

**INÊS CARVALHO MAIA**

**ESTUDO DA RESPOSTA PUPILAR COMO  
INDICADOR DA MEMÓRIA DE  
RECONHECIMENTO**

Orientador: Professor Doutor Jorge Oliveira

**Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias**  
**Escola de Psicologia e Ciências da Vida**

**Lisboa**  
**2022**

**INÊS CARVALHO MAIA**

**ESTUDO DA RESPOSTA PUPILAR COMO  
INDICADOR DA MEMÓRIA DE  
RECONHECIMENTO**

Dissertação defendida em provas públicas para a obtenção do Grau de Mestre em Neuropsicologia no Curso de Mestrado De Neuropsicologia Aplicada, conferido pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, no dia 12 de maio de 2022, perante o júri, com Despacho de Nomeação nº 79/2022, de 18 de março de 2022, com a seguinte composição:

Presidente: Prof<sup>a</sup>. Doutora Beatriz Rosa

Arguente: Prof. Doutor José Teles

Orientador: Prof. Doutor Jorge Oliveira

**Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias**  
**Escola de Psicologia e Ciências da Vida**

**Lisboa**

**2022**

### **Agradecimentos**

Num percurso que se revelou mais longo do que era esperado, foram diversas as pessoas que contribuíram para que chegasse a bom porto, tanto a nível pessoal como profissional.

Começo por agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Jorge Oliveira, pela prontidão, disponibilidade, partilha de conhecimentos e orientação ao longo de todo o percurso académico, mas principalmente durante a elaboração da dissertação.

Ao Professor Doutor Pedro Rosa, pela paciência, pela disponibilidade, pela prontidão, pelo trabalho e, acima de tudo, por acreditar.

À minha mãe, pelo pilar que representa ao longo de toda a vida, e não ser diferente nesta fase.

Ao meu pai, pelas dúvidas que manifestou e serviram de combustível para chegar aqui.

À minha avó, por todas as vezes que perguntou quando entregava o trabalho final e me deu motivação para, efetivamente, o entregar.

À minha irmã, por todo o companheirismo ao longo da vida e pela motivação.

À Catarina, pela amizade, motivação e inspiração para nunca desistir.

Avô, este trabalho é dedicado a ti.

A todo o grupo de docentes do mestrado, tão fundamental na partilha de conhecimentos ao longo do percurso académico.

### **Resumo**

Desde os anos 60, os investigadores têm explorado a relação entre o tamanho da pupila e a função cognitiva. As respostas pupilares são conhecidas por indicar processos cerebrais envolvidos na perceção, atenção e tomada de decisões, podendo fornecer um biomarcador acessível do desempenho da memória humana e dos estados cognitivos em geral. A presente investigação pretendeu estudar a resposta pupilar como indicador da memória de reconhecimento. A amostra foi constituída por 21 estudantes universitários que realizaram uma tarefa de reconhecimento composta por 3 pares de listas diferentes, cada uma com 10 palavras na fase de apresentação e 20 palavras na fase de reconhecimento. A análise dos resultados foi feita com base nas respostas comportamentais, nomeadamente as omissões, falsos alarmes, rejeições corretas e acertos, e na média da resposta pupilar, com a manipulação do tempo do intervalo de retenção. Os resultados não evidenciam um aumento da dilatação pupilar face ao aumento do intervalo de retenção, o que não comprova a primeira hipótese. No entanto, indicam um aumento da média da resposta pupilar quando a percentagem de falsos alarmes aumenta, o que corrobora parcialmente a segunda hipótese.

**Palavras-chave:** Resposta Pupilar; Memória de Reconhecimento; Respostas Comportamentais.

### **Abstract**

Since the 1960s, researchers have been exploring the relationship between pupil size and cognitive function. Pupillary responses are known to indicate brain processes involved in perception, attention and decision making, and may provide an accessible biomarker of human memory performance and cognitive states in general. The present investigation aimed to study the pupillary response as an indicator of recognition memory. The sample consisted of 21 university students who performed a recognition task consisting of 3 pairs of different lists, each with 10 words in the presentation phase and 20 in the recognition phase. The analysis of the results was based on behavioral responses, namely omissions, false alarms, correct rejections and hits, and the average pupil response, with manipulation of the retention interval time. The results do not show an increase in pupil dilation in relation to the increase in the retention interval, which does not support the first hypothesis. However, they indicate an increase in the percentage of false alarms along with a decrease in the percentage of hits when the retention interval increases, which corroborates the second hypothesis.

**Keywords:** Pupillary Response; Recognition Memory; Behavioral Responses.

### **Abreviaturas, siglas e símbolos**

Ms- milissegundos

Hz- hertz

EW- Edinger-Westphal

LC- locus coeruleus

RMf- ressonância magnética funcional

PRE- potenciais relacionados a eventos

## Índice

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introdução .....</b>                                               | <b>7</b>  |
| <b>1. Referencial teórico .....</b>                                   | <b>8</b>  |
| 1.1. Anatomia do olho.....                                            | 8         |
| 1.2. Resposta pupilar e processamento cognitivo.....                  | 10        |
| 1.3. Memória de reconhecimento e resposta pupilar.....                | 12        |
| 1.4. Influência da resposta pupilar na memória de reconhecimento..... | 15        |
| <b>2. Objetivos.....</b>                                              | <b>17</b> |
| <b>3. Hipóteses .....</b>                                             | <b>17</b> |
| <b>4. Método.....</b>                                                 | <b>18</b> |
| 4.1. Amostra.....                                                     | 18        |
| 4.2. Medidas.....                                                     | 18        |
| 4.2.1. Ficha de dados sociodemográficos.....                          | 18        |
| 4.2.2. Materiais.....                                                 | 18        |
| 4.2.3. Instrumentos e <i>Software</i> .....                           | 19        |
| 4.3. Paradigma comportamental.....                                    | 19        |
| 4.4. Tratamento de dados.....                                         | 20        |
| <b>5. Resultados.....</b>                                             | <b>21</b> |
| <b>6. Discussão.....</b>                                              | <b>23</b> |
| <b>7. Conclusão.....</b>                                              | <b>24</b> |
| <b>8. Referências.....</b>                                            | <b>26</b> |

## **Introdução**

Ao longo de mais de dois milénios, foram observadas e utilizadas mudanças na motilidade pupilar como indicadores tanto de ativação emocional quanto de sinais de estado médico (Granholm & Steinhauer, 2004). A conexão entre a dilatação da pupila e a atividade cognitiva foi observada há mais de 100 anos (Kahneman, Tursky, Shapiro, & Crider, 1969 cit in Shechter & Share, 2021).

Desde os anos 60, com o reaparecimento da pupilometria como medida de esforço cognitivo, os investigadores têm explorado a relação entre o tamanho da pupila e a função cognitiva. As respostas pupilares são conhecidas por indicar processos cerebrais envolvidos na perceção, atenção e tomada de decisões, podendo fornecer um biomarcador acessível do desempenho da memória humana e dos estados cognitivos em geral (Kucewicz, Dolezal, Kremen, Berry, Miller, Magee & Worrell, 2018). Os primeiros estudos sobre o tamanho da pupila e a memória revelaram um padrão surpreendente (Goldinger & Papesh, 2012). Num estudo conduzido por Gardner, Mo e Borrego (1974), foi possível observar que palavras previamente apresentadas na tarefa de memorização levaram à dilatação da pupila na tarefa de reconhecimento, enquanto a apresentação de palavras novas provocou a contração da pupila (Goldinger & Papesh, 2012). Num estudo de 2008, no qual Vö et al. pediram aos participantes para estudar palavras com valência emocional para um teste de reconhecimento, os autores descobriram que o tamanho da pupila dos participantes aumentou em maior grau quando viram itens antigos em comparação com itens novos, um fenómeno que designaram como efeito velho/novo da pupila (Otero, Weekes, & Hutton, 2011). Montefinese, Ambrosini, Fairfield e Mammarella (2013), num estudo em que realizaram uma tarefa de memória de reconhecimento através da apresentação de verbos a 20 italianos nativos, resultados demonstraram uma maior dilatação da pupila nos falsos alarmes (avaliando os verbos novos como antigos) em comparação com rejeições corretas, sugerindo um efeito velho/novo da pupila. Por sua vez, Piquado, Isaacowitz e Wingfield (2010), analisaram a eficácia da resposta pupilar como medida da carga cognitiva em duas faixas etárias diferentes, através da audição de uma tarefa de dígitos, variando entre listas de 4, 6 e 8 dígitos, com um intervalo de retenção entre o fim da audição dos dígitos e a recordação dos mesmos. Tantos nos adultos mais jovens como nos mais velhos, os autores reportaram - nas listas de 6 e 8 dígitos - um aumento no tamanho da pupila à medida que a carga de memória aumenta progressivamente.

Com base nestes estudos, a presente investigação teve como objetivo estudar a influência da resposta pupilar na memória de reconhecimento, através da análise das respostas comportamentais e da resposta pupilar, em que seria esperado uma maior dilatação pupilar associada a um maior intervalo de retenção, e um aumento da dilatação pupilar provocado pelo aumento da percentagem de falsos alarmes, isto é, a identificação incorreta de itens antigos como novos. Para tal, foi aplicada uma tarefa de reconhecimento, na qual os estudantes visualizavam duas listas de palavras, uma correspondente à fase de apresentação, com 10 palavras, e outra correspondente à fase de reconhecimento, com as 10 palavras da respetiva fase de apresentação mais 10 palavras novas, com recurso à resposta pupilar a uma amostra de 21 estudantes universitários.

## **1. Referencial teórico**

### **1.1. Anatomia do olho**

Ver é uma atividade na qual os indivíduos procuram ativamente objetos de interesse através do movimento do corpo, cabeça e olhos (Mathôt, 2018). A principal função do olho é formar uma imagem clara desses objetos. Essas imagens são transmitidas ao cérebro através do nervo óptico e das vias visuais posteriores (Galloway, Amoaku, Galloway, & Browning, 2016). O olho, um dos órgãos mais complexos do corpo humano, é, embriologicamente, uma extensão do sistema nervoso central e compartilha várias características fisiológicas e anatómicas com o cérebro (Willoughby, Ponzin, Ferrari, Lobo, Landau, & Omid, 2010; Galloway, Amoaku, Galloway, & Browning, 2016). A pupila, o primeiro filtro através do qual o mundo visual passa, é uma abertura transparente localizada no centro do olho que controla a quantidade de luz que atinge a retina (McDougal, & Gamlin, 2015; Mathôt, 2018). As pupilas mudam constantemente de tamanho, à medida que a musculatura da íris contrai e são bem conhecidas por responder a fatores visuais, como no caso do reflexo pupilar à luz, em que as pupilas se contraem em resposta à alta luminosidade e dilatam em resposta à baixa luminosidade (Pan, Klímová, McGuire & Ling, 2022; Ebitz & Moore, 2019). O diâmetro da pupila humana varia aproximadamente entre 2 e 8 mm; portanto, a pupila pode alterar a quantidade de luz que entra no olho por um fator de aproximadamente 16. Embora o diâmetro da pupila possa variar entre 2 e 8 mm, em condições de luminosidade normais é de cerca de 3 mm, sendo que uma luz brilhante

intermitente provocará uma contração de 0,2 a 2,5 mm, dependendo da intensidade (Pamplona et al., 2009; Watson & Yellott, 2012; Wyatt, 1995 cit in Johansson & Balkenius, 2017). A área colorida ao redor da pupila é a íris e contém os músculos que controlam o tamanho da pupila. O tecido branco ao redor da íris designa-se esclera. O tecido transparente que cobre a íris e a pupila é a córnea. A anatomia e a fisiologia das vias cerebrais que controlam o tamanho da pupila têm sido bem descritas e envolvem os sistemas nervoso autónomo e somático (Kucewicz, Dolezal, Kremen, Berry, Miller, Magee & Worrell, 2018). O tamanho do diâmetro da pupila também é influenciado pelo processamento cognitivo. Através da pupila dos indivíduos é possível inferir uma quantidade considerável de informação sobre o seu processamento cognitivo (Ebitz & Moore, 2019). As reações cognitivas são geralmente menores que a resposta à luz e são tipicamente na ordem de 0,5 mm (Beatty & Lucero Wagoner, 2000 cit in Johansson & Balkenius, 2017). A pupila é controlada por dois conjuntos de músculos que, em conjunto, controlam a abertura da pupila. A anatomia e a fisiologia das vias cerebrais que controlam o tamanho da pupila têm sido bem descritas e envolvem os sistemas nervoso autónomo e somático. A neuromodulação adrenérgica e colinérgica tem sido implicada na regulação dessas vias e, mais geralmente, do cérebro tálamo-cortical redes durante os estados de sono, vigília e cognição (Gianaros, Van der Veen, & Jennings, 2004). O músculo esfíncter da íris é responsável pela constrição da pupila e o músculo dilatador da íris promove a dilatação da pupila (Johansson, & Balkenius, 2017). O músculo esfíncter da íris circunda a pupila como um cordão que reduz o tamanho da pupila quando esta contrai e é enervado pelo sistema nervoso parassimpático, que é a parte do sistema nervoso autónomo envolvido no processo de homeostase. O músculo dilatador da íris, composto por fibras orientadas radialmente, conecta o exterior da íris com o interior. A contração deste músculo puxa o interior da íris para fora, aumentando assim o tamanho da pupila. O músculo dilatador da íris é controlado pelo sistema nervoso simpático, a parte do sistema nervoso autónomo que está envolvida na ativação, vigília e resposta de luta ou fuga (Mathôt, 2018). A resposta pupilar também é mediada pela ativação do colículo superior, cuja camada superficial recebe estímulos da retina e realiza a mediação da constrição pupilar através do núcleo de *Edinger-Westphal* (EW) (Suzuki, Minami & Nakauchi, 2018). A dilatação pupilar que ocorre durante o processamento cognitivo resulta de um efeito inibitório no complexo parassimpático oculomotor pela liberação de norepinefrina do locus coeruleus (LC) (Wilhelm, Wilhelm, & Ludtke, 1999 cit in Alnæs, Sneve, Espeseth, Endestad, van de Pavert &

Laeng, 2014). O LC é um pequeno núcleo no tronco cerebral que desempenha um papel central na regulação da ativação fisiológica e no funcionamento cognitivo e pode influenciar a constrição pupilar pela inibição do sistema parassimpático ou pela ativação do sistema simpático (Samuels e Szabadi, 2008; Sara, 2009; Alnæs, Sneve, Espeseth, Endestad, van de Pavert & Laeng, 2014; Johansson, & Balkenius, 2017). O estreito vínculo com esses sistemas neuromodulatórios amplamente difundidos, inspirou pesquisas sobre a relação entre os estados cerebrais, as atividades eletrofisiológicas e a resposta da pupila. Ao considerar cuidadosamente as conexões recíprocas entre estes sistemas, os investigadores ligaram os reflexos pupilares ao processamento cognitivo (Gianaros, Van der Veen, & Jennings, 2004).

## **1.2. Resposta pupilar e processamento cognitivo**

A relação entre os reflexos pupilares e o processamento cognitivo levou alguns a sugerir que o reflexo pupilar reflete um “indicador total” da atividade cerebral durante eventos cognitivos (Kahneman & Beatty, 1966). Desde os anos 60, os investigadores têm explorado a relação entre o tamanho da pupila e a função cognitiva. Há mais de 40 anos, Hess e Polt (1964) demonstraram que a resposta da pupila não é apenas um indicador da atividade mental, mas que a atividade mental se encontra relacionada com o nível de dificuldade do problema e que o tamanho da pupila aumenta com a dificuldade do problema. Grande parte da investigação inicial focou-se na relação entre o tamanho da pupila e conceitos como “ativação” ou “esforço mental” (Heaver & Hutton, 2011). De acordo com a formulação clássica de Kahneman (1973), a ativação é uma dimensão fisiológica que pode ser medida, e o esforço mental é uma forma especial de ativação que reflete, tanto fenomenologicamente quanto psicofisicamente, as variações nas exigências de processamento. O nível de ativação é controlado por dois conjuntos de fatores: (1) as exigências impostas pelas atividades nas quais uma pessoa se envolve ou prepara para se envolver; e (2) determinantes variados, incluindo a intensidade predominante de estimulação. Assim, um estado de elevada ativação pode refletir o que o sujeito está a fazer e o esforço que está a despender, ou pode refletir o que está a acontecer ao sujeito e o stress ao qual está exposto. Em geral, a dilatação pupilar está correlacionada com a atividade do locus coeruleus (LC), uma região ativada por situações de stress que também tem um papel importante na consolidação e recuperação de memórias e no envolvimento em tarefas. Deste modo, por convergir com diversos aspetos cognitivos, nomeadamente a atenção, a memória e a carga

cognitiva, a dilatação pupilar representa um indicador de enorme interesse para a psicologia, com relevância para diversas condições clínicas (Duque & Vázquez, 2013).

De acordo com o modelo de carga cognitiva de Kahneman e Beatty (Beatty, 1982; Kahneman, 1973; Kahneman & Beatty, 1966), a dilatação da pupila é um marcador periférico de ativação que serve para aumentar transitoriamente a capacidade cognitiva como resultado da mobilização "voluntária" ou "involuntária" de atenção. Quando voluntário, o indivíduo escolhe envolver-se num problema ou tomada de decisão e as exigências "*top down*" inerentes da tarefa em um problema ou tarefa de decisão e o inerente impulsionam tanto o nível do esforço cognitivo como da dilatação pupilar (Kahneman, 1973).

Embora a pupila se contraia em condições de luz forte e dilate em condições de pouca luz (Samuels & Szabadi, 2008), vários estudos indicaram que também existem mudanças no tamanho da pupila em resposta a fatores cognitivos como esforço cognitivo, uma carga alta de memória de trabalho e o estado atencional, mesmo no nível pré-consciente (Laeng, Sirois & Gredeback, 2012). Por exemplo, numa tarefa de memória de dígitos, a dilatação da pupila aumenta à medida que o número de dígitos a serem retidos também aumenta (Kahneman & Beatty, 1966), acompanhando o maior esforço gasto para o maior tamanho da série de memória (Mill, O'Connor & Dobins, 2016). Os ajustes no tamanho da pupila, para além de impactarem a quantidade de luz que atinge a retina, também têm influência na qualidade da percepção do mundo visual – como vemos o mundo e, consequentemente, interagimos com ele (Ebitz & Moore, 2019). Uma informação notável sobre o processamento cognitivo dos humanos através da pupila diz respeito à atração: a pupila dilata em resposta a parceiros sociais atraentes (Hess, 1965 cit in Ebitz & Moore, 2019). No entanto, a atração não é o único processo mental que influencia o tamanho da pupila. A pupila muda de tamanho em resposta a três tipos distintos de estímulos: contrai-se em resposta ao brilho (resposta pupilar à luz) e face à fixação de um objeto próximo (resposta pupilar próxima); e dilata em resposta ao aumento da atividade cognitiva, tal como a níveis aumentados de ativação ou esforço mental (a resposta psicossensorial da pupila). A resposta pupilar à luz é a constrição da pupila em resposta ao brilho, e a dilatação da pupila em resposta à escuridão. A resposta pupilar próxima é a constrição da pupila em resposta ao olhar para um objeto próximo, e a dilatação da pupila em resposta ao olhar para um objeto distante. A resposta psicossensorial da pupila ocorre quando a pupila dilata após a visualização de um

estímulo ativador, um pensamento ou emoção (Mathôt, 2018). Após décadas de estudo intensivo da resposta psicossensorial da pupila, a citação de Loewenfeld de 1958 continua a ser um resumo justo do estado da arte: Qualquer coisa que de alguma forma ative a mente, ou qualquer coisa que aumente o processamento da carga cognitiva, também causa a dilatação da pupila (Beatty, 1982 cit in Mathôt, 2018). À medida que as ferramentas para medir o tamanho da pupila se tornam mais facilmente acessíveis, esta medida tem sido cada vez mais utilizada como um índice periférico não invasivo de processos cognitivos (Ebitz & Moore, 2019).

As medidas online que refletem o processamento cognitivo específico durante a codificação da memória de longo prazo podem ser utilizadas para explorar as condições que levam à formação efetiva da memória e à seleção de diferentes tipos de operações da memória. O comportamento relacionado com os movimentos oculares incorpora um importante conjunto de processos neurofisiológicos que ocorrem no momento da percepção de um evento visual, que pode refletir a atividade cerebral durante a formação da memória (Kafkas & Montaldi, 2011).

### **1.3. Memória de reconhecimento e resposta pupilar**

O cérebro metamorfoseia-se de forma contínua. Adquire, armazena e recupera informação sobre nós próprios e sobre o meio físico e social que nos rodeia de forma constante. Num ciclo ininterrupto, todas as nossas áreas cerebrais registam informações, reescrevem os seus próprios circuitos e regeneram as bases da memória, todas elas formadas por diferentes redes neuronais interconectadas (García, 2018). O «primeiro investigador experimental a estudar o construto memória foi Ebbinghaus, que, em 1885, se interessou em saber qual a quantidade de informação da qual as pessoas se poderiam lembrar logo após a sua apresentação (Tulving & Craik, 2000 cit in Rueda, 2012). A memória a longo prazo, constituída por sistemas cerebrais que acumulam informação durante longos períodos que podem prolongar-se durante toda a vida, subdivide-se em memória explícita e memória implícita. A explícita, também designada como declarativa, por ser expressa através da linguagem, é a recordação consciente e intencional de conceitos, dados ou acontecimentos específicos. A implícita, pelo contrário, diz respeito à memória inconsciente de uma destreza que não requer atenção ao ser recuperada e executada. A capacidade de falar, nadar ou andar de bicicleta são exemplos disso (García, 2018). A memória declarativa é frequentemente hipotetizada

como um sistema que abrange duas classes amplas de memórias: aquelas que nos ajudam a entender significados e conceitos (memória semântica) e aquelas que nos ajudam a lembrar eventos e experiências quotidianas (Goldinger & Papesh, 2012). Tulving (1983), cunhou o famoso termo “memória episódica” para estas últimas memórias, e diversos investigadores (e.g., Ebbinghaus) investigaram durante um longo período as estruturas e processos que suportam a sua codificação e recuperação.

Um dos exemplos mais amplamente estudados de memória declarativa é o reconhecimento - a capacidade de identificar um item visualizado recentemente como tendo sido apresentado anteriormente (Squire, Wixted & Clark, 2007; Brocher & Graf, 2016). A memória de reconhecimento, por ser considerada um aspeto fundamental da memória declarativa humana tem recebido muita atenção da psicologia cognitiva, neurofisiologia e disciplinas relacionadas, e pode ser definida como a capacidade de discriminação entre itens que foram encontrados anteriormente daqueles que não foram (Brocher & Graf, 2016; Nitka, Bonardi & Whitlow, 2020). Neste sentido, este tipo de memória requer julgamentos sobre as características físicas de um estímulo (ou evento) e a ocorrência anterior desse estímulo (evento), isto é, diz respeito a reconhecer que um estímulo visualizado num determinado momento não é novo por já ter sido visto anteriormente (Rueda, 2012; Brown & Banks, 2015). Duas visões influentes e aparentemente incompatíveis da memória de reconhecimento coexistem há décadas. Uma visão, a teoria do processamento duplo, propõe que o reconhecimento de memórias se baseia em dois processos distintos, muitas vezes referidos como familiaridade e recordação (Wixted, 2007). A familiaridade refere-se a um processo de avaliação rápida e global da força da memória fornecida por um estímulo baseada no processamento das informações perceptivas, sem ter qualquer informação adicional disponível. A recordação, por outro lado, refere-se a um processo de recuperação mais dependente do estímulo e/ou contexto, sendo relativamente mais lento que a familiaridade por se basear nos conceitos processados e envolver a lembrança de detalhes contextuais específicos sobre um episódio de aprendizagem anterior (Brocher & Graf, 2016; Squire, Wixted & Clark, 2007). A outra visão, a teoria de detecção de sinal, propõe que as decisões de reconhecimento são baseadas na intensidade de um sinal de memória em relação a um critério de decisão (Wixted, 2007). A teoria de detecção de sinal é usada para analisar dados provenientes de experiências nas quais a tarefa consiste em categorizar estímulos ambíguos que podem ser gerados por um

processo conhecido (estímulos sinal) ou obtidos por acaso (estímulos ruído). Por exemplo, na pesquisa de memória de reconhecimento, o sinal pode consistir em palavras que foram apresentadas numa lista visualizada anteriormente (itens antigos), e o ruído pode consistir em palavras que não estavam na lista (itens novos), sendo que os participantes precisam de decidir se o estímulo tinha sido apresentado ou não (DeCarlo, 2002; Abdi, 2009; Huang, & Ferreira, 2020). De acordo com a teoria de detecção de sinal, as tarefas de memória de reconhecimento podem originar quatro tipos de respostas diferentes: acertos, falsos alarmes, rejeições corretas e erros. Embora as proporções de acertos e falsos alarmes forneçam todas as informações nos dados, os valores são difíceis de interpretar porque dependem crucialmente de dois parâmetros. O primeiro parâmetro é a dificuldade da tarefa: quanto mais fácil a tarefa, maior a proporção de acertos e menor a proporção de falsos alarmes. O segundo parâmetro é a estratégia do participante: um participante que responde sempre “Não” nunca cometerá um falso alarme; por outro lado, um participante que responder sempre “Sim” tem todos os acertos garantidos (Abdi, 2009). Embora a memória de reconhecimento dependa do facto de um estímulo ser identificável (cuja características físicas possam ser percebidas, pelo menos), os julgamentos de ocorrências anteriores em si não envolvem necessariamente a nova aprendizagem das características do estímulo. Os julgamentos ocorridos anteriormente podem ser feitos para um estímulo cujas características físicas (identidade) já foram aprendidas ("quando viste o teu pai pela última vez?"). Da mesma forma, os julgamentos da identidade do estímulo podem ser feitos sem exigir a consideração da ocorrência anterior ('qual desses dois estímulos na sua frente é um cão e qual é um gato?'). Consequentemente, julgamentos de identidade de estímulo e que ocorreram anteriormente são processos potencialmente separáveis, embora estejam fortemente interligados. Manipular a confundibilidade dos estímulos e o período de tempo entre o seu aparecimento irá alterar a dificuldade dos julgamentos de identidade e memória de reconhecimento. Os mecanismos subjacentes ao julgamento de ocorrências anteriores são mais facilmente estudados quando a discriminação perceptiva é facilitada (Brown & Banks, 2015).

Nas tarefas de memória de reconhecimento, as respostas pupilares são comparadas entre itens antigos ou novos que são apresentados para uma decisão baseada na memória. Seria importante saber se as mudanças no tamanho da pupila durante a codificação da memória podem prever a recordação livre subsequente de um

item sem ser apresentado para escolha e, assim, fornecer um biomarcador para estimar a probabilidade de codificação da memória com sucesso (Kucewicz, Dolezal, Kremen, Berry, Miller, Magee & Worrell, 2018).

#### **1.4. Influência da resposta pupilar na memória de reconhecimento**

Ao longo de mais de dois milénios, foram observadas e utilizadas mudanças na motilidade pupilar como indicadores tanto de ativação emocional quanto de sinais de estado médico (Granholm & Steinhauer, 2004). A conexão entre a dilatação da pupila e a atividade cognitiva foi observada há mais de 100 anos (Kahneman, Tursky, Shapiro, & Crider, 1969 cit in Shechter & Share, 2021). Desde os anos 60, com o reaparecimento da pupilometria como medida de esforço cognitivo, os investigadores têm explorado a relação entre o tamanho da pupila e a função cognitiva. Grande parte da investigação inicial focou-se na relação entre o tamanho da pupila e conceitos como “ativação” ou “esforço mental” (Heaver & Hutton, 2011). Desde então, a dilatação da pupila provou ser uma medida sensível e confiável do esforço cognitivo realizado em vários domínios (Shechter & Share, 2021). Nas últimas décadas, os avanços nas técnicas de monitorização ocular permitiram aos pesquisadores explorar de forma eficiente e fácil processos cognitivos como pensamento, memória, emoção, tomada de decisão e atenção (Einhäuser, 2017 cit in Suzuki, Minami & Nakauchi, 2018). Diversas medidas online de atividade neural, tal como a imagem por ressonância magnética funcional (RMf), potenciais relacionados a eventos (PRE) ou gravação de unidade única podem ser usadas para investigar quais as exigências que a codificação e a recuperação colocam ao sistema cognitivo. No entanto, estes métodos podem ser caros e demorados e têm limitações inerentes (como qualquer abordagem ou medida única). Foi assim que os investigadores começaram a (re)descobrir a pupilometria. Em psicologia, a pupilometria diz respeito à medição da dilatação pupilar, e é um método barato e eficiente para investigar o esforço cognitivo, utilizada como medida da atividade neural obtida por meio de equipamentos de *eye-tracking* em pesquisas psicológicas e neurobiológicas (Goldinger & Papesh, 2012; Papesh & Goldinger, 2014; Hu & Troain, 2018). Assim, a pupilometria tornou-se uma ferramenta atraente para aceder a informações sobre os estados cerebrais e processos neurofisiológicos que apoiam a percepção sensorial, atenção e tomada de decisão (Kucewicz, Dolezal, Kremen, Berry, Miller, Magee & Worrell, 2018). Atualmente, os *eye trackers* são equipamentos relativamente baratos capazes de fornecer uma resolução temporal e precisão adequadas

para detetar até mesmo pequenas alterações no diâmetro da pupila (Wel & Steenbergen 2018). O *eye tracker* determina a direção do olhar de um participante através da utilização de uma câmara de alta resolução e da medição das posições relativas do centro da pupila e um ou mais reflexos da córnea (Duchowski 2003 cit in Klingner, Kumar & Hanrahan, 2008). A imagem de alta resolução do olho, necessária para o rastreamento do olhar, também permite uma medição de alta precisão do tamanho da pupila. Essa medição adicional é útil, porque pequenas mudanças de curto prazo no tamanho da pupila podem indicar carga cognitiva (Klingner, Kumar & Hanrahan, 2008). A carga cognitiva imposta pelas tarefas tem uma resposta pupilar, conhecida como resposta pupilar evocada pela tarefa (Mitre-Hernandez, Carrillo & Lara-Alvarez, 2021). Esta reação é pequena (geralmente menos de 0,5 mm de dilatação), involuntária e confiavelmente associada a um amplo conjunto de processos cognitivos que são caracterizados como carga cognitiva (Klingner, Kumar & Hanrahan, 2008).

Os primeiros estudos sobre o tamanho da pupila e a memória revelaram um padrão surpreendente (Goldinger & Papesh, 2012). Num estudo conduzido por Gardner, Mo e Borrego (1974), foi possível observar que palavras previamente apresentadas na tarefa de memorização levaram à dilatação da pupila na tarefa de reconhecimento, enquanto a apresentação de palavras novas provocou a contração da pupila (Goldinger & Papesh, 2012). Maw e Pomplun (2004) desenvolveram um estudo no qual eram apresentadas imagens de rostos famosos e imagens de rostos não famosos, tendo de indicar se reconheciam o rosto apresentado, e observaram um aumento transitório no tamanho da pupila quando as pessoas observavam rostos famosos em comparação com rostos não famosos. Os autores sugeriram que esta descoberta - o momento em que ocorre o reconhecimento de um rosto poder ser indicado pela dilatação da pupila - está relacionada com os processos de memória de reconhecimento. Otero, Weekes e Hutton (2006) apresentaram aos participantes palavras ou imagens durante uma fase de aprendizagem e descobriram que, na fase de reconhecimento, as pupilas dos participantes dilatavam mais para itens antigos do que para itens novos. Num estudo de 2008, no qual Või et al. pediram aos participantes para estudar palavras com valência emocional para um teste de reconhecimento, os autores descobriram que o tamanho da pupila dos participantes aumentou em maior grau quando viram itens antigos em comparação com itens novos, um fenómeno que designaram como efeito velho/novo da pupila (Otero, Weekes, & Hutton, 2011). Por sua vez, Piquado, Isaacowitz e Wingfield

(2010), analisaram a eficácia da resposta pupilar como medida da carga cognitiva em duas faixas etárias diferentes, através da audição de uma tarefa de dígitos, variando entre listas de 4, 6 e 8 dígitos, com um intervalo de retenção entre o fim da audição dos dígitos e a recordação dos mesmos. Tantos nos adultos mais jovens como nos mais velhos, os autores reportaram - nas listas de 6 e 8 dígitos - um aumento no tamanho da pupila à medida que a carga de memória aumenta progressivamente. Montefinese, Ambrosini, Fairfield e Mammarella (2013), num estudo em que realizaram uma tarefa de memória de reconhecimento através da apresentação de verbos a 20 italianos nativos, os resultados demonstram uma maior dilatação da pupila nos falsos alarmes em comparação com rejeições corretas, sugerindo um efeito velho/novo da pupila. No mesmo sentido, os resultados do estudo de Oliveira, Fernandes, Rosa e Gamito (2021), com 42 participantes que realizaram uma tarefa de memória de conhecimento com a apresentação de palavras, revelaram que os falsos alarmes provocaram um aumento da dilatação da pupila em comparação com as omissões.

## **2. Objetivos**

A presente investigação teve como objetivo investigar se a resposta pupilar pode ser um bom indicador de memória de reconhecimento, tendo como objetivos específicos: 1) verificar se existe um aumento na dilatação pupilar quando o intervalo de retenção aumenta e 2) verificar se um aumento da percentagem de falsos alarmes provoca um aumento da dilatação pupilar, através da relação entre resposta pupilar e acertos/erros.

## **3. Hipóteses**

Tendo em conta os objetivos do estudo, foram elaboradas as seguintes hipóteses:

- 1)** Considerando que a resposta pupilar está associada ao esforço cognitivo, espera-se que a resposta da pupilar aumente para um maior intervalo de retenção no reconhecimento de palavras;
- 2)** Considerando que um falso alarme ocorre quando o participante identifica um estímulo novo como sendo antigo, espera-se que ocorra uma dilatação pupilar nestas condições.

## **4. Método**

### **4.1. Amostra**

A presente investigação foi constituída por 21 estudantes universitários, com idades compreendidas entre os 18 e os 23 anos ( $M=20,19$ ;  $DP=1,83$ ), sendo 14 do sexo feminino (66,66%) e 7 do sexo masculino (33,33%). A recolha da amostra por conveniência foi realizada no Laboratório de Psicologia Experimental da EPCV/ULHT, sendo que os participantes foram recrutados em contexto de sala de aula.

## **4.2. Medidas**

### **4.2.1. Ficha de dados sociodemográficos**

Para a recolha de dados, foi entregue a cada participante uma ficha que contemplava a idade, o sexo e os anos de escolaridade.

### **4.2.2. Materiais**

As palavras utilizadas como estímulos foram retiradas de uma base de dados de 834 palavras portuguesas validada num estudo cuja amostra foi constituída por 110 estudantes de psicologia da Universidade de Lisboa (Marques, Fonseca, Morais, & Pinto, 2007). Para a presente investigação foram seleccionadas 60 palavras, todas elas formadas por 3 a 7 letras. Foram constituídas 3 listas para a fase de apresentação, com 10 palavras cada uma. Para a fase de reconhecimento foram igualmente constituídas 3 listas, sendo que cada uma delas era composta pelas palavras da lista de apresentação correspondente mais 10 palavras que não tinham sido visualizadas. Assim, havia 3 listas com duas condições diferentes cada: fase de apresentação e fase de reconhecimento. O único fator que diferenciou as listas foi a manipulação do tempo de retenção. Na lista 1 a fase de reconhecimento ocorria logo a seguir à fase de apresentação, na lista 2 o intervalo de retenção entre a fase de apresentação e a fase de reconhecimento era de 2 minutos e na lista 3 este intervalo era de 5 minutos.

### **4.2.3. Instrumentos e Software**

A construção da tarefa foi realizada no software *Tobii Studio*, v.3.0 (Tobii Technology AB, Sweden), que faz parte do *Eye tracker Tobii-T60*, no qual se registou a dilatação pupilar, bem como as respostas comportamentais. A informação relativa à monitorização ocular foi realizada a uma taxa de amostragem de 60 Hz, ou seja, o registo foi feito a cada 16,67 ms.

### 4.3. Paradigma comportamental

Antes de dar início à investigação, foi elaborado um pedido de autorização à Comissão de Ética e Deontologia da Escola de Psicologia e Ciências da Vida da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias (ver apêndice 2), para validar o presente estudo. Após parecer positivo, a recolha da amostra teve lugar no laboratório de psicologia experimental da Escola de Psicologia e Ciências da Vida, inserido na Universidade Lusófona. Antes de dar início à experiência, foi pedido a cada participante que lesse o consentimento informado (ver apêndice 1) e, caso concordassem com o que estava escrito, rubricavam o documento e fornecia-se a ficha de dados sociodemográficos. Posteriormente, já com o participante sentado, foi solicitado que se colocassem a uma distância de mais ou menos 60 centímetros de distância em relação ao monitor do sistema *eye-tracking* (Tobii T60, Tobii Technology AB, Danderyd, Stockholm, Sweden), para que fosse possível proceder à calibração do olhar. Após este passo, foi explicado aos participantes que a experiência era constituída por três pares de listas, sendo que cada par tinha uma lista de apresentação e outra lista de reconhecimento, e apenas era solicitada uma resposta na fase de reconhecimento. Depois de garantir a compreensão da experiência, deu-se início à mesma, com o aparecimento de uma instrução no ecrã “Durante esta tarefa, vai-lhe ser solicitado que visualize uma lista de palavras. Mantenha-se imóvel e procure recordá-las”, que só avançava depois de garantir que a informação era clara (premindo a barra de espaços) para o participante. De seguida, dependendo da lista que estava a ser visualizada, aparecia uma nova instrução. No caso da lista 1, em que não havia intervalo de retenção entre a fase de apresentação e a fase de reconhecimento, a instrução que surgia no ecrã dizia “Agora peço que indique se reconhece (carregar na tecla “Z”), ou não (carregar na tecla “M”), as palavras que vão surgir no ecrã. Prima a barra de espaços para avançar” e só avançava depois do participante indicar que tinha compreendido. No caso da lista 2, em que o intervalo de retenção era de 2 minutos, a instrução que surgia no ecrã dizia “Peço-lhe que aguarde imóvel durante 2 minutos. De seguida, peço que indique se reconhece (carregar na tecla “Z”), ou não (carregar na tecla “M”), as palavras que vão surgir no ecrã. Prima a barra de espaços para avançar”. Na lista 3, em que o intervalo de retenção era de 5 minutos, a instrução que surgia no ecrã dizia “Peço-lhe que aguarde imóvel durante 5 minutos. De seguida, peço que indique se reconhece (carregar na tecla “Z”), ou não (carregar na tecla “M”), as palavras que vão surgir no ecrã. Prima a barra

de espaços para avançar”. O tempo do intervalo de retenção era monitorizado pelo investigador através de um cronómetro. Depois da apresentação da instrução, a sequência de apresentação de estímulos ocorria na seguinte ordem: *blank*, com a duração de 1 segundo, seguido do ponto de fixação “&&&&” durante meio segundo, a apresentação da palavra durante 1 segundo e o *key press* (Z ou M), que durava até haver uma resposta do participante. Todos os participantes experienciaram as 3 diferentes condições de forma aleatória.

#### 4.4. Tratamento de dados

O tratamento de dados da presente investigação foi realizado com o objetivo de analisar os dados comportamentais (categorizados em erros ou acertos) e fisiológicos (resposta pupilar). As medidas comportamentais consistiram na precisão da teoria de deteção de sinal, que compreende acertos, rejeições corretas, falsos alarmes e erros. De acordo com a teoria de deteção de sinal, acertos e rejeições corretas representam decisões corretas, enquanto falsos alarmes e erros são decisões incorretas que podem decorrer de fatores internos/externos que afetam a percepção humana (Oliveira, Fernandes, Rosa & Gamito, 2021). Estamos perante um falso alarme quando o participante indica que reconhece uma palavra que não estava na lista de apresentação, um erro quando não reconhece uma palavra que estava na lista de apresentação, uma rejeição correta quando o participante responde que não reconhece a palavra porque não estava na lista de apresentação e um acerto quando reconhece uma palavra que estava na lista de apresentação. Na primeira fase, correspondente ao pré processamento de dados, foram exportados os ficheiros de cada participante do software Tobii Studio v. 3.3.2. para o Excel, de modo a ter acesso aos dados comportamentais. Cada resposta (Z ou M) foi codificada num diferente tipo de acerto ou erro. Posteriormente, para analisar a resposta pupilar, o ficheiro excel foi importado, via script, para o SPSS para interpolação e computação de novas medidas (média da resposta pupilar) e *blinks* (fecho dos olhos). Depois de executar o script, o SPSS gerava um ficheiro .txt que era então importado para o *Acqknowledge* v. 4.1. Os ficheiros foram analisados em dois momentos diferentes: um para determinar os valores baseline (500ms) da média do diâmetro pupilar e outro para determinar os valores da média do diâmetro pupilar durante a apresentação da palavra (2s)..Para o primeiro momento, depois da análise no *Acqknowledge*, um novo ficheiro excel era gerado com os valores da média da resposta

pupilar e o somatório dos *blinks*. Uma vez que o somatório dos *blinks* é um indicador de qualidade do registo de baseline, foi pertinente pedir este valor para descartar valores acima de 30, que reflete uma perda grande de dados. Este valor de exclusão baseia-se no facto do software Tobii trabalhar a 60Hz, o que significa que 1 segundo equivale a 60 amostras e 0,5 segundo a 30 amostras. Posteriormente calculou-se a média final da resposta pupilar em cada lista, pela subtração do valor baseline ao valor durante a apresentação da palavra. Todos estes valores foram posteriormente importados para uma base de dados no *Statistical Package for Social Sciences* v. 26 (IBM-SPSS Inc, EUA) no qual se procedeu à análise de dados.

## 5. Resultados

Os resultados foram analisados com a utilização do software IBM SPSS Statistic 26. A análise consistiu na comparação dos valores das médias da resposta pupilar das três listas, na performance do participante ao longo da tarefa através da análise das respostas comportamentais e na comparação entre a média da resposta pupilar de cada lista e os diferentes tipos de respostas. A média da resposta pupilar da lista 1 ( $M=-,181$ ;  $DP=,625$ ) foi superior à média da lista 2 ( $M=-,163$ ;  $DP=,090$ ) e à da lista 3 ( $M=-,026$ ;  $DP=,044$ ). Para verificar se existiram diferenças entre a média da resposta pupilar das 3 listas, realizou-se um *paired-samples t test* e foi possível observar que houve uma diferença significativa ( $t(19)=-.452$ ;  $p<.005$ ) nos resultados da média da lista 1 ( $M=-.18$ ;  $DP=.06$ ) e da média da lista 3 ( $M=-.02$ ;  $DP=.05$ ), sendo que essa diferença também foi significativa ( $t(19)=-6.502$ ;  $p<.005$ ) nos resultados da média da lista 2 ( $M=-.16$ ;  $DP=.09$ ) e da média da lista 3 ( $M=.02$ ;  $DP=.05$ ). Por outro lado, a diferença que se verificou entre os resultados da média da lista 1 ( $M=-.18$ ;  $DP=.06$ ) e da média da lista 2 ( $M=-.16$ ;  $DP=.09$ ) não foi significativa ( $t(18)=-.452$ ;  $p=.657$ ).

Relativamente aos dados das respostas comportamentais, na lista 1 contabilizou-se um total de 33 erros (15 falsos alarmes e 18 omissões) e 381 acertos (195 rejeições corretas e 186 acertos). Na lista 2, o total de erros (57) aumentou em relação à lista 1 (13 falsos alarmes e 44 omissões) e o de acertos, um total de 343, diminuiu (187 rejeições corretas e 156 acertos). Na lista 3, embora tenha havido um aumento do número de erros em relação à lista 2, contabilizando um total de 72 (26 falsos alarmes e 46 omissões), houve um ligeiro aumento do número de acertos, com um total de 346

(183 rejeições corretas e 163 acertos). Entre a lista 1 e a lista 3 reportou-se o maior aumento do número de erros.

Para verificar a relação entre a resposta pupilar e os acertos e erros, realizou-se uma correlação bivariada. Na correlação realizada entre a média final da resposta pupilar da lista 1 e o tipo de erro ou acerto correspondente, verificou-se uma relação negativa e não significativa com as rejeições corretas ( $r=-.269$ ;  $p=.251$ ) e com os acertos ( $r=-.301$ ;  $p=.196$ ), e uma relação positiva e não significativa com os falsos alarmes ( $r=.269$ ;  $p=.251$ ) e com as omissões ( $r=.239$ ;  $p=.311$ ). Na correlação entre a média final da resposta pupilar da lista 2 e o tipo de resposta comportamental correspondente foi possível verificar uma relação negativa e não significativa com as rejeições corretas ( $r=-.160$ ;  $p=.501$ ) e com os acertos ( $r=-.288$ ;  $p=.219$ ), e uma relação positiva e não significativa com os falsos alarmes ( $r=.160$ ;  $p=.501$ ) e com as omissões ( $r=.288$ ;  $p=.219$ ). Na correlação entre a média final da resposta pupilar da lista 3 e o respetivo tipo de resposta, verificou-se uma relação positiva e não significativa com as rejeições corretas ( $r=.428$ ;  $p=.053$ ) e com os acertos ( $r=.146$ ;  $p=.529$ ), e uma relação negativa e não significativa com os falsos alarmes ( $r=-.413$ ;  $p=.063$ ) e com as omissões ( $r=-.081$ ;  $p=.728$ ).

## 6. Discussão

A presente investigação, que teve como objetivo estudar a resposta pupilar como indicador da memória de reconhecimento, considerou as respostas comportamentais (falsos alarmes, omissões, rejeições corretas e acertos) e a resposta fisiológica (resposta pupilar), recorrendo a uma tarefa constituída por 3 pares de listas de palavras diferentes, com manipulação do intervalo de retenção.

Na primeira hipótese era esperado que, ao considerar a resposta pupilar como estando associada ao esforço cognitivo, esta aumentasse face a um aumento no intervalo de retenção no reconhecimento de palavras. Através da análise dos resultados, foi possível observar que o aumento do intervalo de retenção provocou uma diminuição do tamanho da pupila, o que não confirma a primeira hipótese. Estes dados convergem com a perspetiva de que as mudanças na resposta pupilar podem ser um indicador de esforço cognitivo, não sendo concordantes com os resultados de Kahneman e Beatty (1966), nos quais se observou que a dilatação da pupila aumenta à medida que o número de dígitos a serem retidos também aumenta, acompanhando o maior esforço cognitivo para o maior

tamanho da série de memória. Os dados também não são concordantes com as descobertas da investigação de Piquado, Isaacowitz e Wingfield (2010), na qual se observaram tamanhos de pupila maiores durante uma maior carga de memória durante a apresentação de listas com 4, 6 e 8 dígitos. Por outro lado, na segunda hipótese era esperado que uma maior percentagem de falsos alarmes conduzisse a uma maior dilatação pupilar, por ser o tipo de resposta em que o participante identifica e assinala um estímulo novo como sendo antigo. A análise dos dados demonstra a existência de uma relação positiva entre a média da resposta pupilar e a percentagem de falsos alarmes na lista 1 e na lista 2, mas não na lista 3. Ainda que esta relação não se tenha relevado significativa, esta hipótese é parcialmente corroborada, sendo em parte congruentes com os resultados obtidos no estudo de Oliveira, Fernandes, Rosa e Gamito (2021), que revelaram que os falsos alarmes provocaram um aumento da dilatação da pupila em comparação com as omissões e com os resultados da tarefa de memória de reconhecimento, com apresentação de verbos, conduzida por Montefinese, Ambrosini, Fairfield e Mammarella (2013), que demonstraram uma maior dilatação da pupila nos falsos alarmes em comparação com rejeições corretas, sugerindo um efeito velho/novo da pupila.

De acordo com os resultados da investigação que tinha como principal objetivo estudar a resposta pupilar como indicador da memória de reconhecimento, não é possível suportar que a resposta pupilar seja um indicador fisiológico da memória de reconhecimento, uma vez que não se verificou um aumento na dilatação pupilar associado a um aumento do esforço cognitivo (i.e. com o aumento dos tempos de retenção na tarefa de memória de reconhecimento). Estes resultados não são consistentes com a investigação de Hess e Polt (1964), que demonstraram que a resposta pupilar funciona como um indicador que reflete o esforço associado à carga cognitiva, e que o esforço aumenta com a complexidade da tarefa.

## **7. Conclusão**

Uma das limitações do presente estudo assentou na falta da utilização de uma medida comportamental adicional que permitisse aos participantes avaliar a confiança das respostas comportamentais perante a visualização dos estímulos. Assim, sugere-se a utilização de uma escala de confiança em estudos futuros. Uma outra limitação, que representa também uma sugestão para outras investigações, é a avaliação do tempo de

reação e o valor contínuo da média da resposta pupilar quando as palavras são apresentadas. Neste sentido, seria interessante perceber em que sentido varia a relação entre o tempo de reação e o tempo do intervalo de retenção e a relação entre as respostas comportamentais e o tempo de reação.

Após análise dos dados, é possível concluir que nesta investigação, a resposta pupilar não funcionou como indicador da memória de reconhecimento. Neste sentido, os resultados convergiram com as descobertas evidenciadas pela literatura e provenientes de outros estudos realizados com tarefas de memória de reconhecimento. No entanto, foi possível verificar parcialmente a hipótese de que uma maior percentagem de falsos alarmes conduziu a uma maior dilatação pupilar, o que suporta a perspetiva do efeito velho/novo da pupila. Estes resultados são particularmente interessantes no âmbito das falsas memórias, nomeadamente em contexto forense, visto que o indivíduo recorda momentos que nunca experienciou. Neste sentido, o uso de um método de estudo não invasivo com recurso a um indicador fisiológico parcialmente involuntário torna-se bastante pertinente em diferentes contextos aplicados à psicologia forense.

## Referências

- Abdi, H. (in press, 2009). Signal detection theory. In McGaw, B., Peterson, P.L., Baker, E. (Eds.): *Encyclopedia of Education* (3rd Ed). New York: Elsevier.
- Alnæs, D., Sneve, M. H., Espeseth, T., Endestad, T., van de Pavert, S. H. P., & Laeng, B. (2014). Pupil size signals mental effort deployed during multiple object tracking and predicts brain activity in the dorsal attention network and the locus coeruleus. *Journal of vision*, 14(4), 1-1.
- Brocher, A., & Graf, T. (2016). Pupil old/new effects reflect stimulus encoding and decoding in short-term memory. *Psychophysiology*, 53(12), 1823-1835. doi: <https://doi.org/10.1111/psyp.12770>
- Brown, M. W., & Banks, P. J. (2015). In search of a recognition memory engram. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 50, 12-28. doi: 10.1016/j.neubiorev.2014.09.016
- DeCarlo, L. T. (2002). Signal detection theory with finite mixture distributions: theoretical developments with applications to recognition memory. *Psychological review*, 109(4), 710. doi: 10.1037/0033-295x.109.4.710
- Duque, A., & Vázquez, C. (2013). Implicaciones clínicas del uso del tamaño pupilar como indicador de actividad psicológica: una breve revisión. *Clínica y Salud*, 24(2), 95-101. doi: 10.5093/cl2013a11
- Ebitz, R. B., & Moore, T. (2019). Both a gauge and a filter: Cognitive modulations of pupil size. *Frontiers in neurology*, 9, 1190. doi: 10.3389/fneur.2018.01190
- Eckstein, M. K., Guerra-Carrillo, B., Singley, A. T. M., & Bunge, S. A. (2017). Beyond eye gaze: What else can eyetracking reveal about cognition and cognitive development?. *Developmental cognitive neuroscience*, 25, 69-91. doi: 10.1016/j.dcn.2016.11.001
- Galloway, N. R., Amoaku, W. M., Galloway, P. H., & Browning, A. C. (2016). Basic anatomy and physiology of the eye. In *Common Eye Diseases and their Management* (pp. 7-16). Springer, Cham.

- Goldinger, S. D., & Papesch, M. H. (2012). Pupil dilation reflects the creation and retrieval of memories. *Current directions in psychological science*, 21(2), 90-95. doi: <https://doi.org/10.1177/0963721412436811>
- Granholm, E., & Steinhauer, S. R. (2004). Introduction: Pupillometric measures of cognitive and emotional processing. *International Journal of Psychophysiology*, 52, 1–6.
- Heaver, B., & Hutton, S. B. (2011). Keeping an eye on the truth? Pupil size changes associated with recognition memory. *Memory*, 19(4), 398-405. doi: 10.1080/09658211.2011.575788
- Hess, E. H., & Polt, J. M. (1964). Pupil size in relation to mental activity during simple problem-solving. *Science*, 143, 1190–1192. doi: 10.1126/science.143.3611.1190
- Huang, Y., & Ferreira, F. (2020). The application of signal detection theory to acceptability judgments. *Frontiers in Psychology*, 11, 73. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00073>
- Johansson, B., & Balkenius, C. (2018). A computational model of pupil dilation. *Connection Science*, 30(1), 5-19. doi: 10.1080/09540091.2016.1271401
- Kafkas, A., & Montaldi, D. (2011). Recognition memory strength is predicted by pupillary responses at encoding while fixation patterns distinguish recollection from familiarity. *Quarterly journal of experimental psychology*, 64(10), 1971-1989. doi: 10.1080/17470218.2011.588335
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Engelwood Cliffs, NJ: Prentice Hall. doi:10.2307/1421603
- Kucewicz, M. T., Dolezal, J., Kremen, V., Berry, B. M., Miller, L. R., Magee, A. L., ... & Worrell, G. A. (2018). Pupil size reflects successful encoding and recall of memory in humans. *Scientific reports*, 8(1), 1-7. doi: 10.1038/s41598-018-23197-6
- Laeng, B., Sirois, S., & Gredebäck, G. (2012). Pupillometry: A window to the preconscious?. *Perspectives on psychological science*, 7(1), 18-27. doi: 10.1177/1745691611427305

- Larsen, R. S., & Waters, J. (2018). Neuromodulatory correlates of pupil dilation. *Frontiers in neural circuits*, 12, 21. doi: 10.3389/fncir.2018.00021
- Marques, J.F., Fonseca, F.L., Morais, A.S., & Pinto, I.A. (2007). Estimated age of acquisition norms for 834 Portuguese nouns and their relation with other psycholinguistic variables. *Behavior Research Methods*, 39(3), 439-444. doi: <https://doi.org/10.3758/BF03193013>
- Mathôt, S. (2018). Pupillometry: Psychology, physiology, and function. *Journal of Cognition*, 1(1): 16, 1–23. doi: <https://doi.org/10.5334/joc.18>
- Maw, N. N., & Pomplun, M. (2004). Studying human face recognition with the gaze-contingent window technique. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 26, No. 26).
- McDougal, D. H., & Gamlin, P. D. (2015). Autonomic control of the eye. *Comprehensive Physiology*, 5(1), 439. doi: 10.1002/cphy.c140014
- Mill, R. D., O'Connor, A. R., & Dobbins, I. G. (2016). Pupil dilation during recognition memory: Isolating unexpected recognition from judgment uncertainty. *Cognition*, 154, 81-94. doi: 10.1016/j.cognition.2016.05.018.
- Montefinese, M., Ambrosini, E., Fairfield, B., & Mammarella, N. (2013). The “subjective” pupil old/new effect: Is the truth plain to see?. *International Journal of Psychophysiology*, 89(1), 48-56. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.05.001>
- Nitka, A. W., Bonardi, C., & Robinson, J. (2020). An associative analysis of recognition memory: Relative recency effects in an eye-tracking paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, 46(3), 314. doi: 10.1037/xan0000258
- Oliveira, J., Fernandes, M., Rosa, P. J., & Gamito, P. (2021). Is Pupil Activity Associated With the Strength of Memory Signal for Words in a Continuous Recognition Memory Paradigm?. *Frontiers in Psychology*, 12, 686183-686183. doi: 10.3389/fpsyg.2021.686183

- Otero, S. C., Weekes, B. S., & Hutton, S. B. (2011). Pupil size changes during recognition memory. *Psychophysiology*, 48(10), 1346-1353. doi: 10.1111/j.1469-8986.2011.01217.x.
- Pan, J., Klímová, M., McGuire, J., & Ling, S. (2022). Arousal-based pupil modulation is dictated by luminance. *Scientific Reports*, 12(1), 1-11. doi: 10.1038/s41598-022-05280-1
- Papesh, M. H., & Goldinger, S. D. (2015). Pupillometry and memory: External signals of metacognitive control. In *Handbook of biobehavioral approaches to self-regulation* (pp. 125-139). Springer, New York, NY. doi: 10.1007/978-1-4939-1236-0\_9
- Piquado, T., Isaacowitz, D., & Wingfield, A. (2010). Pupillometry as a measure of cognitive effort in younger and older adults. *Psychophysiology*, 47(3), 560-569. doi:10.1111/j.1469-8986.2009.00947.x
- Rueda, F. J. M. (2012). Estudo das propriedades psicométricas do Teste de Memória de Reconhecimento–TEM-R. *Interação Em Psicologia*, 16(1). doi: <http://dx.doi.org/10.5380/psi.v16i1.16855>
- Sabatino DiCriscio, A., Hu, Y., & Troiani, V. (2018). Task-induced pupil response and visual perception in adults. *PloS one*, 13(12), e0209556. doi: 10.1371/journal.pone.0209556
- Samuels, E. R., & Szabadi, E. (2008). Functional neuroanatomy of the noradrenergic locus coeruleus: its roles in the regulation of arousal and autonomic function part I: principles of functional organisation. *Current neuropharmacology*, 6(3), 235-253. doi: 10.2174/157015908785777229
- Sara, S.J., 2009. The locus coeruleus and noradrenergic modulation of cognition. *Nat. Rev. Neurosci.* 10, 211–223. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nrn2573>.
- Shechter, A., & Share, D. L. (2021). Keeping an eye on effort: A pupillometric investigation of effort and effortlessness in visual word recognition. *Psychological Science*, 32(1), 80-95. doi: 10.1177/0956797620958638

- Squire, L. R., Wixted, J. T., & Clark, R. E. (2007). Recognition memory and the medial temporal lobe: a new perspective. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(11), 872-883. doi: 10.1038/nrn2154
- Suzuki, Y., Minami, T., & Nakauchi, S. (2018). Association between pupil dilation and implicit processing prior to object recognition via insight. *Scientific reports*, 8(1), 1-10. doi: 10.1038/s41598-018-25207-z
- Van der Wel, P., & van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic bulletin & review*, 25(6), 2005-2015. doi: 10.3758/s13423-018-1432-y.
- Willoughby, C. E., Ponzin, D., Ferrari, S., Lobo, A., Landau, K., & Omid, Y. (2010). Anatomy and physiology of the human eye: effects of mucopolysaccharidoses disease on structure and function—a review. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 38, 2-11. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2010.02363.x>
- Wixted, J. T. (2007). Dual-process theory and signal-detection theory of recognition memory. *Psychological review*, 114(1), 152. doi: 10.1037/0033-295X.114.1.152.
- Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of memory and language*, 46(3), 441-517. doi: 10.1006/jmla.2002.2864

## **Apêndices**

APÊNDICE 1- Consentimento informado

APÊNDICE 2- Pedido de autorização à comissão de ética e deontologia

## **Apêndice 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, por favor não hesite em solicitar mais informações.*

**Título do estudo:** Estudo da memória de reconhecimento com recurso a resposta pupilar.

**Enquadramento e objetivo:** No âmbito do Mestrado em Neuropsicologia Aplicada (2.º Ciclo) da Escola de Psicologia e Ciências da Vida da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, sob a orientação do Prof. Dr. Jorge Oliveira, pretende-se estudar se a resposta pupilar é um bom indicador de memória de reconhecimento.

**Explicação do estudo:** Neste estudo pretende-se clarificar os mecanismos cognitivos envolvidos na memória de reconhecimento e estudar a relação entre resposta pupilar e memória de reconhecimento. A tarefa experimental será constituída por uma lista de palavras, com diferentes tamanhos, que serão testadas (para avaliar os processos de memória) com diferentes tempos (para se avaliar o esquecimento). As respostas dos participantes serão registadas no computador com o software Superlab, e, ainda, a resposta pupilar que será registada no equipamento Eya tracker Tobii T60. A sua participação no estudo implica o consentimento informado, livre e esclarecido por parte do seu responsável técnico.

**Condições do estudo:** Não são conhecidos quaisquer riscos inerentes à participação neste estudo. A recolha da amostra será realizada no Laboratório de Psicologia Experimental da EPCV/ULHT. A amostra será de conveniência e será constituída por estudantes universitários, de ambos os sexos. Será ainda utilizado um questionário de variáveis sociodemográficas sobre sexo, idade, anos de escolaridade.

**Direitos do participante:** Este estudo trata-se de uma dissertação de mestrado, pelo que não tem qualquer compensação financeira. A sua participação nesta investigação é voluntária, podendo o participante desistir a qualquer momento. Esta decisão não terá qualquer consequência para si ou para o tratamento recebido nesta instituição.

Será assegurado o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo, antes, durante e depois da participação. No final da investigação, será proporcionado um resumo dos resultados em formato que seja compreensível para os participantes.

**Confidencialidade e anonimato:** Assegura-se que será mantida a confidencialidade dos dados pessoais, pois consagra-se como obrigação e dever o sigilo profissional bem como o seu uso exclusivo para o presente estudo. Só o investigador terá acesso a todas as informações que permitam a identificação do participante. Os dados recolhidos serão incorporados nos resultados globais do estudo e poderão ser publicados ou apresentados pela equipa de investigação para os fins a que este estudo se destina, sendo que serão apagados após a análise. Todos os contactos estabelecidos com os participantes deste estudo serão feitos em ambiente de privacidade.

**Contactos:**

Inês Maia: [inesjoao96@gmail.com](mailto:inesjoao96@gmail.com)

Jorge Oliveira: [jorge.oliveira@ulusofona.pt](mailto:jorge.oliveira@ulusofona.pt)

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

Assinatura: .....

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

## **Apêndice 2- Pedido de autorização à comissão de ética e deontologia**



**Formulário de pedido de parecer à Comissão de Ética e Deontologia da Investigação Científica da  
Escola de Psicologia e Ciências da Vida da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias**

**Nome Completo** e estatuto do requerente (estudante, investigador externo, parceiro): Inês Carvalho Maia  
Instituição de pertença: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias  
Contacto: [inesjoao96@gmail.com](mailto:inesjoao96@gmail.com) / 912280962

**Nome Completo** do proponente na ULHT (Orientador/supervisor ou investigador responsável do estudo/projeto): Jorge Alexandre Gaspar Oliveira  
Contacto: [jorge.oliveira@ulusofona.pt](mailto:jorge.oliveira@ulusofona.pt) / 962537900

**Título do Projeto:**  
Estudo da memória de reconhecimento com recurso a resposta pupilar.

**Duração do projeto (dia/mês/ano- dia/mês/ano):** 01/04/2021 – 31/07/2021

Algum dos membros do estudo pertence à CEDIC? Sim

Se sim, quem? Jorge Oliveira

Se o requerente não integrar, na data do pedido, a comunidade da ULHT, deve ser anexado o parecer da Comissão de Ética da instituição de pertença.

**Tipo de documento / situação a analisar (Demonstrar que o pedido é feito no âmbito de projeto/estudo da EPCV e qual o âmbito):**  
Pedido de parecer para elaboração de estudo interno EPCV.

**Síntese do pedido:**

No âmbito do segundo ano de mestrado, para efeitos de dissertação, venho solicitar parecer sobre este estudo interno cuja recolha terá lugar no laboratório de psicologia experimental.

Contextualização do pedido (caraterização geral do estudo ou projeto, finalidades e objetivos: exclusivamente de investigação e/ou outros; fundamentação da sua pertinência científica e social; condições e contextos de administração; investigação de carácter nacional ou internacional; ...):

Esta investigação pretende estudar se a resposta pupilar é um bom indicador de memória de reconhecimento. Os estudos sugerem que o reconhecimento depende de dois mecanismos distintos: familiaridade e recordação, que têm sido estudados através de medidas comportamentais como a acuidade no reconhecimento e o grau de confiança desse reconhecimento. Este estudo pretende avaliar se a resposta pupilar poderá funcionar como um indicador fisiológico destes processos envolvidos no reconhecimento. Pretendemos desenvolver uma tarefa experimental com apresentação de palavras apresentadas num paradigma de memória de reconhecimento. O desenho da investigação é intra-sujeitos e as variáveis dependentes serão a acuidade e o nível de confiança nas respostas que serão registados no computador com o software Superlab, e, ainda, a resposta pupilar que será registada no equipamento Eye tracker Tobii T60. A recolha da amostra será realizada no Laboratório de Psicologia Experimental da EPCV/ULHT. A amostra será de conveniência e será constituída por estudantes universitários, de ambos os sexos. Será ainda utilizado um questionário de variáveis sociodemográficas sobre sexo, idade, anos de escolaridade. A pertinência desta investigação relaciona-se com o estudo de um indicador fisiológico, não intrusivo, de memória de reconhecimento, que possa ser utilizado para confirmar a veracidade dos auto-relatos sobre informação previamente armazenada em memória.

Impacto previsto do estudo ou projeto (em termos éticos, sociais e/ou políticos):

Do ponto de vista científico espera-se que este estudo possa clarificar sobre os mecanismos cognitivos envolvidos na memória de reconhecimento e que permita aferir sobre a relação entre resposta pupilar e memória de reconhecimento. Tendo em conta que o tamanho da pupila pode ser uma medida objetiva e simples de avaliar, tal medida pode ter implicações em ambientes clínicos para confirmar veracidade dos auto-relatos.

Metodologia

(Descrição sumária métodos de investigação, descrevendo, ainda que sumariamente, todos os procedimentos para a recolha e registo de dados, assim como quais as tarefas requeridas aos/às

participantes, se há intervenções realizadas e quais, qual duração da participação, se há mais do que um momento de recolha de dados).

Em anexo devem constar cópias de instruções, medidas, estímulos apresentados (ainda que seja em excerto, mas que permita conhecer o teor dos mesmos), guiões de entrevista, e/ou grelhas de observação a utilizar.

#### **Outras condições que respeitem princípios éticos fundamentais**

(e.g. indicação se a investigação é desenvolvida junto de populações vulneráveis, atenção atribuída à questão do consentimento informado aos participantes; modos de devolução dos resultados aos participantes; oferta de tratamento aos sujeitos pertencentes a grupos de controlo; ...)

A resposta afirmativa a cada uma das situações seguintes exige um procedimento específico para que fiquem garantidos os princípios éticos e deontológicos na investigação.

Cada vez que a resposta a uma das questões é **Sim** o/a investigador/a deve apresentar informação acerca das medidas adotadas para proteger o/as participantes.

1. A investigação envolve animais como participantes: Não
2. O/s/as participantes constituem população vulnerável (menores; adultos não competentes para facultar o consentimento; são pacientes; estão em situação de vulnerabilidade económica ou social ou ambas): Não
3. A investigação lida com "assuntos sensíveis" (atividades ilegais ou imorais, temas suscetíveis de criar desconforto/mal-estar; comportamento sexual ou qualquer informação que, se conhecida fora do contexto da investigação, possa lesar a reputação do/da participante, ou os seus direitos legais ou sociais, ou a sua empregabilidade): Não
4. O/s/as participantes são gravados/as em áudio ou vídeo: Não
5. O/a investigador/a interage com o/a participante e/ou manipula o seu comportamento: Não
6. Existe registo de dados pessoais que permitam a identificação do/a participante: Não
7. Existe relato futuro de dados pessoais que permitam a identificação do/a participante: Não



8. Existe recolha de dados repetida em que os/as participantes são contactados/as e novos dados são recolhidos para serem relacionados com os dados existentes: Não
9. Os participantes não podem escolher o local onde são recolhidos os dados: Sim. A recolha acontece no laboratório de psicologia computacional visto ser o lugar que possui equipamentos para tal
10. A recolha de dados ocorre num lugar onde os participantes são observados: Não
11. A investigação envolve observação participada: Não
12. A investigação inclui a revisão de registos não públicos já recolhidos previamente ao âmbito da pesquisa atual: Não
13. Existem riscos físicos, psicológicos, legais ou sociais de grau superior para os/as participantes: Não
14. A investigação envolve engano intencional: Não

Compromisso de honra (veracidade das informações e sua conformidade com princípios éticos e normas deontológicas aplicáveis ao caso):

Declaro, sob compromisso de honra, que todas as informações prestadas são verdadeiras.

Data: \_\_ dia \_\_/mês \_\_/ano \_\_

Assinatura do Proponente (Orientador/Investigador Responsável na ULHT):

**Nota:** anexar documentação necessária à apreciação do pedido (consentimento informado; protocolo de investigação; projeto outro/as).