros de transmitância diferentes dos estudados.

Capítulo 8 - Bibliografía

1. Moon, J., Yun, J., Yoon, Y. D., Park, S. I., Seo, Y. J., Park, W. S., Chu, H. Y., Park, K. H., Lee, M. Y., Lee, C. W., Oh, S. J., Kwak, Y. S., Jang, Y. P., & Kang, J. S. (2017). Blue light effect on retinal pigment epithelial cells by display devices. *Integrative biology : quantitative biosciences from nano to macro*, 9(5), 436–443.
2. Dalal DM, Samanta A, Dalal MK. Effect of Blue Light on Human Eye: Advances to counter its impact (A Review). *Consultant Optometrist, Shri CHNagari Municipal Eye Hospital*. 2020; 19:2279–0861.
3. Vagge, A., Ferro Desideri, L., Del Noce, C., Di Mola, I., Sindaco, D., & Traverso, C. E. (2021). Blue light filtering ophthalmic lenses: A systematic review. *Seminars in ophthalmology*, 36(7), 541–548.
4. Arnault, E., Barrau, C., Nanteau, C., Gondouin, P., Bigot, K., Viénot, F., Gutman, E., Fontaine, V., Villette, T., Cohen-Tannoudji, D., Sahel, J. A., & Picaud, S. (2013). Phototoxic action spectrum on a retinal pigment epithelium model of age-related macular degeneration exposed to sunlight normalized conditions. *PloS one*, 8(8), e71398.
5. Youssef PN, Sheibani N, Albert DM. Retinal light toxicity. Vol. 25, *Eye*. Nature Publishing Group; 2011. p. 1–14.
6. Palavets, T., & Rosenfield, M. (2019). Blue-blocking Filters and Digital Eyestrain. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 96(1), 48–54.
7. Esaki, Y., Kitajima, T., Ito, Y., Koike, S., Nakao, Y., Tsuchiya, A., Hirose, M., & Iwata, N. (2016). Wearing blue light-blocking glasses in the evening advances circadian rhythms in the patients with delayed sleep phase disorder: An open-label trial. *Chronobiology international*, 33(8), 1037–1044.

8. Alzahran, H. S., Roy, M., Honson, V., & Khuu, S. K. (2021). Effect of blue-blocking lenses on colour contrast sensitivity. *Clinical & experimental optometry*, 104(2), 207–214.
9. Schmidinger, G., Menapace, R., & Pieh, S. (2008). Intraindividual comparison of color contrast sensitivity in patients with clear and blue-light-filtering intraocular lenses. *Journal of cataract and refractive surgery*, 34(5), 769–773.
10. Wirtitsch, M. G., Schmidinger, G., Prskavec, M., Rubey, M., Skorpik, F., Heinze, G., Findl, O., & Karnik, N. (2009). Influence of blue-light-filtering intraocular lenses on color perception and contrast acuity. *Ophthalmology*, 116(1), 39–45.
11. Louis A. Bloomfield 2005. *How Things Work: The Physics of Everyday Life* 3rd Edition. In 2005.
12. Pateras E, Amini-Farsani Z, Bluchestan I, Asgharzade S. *Blue Light Blocking Ophthalmic Lenses and Their Benefits-A Review*. 2020.
13. Norton, T. T., & Siegwart, J. T., Jr (2013). Light levels, refractive development, and myopia--a speculative review. *Experimental eye research*, 114, 48–57.
14. O'Hagan, J. B., Khazova, M., & Price, L. L. (2016). Low-energy light bulbs, computers, tablets and the blue light hazard. *Eye (London, England)*, 30(2), 230–233.
15. Jun I, Han SJ, Shin HS, Kim J, Kim EK, Kim TI, Yoon SC, Seo KY. Comparison of ophthalmic toxicity of light-emitting diode and organic light-emitting diode light sources. *Sci Rep*. 2020 Jul 14;10(1):11582.
16. Renard G, Leid J. *Les dangers de la lumière bleue: La vérité!* Vol. 39, *Journal Francais d'Ophtalmologie*. Elsevier Masson SAS; 2016. p. 483–8.
17. Dabrowiecki, A., Villalobos, A., & Krupinski, E. A. (2020). Impact of blue light filtering glasses on computer vision syndrome in radiology residents: a pilot study. *Journal of medical imaging (Bellingham, Wash.)*, 7(2), 022402.

18. Ouyang, X., Yang, J., Hong, Z., Wu, Y., Xie, Y., & Wang, G. (2020). Mechanisms of blue light-induced eye hazard and protective measures: a review. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 130, 110577.
19. Thorud HMS, Helland M, Aarås A, Kvikstad M, Lindberg LG, Horgen G. Eye-Related Pain Induced by Visually Demanding Computer Work [Internet]. 2012.
20. Landry, R. J., Bostrom, R. G., Miller, S. A., Shi, D., & Sliney, D. H. (2011). Retinal phototoxicity: a review of standard methodology for evaluating retinal optical radiation hazards. *Health physics*, 100(4), 417–434.
21. Downie L. E. (2017). Blue-light filtering ophthalmic lenses: to prescribe, or not to prescribe?. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 37(6), 640–643.
22. Ostrin LA, Abbott KS, Queener HM. Attenuation of short wavelengths alters sleep and the ipRGC pupil response. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2017 Jul;37(4):440-450.
23. Rosenfield M. (2011). Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 31(5), 502–515.
24. American Optometric Association. Associação Americana de Optometria, "Computer Vision Syndrome" 2020 [Internet]. [cited 2022 Jun 15].
25. Wong, N. A., & Bahmani, H. (2022). A review of the current state of research on artificial blue light safety as it applies to digital devices. *Heliyon*, 8(8), e10282.
26. Fletcher, A. E., Bentham, G. C., Agnew, M., Young, I. S., Augood, C., Chakravarthy, U., de Jong, P. T., Rahu, M., Seland, J., Soubrane, G., Tomazzoli, L., Topouzis, F., Vingerling, J. R., & Vioque, J. (2008). Sunlight exposure, antioxidants, and age-related macular degeneration. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)*, 126(10), 1396–1403.

27. Leung, T. W., Li, R. W., & Kee, C. S. (2017). Blue-Light Filtering Spectacle Lenses: Optical and Clinical Performances. *PloS one*, 12(1), e0169114.
28. Jeong, S. Y., Gu, X., & Jeong, K. W. (2019). Photoactivation of N-retinylidene-N-retinylethanolamine compromises autophagy in retinal pigmented epithelial cells. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 131, 110555.
29. Owsley, C., & Sloane, M. E. (1987). Contrast sensitivity, acuity, and the perception of 'real-world' targets. *The British journal of ophthalmology*, 71(10), 791–796.
30. Wolffsohn, J. S., Cochrane, A. L., Khoo, H., Yoshimitsu, Y., & Wu, S. (2000). Contrast is enhanced by yellow lenses because of selective reduction of short-wavelength light. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 77(2), 73–81.
31. Hovis, J. K., Lovasik, J. V., Cullen, A. P., & Kothe, A. C. (1989). Physical characteristics and perceptual effects of "blue-blocking" lenses. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 66(10), 682–689.
32. Arines J, Rodríguez O. Suitability of blue filter ophthalmic lenses with respect to the use with mobile devices and computers. *Optica Pura y Aplicada*. 2021;54(1):1–11.
33. Abramov, I., & Gordon, J. (2009). Color vision panel tests: a metric for interpreting numeric analytic indices. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 86(2), 146–152.
34. Kelly, S. A., Goldberg, S. E., & Banton, T. A. (1984). Effect of yellow-tinted lenses on contrast sensitivity. *American journal of optometry and physiological optics*, 61(11), 657–662.

Capítulo 9 - 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:

- “Efeitos de filtros à luz azul no sistema visual”.

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 e coorientação do Doutor João Linhares.

Objetivo:

O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto que a utilização dos filtros de luz azul tem na sensibilidade visual ao contraste e na visão das cores.

Descrição dos exames a realizar:

Inicialmente vai ser realizada uma consulta optométrica com base nos exames preliminares, na avaliação do estado refrativo, avaliação da acomodação, visão binocular, visão das cores e sensibilidade visual ao contraste.

De seguida vão ser realizados exames alusivos aos métodos em estudo com a utilização de um dos três óculos atribuído de forma aleatória, exames relacionados com a visão das cores e a sensibilidade visual ao contraste. Todos os exames são completamente indolores e não invasivos.

Este estudo já se encontra aprovado pela Comissão de Ética para a Investigação em Ciências da Vida e Saúde (CEICVS) da Universidade do Minho.

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: _____

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 para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pela investigadora.

E-mail: _____ Telemóvel: _____

Nome: _____ Nº: _____

Assinatura: _____ Data: __/__/__

Anexo 2: Folha de registo

Fase 1: Exame optométrico

Anamnese:

Idade:

Número de estudo:

Profissão:

Antecedentes Oculares e Saúde Geral:	Antecedentes Familiares:	Observações Gerais:
---	--------------------------	---------------------

Refração habitual:

OD: esf _____ cil _____ x _____ °

OE: esf _____ cil _____ x _____ °

Tempo de uso:

Acuidade visual:

	OD	OE	AO
AV _S /correção:	VL		
	VP		

	OD	OE	AO
AV _C /correção:	VL		
	VP		

Retinoscopia:

OD: esf _____ cil _____ x _____ °

OE: esf _____ cil _____ x _____ °

Exame subjetivo:OD: esf _____ cil _____ x _____ ° AV_{vl}:OE: esf _____ cil _____ x _____ ° AV_{vl}:**Visão das cores (Ishihara):**

N.º placa	Visão das cores normal	Deficiência verde-vermelho	Sem visão das cores	Resposta
1	12	12	12	
2	8	3	X	
3	6	5	X	
4	29	70	X	
5	57	35	X	
6	5	2	X	
7	3	5	X	
8	15	17	X	
9	74	21	X	
10	2	X	X	
11	6	X	X	
12	97	X	X	
13	45	X	X	
14	5	X	X	
15	7	X	X	
16	16	X	X	
17	73	X	X	
18	X	5	X	
19	X	2	X	
20	X	45	X	

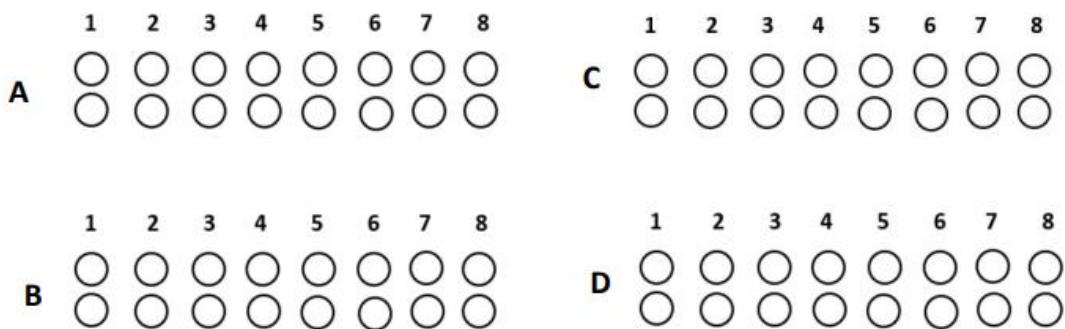
21	X	73		X		
		Prota		Deuta		
		Severo	Suave	Severo	Suave	
22	26	6	2 / 6	2	2 / 6	
23	42	2	4 / 2	4	4 / 2	
24	35	5	3 / 5	3	3 / 5	
25	96	6	9 / 6	9	9 / 6	

Fase 2: Avaliação da Sensibilidade visual ao contraste e Visão das cores com diferentes pares de lentes

Nº estudo:

Nº do óculo:

Teste de Sensibilidade visual ao contraste (*Vector Vision CVS1000E*):



Teste da Visão das cores (*Farnsworth Munsell 100 Hue Test*):

Caixa 1 (85-21):	Caixa 2 (22-42):
Caixa 3 (43-63):	Caixa 4 (64-84):

Anexo 3: Tabela de aleatorização

	SVC Coluna				Óculos		
	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º
1	C	B	A	D	3	2	1
2	D	A	B	C	3	1	2
3	A	C	B	D	1	3	2
4	C	A	D	B	3	1	2
5	A	C	D	B	1	3	2
6	A	D	C	B	1	2	3
7	A	B	D	C	1	2	3
8	C	B	A	D	3	2	1
9	C	B	D	A	3	2	1
10	C	A	B	D	3	1	2
11	D	C	B	A	1	3	2
12	C	A	B	D	3	1	2
13	A	B	C	D	1	2	3
14	C	B	D	A	3	2	1
15	C	B	A	D	3	2	1
16	B	C	A	D	2	3	1
17	C	A	D	B	3	1	2

Anexo 4: Comissão de Ética para a Investigação em Ciências da Vida e da Saúde (CEICVS)



Universidade do Minho
Conselho de Ética

Comissão de Ética para a Investigação em Ciências da Vida e da Saúde (CEICVS)

Identificação do documento: SECVS 029/2014 (ADENDA)

Título do projeto: *Aplicação da ótica fisiológica à caracterização de estruturas oculares*

Equipa de investigação: Sandra Maria de Braga Franco e Sérgio Miguel Cardoso Nascimento, Departamento de Física, Escola de Ciências, Universidade do Minho

Unidade Orgânica Promotora: Centro de Física da Universidade do Minho

PARECER

De acordo com a documentação apresentada, o projeto intitulado “Aplicação da ótica fisiológica à caracterização de estruturas oculares” conta com o apoio institucional do Centro de Física da Universidade do Minho, para a sua realização na Unidade, com duração inicial prevista de 5 anos e com início em maio de 2014.

Trata-se de um estudo observacional, transversal e longitudinal (com base na tarefa), analítico. O objetivo geral do projeto é o estudo das várias estruturas oculares (córnea, o cristalino e a retina) utilizando meios óticos e aplicando conhecimentos de ótica fisiológica. Foram definidos no protocolo do projeto de investigação objetivos específicos do estudo relativos a estas estruturas, que se centram no estudo in vivo das propriedades óticas do cristalino através um sistema não invasivo de tomografia ótica para reconstrução tridimensional do segmento anterior do olho, desenvolvido no Centro de Física da Universidade do Minho, bem como o algoritmo de processamento e análise de imagem, utilizado com sucesso para realizar a análise 3D completa da córnea incluindo a forma, a curvatura, a espessura e as aberrações e está agora em desenvolvimento para alargar a sua aplicabilidade ao cristalino e lentes intraoculares.

Após verificação e análise dos documentos associados ao processo de pedido de emissão de parecer ético sobre o projeto em apreço, a que reporta sumariamente a respetiva “Grelha de verificação e avaliação ética”, considera-se que (i) o processo está devidamente instruído, (ii) a análise dos documentos apresentados sobre o estudo a realizar obedecem às regras de conduta ética e requisitos exigidos para as boas práticas na

experimentação com humanos e (iii) estão em conformidade com o Guião para submissão de processos a pedido de Parecer Ético na UMinho.

Face ao exposto, a Comissão de Ética para a Investigação em Ciências da Vida e da Saúde (CEICVS) nada tem a opor à realização do projeto, emitindo o seu parecer favorável, que foi aprovado por unanimidade dos seus membros.

Braga, 2 de julho de 2019.

A Presidente da CEICVS

MARIA CECÍLIA
DE LEMOS PINTO
ESTRELA LEÃO

Assinado de forma digital por
MARIA CECÍLIA DE LEMOS
PINTO ESTRELA LEÃO
Dados: 2019.07.02 15:42:41
+01'00'

ANÁLISE E JUSTIFICAÇÃO DO PARECER

Relatora: Nadine Santos (Investigadora doutorada/EM e Centro Clínico Académico - HB)

Justificação de alteração a protocolo inicial

Trata-se de um pedido de alteração/adenda ao protocolo inicial do estudo "Aplicação da ótica fisiológica à caracterização de estruturas oculares" que foi alvo de Deliberação da SECVS, a 24 de abril de 2014.

Foi submetido novo protocolo de investigação, sendo efetuadas as seguintes alterações ao protocolo inicial:

- Calendário do estudo

Prorrogação por mais 5 anos.

- Procedimento

Para além do estabelecidos anteriormente, acrescenta-se: os exames poderão ser realizados em diferentes condições de iluminação (cor, intensidade, temperatura correlaciona de cor).

- Critérios de inclusão

Para além dos estabelecidos anteriormente, acrescenta-se: problemas acomodativos e de visão binocular.

Assegurou-se que os compromissos de boas práticas na investigação dadas pelo IR do estudo e por outros investigadores ou colaboradores na investigação, incluindo garantias de confidencialidade, continuarão a ser seguidas.

Apresentou-se em anexo o protocolo de investigação com fundamentação teórica e metodológica para as alterações ao protocolo original supracitadas.

Considerações/Orientações gerais de natureza formativa

A realização de projetos de investigação deverá ter em consideração as regras de conduta e diretivas de boas práticas no âmbito da investigação clínica com seres humanos. Deverá ser solicitado Parecer e/ou Autorização da entidade onde o projeto será realizado, e deverão ser seguidas as diretivas nacionais e/ou locais, de cada lugar de recolha, como aplicável, incluindo de Unidades Hospitalares e/ou Unidades de Saúde onde será realizado o estudo, e/ou onde serão recolhidas as amostras e/ou dados e/ou aplicados os questionários. Deverá ser seguido o Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de abril de 2016, com entrada em vigor em 25 de maio de 2018, que revoga a Diretiva 95/46/CE (Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados. O Regulamento (UE) 2016/679 é o novo Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD) da União Europeia (UE) relativo à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados, estabelecendo as regras relativas ao tratamento, por uma pessoa, uma empresa ou uma organização, de dados pessoais relativos a pessoas na EU.

Salienta-se o respeito pelas normas e as recomendações constantes da Declaração de Helsínquia (com as emendas de Tóquio 1975, Veneza 1983, Hong-Kong 1989, Somerset West 1996, Edimburgo 2000, Washington 2002, Tóquio 2004 e Seul 2008), da Directiva 95/46/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, das Directrizes Sobre as Boas Práticas Clínicas da EMEA - Agência Europeia do Medicamento (Londres 2000), das Directrizes Éticas Internacionais para a Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Organização Mundial de Saúde (Genebra 2002), das Directrizes Éticas Internacionais para os Estudos Epidemiológicos do Conselho de Organizações Internacionais de Ciências Médicas (Genebra 2009) e da Resolução da Assembleia da República n.º 1/2001.

Quando aplicável o Consentimento Informado, recomenda-se as normas e/ou documentos-guia da Direção Geral de Saúde e/ou da ARS Norte na elaboração do mesmo. A inclusão dos participantes em qualquer um dos âmbitos de investigação considerados num Projeto de Investigação está subjacente o seu consentimento escrito (Lei n.º 12/2005, de 26 de janeiro; Lei n.º 46/2007, de 24 de agosto). O preenchimento e assinatura do formulário de consentimento informado, livre e esclarecido, deverá ser feito em duplicado, garantindo a privacidade e confidencialidade dos dados pessoais e o direito a recusar/abandonar o estudo sem sofrer qualquer penalização.

Os participantes não deverão incorrer em qualquer custo acrescido, incluindo pagamento de taxas moderadoras, pela sua participação no projeto. Qualquer meio complementar de diagnóstico que não seja suportado pelo centro hospitalar, e/ou outro, onde for realizado o estudo, como parte da prática clínica corrente no processo de diagnóstico ou tratamento, deverá ser apoiado através de financiamento próprio do estudo.

Se se pretende que o(s) questionário(s) e/ou colheita de dados seja aplicado(s) via contato telefónico, e/ou que o consentimento informado seja verbal, do próprio e do adulto responsável, o guião da entrevista deverá ser fornecido em anexo ao processo. O guião deverá encontrar-se em conformidade com as guidelines fornecidas por Singer & Frankel (1982) (Informed consent procedures in telephone interviews. *Am Sociol Rev*, 47(3), 416-427), não violando os preceitos da WHO ou CIOMS. O procedimento será aceitável se a investigação não envolver o mínimo risco para os intervenientes, a alteração do processo de consentimento informado não vai prejudicar os direitos e bem-estar dos indivíduos, e sempre que necessário e/ou solicitado, serão fornecidas informações pertinentes adicionais aos indivíduos após a participação e/ou o envio do Consentimento Informado.

Se forem realizadas entrevistas gravadas (vídeo ou áudio) estas deverão ser mantidas durante um tempo limitado à sua transcrição e devida análise e deverão ser subsequentemente destruídas, não sendo utilizadas para outros fins.

Se tiver lugar a recolha de produtos biológicos, esta deverá ter em conta os princípios para obtenção e conservação de material biológico (Art. 18.º) da Lei 12/2005 de 26 de janeiro. O tratamento das informações de saúde recolhidas terá em consideração os princípios aplicáveis aos tratamentos de dados pessoais efetuados no âmbito de Investigação Clínica, definidos pela Comissão Nacional de Proteção de Dados e decorrentes da Deliberação n.º 1704/2015.

Informações pessoais tratadas não deverão ser identificáveis, mas sim irreversivelmente anonimizadas (Art. 3.º da LPDP), e todos os dados obtidos no âmbito de um Projeto de Investigação estão ao abrigo de medidas técnicas e organizativas adequadas que dão cumprimento ao disposto no Art. 14.º e Art. 15.º da LPDP. Aplica-se ainda o disposto no n.º 1 do Art. 17.º da LPDP relativamente ao sigilo profissional. Quando não for possível a anonimização dos dados, estes deverão codificados de acordo com uma chave específica, acessível apenas aos investigadores do estudo, e que dificulta a identificabilidade dos participantes, tal como especificado na Deliberação n.º 1704/2015 da CNPD e complementado pelo Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD), com entrada em vigor em 25 de Maio de 2018, e que substitui a atual diretiva e lei de proteção de dados (o Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho. Os dados obtidos deverão ser conservados de forma a permitir a identificação dos seus titulares apenas durante o período necessário para a prossecução das finalidades da recolha ou do tratamento posterior, tal como definido no Art. 5.º, n.º 1, alínea e), da LPDP.

O Modelo de declaração de compromisso e confidencialidade utilizado pelo IR deverá ser seguido e assinado por outros investigadores ou colaboradores na investigação, conforme aplicável, destinado a documentar o seu envolvimento nas garantias de confidencialidade e boas práticas dadas pelo(a) IR Sempre que necessário, os membros da equipa de investigação deverão assinar uma Declaração de Interesses e Incompatibilidades de acordo com o Decreto-lei n.º 14/2014, de 22 de janeiro.

Neste contexto, assume-se que os investigadores que trabalham com registos ou amostras humanas, ou com a análise de dados, estão obrigados a manter sigilo profissional sobre os dados pessoais e sobre os resultados ou demais obtidos, segundo a ética profissional, nunca devendo, por isso, fazer uso dos mesmos a não ser para o fim a que se destinam. Esta obrigação mantém-se em efeito após término do projeto de investigação.