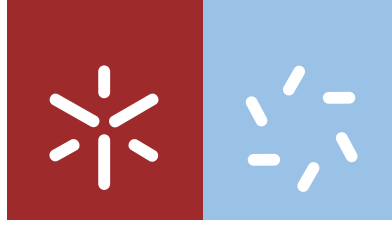




Universidade do Minho
Escola de Ciências

Joana Manuela de Sousa Fernandes

**Alterações na película lacrimal
com o uso de ecrãs**



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Joana Manuela de Sousa Fernandes

**Alterações na película lacrimal
com o uso de ecrãs**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Optometria Avançada

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Madalena Lira
e da
Professora Doutora Sandra Franco

Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

Atribuição-NãoComercial-SemDerivações CC BY-NC-ND

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

Agradecimentos

Todo este trabalho só foi desenvolvido pela colaboração e empenho conjunto das minhas orientadoras de tese, as professoras doutoras Madalena Lira e Sandra Franco. Sempre atentas e disponíveis a ajudar, o que tornou este longo processo mais fácil.

Até esta data, sempre contei com o apoio incondicional da minha família que, mesmo nos momentos mais cansativos e até com falta de motivação, sempre me deram força e palavras suficientes para conseguir orientar-me de novo e dar seguimento a este projeto.

Também tenho de agradecer aos meus colegas e amigos, que tiveram um papel importante nesta fase.

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Alterações na película lacrimal com o uso de ecrãs

Resumo

Com o crescente mundo virtual e tecnológico, muitas das tarefas do dia-a-dia são reduzidas a simples cliques, quer sejam no *smartphone*, no *tablet* ou no computador. O ecrã tornou-se numa gigante ferramenta de trabalho, contudo emite luz azul, que pode ser nociva aos nossos olhos. Esta luz azul está próxima dos comprimentos de onda das radiações ultra violeta. Assim, com a finalidade de estudar as variações existentes na lágrima e no pestanejo, quando expostos a estas tecnologias foi realizada uma recolha de dados de indivíduos saudáveis, entre os 20 e os 30 anos. A recolha consistiu na avaliação lacrimal, nomeadamente no tempo de rutura lacrimal (*Non Invasive Break Up Time _ NIBUT*), na contagem do número de pestanejos por minuto e no preenchimento de um breve questionário para perceber a possível existência de sintomatologia.

Todos estes dados foram obtidos inicialmente e imediatamente após os indivíduos estarem a jogar no *smartphone*, durante 10 minutos, em condições diferentes de iluminação: luz ambiental normal, luz ambiental com filtro azul e luz apagada sem filtro azul. A tarefa 1 é realizada com a luz do gabinete acesa e sem a utilização do filtro azul, a tarefa 2 é realizada com a luz do gabinete acesa e com a utilização do filtro azul e a tarefa 3 é realizada com a luz do gabinete apagada e sem a utilização do filtro azul.

Na análise dos resultados verificou-se que a sintomatologia aumenta com o uso de ecrãs, à exceção da cefaleia. Todos os outros sintomas, como secura ocular, olhos irritados, astenopia e visão desfocada, sofreram aumentos. Relativamente ao pestanejo, a sua frequência não varia de forma significativa entre as diversas tarefas, ou seja, na presença de luz apagada e acesa e entre a utilização de filtro azul e sem filtro azul. Por último, o *NIBUT* apresenta uma diminuição estatisticamente significativa apenas para a tarefa 3, ou seja, a lágrima apresenta menor estabilidade no escuro.

Conclui-se que, com o uso de *smartphones*, há um aumento da sintomatologia e ocorrem alterações de rutura lacrimal perante ambientes sem luz.

Palavras – chave: Ecrãs, luz azul, olho seco, película lacrimal e *smartphones*

Changes in tear film with use of screens

Abstract

With growing of virtual and technological world, many of our everyday tasks are reduced to simple clicks, whether on our smartphone, tablet or computer. The screen has become a giant work tool, yet it emits blue light, which can be harmful to our eyes. This blue light is in the field of wavelengths of ultra violet radiation. Thus, in order to study the variations in tear and blinking, data were collected from healthy individuals, aged between 20 and 30 years. The collection consisted of tear assessment, namely Non Invasive Break Up Time (NIBUT), counting the number of blinks per minute and completing a short questionnaire to understand the symptoms that the experiment could cause.

All of these data were initially and immediately obtained after subjects playing on their smartphone for 10 minutes under different lighting conditions: normal ambient light, normal ambient light with blue filter and light off without blue filter. Task 1 is performed with normal ambient light and without blue filter, task 2 is performed with normal ambient light with blue filter and task 3 is performed light off without blue filter.

In the analysis of the results it found that the symptoms increased with the use of screens, except for headache. All other symptoms, such as dryness of the eye, irritated eyes, asthenia, and blurred vision, increased. Regarding blinking, the frequency of blinking doesn't change significantly between the various tasks, ie between off and on light and between blue filter and no blue filter. Finally, NIBUT shows a statistically significant decrease only for task 3, ie the tear has less stability in the dark.

Therefore, it concludes that with the use of smartphones, there is an increase in symptoms and tear rupture changes in environments without light.

Keywords: Blue light, dry eye, screens, smartphones and tear film

Índice

Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros.....	II
Licença concedida aos utilizadores deste trabalho	II
Agradecimentos.....	III
Declaração de Integridade	IV
Resumo.....	V
Lista de Abreviaturas e Símbolos	IX
Índice de Figuras.....	X
Índice de Tabelas	XII
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivo	2
1.3 Descrição da tese	3
Capítulo 2	4
Revisão da literatura	4
2.1 Radiações do ecrã	4
2.2 Luz azul.....	5
2.3 Filtro azul	9
2.4 Pestanejo	10
2.5 Lágrima.....	11
2.6 Olho seco	14
2.7 Associação da sintomatologia à utilização de ecrãs.....	15
2.8 Ergonomia Visual	16

Capítulo 3	17
Material e métodos	17
Capítulo 4	21
Apresentação e discussão dos resultados.....	21
4.1 Sintomatologia.....	21
4.2 Frequência do pestanejo.....	23
4.3 <i>Non Invasive Break Up Time (NIBUT)</i>	26
Capítulo 5	28
Conclusão e sugestões para trabalhos futuros.....	28
Referências bibliográficas	30
Anexos	34
Consentimento informado.....	34
Consentimento para recolha imagens de vídeo.....	36
Questionário	37
Ficha Clínica.....	39

Lista de Abreviaturas e Símbolos

A – Antes das tarefas

BUT – *Break up time*

DP – Desvio padrão

H_0 – Hipótese nula

H_1 – Hipótese alternativa

LED – Díodo emissor de luz

Lux – Unidade de medida da iluminância

min – Minutos

mm – Milímetros

NIBUT – *Non-invasive break up time*

nm – Nanômetros

p – Valor de significância

r – Rácio

s - Segundos

SVC – Síndrome visual do computador

T1 – Tarefa 1

T2 – Tarefa 2

T3 – Tarefa 3

UV – Ultra violeta

Índice de Figuras

Figura 1 - Espectro Eletromagnético. Adaptado de https://estudodacor.wordpress.com/aspectos-fisicos/espectro-da-luz/espectro-2/ (6)	4
Figura 2 - Ilustração da radiação luminosa e anatomia ocular. Comprimentos de onda produzidos por <i>smartphone</i> e TV (visível e infravermelho) são transmitidos através do segmento anterior para a retina, enquanto as bandas ultravioleta e infravermelho mais longas são absorvidas pela córnea e pelo cristalino. Adaptado de Ocular tolerance of contemporary electronic display devices. (4)	5
Figura 3 - Composição da luz azul. Adaptado de A luz azul: o que faz bem e o que faz mal. (12)	6
Figura 4 - Representação do ciclo circadiano. Adaptado de Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm (7)	7
Figura 5 - A função descreve o risco relativo de toxicidade da retina com base no comprimento de onda da luz visível. A retina é mais sensível a danos fotoquímicos quando exposta a comprimentos de onda entre 430nm e 470nm. Adaptado de Ocular tolerance of contemporary electronic display devices (4)....	8
Figura 6 - Luz azul bloqueada pela lente com o filtro. Película lacrimal estável. Adaptado de Reducing short-wavelength blue light in dry eye patients with unstable tear film improves performance on tests of visual acuity (11)	9
Figura 7 - Luz azul não bloqueada, devido a ausência do filtro. Película lacrimal instável. Adaptado de Reducing short-wavelength blue light in dry eye patients with unstable tear film improves performance on tests of visual acuity (11)	9
Figura 8 - Camadas constituintes da lágrima e principais glândulas. Adaptado de https://images.app.goo.gl/zdoU1M2wSXpSxWvA7	12
Figura 9 - Tempo de Rutura Lacrimal ou <i>Break Up Time (BUT)</i>	13
Figura 10 - <i>NIBUT</i> , realizado com o tearscope. A vermelho está assinalado uma zona da grelha em que as miras estão já pouco nítidas, indicando rutura lacrimal	13
Figura 11 - Diferenças nas camadas lacrimais entre olhos normal e seco. Adaptado de https://images.app.goo.gl/7jtXuAnjtv2HV2Mi7	14

Figura 12 - Material utilizado	17
Figura 13 - Gráfico de barras relativo aos valores médios da sintomatologia	22
Figura 14 - Gráfico representativo da frequência de pestanejo nas três tarefas	24
Figura 15 - Gráfico representativo do valor médio dos pestanejos efetuados nas três tarefas ao longo do tempo	25
Figura 16 - Gráfico representativo dos valores médios do <i>Non Invasive Break Up Time (NIBUT)</i> antes e após a realização de cada uma das três tarefas	26

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Causas do aparecimento do SVC	16
Tabela 2 - Iluminações e parâmetros utilizados	19
Tabela 3 - Especificidades das tarefas realizadas	20

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

O olho é um órgão sensorial extremamente importante pois capta estímulos visuais, recolhe a informação proveniente deles e realiza o seu processamento. Parece simples, mas há todo um processo deveras complexo para o nosso cérebro conseguir transformar o estímulo luminoso numa imagem virtual.

A imagem que se forma na nossa retina provém da captação de luz e o estímulo luminoso é convertido em estímulo elétrico, passando a informação do nervo ótico até ao córtex visual. Aqui, ocorre o processamento da informação, para que a imagem seja percebida e interpretada. No fundo, a luz é a base para vermos o que nos rodeia.

O mundo está cada vez mais virtual e mais tecnológico, fazendo com que as tarefas que realizamos diariamente sejam em visão de perto, mais propriamente no computador, no telemóvel/ *smartphone*, *tablet*, etc. A visão de perto engloba um comportamento diferente dos nossos olhos, relativamente à visão de longe. Na visão de perto ocorre a tríade proximal: convergência, acomodação e miose. A acomodação envolve a contração do músculo ciliar e, conseqüentemente, o aumento de potência dióptrica do cristalino para permitir focar os objetos próximos. Em simultâneo ocorre naturalmente a convergência e a miose. A distância habitualmente usada para leitura é de 40cm, enquanto que para os dispositivos móveis é reduzida para 36,2 cm, levando a uma maior acomodação e convergência nestas tarefas. (1) Por outro lado, a fixação perante um ecrã de um *smartphone* pode proporcionar um esforço acomodativo constante com ausência de pestanejo, por um longo período de tempo. (2)

Ora, como dito anteriormente, os dias de hoje são muito exigentes visualmente. Passamos em visão de perto muitas horas por dia. Isto acarreta sintomatologia, pois o olho está em constante esforço para obter uma visão nítida e detalhada.

O uso de *smartphones* cresceu exponencialmente em todas as faixas etárias, contudo os mais jovens são os que usam mais os dispositivos móveis, sendo que 95% desses dispositivos são os *smartphones*. (3)

De acordo com os dados atuais, pelo menos metade dos jovens estão ligados à Internet mais de meia hora por dia e um em cada dez usuários usa a Internet mais de quatro horas por dia. (4) Além disso, uma pesquisa recente refere que os usuários de dispositivos eletrônicos passam mais de 20 horas por semana a enviar e-mails, serviços de mensagens curtas (SMS) e redes sociais, o que indica uma forte dependência destes dispositivos para poderem comunicar e conseguirem conectar-se com outras pessoas. (5)

1.2 Objetivo

O objetivo do trabalho é avaliar e perceber as variações que existem na película lacrimal e na frequência do pestanejo perante o uso prolongado de ecrãs, aquando da sua utilização sob diferentes iluminações e filtros. Pretende-se perceber se o filtro azul, disponível em muitos destes dispositivos, interfere ou não na estabilidade lacrimal e se esta difere muito em ambientes com ou sem luz. São também avaliados os sintomas que as tarefas propostas podem originar.

As hipóteses do estudo são as seguintes:

- ✓ Hipótese nula (H_0): alterações significativas nas três tarefas, que geram sintomas oculares, menor frequência do pestanejo e maior rutura lacrimal;
- ✓ Hipótese alternativa (H_1): alterações pouco significativas nas três tarefas, que não geram sintomas oculares, maior frequência do pestanejo e maior rutura lacrimal.

1.3 Descrição da tese

A divisão desta dissertação foi feita de modo a proporcionar uma leitura e interpretação fáceis, através de uma boa organização da mesma.

O capítulo 1 corresponde à introdução, sendo esta dividida pelo enquadramento e apresentação dos objetivos. Este capítulo pretende esclarecer o que vai ser estudado e a sua finalidade.

O capítulo 2 corresponde à revisão da literatura e está subdividido em: radiações do ecrã, luz azul, filtro azul, pestanejo, lágrima, olho seco, associação da sintomatologia aos ecrãs e ergonomia visual. Este capítulo foi elaborado com base na informação de artigos científicos relacionados com esta investigação, de modo a assentar a teoria para depois conseguir interligá-la com os resultados obtidos.

O capítulo 3 descreve o material e os métodos usados ao longo de toda a recolha de dados.

No capítulo 4 são apresentados os resultados da recolha de dados e a sua discussão e no capítulo 5 as principais conclusões deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

O capítulo 6 refere-se às referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

Por último, em anexo, encontram-se os seguintes documentos: ficha clínica, questionário e consentimentos.

Capítulo 2

Revisão da literatura

2.1 Radiações do ecrã

A luz que penetra no olho humano divide-se em luz visível, composta por comprimentos de onda entre 380nm e 700nm, e em luz não-visível, que inclui parte do espectro luminoso no intervalo ultravioleta (100nm a 400nm) e no intervalo de infravermelhos (entre 1nm a 700nm), como é evidenciado pela figura 1. Para cada comprimento de onda pertencente à faixa de luz visível encontra-se associada a percepção de uma cor.

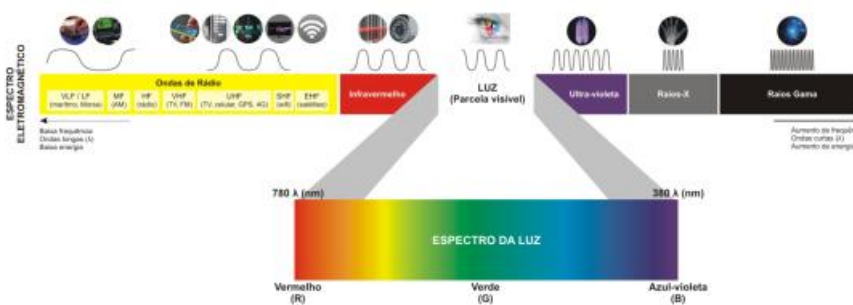


Figura 1 - Espectro Eletromagnético. Adaptado de <https://estudodacor.wordpress.com/aspectos-fisicos/espectro-da-luz/espectro-2/> (6)

O que transmitem os dispositivos móveis que usamos diariamente?

Os díodos emissores de luz (LED) estão incorporados nos ecrãs dos computadores, *tablets*, *smartphones*, etc., e convertem a energia elétrica em energia luminosa. Estes emissores de luz emitem comprimentos de onda curtos da luz azul (e na região dos raios ultravioleta), que podem induzir lesões retinianas. (7) As células epiteliais da retina absorvem a luz com comprimentos de onda na região do azul, podendo contribuir para o desenvolvimento da degeneração macular relacionada com a idade (DMI). Comprimentos de onda produzidos por *smartphone* e televisão (visível e infravermelho) são transmitidos através do segmento anterior para a retina, como evidencia a figura 2. (8)

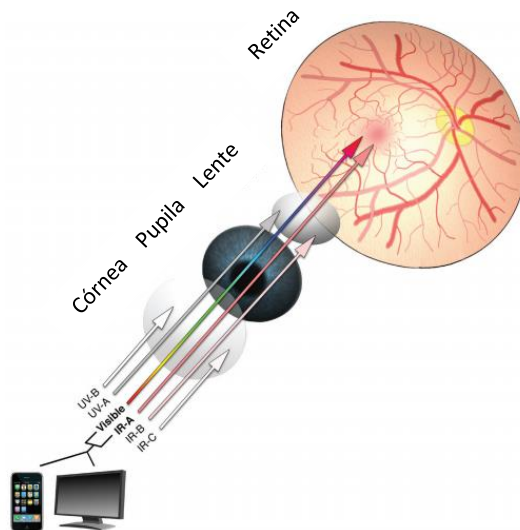


Figura 2 - Ilustração da radiação luminosa e anatomia ocular. Comprimentos de onda produzidos por smartphone e TV (visível e infravermelho) são transmitidos através do segmento anterior para a retina, enquanto as bandas ultravioleta e infravermelho mais longas são absorvidas pela córnea e pelo cristalino. Adaptado de Ocular tolerance of contemporary electronic display devices. (4)

A luz azul emitida pelos ecrãs dos *smartphones* também cria um efeito adverso nas células epiteliais corneais. (9)

Mesmo com o avanço tecnológico, com a descoberta de emissores que não sejam tão nocivos para a nossa pele e olhos, está em grande destaque qual a influência que a luz azul pode ter no sistema visual. Mas o que é a luz azul, como é emitida e que efeitos causa?

2.2 Luz azul

A luz azul pertence à composição da luz visível, estando compreendida entre os 380 nm e os 500 nm, também denominada como luz visível de alta energia. A luz azul pode ser encontrada na luz natural (sol) e na luz artificial (lâmpadas). (10)(11)

Os ecrãs produzem luz azul, denominada luz azul-violeta. Esta luz é nociva e está compreendida entre os 380nm e os 440nm, sendo a zona entre os comprimentos de onda 450nm e 500nm correspondente à luz azul-turquesa (12), ou seja, é uma banda menos energética dentro da banda da luz azul no espectro visível. Esta energia atua no nosso ciclo circadiano, e também pode aumentar a atividade do cérebro, melhorando a memória, o humor, o estado de alerta e o desempenho mental. (13) Na figura 3 podemos verificar o espectro da luz azul e as suas diferenciações:

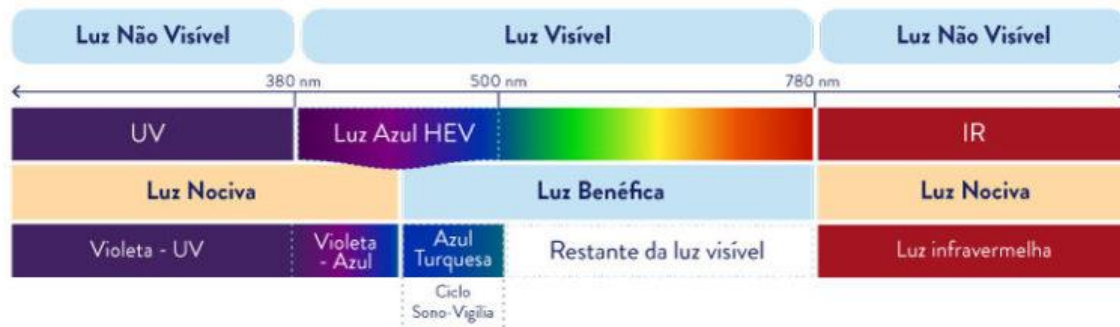


Figura 3 - Composição da luz azul. Adaptado de *A luz azul: o que faz bem e o que faz mal.* (12)

O ciclo circadiano corresponde às 24 horas do dia, que é baseado no ciclo biológico de todos os seres vivos, sendo fortemente influenciado pela iluminação ambiente, ou seja, pelas transições luz-escuro. A manutenção do ciclo é feita pelas hormonas serotonina e melatonina e encontra-se representado no esquema da figura 4. (13)

Ao final do dia, quando começa a escurecer, o núcleo supraquiasmático (estrutura no cérebro que recebe informações dos fotorreceptores da retina) envia um sinal para a glândula pineal para segregar melatonina. Esta hormona é responsável pela indução do sono, atingindo o seu nível máximo quando estamos a dormir. Com o nascer do dia, quando existe alguma claridade, o nível de melatonina baixa para que o cérebro receba a mensagem de que devemos acordar. Nesse momento, os níveis de serotonina crescem e são elevados durante o dia, onde há luminosidade. Os níveis de secreção de melatonina e serotonina variam de pessoa para pessoa, e dependem também do sexo e da idade. (13)

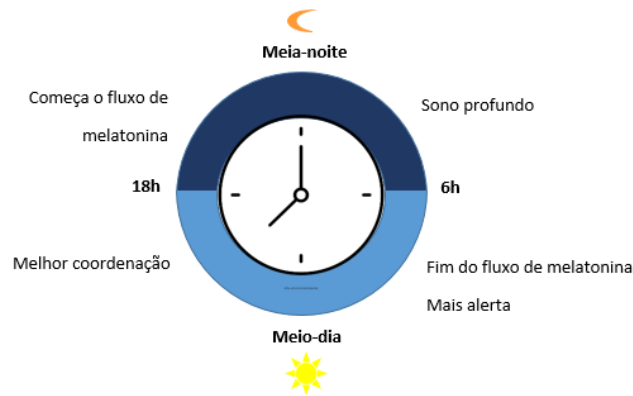


Figura 4 - Representação do ciclo circadiano. Adaptado de *Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm* (7)

Facilmente agora se percebe que a utilização do *smartphone/ tablet/*computador na ausência de luz, o sono pode sofrer desequilíbrios: estando às escuras, a melatonina apresenta valores altos e o nosso cérebro percebe que está na hora de adormecer, mas acionando a luz artificial as hormonas entram em conflito e o cérebro fica confuso (13). Perante isso, a regulação do sono é alterada levando, por exemplo, a insónias.

Para além da possível alteração no sono, a utilização do *smartphone* às escuras pode acarretar outro tipo de alterações, tais como: olhos irritados e sensação de olho seco. Estes sintomas externos ocorrem devido a uma pequena fonte de luz e ao brilho. Vários estudos indicam que é de extrema importância ter um equilíbrio entre a luz/brilho do ecrã e a luz do ambiente, pois grandes diferenças produzem sintomas. (14)

Em suma, a luz azul-turquesa tem um papel fundamental na regulação do ciclo circadiano. Quando esta é reduzida, o ciclo é afetado.

Radiação azul-violeta com comprimentos de onda entre 380 nm e 440 nm são considerados potencialmente nocivos, pois de forma gradual podem causar danos. É exemplo a foto-retinite, ou seja, danos na retina provocados por luz de alta energia. O risco relativo de toxicidade da retina está evidenciado pela figura 5, em que é evidenciado que para maiores comprimentos de onda há maior absorvância por parte da retina. (8)

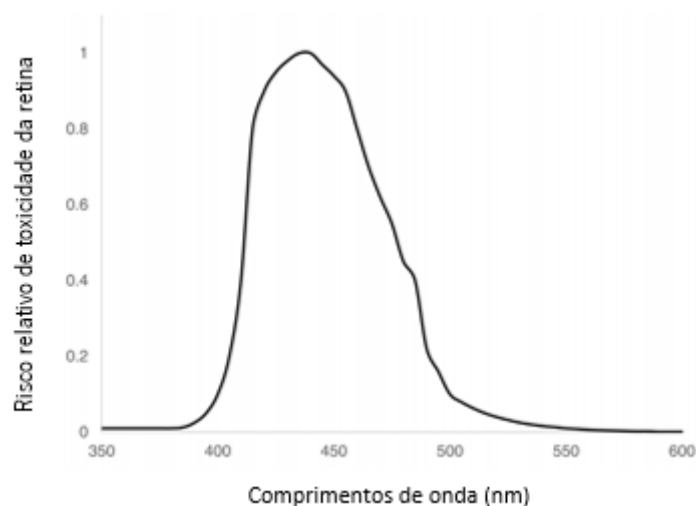


Figura 5 - A função descreve o risco relativo de toxicidade da retina com base no comprimento de onda da luz visível. A retina é mais sensível a danos fotoquímicos quando exposta a comprimentos de onda entre 430nm e 470nm. Adaptado de Ocular tolerance of contemporary electronic display devices (4)

O olho possui duas grandes defesas contra os raios UV. Uma delas é a córnea, que bloqueia a radiação UV em comprimentos de onda abaixo de 300nm, e a outra é o cristalino, que bloqueia a maior parte da radiação UV entre os 300nm e os 400nm. (15)

Com o avanço da idade, a cápsula que reveste o cristalino envelhece e torna-se amarelada. A mudança de cor leva a alterações na absorção da luz, havendo uma menor transmissibilidade devido à dispersão da mesma. Estas mudanças fisiológicas tornam a retina mais sensível à luz azul. Assim, as células pigmentares da retina são afetadas, levando a uma baixa renovação dos pigmentos visuais que contribuem para o normal funcionamento dos fotorreceptores. (16)

Os fotorreceptores são células que transformam estímulos luminosos em estímulos nervosos, conhecendo-os por bastonetes e cones. A criação do impulso nervoso é crucial, juntamente com uma série de eventos, para que o cérebro crie e forme a imagem, permitindo “ver”. Os investigadores descobriram que a exposição à luz azul origina reações na retina que criam moléculas tóxicas nos fotorreceptores. (16) Ora, se são moléculas tóxicas, não permitem a regeneração dos fotorreceptores, perdendo a capacidade de gerar tantos impulsos nervosos, devido à falta de capacidade de captar a luz. Assim, a retina entra em falência. Muitas são as complicações geradas pela luz azul-violeta como a catarata, a degeneração macular associada à idade, foto-retinite, etc. (16)

2.3 Filtro azul

Para combater os efeitos nocivos da luz azul-violeta, foi incorporado nas definições da maioria dos dispositivos digitais (*tablets/ smartphones/ computadores*), e no tratamento das lentes oftálmicas, o filtro azul. Este tem como propósito filtrar a luz azul nociva, diminuir a astenopia e desconforto provocados pelos ecrãs, melhorar a qualidade do sono e conferir proteção contra a fototoxicidade retiniana. (17)

A qualidade ótica é comprometida nos casos de olho seco, pela instabilidade da película lacrimal. (18). Há evidência científica que a dinâmica do filme lacrimal tem impacto na dispersão intraocular e que o aumento da dispersão da luz no olho leva a um menor desempenho visual, pelo encandeamento que gera, para superfícies oculares já instáveis. (19) Assim, para pacientes com olho seco, o filtro azul poderá fornecer qualidade ótica. O filtro azul, quando presente, bloqueia então os raios nocivos, impedindo estes de chegar à retina. (20)

No esquema representado na Figura 6, pode-se observar que a presença do filtro azul faz com que não haja dispersão da luz na película lacrimal e que consiga manter a película lacrimal estável, proporcionando uma visão mais nítida. A estabilidade da película está representada na figura 6 pela ausência de irregularidades e ruturas lacrimais (linha contínua e não tracejada como está representada na figura 7). Na Figura 7 já se verifica uma grande dispersão da luz nociva e também uma instabilidade da película lacrimal pois, como a luz não se concentra toda num ponto da retina, já teremos pouca nitidez visual. A linha tracejada na figura 7 representa pontos de rutura lacrimal, originando instabilidade lacrimal. (20)

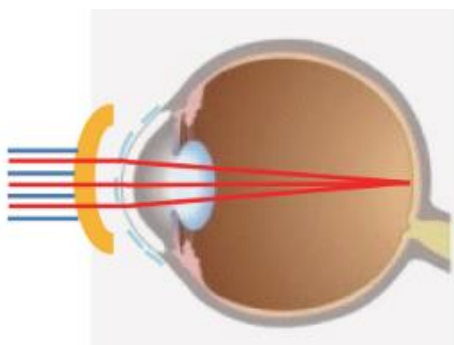


Figura 6 - Luz azul bloqueada pela lente com o filtro. Película lacrimal estável. Adaptado de Reducing short-wavelength blue light in dry eye patients with unstable tear film improves performance on tests of visual acuity (11)

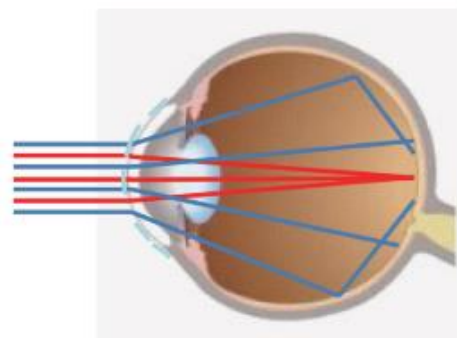


Figura 7 - Luz azul não bloqueada, devido a ausência do filtro. Película lacrimal instável. Adaptado de Reducing short-wavelength blue light in dry eye patients with unstable tear film improves performance on tests of visual acuity (11)

2.4 Pestanejo

Para além das alterações mais internas, como danos na retina, o uso prolongado de ecrãs acarreta modificações na superfície ocular. Um fator que leva a tais modificações é o pestanejo, que é um movimento espontâneo, reflexo e voluntário.

O pestanejo é classificado também como completo, quando a pálpebra superior toca na pálpebra inferior, ficando o olho fechado por milésimos de segundo, e como incompleto, onde isto já não se verifica, pois as pálpebras não se tocam e o olho fica parcialmente fechado. (21)

Quanto à mecânica, o pestanejo pode ser involuntário que é o mais frequente e influenciado pela luminosidade, temperatura, humidade, patologias oculares, nível de atenção, etc, reflexo (induzido por estímulos sensitivos variados, é um reflexo de resposta rápida como luz brilhante ou ameaça, por exemplos) e voluntário o qual conseguimos controlar o seu movimento, pelo que a amplitude e duração são maiores do que nos outros dois tipos de pestanejos. (21)

O fecho das pálpebras tem várias funções, como a defesa contra agressores externos (pó, luz, objetos, etc), a distribuição da película lacrimal sobre o epitélio corneal, a estabilização do filme lacrimal de modo evitar a evaporação e a limpeza para excretar resíduos. (21) Uma boa distribuição lacrimal é fundamental para formar uma película uniforme sobre o epitélio corneal. A ausência ou diminuição do pestanejo leva à rutura dessa película, podendo causar secura, ardor, desconforto e visão desfocada. Assim, para garantir esta perfeita distribuição, o pestanejo tem de ser frequente e completo. (21)

Calcula-se que a rutura lacrimal no intervalo entre pestanejos resulta num aumento da osmolaridade da lágrima que, por sua vez, estimula os recetores corneais, levando ao reflexo de pestanejar para repor o filme lacrimal. (22)

A taxa de pestanejo é, aproximadamente, 20 pestanejos por minuto, em indivíduos saudáveis. (23) A taxa de pestanejo reduz durante o uso de computadores (ecrãs), passando para 3,6 a 11,6 pestanejos por minuto, ao invés de 17 a 26 pestanejos por minuto (normal). (24) Patel *et al.* (25) encontraram uma taxa de redução do pestanejo de cinco vezes menor. Se o indivíduo apresentar olho seco (que será abordado a seguir), a taxa de pestanejos é inferior.

As características do pestanejo correlacionam-se com os sintomas do uso prolongado de dispositivos móveis. (1) Os sintomas aumentaram à medida que a taxa do pestanejo diminuía ($r = 0,43$) e quando este não era completo ($r = 0,63$). Os resultados do estudo permitiram concluir que a astenopia está associada ao pestanejo incompleto.

A tarefa de leitura e o envio de mensagens de texto requerem capacidades cognitivas altas, o que leva a redução de pestanejo espontâneo. (26) Com o uso de ecrãs, a frequência incompleta de pestanejo e a exposição da superfície ocular, aumentam. (27)

O que se pode fazer para melhorar a taxa de pestanejo? Foram desenvolvidas diversas aplicações para os computadores, com o intuito de lembrar o utilizador de pestanejar. Esta funcionalidade é possível através de estímulos visuais ou auditivos. Um outro estudo utilizou estímulos auditivos, que também aumentaram a taxa de pestanejo, mas não surtiram efeito na redução dos sintomas de astenopia. (24)

Existem variadas regras para que a astenopia e os restantes sintomas oculares, devidos ao uso prolongado dos ecrãs, sejam atenuados. São normas fáceis de adotar para criar um ambiente de trabalho mais ergonómico e para não criarem ou atenuarem sintomatologia ocular.

2.5 Lágrima

A nível lacrimal, é crucial ter uma boa estabilidade, que requer qualidade e quantidade deste fluido. Alguns pontos importantes já foram referidos anteriormente, no que toca à distribuição do filme lacrimal através do pestanejo. A lágrima é composta por três camadas. A camada externa designa-se por camada lipídica, que fica em contacto com o ar, a camada a intermédia que é a aquosa, e por último temos a camada mucínica. Todas tem um papel muito importante na hidratação e limpeza da superfície ocular e nas restantes funções lacrimais.

A camada lipídica é formada por lípidos, produzidos pelas glândulas de Meibomio, está em contacto com o ar e tem como principal função prevenir a evaporação da camada aquosa. Tem também como funções alterar a tensão superficial e manter a estabilidade do filme lacrimal. (21)

A camada aquosa é produzida pela glândula lacrimal principal e acessórias (Wolfring e Krause). Contém água, sais, proteínas, enzimas, metabolitos, ureia, eletrólitos, glicoproteínas e glicose. Tem como funções a hidratação do epitélio corneal, fornecer oxigenação, preencher as irregularidades da superfície corneal de modo a esta conferir qualidade ótica e remover depósitos provenientes da córnea e conjuntiva. (21).

Por último, temos a camada mucínica que é produzida pelas células caliciformes (Goblet), células de Manz e criptas de Henle. Esta camada tem duas funções cruciais: uma é conferir à córnea qualidade ótica, ou seja, ao manter a camada anterior estável e ao estar homogénea, a luz não sofre dispersão e permite a formação de uma boa imagem na retina, e a outra função é formar uma camada hidrofílica sob a superfície corneal hidrofóbica, permitindo que o filme lacrimal não seja repelido pelo epitélio corneal. (21)

A figura 8 ilustra todas as camadas lacrimais:

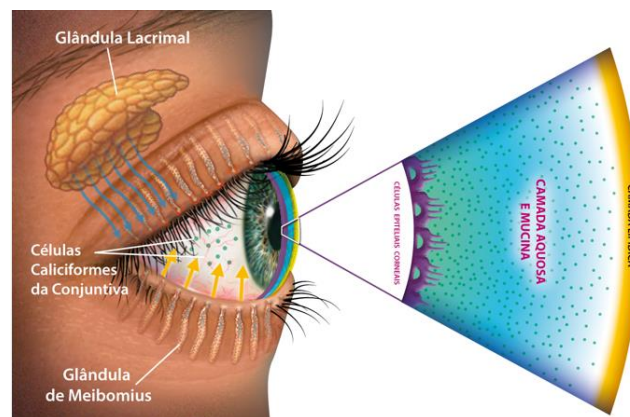


Figura 8 - Camadas constituintes da lágrima e principais glândulas.
Adaptado de <https://images.app.goo.gl/zdoU1M2wSXpSxWvA7>

O volume lacrimal é importante para conseguirmos ter todas as características e funções expressas anteriormente e regular e manter a superfície ocular lisa e hidratada. Pode ser avaliado através do teste de *Shirmer*, do teste vermelho de fenol, ou através do menisco lacrimal. (28)

O teste *Shirmer* mede o lacrimejo basal e reflexo pelo que, para pessoas mais sensíveis, esta medida pode não ser real por induzir uma grande quantidade de lágrima reflexa. O teste é realizado com uma tira de papel de filtro que se coloca no canto temporal do olho, sendo um método que não precisa de anestesia, e a medida é baseada no humedecimento da tira. Os valores normais rondam entre os 10mm e os 15mm. (1) O teste vermelho fenol baseia-se no mesmo princípio, mas torna-se um teste menos invasivo, por haver pouca sensação de desconforto, e mais fiável, pois ao ser um fio não gera lágrima reflexa.

A avaliação da quantidade lacrimal, através do menisco lacrimal, pode ser realizada de vários métodos utilizando a lâmpada de fenda, topógrafo, tearscope e com fluoresceína. Os valores médios rondam os 0.2mm e os 0.5mm.

Também a qualidade da película lacrimal é vital. Um dos testes que se aplica para ver a qualidade ou estabilidade lacrimal é o tempo de rutura da mesma, que pode ser feito de duas formas: com fluoresceína denominado Tempo de Rutura Lacrimal ou *Break Up Time (BUT)* e sem fluoresceína denominado Tempo de Rutura Lacrimal Não invasivo ou *Non Invasive Break Up Time (NIBUT)*.

O tempo de rutura lacrimal avaliado com fluoresceína é uma técnica invasiva. Com o auxílio da lâmpada de fenda e com os filtros adequados, vemos a superfície ocular esverdeada. Após o último pestanejo mantém-se o olho aberto, terminando quando se formam manchas pretas, que significam rompimento da lágrima. Ora, quanto maior for o *Break Up Time (BUT)*, maior é a qualidade lacrimal. Os valores padrão rondam tempos superiores a 10 segundos podendo variar até aos 40 segundos. (29)

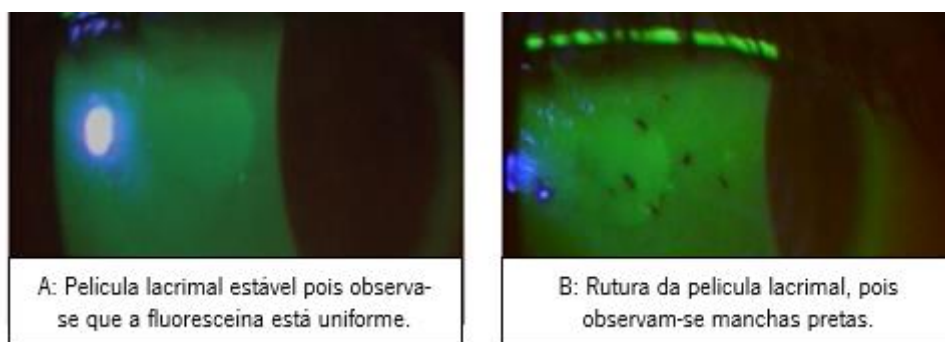


Figura 9 - Tempo de Rutura Lacrimal ou *Break Up Time (BUT)*. Adaptado de [Adaptado de https://www.google.pt](https://www.google.pt)

O tempo de rutura lacrimal avaliado sem fluoresceína é uma técnica não-invasiva. Este teste pode ser feito utilizando as miras de um queratómetro, de um topógrafo ou de um *tearscope*. Em todos estes instrumentos, o conceito é o mesmo no qual a rutura lacrimal, quando se inicia, afeta as miras ou as grelhas, que se tornam distorcidas e pouco nítidas, como se pode verificar pela figura 10.

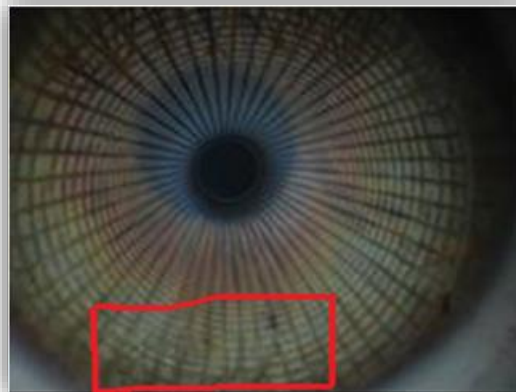


Figura 10 - NIBUT, realizado com o *tearscope*. A vermelho está assinalado uma zona da grelha em que as miras estão já pouco nítidas, indicando rutura lacrimal.

2.6 Olho seco

Perante uma lágrima escassa, devido à sua produção insuficiente ou a uma evaporação lacrimal excessiva, podemos estar perante uma situação de olho seco. O esquema da figura 11 representa as diferenças nas camadas lacrimais entre olhos normais e secos. Verifica-se que, pela evaporação da lágrima, as células epiteliais e conjuntivas ficam expostas, dando origem ao olho seco. É uma situação frequente, que se caracteriza pelo aumento da osmolaridade do filme lacrimal e da inflamação da superfície ocular. (30)

A prevalência da Síndrome de Olho Seco, na população geral, varia entre 3,5% e 33,7% (dependendo da idade e da metodologia de diagnóstico). (31)

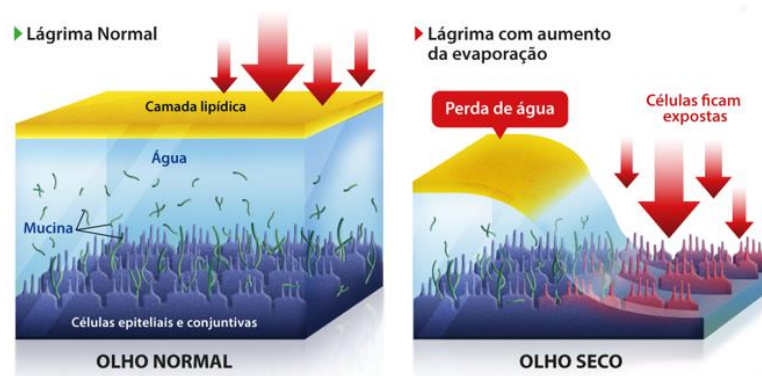


Figura 11 - Diferenças nas camadas lacrimais entre olhos normal e seco. Adaptado de <https://images.app.goo.gl/7jtXuAnjtv2HV2Mi7>

Pelas características das camadas lacrimais descritas acima, percebemos que o olho seco não tem lubrificação suficiente, quer por produção escassa de lágrima quer por rápida evaporação. (31) A superfície ocular, juntamente com as glândulas lacrimais e os nervos sensoriais e motores, pertencem à unidade funcional lacrimal. Logo, o olho seco caracteriza-se pela perda de homeostase do filme lacrimal.

Os sintomas mais frequentes de olho seco englobam hiperémia, irritação ocular e sensibilidade à luz. Estão associados a um impacto adverso na qualidade de vida relacionada à visão, ao desempenho das tarefas do dia-a-dia, ao rendimento laboral e ao bem-estar emocional. (32)

As causas e os fatores de risco para o olho seco são: idade, fatores hormonais, fármacos, uso de lentes de contacto, fatores ambientais (poluição, ar condicionado, etc), uso prolongado de ecrãs, entre outros.

Queixas de olho seco em utilizadores de ecrãs, são frequentes. Estão associadas a alterações nos padrões de pestanejo, como a frequência, amplitude e regularidade entre pestanejos, e a uma maior abertura palpebral devido à posição do ecrã, que resulta num aumento da evaporação e instabilidade lacrimal. (29)

Para atenuar os sintomas de olho seco, podem ser tomadas várias medidas: usar lágrimas artificiais (estas têm propriedades lubrificantes para restaurar a película lacrimal), evitar ares condicionados fortes e ambientes com fumo, usar óculos de sol para haver uma menor agressão quer do vento quer do sol, e comer de forma equilibrada (ingerir alimentos como os espinafres e cenouras, ricos em vitamina A). (32)

2.7 Associação da sintomatologia à utilização de ecrãs

O impulso ao uso constante aos dispositivos móveis, quer no trabalho quer em casa ou nas férias, leva a que muitas das tarefas diárias sejam resolvidas através de uma mensagem, de um *email*, de uma videochamada, etc.

Os sintomas verificados a esta intensa utilização resumem-se a: sensação de olho seco e irritação ocular, cefaleias, astenopia e visão desfocada. Estes podem ser devidos a pestanejo pouco frequente e incompleto e a necessidade de uma maior exigência acomodativa e convergente, na visão de perto. (2)

A literatura revela que o uso de *smartphones* leva a um aumento destes sintomas, que são similares aqueles que ocorrem na Síndrome Visual do Computador (SVC) (28). Contudo, existe uma grande variação na posição em que usamos os ecrãs dos dispositivos móveis, o que leva a termos uma superfície ocular mais exposta ou menos exposta. A distância de trabalho utilizada e os níveis de brilho e intensidade luminosa dos ecrãs, interferem numa maior ou menor qualidade visual e aparecimento leve ou moderado de sintomas. (24)

2.8 Ergonomia Visual

De modo a combater os sintomas que advém do uso dos ecrãs, foram criadas inúmeras regras ergonómicas para combater a SVC. Esta síndrome “caracteriza-se pelo conjunto de sinais e sintomas que surgem durante a utilização do computador. A prevenção e tratamento da SVC requer medidas multidisciplinares, como terapias visuais e correções dos erros refrativos e ajustes ergonómicos no local de trabalho. Algumas técnicas que serão abordadas já foram explicadas anteriormente.

Na tabela 1 são referidas algumas das possíveis causas do aparecimento da sintomatologia associada à levam ao aparecimento da SVC: (21)

Tabela 1 - Causas do aparecimento do Síndrome Visual do Computador

Erros refrativos não corrigidos	Prestar atenção aos astigmatismos baixos, pois são muitas vezes os que trazem maiores sintomas
Patologias oculares	O olho seco, causa uma elevada astenopia e irritação ocular, diminuindo o rendimento laboral. Um diagnóstico acertado e a utilização de lágrimas artificiais são essenciais
Problemas acomodativos e binoculares, e alterações oculomotoras	São grandes causadores de fadiga ocular e dores de cabeça, sendo a terapia visual uma grande ajuda
Lentes de contato	São uma opção alternativa aos óculos, porém requerem uma atenção redobrada: tem de haver uma maior taxa de pestanejo e, caso necessário, usar lágrimas artificiais
Ar condicionado / Humidade	É um forte causador de olho seco, pois diminui a humidade relativa do ar. Se forem usadas ventoinhas, estas não devem estar direcionadas para os olhos, pois a evaporação lacrimal será maior
Iluminação	A posição da secretária deve ser perpendicular à janela, de modo a evitar reflexos.
Postura	Devemos adotar uma postura correta, para não interferir com o equilíbrio oculomotor: cabeça alinhada com a coluna, para alinhamento reto e coluna vertebral encostada à cadeira, todo o nosso corpo em ângulo de 90° e pés assentes no chão.
Complexidade e minúcia do trabalho	Para detalhes minuciosos, a nossa visão tem de estar corrigida e em equilíbrio. Pausas regulares são aconselhadas, para não ocorrer, por exemplo, um espasmo acomodativos.

Capítulo 3

Material e métodos

Para este estudo o material utilizado englobou um *smartphone* (*Samsung Galaxy J5*), um computador que foi utilizado como câmara para gravar os pestanejos, um *tearscope* (*Tearscope Plus, Keele*) (figura 12) e um questionário (em anexo).

A recolha de dados foi sempre feita no mesmo local, para não ocorrerem variações de temperatura, humidade e iluminação ambiente. A temperatura ambiente da sala teve um valor médio de 21,6°C e a humidade relativa teve um valor médio de 40,6°. O *smartphone* utilizado foi sempre o mesmo ao longo de todo o estudo, tendo as seguintes características do ecrã: brilho (40%, mas no modo adaptativo, escurecendo ou aumentando consoante a iluminação externa), resolução (720 x 1280 HD) e tamanho (5,2"; 131,8 mm). A posição do sujeito, perante o computador que fazia a gravação de vídeo, foi sempre a mesma.



Figura 12 - Material utilizado

A: *tearscope*; B: grelha do *tearscope*; C: Luxímetro; D: Higrómetro

O protocolo de estudo foi revisto e aprovado pelo Subcomité de Ética para as Ciências da Vida e da Saúde (SECVS- 020/2014) da Universidade do Minho. Os exames foram realizados no Gabinete de Optometria do Departamento de Física da Universidade do Minho. Esta investigação segue os princípios da Declaração de Helsínquia e todos os participantes assinaram o consentimento informado.

A seleção dos pacientes seguiu os seguintes pontos: toda a amostra pertencer a uma faixa etária entre os 20 e os 40 anos, não usar lentes de contacto e obedecer a critérios de exclusão de doença da superfície ocular e utilização de medicação tópica ocular.

O cálculo do tamanho da amostra foi feito tendo em conta a diferença mínima detetável de 2 segundos para o *Non Invasive Break Up Time (NIBUT)* e um desvio padrão de 4 segundos. (33) Estes cálculos foram feitos utilizando o *software* GPower versão 3.1.9.4 (Franz Faul, Universitait Kiel, Alemanha). Em relação ao pestanejo, considerou-se uma diferença mínima detetável de 5 pestanejos e um desvio padrão de 2 pestanejos por minuto. (34)

Inicialmente era explicado em que consistia o estudo, ao mesmo tempo que contava o número de pestanejos do paciente num minuto. Este dado faz parte dos valores de base (*baseline*) para posteriormente ser comparado com o pestanejo durante as tarefas. Tendo sido medido de forma mais subjetiva do que a avaliação registada ao longo do estudo, este dado não será comparado com os valores obtidos durante a tarefa, servindo apenas a título informativo.

Após a breve explicação, era pedido aos participantes para assinarem o consentimento informado e autorização de gravação de vídeo e para preencherem um breve questionário. Este questionário contém cinco perguntas relativas à sintomatologia sentida pelo paciente no momento (em anexo consta o Questionário de avaliação subjetiva). A escala é de 0 a 10, sendo o 0 correspondente a nada/não e o 10 correspondente a muito/sim. As perguntas questionavam a intensidade da secura ocular, olho irritado, cansaço ocular, dor de cabeça e visão desfocada. Estas perguntas foram respondidas antes das tarefas e no final das três tarefas, para perceber se existiam diferenças. O questionário não foi aplicado ao fim de cada tarefa, para que a recolha de dados não fosse demasiado prolongada e exaustiva para os participantes.

Em seguida era avaliado o *NIBUT*, medido com o *tearscope*. Foram registadas três medidas, para obter um valor médio, sempre no olho direito. Os valores do *NIBUT* baseiam-se na duração entre o último pestanejo completo e a primeira rutura na película lacrimal. (35) Este valor foi considerado a *baseline*.

Posteriormente, era pedido ao participante que realizasse uma tarefa no *smartphone*. A tarefa consistia em jogar um jogo, durante 10 minutos, enquanto a câmara do computador se encontrava a gravar o olhar para, no final da tarefa, fazer a contagem dos pestanejos, em cada minuto. A distância entre o olho e o *smartphone* não foi igual para todos os sujeitos, pois cada um tinha a sua própria posição de leitura. No entanto, esta não variava significativamente entre eles.

Após terminar a tarefa de 10 minutos era novamente medido o *NIBUT*. Antes de iniciar a tarefa seguinte era feita uma pausa de cinco minutos. A tarefa era sempre a mesma mudando apenas as condições de iluminação. A ordem das condições de iluminação foi escolhida aleatoriamente para cada participante.

Na tabela 2 estão especificados os filtros/iluminações e parâmetros avaliados, em forma de resumo.

Tabela 2 - Iluminações e parâmetros utilizados

Ecrã: <i>Smartphone</i>	
Iluminações / Filtro	Parâmetros a avaliar
Sem filtro, iluminação ambiental normal	<i>Non Invasive Break Up Time (NIBUT)</i> (após tarefas) Número de pestanejos Questionário (antes e depois tarefas)
Com filtro azul, iluminação ambiental normal	
Sem filtro, sem iluminação ambiental (luz apagada)	

Este estudo englobou uma tarefa realizada em três condições de iluminação diferentes: *smartphone* sem filtro e o gabinete com luz normal, *smartphone* com filtro azul e o gabinete com luz normal e *smartphone* sem filtro e luz do gabinete apagada (tabela 3). A iluminância na sala (sem contar com o contributo da luz do *smartphone*) foi, com luz acesa, 460 lux e, com luz apagada, 0.59 lux. Para a realização da tarefa com a luz apagada, a única luz existente era a do ecrã do *smartphone*. Após breves segundos da luz do gabinete estar apagada, iniciou-se a tarefa.

Tabela 3 - Especificidades das tarefas realizadas

	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3
Ecrã	<i>Smartphone</i>	<i>Smartphone</i>	<i>Smartphone</i>
Filtro azul	Não	Sim	Não
Luz do gabinete	Ligada	Ligada	Apagada

Análise estatística

Os dados foram analisados usando o *Statistical Package for Social Sciences (Version 20; SPSS Inc, Chicago, IL, USA)*.

Os dados foram analisados utilizando os testes t-Student, para amostras emparelhadas e One Way ANOVA. Foram considerados estatisticamente significativos valores de p inferiores a 0,05.

Capítulo 4

Apresentação e discussão dos resultados

Este trabalho teve como principal objetivo perceber se ocorrem alterações significativas na lágrima, no pestanejo e nos sintomas oculares, perante o uso de *smartphones* em diferentes condições de iluminação e de utilização de filtro azul.

Para esta investigação, a amostra englobou 23 sujeitos, dos quais 21 eram do sexo feminino (91,3%). As idades estavam compreendidas entre os 21 anos e os 36 anos, sendo a idade média \pm Desvio-padrão (DP) de $24,09 \pm 3.62$ anos.

O questionário de avaliação subjetiva aplicado aos sujeitos, antes e após realizarem todas as tarefas, teve como objetivo avaliar a sintomatologia sentida no momento do seu preenchimento.

4.1 Sintomatologia

De modo a perceber os sintomas resultantes das tarefas aplicadas, os resultados da avaliação dos questionários estão descritos na figura 13. As barras representam os valores médios da escala de avaliação da sintomatologia e está indicado o valor de significância estatística para cada sintoma.

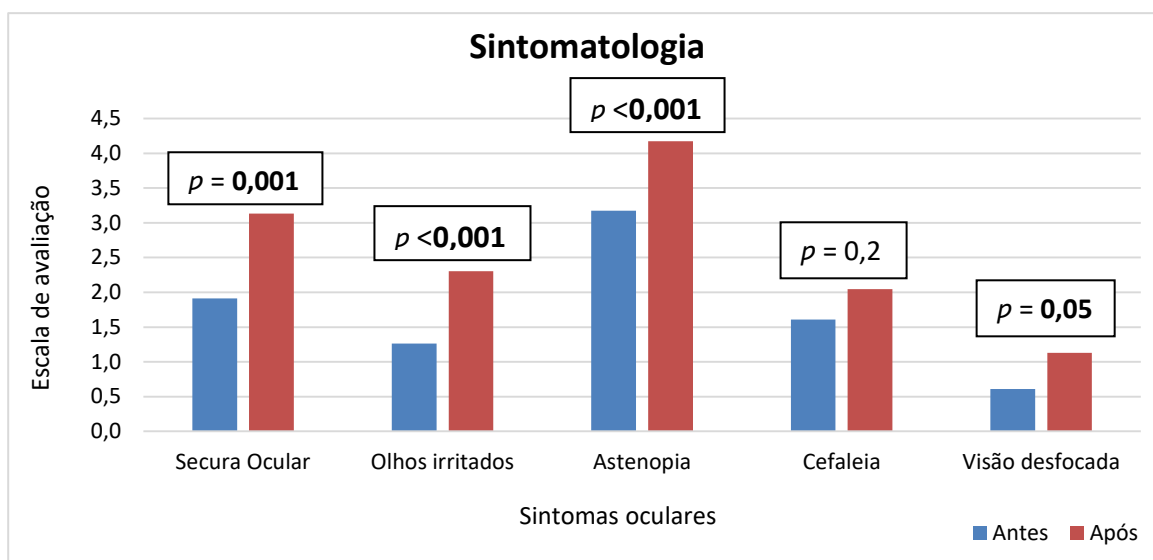


Figura 13 - Gráfico de barras relativo aos valores médios da sintomatologia

p: valor estatisticamente significativo

Como se pode verificar, os sintomas oculares são intensificados pela realização das tarefas no *smartphone*. O preenchimento do questionário no final das tarefas leva a que o olho já tenha experienciado 30 minutos de exposição ao ecrã, com pausas totais de 10 minutos, passando pelas tarefas com o filtro azul, sem o filtro, com luz acesa e com esta apagada.

Pela figura 13, verifica-se que todos os sintomas após tarefas, exceto a cefaleia, apresentam um aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$). A cefaleia teve uma pontuação de 1.6 antes das tarefas e de 2.0 após as tarefas, ou seja, uma variação muito pequena. Um estudo realizado em 2018 por Prabhasawat P *et al.* (35), obteve estes mesmos resultados, ou seja, todos os sintomas aumentaram significativamente excepto a cefaleia, após 20 minutos de leitura através de um *e-book*.

A *secura ocular* ($p=0,001$) foi o sintoma que maior variação apresentou. De acordo com a avaliação dos participantes antes das tarefas, a pontuação foi de 1.9 e depois das tarefas foi de 3.9, ou seja, uma variação de 2 valores. No entanto, a *astenia* foi o sintoma que registou maior pontuação quer antes (3.2) quer após a realização das tarefas (4.2). Também se verificou um aumento nos sintomas *olhos irritados* (1.3 para 2.3) e *visão desfocada* (0.6 para 1.1).

Um outro estudo relatou que uma leitura prolongada no *smartphone* gera mais *astenia* do que essa mesma leitura prolongada numa folha impressa. A *astenia* aumenta caso a leitura seja feita num ambiente às escuras, através do *smartphone*, especialmente se este estiver com o ajuste do brilho no máximo. (3) Este sintoma também pode advir de uma variação miópica de cerca de 0,25D a 0,50D na

acomodação, resultantes de um trabalho contínuo de visão de perto que leva a um excesso acomodativo. (36) Este estudo foi feito a sujeitos com idades compreendidas entre os 20 e os 30 anos, contudo o tempo de exposição no *smartphone* foi de uma hora, com iluminação ambiental normal. Foi comprovado também que após alguns minutos após visualização do *smartphone*, a variação miópica desaparece. (36)

Neste estudo não foram registadas as distâncias entre o *smartphone* e o olho e as possíveis variações ao longo do tempo. Contudo, um estudo demonstrou que, após uma hora de utilização do *smartphone*, surgiram astenopia e visão desfocada e que, em resposta a este stress visual, havia uma tendência de aproximar o *smartphone* ao longo do tempo, aumentando a convergência e a acomodação. (37) Apesar de o tempo total das três tarefas ter sido metade do estudo referenciado, pode ter ocorrido uma aproximação do *smartphone*, podendo explicar o aumento estatisticamente significativa da astenopia.

Um outro estudo referiu que a luz azul teve efeito relativamente a fadiga visual/astenopia, pois obtiveram uma relação direta entre maiores emissões de luz azul e maior fadiga ocular. Para combater este sintoma, sugeriram que os ecrãs de trabalho devem estar no modo sêpia e baixar a luminosidade e/ou utilizar o filtro azul para diminuir a radiação da luz azul. (38)

4.2 Frequência do pestanejo

Os pestanejos contados antes das tarefas serviram apenas a título informativo. Foram contados pelo investigador, sem recorrer à gravação de vídeo, enquanto estava a ser explicado o procedimento deste trabalho, sendo por isso um dado muito subjetivo. Devido a esta diferença de objetividade na contagem dos pestanejos, não faria sentido comparar os valores antes e após a realização da tarefa, tendo-se optado apenas por compará-los para as diferentes tarefas.

A figura 14 revela a frequência do pestanejo dos sujeitos após a realização das três tarefas, ao fim dos 10 minutos e revela também os valores de significância estatística.

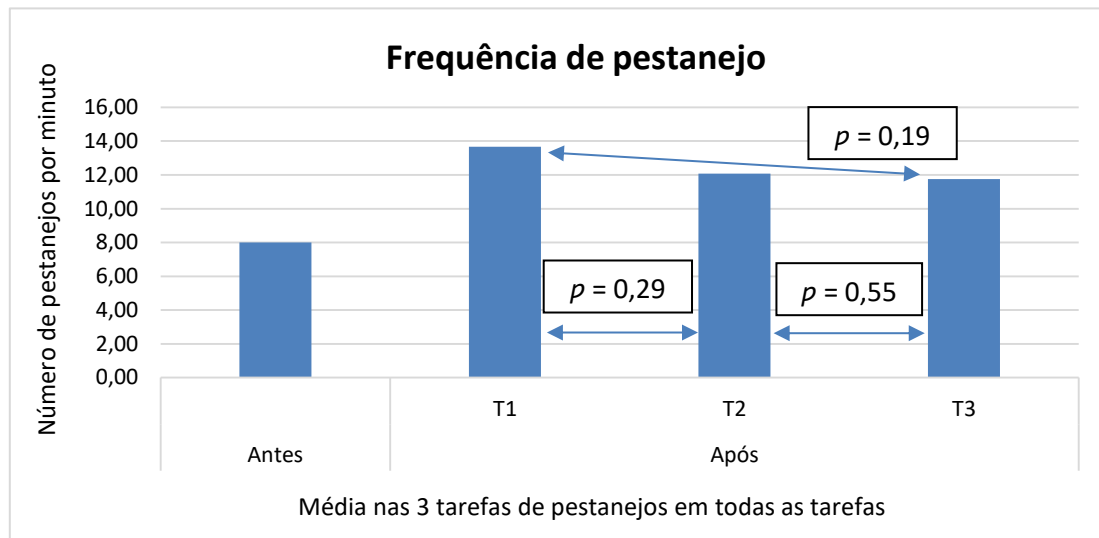


Figura 14 - Gráfico representativo da frequência de pestanejo nas três tarefas

T1: tarefa 1 (com luz ambiente e sem filtro azul); T2: tarefa 2 (com luz ambiente e com filtro azul); T3: tarefa 3 (sem luz ambiente e sem filtro azul); p: valor estatisticamente significativo

Obtiveram-se os seguintes valores e desvio padrão para a frequência do pestanejo: $11,43 \pm 6,9$ (antes das tarefas), $13,66 \pm 9,8$ (tarefa 1), $12,08 \pm 9,1$ (tarefa 2) e $11,76 \pm 9,6$ (tarefa 3).

Pode-se verificar que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos durante a realização de cada uma das tarefas, ou seja, entre luz apagada e acesa e entre com filtro azul e sem filtro azul.

Segundo Jaiswal S *et al.*, num artigo publicado este ano, quando a taxa de pestanejo diminui há uma maior evaporação lacrimal causando desconforto na superfície ocular. Também concluem que uma maior concentração na tarefa que está a ser executada num computador (ecrã) leva a uma menor frequência de pestanejo, levando a um maior desconforto ocular. (28)

Um outro estudo, refere que pestanejo mais frequente está associado a um *NIBUT* menor, sendo um mecanismo necessário pela reduzida estabilidade lacrimal. (39)

Pelo uso do *smartphone*, a diminuição da taxa de pestanejo e o aumento de pestanejo incompleto, pode induzir um aumento da exposição da superfície ocular, que pode afetar o equilíbrio homeostático, induzindo sintomatologia e instabilidade lacrimal. (23)

Este estudo não engloba a avaliação da amplitude de pestanejo, contudo podem ter ocorrido alterações neste parâmetro, mesmo com uma frequência de pestanejos inalterada. G. Cardona *et al.* referiram num estudo que a taxa de pestanejo e a amplitude de pestanejo não estão directamente associadas. (29)

A literatura já conta com vários estudos que revelam a importância de equilibrar a iluminação do ecrã com a iluminação ambiente. (21) Níveis elevados de iluminação ambiente podem interferir com as imagens do ecrã causando reflexos, que se tornam incomodativos para a realização das tarefas visuais, causando astenopia. (40) Atualmente, a maioria dos *smartphones* têm a opção de brilho automático, que ajusta o brilho do ecrã em função da iluminação do ambiente. A iluminação da sala onde foi realizada a recolha de dados estava com uma iluminação de 460 lux.

Os resultados do número de pestanejos por minuto e ao longo da realização de cada tarefa podem ser observados na figura 15:

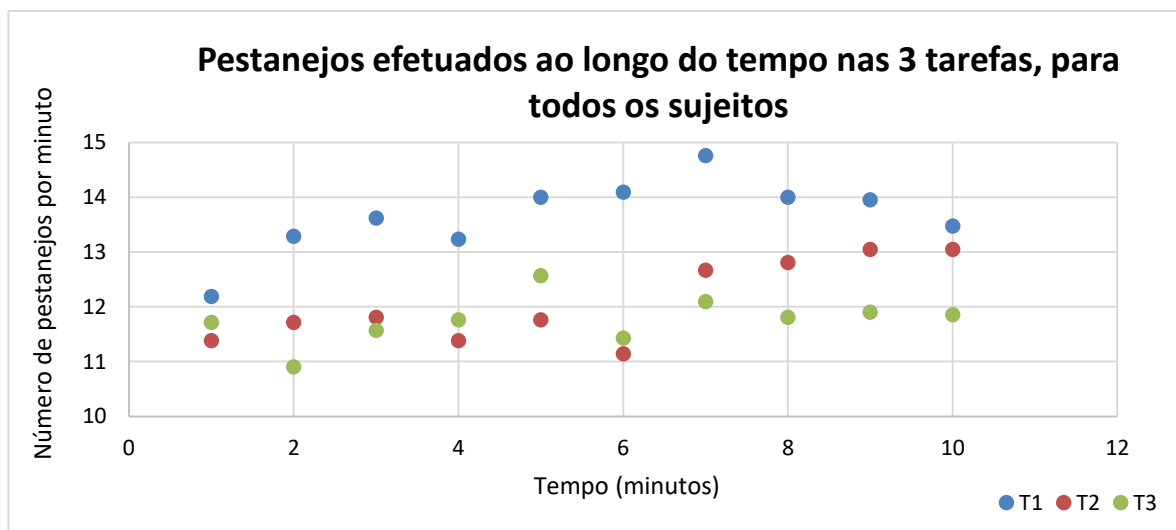


Figura 15 - Gráfico representativo do valor médio dos pestanejos efetuados nas três tarefas ao longo do tempo

T1: tarefa 1 (com luz ambiente e sem filtro azul); T2: tarefa 2 (com luz ambiente e com filtro azul); T3: tarefa 3 (sem luz ambiente e sem filtro azul)

Com esta análise, pretendia-se perceber se havia diferenças para o número de pestanejos ao longo do tempo. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, daí o comportamento ao longo do tempo em que decorreu cada tarefa ter sido constante.

4.3 Non Invasive Break Up Time (NIBUT)

Na figura 16 encontram-se os resultados obtidos para o *NIBUT* antes da tarefa e após a realização de cada uma delas. São ainda apresentados os valores da significância estatística para as diferenças entre os valores obtidos antes da realização de qualquer tarefa (A) e após a realização de cada uma delas.

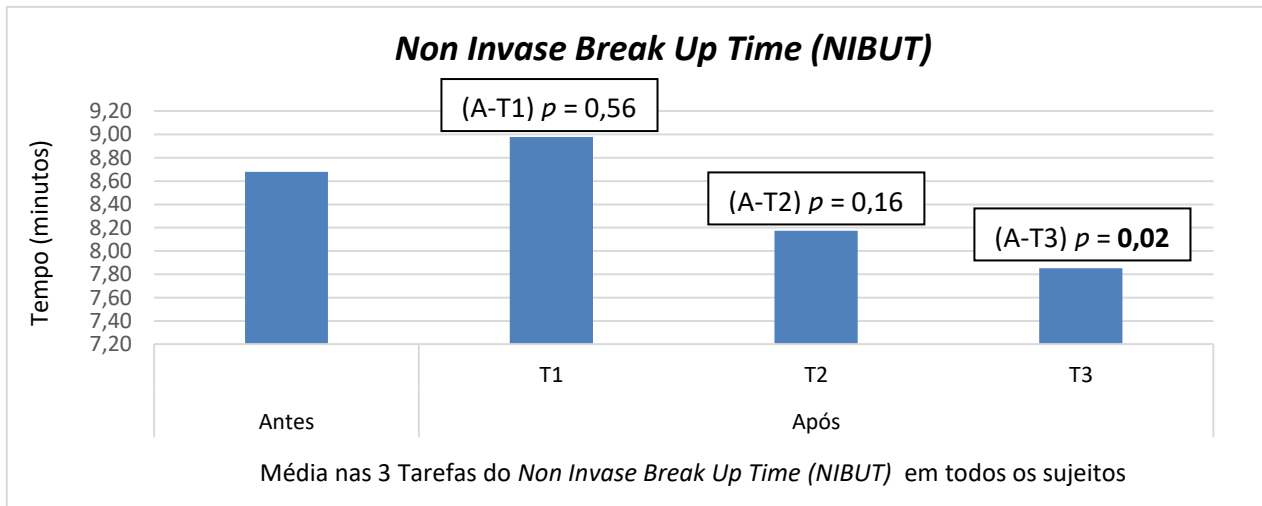


Figura 16 - Gráfico representativo dos valores médios do Non Invasive Break Up Time (NIBUT) antes e após a realização de cada uma das três tarefas.

T1: tarefa 1 (com luz ambiente e sem filtro azul); T2: tarefa 2 (com luz ambiente e com filtro azul); T3: tarefa 3 (sem luz ambiente e sem filtro azul); p: valor estatisticamente significativo

Pela análise da figura 16, pode-se observar que o tempo de rutura lacrimal sofreu alterações durante a realização da tarefa 3 tendo apresentado uma redução média, quando comparado com o valor obtido antes da realização da tarefa, de 0,8 s ($p = 0,02$). Estes resultados eram os esperados, pois há um maior esforço visual quando estamos sem iluminação ambiente criando desconforto e astenopia ocular, e sensação de olho seco provocada pela rutura lacrimal. (14)

Quando comparadas as tarefas 1 (média \pm DP: $9,0 \pm 2,5$) e 2 (média \pm DP: $8,2 \pm 2,1$), ambas com iluminação ambiental, não se encontraram diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,16$). Com a exposição à luz azul (tarefa 2) seria de esperar uma diminuição no *NIBUT*, pois, nestas condições, há um aumento na produção das células reativas de oxigénio, diminuindo a viabilidade celular do epitélio corneal (41), podendo ocorrer uma deterioração do filme lacrimal. (42) Indivíduos com olho seco poderão ser mais sensíveis à toxicidade da luz azul. (41) O tempo da tarefa sem filtro pode não ter sido suficiente

para provocar uma alteração estatisticamente significativa e não se terem verificado as alterações esperadas.

Conclui-se que apenas a comparação entre o antes de iniciar as tarefas (média \pm DP) $8,7 \pm 1,7$) e a realização da tarefa sem iluminação ambiental (tarefa 3) ($7,9 \pm 1,9$), obtém diferenças estatisticamente significativas. Isto significa que no escuro, a película lacrimal rompeu mais rapidamente, enquanto que para as outras tarefas o *NIBUT* mantém os valores da avaliação inicial.

Segundo Prabhasawat P *et al.* num artigo publicado este ano, o *NIBUT* apresentou valores superiores aos verificados na *baseline*, perante a tarefa de leitura num *e-book*, com iluminação normal. (35). Esta informação não vai de encontro com o resultado obtido no presente estudo, contudo no estudo de Prabhasawat P *et al.* o número de sujeitos era ligeiramente superior (30 sujeitos) com uma faixa de idades superior (entre 18 e 60 anos), e a tarefa era executada durante mais tempo (20 minutos).

Capítulo 5

Conclusão e sugestões para trabalhos futuros

Sempre que há esforço visual envolvido numa tarefa, e quando esta envolve a emissão de radiações que podem ser nocivas para o olho humano, podem surgir sintomas, a película lacrimal pode tornar-se mais instável e a mecânica do pestanejo pode ser alterada.

Depois de toda a análise, conclui-se que o uso de ecrãs pode originar sintomatologia ocular, como: secura, olhos irritados, astenopia e visão desfocada. A nível da mecânica do pestanejo, conclui-se que, ao longo do tempo em que a tarefa estava a ser executada, o número de pestanejos foi semelhante para todas as condições avaliadas.

Em relação ao *NIBUT*, conclui-se que é menor quando a tarefa é realizada sem luz ambiente, ou seja, a lágrima se torna mais instável em ambiente escuro. As diferenças de luminosidade entre o ecrã do *smartphone* e do ambiente, como são elevadas, podem ter levado a uma estabilidade lacrimal menor.

Em suma, não devemos utilizar os smartphones em ambientes com pouca luz.

Sugestões para trabalhos futuros

A nível de sugestões para trabalhos futuros, muitas delas são com base no que não foi realizado neste trabalho de investigação e que poderia fornecer informações interessantes e importantes.

Desde logo, num trabalho futuro, o questionário deverá ser aplicado no final de cada tarefa, de modo a perceber qual(ais) o(s) sintoma(s) que mais se evidenciou em cada caso e se se poder verificar a existência de alguma associação entre a variação de sintomatologia com uma tarefa específica. Assim, poder-se-á encontrar uma relação entre os sintomas induzidos, ou não, para cada tarefa, Esta é uma limitação deste estudo.

Seria também interessante acrescentar uma outra tarefa, que englobasse a luz apagada e com o filtro azul, para poder fazer a comparação e ver as diferenças, caso existissem, entre a utilização do filtro azul no escuro e a não utilização deste filtro neste mesmo ambiente. Neste trabalho de investigação

optou-se por fazer apenas no escuro sem o filtro azul, uma vez que é a situação mais comum nos dias de hoje e seria bastante exaustivo para os pacientes terem de fazer mais uma tarefa.

O método de contagem de pestanejo antes da realização das tarefas podia ser alterado, para termos números objetivos para poder haver comparações entre antes e após tarefas.

Por fim, a amostra podia abranger um maior número de indivíduos, para termos resultados mais significativos.

Referências bibliográficas

1. Asharlous A, Hashemi H, Yekta A, Ostadimoghaddam H, Gharaee H, Khabazkhoob M. Tear film secretion and stability in welders. *Contact Lens Anterior Eye*. 2018;41(5):426–9.
2. Kim DJ, Lim C-Y, Gu N, Park CY. Visual Fatigue Induced by Viewing a Tablet Computer with a High-resolution Display. *Korean J Ophthalmol*. 2017;31(5):388.
3. Antona B, Barrio AR, Gascó A, Pinar A, González-Pérez M, Puell MC. Symptoms associated with reading from a smartphone in conditions of light and dark. *Appl Ergon [Internet]*. 2018;68(October 2016):12–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2017.10.014>
4. Ditrendia (Digital Marketing Trend). Informe Mobile en España y en el Mundo 2015 Informe ditrendia : Mobile en España y en el Mundo 2015. Inf ditrendia Mob en España y en el Mundo 2015. 2015;66.
5. Lee S, Kang H, Shin G. Head flexion angle while using a smartphone. *Ergonomics*. 2015;58(2):220–6.
6. Espectro Eletromagnético – ESTUDO DA COR [Internet]. [cited 2020 Jan 14]. Available from: <https://estudodacor.wordpress.com/aspectos-fisicos/espectro-da-luz/espectro-2/#jp-carousel-773>
7. Heo JY, Kim K, Fava M, Mischoulon D, Papakostas GI, Kim MJ, et al. Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, cross-over, placebo-controlled comparison. *J Psychiatr Res*. 2017;87:61–70.
8. Clark AJ, Yang P, Khaderi KR, Moshfeghi AA. Ocular tolerance of contemporary electronic display devices. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retin*. 2018;49(5):346–54.
9. Lee JB, Kim SH, Lee SC, Kim HG, Ahn HG, Li Z, et al. Blue light-induced oxidative stress in human corneal epithelial cells: Protective effects of ethanol extracts of various medicinal plant mixtures. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2014;55(7):4119–27.
10. Martin C. Blue Light from Digital Screens Used at Work. 2018;(September).
11. Exposição a iluminação por LED associada a risco acrescido de degeneração Macular Associada à Idade e a cancro - Saúde Online [Internet]. [cited 2019 Sep 10]. Available from: <https://saudeonline.pt/2016/12/22/exposicao-a-iluminacao-por-led-associada-a-risco->

acrescido-de-degeneracao-macular-associada-a-idade-e-a-cancro/

12. A luz azul: o que faz bem e o que faz mal [Internet]. [cited 2019 Nov 5]. Available from: <https://www.zeiss.pt/vision-care/melhor-visao/compreender-a-visao/a-luz-azul-o-que-faz-bem-e-o-que-faz-mal.html>
13. Tähkämö L, Partonen T, Pesonen AK. Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm. *Chronobiol Int* [Internet]. 2019;36(2):151–70. Available from: <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1527773>
14. Antona B, Barrio AR, Gascó A, Pinar A, González-Pérez M, Puell MC. Symptoms associated with reading from a smartphone in conditions of light and dark. *Appl Ergon* [Internet]. 2018;68(October 2016):12–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.10.014>
15. Дисертације Д, Крагујевцу УУ. М 12 2. 2012;1(1):2–3.
16. Gomes CC, Preto S. Blue Light: A Blessing or a Curse? *Procedia Manuf* [Internet]. 2015;3(Ahfe):4472–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.459>
17. Lawrenson JG, Hull CC, Downie LE. The effect of blue-light blocking spectacle lenses on visual performance, macular health and the sleep-wake cycle: a systematic review of the literature. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2017;37(6):644–54.
18. Montés-Micó R, Alió JL, Charman WN. Dynamic changes in the tear film in dry eyes. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46(5):1615–9.
19. Kobashi H, Kamiya K, Yanome K, Igarashi A, Shimizu K. Longitudinal assessment of optical quality and intraocular scattering using the double-pass instrument in normal eyes and eyes with short tear breakup time. *PLoS One*. 2013;8(12):8–13.
20. Kaido M, Toda I, Oobayashi T, Kawashima M, Katada Y, Tsubota K. Reducing short-wavelength blue light in dry eye patients with unstable tear film improves performance on tests of visual acuity. *PLoS One*. 2016;11(4):1–10.
21. GPESPO. Manual de Ergoftalmologia - Grupo Português de Ergoftalmologia Sociedade Portuguesa de Oftalmologia. 2016; Available from: <http://www.spoftalmologia.pt/wp-content/uploads/2016/12/MANUAL-DE-ERGOFTALMOLOGIA.pdf>
22. Varikooty J, Simpson TL. The interblink interval I: The relationship between sensation intensity and tear film disruption. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50(3):1087–92.

23. Choi JH, Li Y, Kim SH, Jin R, Kim YH, Choi W, et al. The influences of smartphone use on the status of the tear film and ocular surface. *PLoS One*. 2018;13(10):1–16.
24. Coles-Brennan C, Sulley A, Young G. Management of digital eye strain. *Clin Exp Optom*. 2019;102(1):18–29.
25. Effect of visual display unit.pdf.
26. Argilés M, Cardona G, Pérez-Cabré E, Rodríguez M. Blink rate and incomplete blinks in six different controlled hard-copy and electronic reading conditions. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56(11):6679–85.
27. Rosenfield M. Computer vision syndrome: A review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2011;31(5):502–15.
28. Jaiswal S, Asper L, Long J, Lee A, Harrison K, Golebiowski B. Ocular and visual discomfort associated with smartphones, tablets and computers: what we do and do not know. *Clin Exp Optom*. 2019;1–15.
29. Cardona G, García C, Serés C, Vilaseca M, Gispets J. Blink rate, blink amplitude, and tear film integrity during dynamic visual display terminal tasks. *Curr Eye Res*. 2011;36(3):190–7.
30. Iyer J V., Lee SY, Tong L. The dry eye disease activity log study. *Sci World J*. 2012;2012.
31. Van Tilborg M, Kort H, Murphy P, Evans K. The influence of dry eye and office environment on visual functioning. *Stud Health Technol Inform*. 2015;217(August):427–31.
32. Gajta A, Turkoanje D, Malaescu I, Marin CN, Koos MJ, Jelcic B, et al. Dry eye syndrome among computer users. *AIP Conf Proc*. 2015;1694(February).
33. Alteração no tempo de rutura lacrimal e parâmetros da topografia corneal após instilação de lágrima artificial. 2018;
34. Abusharha AA. Changes in blink rate and ocular symptoms during different reading tasks. *Clin Optom*. 2017;9:133–8.
35. Prabhasawat P, Pinitpuwadol W, Angsriprasert D, Chonpimai P, Saiman M. Tear film change and ocular symptoms after reading printed book and electronic book: a crossover study. *Jpn J Ophthalmol [Internet]*. 2019;63(2):137–44. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10384-018-00648-1>
36. Afzal M, Chaudhry N. Change in refractive error after prolonged use of smart phone in ambient

- light. *Ophthalmol Pakistan* [Internet]. 2017;7(02):15–8. Available from: <http://www.ophtalmologypakistan.com/op/index.php/OP/article/view/163/131>
37. Long J, Cheung R, Duong S, Paynter R, Asper L. Viewing distance and eyestrain symptoms with prolonged viewing of smartphones. *Clin Exp Optom*. 2017;100(2):133–7.
 38. Isono H, Kumar A, Kamimura T, Noguchi Y, Yaguchi H. The effect of blue light on visual fatigue when reading on LED-backlit tablet lcds. *Proc Int Disp Work*. 2013;2:1206–7.
 39. Nosch DS, Pult H, Albon J, Purslow C, Murphy PJ. Relationship between corneal sensation, blinking, and tear film quality. *Optom Vis Sci*. 2016;93(5):471–81.
 40. Chen M Te, Lin CC. Comparison of TFT-LCD and CRT on visual recognition and subjective preference. *Int J Ind Ergon*. 2004;34(3):167–74.
 41. Marek V, Mélik-Parsadaniantz S, Villette T, Montoya F, Baudouin C, Brignole-Baudouin F, et al. Blue light phototoxicity toward human corneal and conjunctival epithelial cells in basal and hyperosmolar conditions. *Free Radic Biol Med* [Internet]. 2018;126:27–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.07.012>
 42. Lee HS, Cui L, Li Y, Choi JS, Choi JH, Li Z, et al. Influence of light emitting diode-derived blue light overexposure on mouse ocular surface. *PLoS One*. 2016;11(8).

Anexos

Consentimento informado



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Consentimento informado, esclarecido e livre para participação em estudos de investigação (de acordo com a Declaração de Helsínquia e a Convenção de Oviedo)

Esta declaração visa informá-lo/a do procedimento que irá ser realizado, bem como o seu consentimento para que tal seja feito, após serem prestados todos os esclarecimentos.

Título do estudo: Alterações na película lacrimal com o uso de ecrãs

Enquadramento: Dissertação de mestrado, pela Universidade do Minho

Explicação do estudo: O estudo requer a participação de 30 sujeitos (30 olhos), que vão ser submetidos à análise da película lacrimal, do pestanejo e preenchimento de questionário breve. Cada sujeito vai começar por preencher um questionário (acerca de sintomatologia ocular) que envolve cinco perguntas. De seguida, será avaliado o tempo de rutura lacrimal (*Non Invasive Break Up Time_ NIBUT*) através do tearscope. Serão registadas três medições, para obter uma média do tempo. A última avaliação permite fazer a contagem no número de pestanejos, por minuto. Esta contagem será feita através da filmagem do olhar do sujeito. Para a captação dos vídeos, este terá de assinar um consentimento para permitir as gravações. Após ter todos estes dados, é criada a baseline de cada sujeito. Para a baseline, serão necessários 2 minutos.

Posteriormente, serão aplicadas 3 tarefas a cada sujeito, em que cada uma terá uma duração de 10 minutos. A passagem para a tarefa seguinte requer repouso de cerca de 5 minutos.

Todas as tarefas consistem em jogar um jogo num smartphone (vai ser sempre o mesmo ao longo de toda a experiência). A primeira tarefa engloba iluminação ambiental normal e sem filtro no smartphone, a segunda tarefa engloba iluminação ambiental normal e ativação do filtro azul, e a terceira tarefa engloba luz ambiental apagada e sem filtro.

Após o final de cada tarefa, serão avaliados todos os parâmetros referidos acima, que constituem a baseline. Após, 5 minutos, o sujeito será submetido à seguinte tarefa e posterior avaliação, recorrendo

ao mesmo método para a terceira tarefa. Depois de todos os sujeitos terem passado pelas tarefas e avaliações, serão analisados os resultados.

Condições e financiamento: A recolha de dados tem carácter voluntário e o estudo mereceu parecer favorável da Comissão de Ética.

Confidencialidade e anonimato: É garantida confidencialidade e uso exclusivo dos dados recolhidos para o presente estudo, assim como o anonimato (não registo de dados de identificação).

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

Nome: _____

Assinatura: _____

Data: ____ / ____ / ____

A investigadora,

Joana Fernandes

Email: joana.s.fernandes@hotmail.com

Contacto: 919333075

Consentimento para recolha imagens de vídeo



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Consentimento para recolha de imagens de vídeo

Declaro, para os devidos efeitos, que autorizo a gravação de imagens de vídeo, para uso único e exclusivo no projeto de tese “Alterações na película lacrimal com o uso de ecrãs”.

Após conclusão do projeto, as imagens serão automaticamente destruídas.

Data:

Questionário



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Data: _____

Hora: _____

Questionário de avaliação subjetiva

ID (número do sujeito): _____ Idade: _____ Sexo: M F

Este breve questionário engloba perguntas subjetivas acerca da sintomatologia ocular sentida no momento do seu preenchimento.

O questionário vai ser aplicado antes e depois das tarefas, de modo a perceber as variações subjetivas que podem ocorrer, com o uso de ecrãs e com diferentes iluminações/filtros.

É composto por uma escala de 0 a 10, sendo 0 correspondente a nada/não e 10 correspondente a muito/sim.

A. Antes das tarefas

1. Qual a intensidade da secura ocular?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Qual a intensidade do olho irritado?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. Qual a intensidade do cansaço ocular?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. Qual a intensidade da dor de cabeça?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Qual a intensidade da visão turva/desfocada?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

B. Depois das tarefas

1. Qual a intensidade da secura ocular?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Qual a intensidade do olho irritado?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. Qual a intensidade do cansaço ocular?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. Qual a intensidade da dor de cabeça?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Qual a intensidade da visão turva/desfocada?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Ficha Clínica



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Data: _____

Hora: _____

Ficha Clínica

ID (número do sujeito): _____ Idade: _____ Sexo: M F

Avaliação dos parâmetros oculares e lágrima (avaliação do olho direito)

Non Invasive Break Up Time (NIBUT) - Tearscope

	Antes das tarefas	Depois das tarefas		
		Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3
NIBUT 1				
NIBUT 2				
NIBUT 3				
Média				

Pestanejo

Antes das tarefas

Frequência (pest/min)

Depois das tarefas

Minutos	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
Média			