

USO DE *EYE TRACKING* EM REALIDADE VIRTUAL NÃO IMERSIVA PARA AVALIAÇÃO COGNITIVA

Pedro J. Rosa^{1,4,✉}, Pedro Gamito^{1,2}, Jorge Oliveira^{1,2}, Diogo Morais^{1,2}, Matthew Pavlovic⁵, & Olivia Smyth⁵

¹ECPV, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, PORTUGAL, ²COPELABS – Cognition and People-centric Computing Laboratories, Lisboa, PORTUGAL, ³Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Cis-IUL, Lisboa, PORTUGAL, ⁴Centro de Investigação em Psicologia do ISMAT, Portimão, PORTUGAL, ⁵University of Michigan, Michigan, EUA

RESUMO: A atenção e a memória de trabalho são funções cognitivas básicas humanas. Uma resposta comportamental adequada, face a um ambiente em constante mudança, depende da integridade destas funções. Quando estas funções estão comprometidas, a aplicação de ambientes de realidade virtual (ARV) pode ser uma técnica válida para avaliação e reabilitação dessas capacidades. No entanto, a maioria dos ARV regista medidas indiretas para fazer inferências sobre os processos atencionais e mnésicos (e.g., tempo para a conclusão da tarefa, taxa de erros). O *eye tracking* (ET) pode contornar algumas limitações das medidas comportamentais, visto permitir avaliar onde ocorre foco atencional e como se desloca. Foram registados os movimentos oculares de 39 estudantes universitários (25 mulheres; $n=64\%$), com 1 média de idades de 29,8 anos ($DP = 12,2$) durante duas tarefas de pesquisa visual comparativa aleatórias, fazendo parte de um conjunto de tarefas cognitivas da *Systemic Lisbon Battery* (SLB), uma ARV concebida para avaliar défices cognitivos. A duração total da fixação ocular, o número de visitas nas áreas de interesse, bem como o tempo total de execução variariam em função dos grupos com diferentes scores no Mini Mental State Examination (MMSE). Os resultados mostram que a aplicação destas tarefas, presentes na SLB, quando combinadas com ET, é um método confiável e não intrusivo para avaliar capacidades cognitivas em indivíduos saudáveis e com potencial uso em amostras clínicas.

Palavras-chave: *Eye tracking*, movimentos oculares, atenção, memória, capacidades cognitivas, realidade virtual, *Systemic Lisbon Battery*

THE USE OF EYE TRACKING IN NON-IMMERSIVE VIRTUAL REALITY FOR COGNITIVE ASSESSMENT

ABSTRACT: Attention and working memory are basic human cognitive abilities. An adequate behavioral response, due to constant changes in the environment, depends on the integrity of these abilities. When these cognitive functions are impaired, the use of virtual reality applications (VRAs) can be a reliable technique for assessing and rehabilitating these cognitive processes. However, most VRAs use indirect measures to make inferences about visual attention and mnemonic processes (e.g., time to task completion, error rate). The eye tracking (ET) can offer a better alternative to probe more directly where and how attention is deployed. The eye movements of 39 healthy participants (25 Female; $n=64\%$), with an age average of 29,8 years old ($SD=12.2$), were continuously recorded while two comparative visual search

✉ ULHT, Campo Grande 376, Lisboa. E-mail: pedro.rosa@ulusofona.pt

tasks, as part of a set of cognitive tasks in the Systemic Lisbon Battery (SLB), a VRA designed to assess of cognitive impairments were randomly presented. The total fixation duration, the number of visits in the areas of interest, along with the total execution time were significantly different as a function of the Mini Mental State Examination scores. The present study demonstrates that the “spot the differences” tasks in SLB, when combined with ET, can be reliable and unobtrusive method for assessing cognitive abilities in healthy individuals with a relevant potential use in clinical samples.

Keywords: Eye tracking, eye movements, attention, memory, cognitive abilities, virtual reality, Systemic Lisbon Battery

Recebido em 05 de Outubro de 2015/ Aceite em 08 de Novembro de 2015

A avaliação e o tratamento de funções cognitivas são uma área expansão na reabilitação neurocognitiva, e com os recentes avanços nas Tecnologias de Informação e Comunicações (TIC), tornou-se um tópico com um *crescendo* de investigação. As avaliações mais tradicionais, com papel e lápis, têm sido criticadas pela forma ineficiente na avaliação de tarefas diárias (Neguţ, 2014), alavancando a investigação na área das TIC, promovendo formas mais eficientes de avaliação, em contextos de neuroreabilitação. Apesar dos métodos tradicionais apresentarem os seus benefícios, os ARV podem ser uma alternativa válida para a avaliação do desempenho cognitivo, não só através da capacidade e facilidade em registar e armazenar informações de índole cognitiva, mas também do tratamento orientado para a tarefa e da indução de motivação no paciente (Alankus, Lazar, May, & Kelleher, 2010; Gamito, Oliveira, Morais, Rosa, & Saraiva, 2011; Rego, Moreira, & Reis, 2010).

Os ARV, normalmente, envolvem a simulação dinâmica do mundo real, envolvendo o utilizador numa interação em cenários e contextos familiares (Gamito et al., 2010; Parsey & Schmitter-Edgecombe, 2013). Devidas as suas características, os ARV permitem avaliar populações clínicas específicas e examinar como os estímulos ambientais, de natureza vária, impactam sobre o desempenho cognitivo (Ortiz-Catalan et al., 2014). Além disso, o *feedback* positivo dos ARV podem ser diretamente traduzido em situações do mundo real, como, por exemplo, na SLB (Gamito et al., 2015) ou no Programa de Reabilitação assistida por computador e realidade virtual (Lam, Man, Tam, & Weiss, 2006). Em conjunto com os ARV, o *Eye Tracking* (ET) tem sido uma técnica que tem permitido avaliações mais precisas das funções cognitivas, tanto nas perturbações ansiosas (e.g., Rosa, Arriaga, & Esteves, 2009; Rosa, Gamito, Oliveira, & Morais, 2011), comportamentos aditivos (e.g., Gamito et al., 2014), como em doenças neurodegenerativas (Parkinson, Alzheimer ou demência fronto-temporal) (Cipresso et al., 2011). Pelo facto do sistema visual humano ser limitado, não é possível processar, conscientemente, tudo o que se vê (Rosa, Esteves, & Arriaga, 2010; 2012). Por isso, é imprescindível que, os elementos mais relevantes nos diversos estímulos visuais envolventes, sejam selecionados para um processamento cognitivo mais detalhado (Rosa, Esteves, & Arriaga, 2014). Ao registar os movimentos oculares, o ET permite, tanto a investigadores como a clínicos, fazer inferências mais precisas sobre os processos cognitivos e emocionais em curso, numa determinada tarefa (Rosa, Caires, Costa, Rodelo, & Pinto, 2014; Tatler, Kirtley, Macdonald, Mitchell, & Savage, 2014). Na verdade, o registo dos movimentos oculares, independentemente de ser intraocular (e.g., dilatação pupilar), extraocular (e.g., sacadas) ou periocular (e.g., pestanejo), permite compreender melhor um conjunto de processos cognitivos subjacentes, quando informação relevante para a tarefa é processada. (Rosa, Esteves, & Arriaga, 2015).

O uso combinado dos ARV e ET tem demonstrado ser vantajoso, tanto na avaliação, como tratamento de défices cognitivos (Mele & Federici, 2012). Um estudo piloto foi conduzido para examinar se o ET poderia ser usado para quantificar o envolvimento cognitivo (*cognitive engagement*), em tempo real, numa tarefa com realidade virtual. Dois parâmetros oculares foram registados, nomeadamente, a velocidade média ocular e a densidade de fixação ocular num dado período. Os resultados revelaram que

o nível de envolvimento cognitivo podia discriminar através do padrão dos movimentos oculares, em várias tarefas (Vidal, Turner, Bulling, & Gellersen, 2012). Com a aplicação do ET, os terapeutas podem ajustar os ARV, em tempo real, às necessidades do paciente e aos níveis de envolvimento cognitivo. Outro estudo, com recurso a jogos sérios (*serious games*), permitiu avaliar a atenção visual em crianças. Os mapas de calor (*heat maps*) mostraram que os indivíduos com performances mais fracas têm uma maior densidade de fixação ocular do que aqueles com melhor desempenho. Apesar da relevância destes estudos, mais estudos devem ser realizados para avaliar a profundidade da relação entre os movimentos oculares e performance. (Frutos-Pascual & Garcia-Zapirain, 2015).

Existem vários paradigmas experimentais que podem ser aplicáveis para avaliar funções cognitivas, especialmente quando se trata de atenção (e.g., Cipresso et al., 2013; Gamito et al., 2015; Rosa et al., 2011). Um desses paradigmas é a tarefa de pesquisa visual comparativa (TPVC), no qual estratégias perceptivas e atencionais podem ser avaliadas. No presente estudo, foi aplicado este paradigma, posicionando duas imagens idênticas lado-a-lado, tendo sido os participantes instruídos para detetar as diferenças entre as mesmas. De acordo com Galpin e Underwood (2005), esta a TPVC não envolve apenas a atenção, mas também uma componente mnésica. Na mesma linha de pensamento, Irwin (2002) advoga que a comparação de imagens lado-a-lado, depende do processo de codificação da memória. Por isso, e uma vez que a atenção está intimamente ligada à memória, os movimentos oculares podem mostrar como os indivíduos coordenam a informação mnésica visual e como a atenção é implementada. Esta posição é, igualmente, defendida por Pomplun (2001), reforçando a ideia de que a deteção das diferenças entre as imagens, é caracterizada por um comportamento oculomotor tipificado. Tendo em consideração os estudos anteriores, o presente teve como objetivo avaliar se determinados parâmetros do movimento ocular variam em função do funcionamento cognitivo, em várias TPVC. Foi hipotetizado que a duração total de fixação (DTF) e número de visitas (NV) entre as duas imagens, bem como o tempo total para conclusão das tarefas, variam em função das habilidades cognitivas, validando o uso combinado dos ARV e ET para avaliação cognitiva.

MÉTODO

Participantes

Trinta e nove estudantes universitários (25 mulheres) participaram neste estudo. A idade média foi de 29,77 anos ($DP = 12,16$). A maioria dos participantes era Portuguesa (94,9%; $n = 37$) e 94,9% mencionou ter conhecimento básico ou intermediário de computadores ($n = 37$). Os participantes forneceram consentimento informado por escrito antes de participarem no estudo. Os participantes foram informados de que eram livres para desistir da sua participação em qualquer altura e que, tanto a confidencialidade como o anonimato dos seus dados pessoais estariam assegurados. Os critérios de inclusão foram: (i) maiores de 18 anos, e (ii) ter visão normal ou corrigida. Os principais critérios de exclusão foram: (i) pontuações inferiores a 28 no *MMSE* (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) e (ii) historial de perturbações psiquiátricas ou condição de consumo de substâncias aditivas.

Material

Os estímulos consistiram em duas pinturas coloridas, uma de Vincent Van Gogh "O Café à Noite na Place Lamartine" e o outro, uma versão modificada do "Filho do Homem" de René Magritte, ambos com uma resolução de 1280 x 1024px. Cada par de imagens foi disposto lado-a-lado sobre um fundo castanho (RGB: 68, 40, 22), separados por uma distância de 2 ° ângulo visual. Cada imagem apresentou um ângulo visual subtendido de 11.81° x 7.63° para uma distância média de 60 cm. Ambos os pares de imagens

continham vários objetos com sete diferenças entre elas. A complexidade visual objetiva para cada par de imagens foi calculada com base método de detecção de arestas de *Canny* (raio do kernel Gaussiano = 5px; limiar 2.5 - 7.5px) e detecção de perímetro (Marin & Leder, 2013). Ambos parâmetros revelaram que a pintura de Van Gogh apresentava maior complexidade visual (Perímetro = 189.63 px; número de arestas = 266) do que de pintura de René Magritte (perímetro = 178.92px; número de arestas = 185). Os pares de imagens apresentaram valores de contraste aparente similar ($RMS = 0.46$), mas imagens de Van Gogh apresentaram níveis mais baixos de luminosidade aparente ($M = 123.40$) do que as imagens de René Magritte ($M = 126.65$). Todas as análises às imagens foram efetuadas através do *software ImageJ*. v1.49.

O protocolo incluiu um questionário socio demográfico (género, idade, nacionalidade), juntamente com questões para avaliar os conhecimentos de informática, e o MMSE para avaliar as capacidades cognitivas (Folstein et al., 1975). Todos os participantes foram avaliados individualmente, com um tempo de duração entre 10 a 15 minutos. Duas áreas de interesse (AdI) retangulares foram criadas em torno de cada imagem (esquerda e direita). A DTF e o NV foram os parâmetros oculares usados para avaliar os processos de atenção visual e memória. Cada visita à AdI foi definida como o intervalo de tempo entre a primeira fixação no AdI e a próxima fixação fora da AdI. O tempo médio de execução, em segundos, foi registado para cada TPVC.

Procedimento

À chegada ao laboratório de Psicologia Experimental da ULHT, cada participante assinou o consentimento informado sentado a uma distância de 60 cm do ET. Depois de ter preenchido com sucesso o protocolo, uma calibração de 9 pontos foi efetuada no ET. Os participantes foram instruídos a procurar as sete diferenças tão rapidamente quanto possível e identificá-las e um clique do rato. Duas TPVC, parte da SLB, foram apresentadas aleatoriamente. A SLB é uma ARV baseada em *Unity 2.5* (UnityTechnologies™) e a descrição completa pode ser encontrada em Gamito et al.(2015). Esta ARV está disponível gratuitamente em <http://labpsicom.ulusofona.pt>. As TPVC foram apresentadas através de um computador *desktop* Intel Core2Duo 6550, ligado a sistema de ET Tobii T-60 (Tobii Technology AB, Suécia) integrado num TFT de 17". Cada TPVC terminava automaticamente logo após a identificação correta de todas as diferenças. O ET recebia o sinal de vídeo através da uma placa de captura de vídeo VGA, enviado por um computador *desktop* Intel com uma placa gráfica *GeForce* GT 220, que executava o ARV. Os movimentos oculares foram registados binocularmente, com resolução temporal de 60 Hz e com uma precisão espacial de 0,5°. Após a conclusão das duas TPVC, foi realizado um *debriefing* aos participantes e agradecida a sua participação.

RESULTADOS

Os *outliers* ($\pm 2 DP$) foram removidos para os dados oculares brutos e substituídos por valores omissos. Pelo facto da percentagem dos valores em falta ter sido inferior a 1%, não foi aplicado nenhum método para imputação de dados. A pontuação do MMSE foi usada para criar dois grupos de nível cognitivo normal: aqueles que pontuaram 28 ou 29, isto é, com 1 ou mais 2 erros (46,2%; $n = 18$) e aqueles que tiveram pontuação máxima no MMSE, ou seja, sem erros (53,8%; $n = 21$). A análise de covariância multivariada mista (MANCOVA de design misto) foi realizada para comparar a DTF e o NV entre os dois grupos de nível cognitivo, para as duas AdI, usando a idade do participante como covariável. O efeito da idade foi controlado por que é considerado 1 fator confundente da performance cognitiva. A correção de *Greenhouse-Geisser* foi aplicada para descrever os resultados significativos. Uma MANCOVA 2 (AdI) x 2 (níveis cognitivos) revelou um efeito principal do nível de cognitivo no compósito constituído pela DTF e o NV $A = 0.695$, $F(4, 35) = 7,68$, $p = 0,002$, $\eta_p^2 = 0,30$. A análise univariada revelou que o nível cognitivo teve um efeito significativo sobre DTF $F(1, 36) = 15,76$, $p <$

0,001, $\eta_p^2 = 0,31$ e NV $F(1, 36) = 12,79$, $p = 0,001$, $\eta_p^2 = 0,6$, após o efeito da idade ter sido controlado. No que diz respeito a DTF, as comparações múltiplas com a correção de *Bonferroni* revelaram que as médias de DTF foram superiores para o grupo que teve erros no MMSE ($M = 40,94$) em comparação com o grupo sem erros ($M = 19,25$). No que concerne ao NV, o grupo com erros no MMSE apresentou uma média superior de NV ($M = 45,26$) em comparação com o grupo sem erros ($M = 25,05$). A Figura 1 apresenta a diferença de médias dos parâmetros oculares entre os grupos, após o efeito da idade estar controlado.

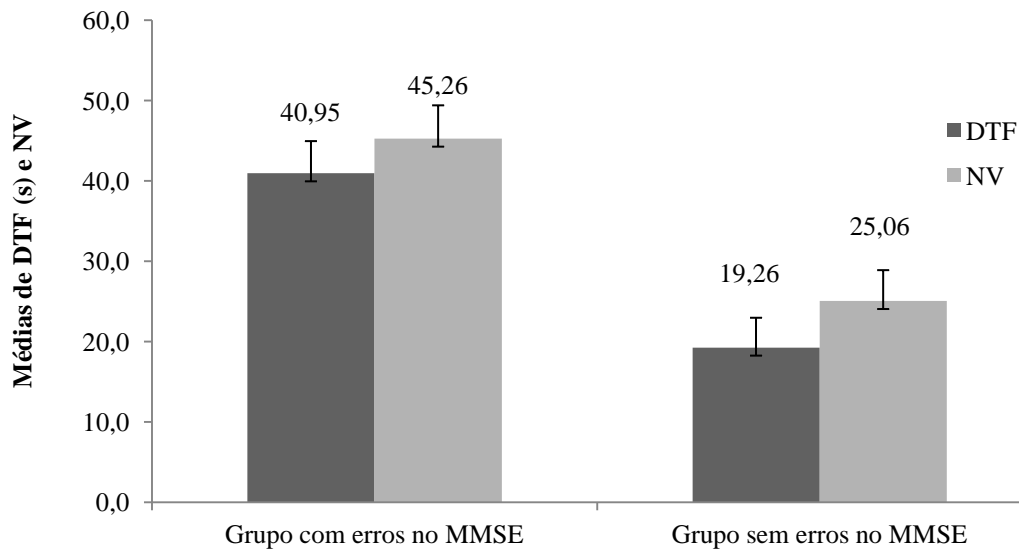


Figura 1. Médias de DTF (duração total de fixação) em segundos e NV (número de visitas) em função da pontuação no MMSE após de controlar o efeito da idade. Barras de erro representam os erros-padrão para as médias ajustadas

A covariável, a idade do participante, não se encontrou relacionada com a DTF e o NV ($ps > 0,05$). Não foi encontrado o efeito da AdI no compósito de variáveis DTF e o NV $A = 0,98$, $F(2, 35) = 0,25$, $p = 0,77$. Os resultados não revelaram um efeito de interação entre o grupo e as AdI $A = 0,88$, $F(2, 35) = 2,23$, $p = 0,12$. Curiosamente, e após uma análise de covariância univariada (ANCOVA), com a idade como covariável, o tempo de conclusão para a tarefa apresentou um padrão idêntico aos parâmetros oculares, isto é, quanto maior a pontuação no MMSE, mais curto é o tempo de execução, após o efeito de idade estar controlado $F(2, 35) = 40,21$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,53$

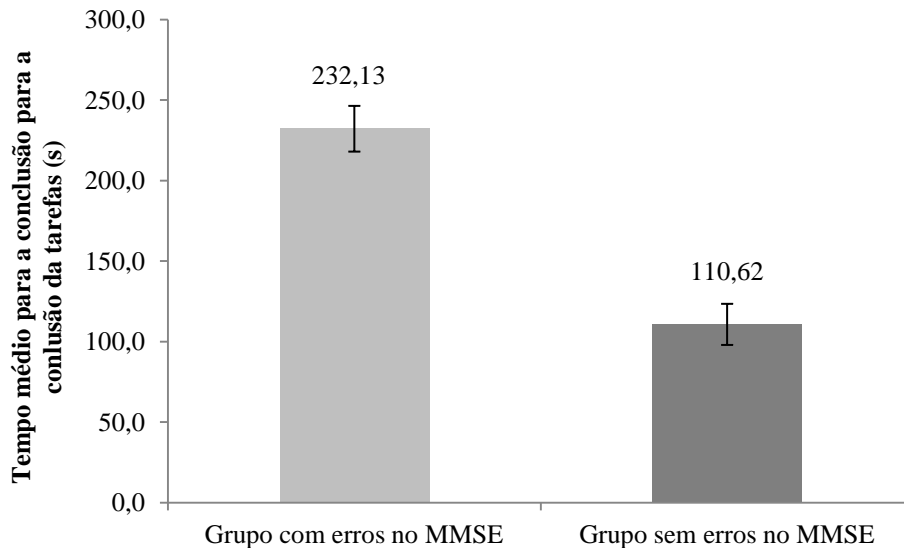


Figura 2. Tempo médio para a conclusão das tarefas em função da pontuação no MMSE após de controlar o efeito da idade. Barras de erro representam os erros-padrão para as médias ajustadas

A figura 2 mostra que tempo médio para a conclusão das tarefas é diferente ($M_{grupo\ com\ erros} = 232,32 > M_{grupo\ sem\ erros} = 110,62$; $p < 0,001$). Nenhuma relação significativa foi encontrada para a idade e o tempo de execução $F(1, 35) = 0.36$, $p = 0,55$.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo apresentam informações valiosas sobre a relação entre os movimentos oculares e as capacidades cognitivas. Verificou-se que, os participantes com a pontuação máxima no MMSE, apresentam um padrão de movimentos oculares distinto, caracterizado por um mais rápido processamento de informação (extração) de ambas as imagens (baixo DTF) que os participantes com erros no MMSE. Isto pode ser explicado pelo facto de, os participantes com erros no MMSE apresentarem processos cognitivos mais lentos, e por isso necessitarem de mais tempo para extração de informação, essencial para reativar a representação mnésica (Gottlob, 2007). Em relação ao NV, o grupo com erros no MMSE mostrou maior NV do que o grupo sem erros. Estes resultados podem ser justificados pela mudança do foco atencional quando a comparação está prestes a ser feita, e por isso, o NV reflete quantos movimentos oculares estão implicados na codificação antes da comparação ser iniciada e a diferença ser detetada (McAfoose & Baune, 2009). Isto sugere que os participantes com menores pontuações no MMSE apresentam maior NV devido a um potencial fraco uso da memória de trabalho. Estes dados reforçam a ideia de que, no grupo com pontuação inferior no MMSE, a manutenção e processamento da informação visual apresenta uma maior deterioração ao longo do tempo, existindo a necessidade de realizar sacadas alternadas entre AdI para manter o traço mnésico ativo (Galpin & Underwood, 2005).

Em relação ao tempo de execução, os resultados são consonantes com os índices oculares, isto é, o desempenho de pesquisa visual é atenuada em participantes com pontuações mais baixas no MMSE, embora ambos os grupos não apresentassem défice cognitivo. No entanto, os resultados sugerem que existem processos cognitivos diferenciados, especialmente no que respeita a atenção e memória. É

igualmente essencial referir algumas potenciais limitações deste estudo, e por tal, os resultados devem ser interpretados com precaução. Em primeiro lugar, o nível de fadiga não foi controlado. Devido à sua interferência nos processos atencionais (Rosa et al., 2014), o nível de fadiga deve ser avaliado em estudos futuros. Além disso, e apesar da utilização da soma de quadrados tipo III para grupos não balanceados, a dimensão amostrar deverá aumentar, incrementando igualmente a potência estatística e tamanho do efeito. No geral, os resultados suportam a ideia que as capacidades cognitivas (ou a falta delas), especialmente na atenção e memória, parecem impactar na programação dos oculares, em tarefas TPVC. A avaliação das capacidades cognitivas através do uso combinado dos ARV e ET, é, claramente, vantajoso, especialmente quando se trata de sistemas de ET *low-cost* (ET 2.0) que, devido à sua mobilidade e flexibilidade, permitem aos investigadores e terapeutas registar movimentos oculares, tanto em laboratório como em contextos não laboratoriais (Rosa, 2015). Além disso, e uma vez que esta metodologia combinada foi sensível às diferenças subtis nas funções cognitivas em indivíduos saudáveis durante a realização de TPVC, poderá, igualmente, aplicada e otimizada para detetar défices cognitivos leves ou para identificar indivíduos que estão em estágios iniciais da doença de Alzheimer.

REFERÊNCIAS

- Alankus, G., Lazar, A., May, M., & Kelleher, C. (2010). Towards Customizable Games for Stroke Rehabilitation. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2113–2122). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/1753326.1753649
- Cipresso, P., Serino, S., Gaggioli, A., Albani, G., & Riva, G. (2013). Contactless bio-behavioral technologies for virtual reality. *Studies in Health Technology and Informatics*, 191, 149–153. doi:10.3233/978-1-61499-282-0-149
- Ferreira, P., Rita, P., Morais, D., Rosa, P. J., Gamito, P., Santos, N., Soares, F., & Sottomayor, C. (2011). Grabbing attention while reading website pages: the influence of verbal emotional cues in advertising. *Journal of Eye Tracking, Visual Cognition and Emotion*, 1, 64–68.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189–198. doi:org/10.1016/0022-3956(75)90026-6
- Frutos-Pascual, M., & Garcia-Zapirain, B. (2015). Assessing Visual Attention Using Eye Tracking Sensors in Intelligent Cognitive Therapies Based on Serious Games. *Sensors*, 15, 11092. doi:10.3390/s150511092
- Galpin, A. J., & Underwood, G. (2005). Eye movements during search and detection in comparative visual search. *Perception & Psychophysics*, 67, 1313–1331. doi:10.3758/BF03193637
- Gamito, P., Oliveira, J., Baptista, A., Morais, D., Lopes, P., Rosa, P., ... Brito, R. (2014). Eliciting nicotine craving with virtual smoking cues. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 17, 556–61. doi:10.1089/cyber.2013.0329
- Gamito, P., Oliveira, J., Caires, C., Morais, D., Brito, R., Lopes, P., ... Santos, C. (2015). Virtual Kitchen Test. Assessing frontal lobe functions in patients with alcohol dependence syndrome. *Methods of Information in Medicine*, 54, 122–126. doi:10.3414/ME14-01-0003
- Gamito, P., Oliveira, J., Morais, D., Rosa P. J., & Saraiva, T. (2011). NeuAR – A Review of the VR/AR Applications in the Neuroscience Domain. In Y. Nee (Ed.), *Augmented Reality - Some Emerging Application Areas*, (pp. 131–154). Croacia; InTech Publishing doi: 10.5772/26135.
- Gottlob, L. R. (2007). Aging and comparative search for feature differences. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, 13, 435–457. doi:10.1080/138255890969564

- Irwin, D., & Zelinsky, G. (2002). Eye movements and scene perception: Memory for things observed. *Perception & Psychophysics*, *64*, 882–895. doi:10.3758/BF03196793
- Lam, Y. S., Man, D. W. K., Tam, S. F., & Weiss, P. L. (2006). Virtual reality training for stroke rehabilitation. *NeuroRehabilitation*, *21*, 245–253.
- Marin, M. M., & Leder, H. (2013). Examining Complexity across Domains: Relating Subjective and Objective Measures of Affective Environmental Scenes, Paintings and Music. *PLoS ONE*, *8*, e72412. doi:org/10.1371%2Fjournal.pone.0072412
- McAfoose, J., & Baune, B. T. (2009). Exploring visual-spatial working memory: a critical review of concepts and models. *Neuropsychology Review*, *19*, 130–142. doi:10.1007/s11065-008-9063-0
- Mele, M. L., & Federici, S. (2012). A psychotechnological review on eye-tracking systems: towards user experience. *Disability and Rehabilitation. Assistive Technology*, *7*, 261–281. doi:10.3109/17483107.2011.635326
- Neguț, A. (2014). Cognitive assessment and rehabilitation in virtual reality: theoretical review and practical implications. *Romanian Journal of Applied Psychology*, *16*, 1–7.
- Ortiz-Catalan, M., Nijenhuis, S., Ambrosch, K., Bovend'Eerd, T., Koenig, S., & Lange, B. (2014). Virtual Reality. In J. L. Pons & D. Torricelli (Eds.), *Emerging Therapies in Neurorehabilitation SE - 13* (Vol. 4, pp. 249–265). Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-38556-8_13.
- Parsey, C. M., & Schmitter-Edgecombe, M. (2013). Applications of technology in neuropsychological assessment. *The Clinical Neuropsychologist*, *27*, 1328–1361. doi:10.1080/13854046.2013.834971
- Pomplun, M., Sichelschmidt, L., Wagner, K., Clermont, T., Rickheit, G., & Ritter, H. (2001). *Comparitive visual search: A difference that makes a difference*. *Cognitive Science*, *25*. doi:10.1207/s15516709cog2501_2
- Rego, P., Moreira, P. M., & Reis, L. P. (2010). Serious Games for Rehabilitation A Survey and a Classification Towards a Taxonomy. *5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*, (November 2015), 1–6. doi:978-1-4244-7227-7
- Rosa, P. J. (2015). What do your eyes say? Bridging eye movements to consumer behavior. *International Journal of Psychological Research*, *8*, 91-104.
- Rosa, P. J., Arriaga, P., & Esteves, F. (2009). Subliminal exposure to biologically relevant stimuli on affective and physiological states. *Psychophysiology*, *46*, S52.
- Rosa, P. J., Caires, C., Costa, L., Rodelo, L., & Pinto, L. (2014). Affective and Psychophysiological Responses to Erotic Stimuli: Does Color Matter? In P. Gamito, P.J. Rosa (Eds.), *I see me, you see me: inferring cognitive and emotional processes from gazing behavior* (pp. 171-190). Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.
- Rosa, P.J., Esteves, F., & Arriaga (2010). Attention and physiological responses to biologically relevant stimuli: An eye-tracking study using subliminal procedures. *Psychophysiology*, *47*, S99.
- Rosa, P. J., Esteves, F., & Arriaga, P. (2012). Ver ou não ver, eis a questão. A relação entre a emoção e a atenção visual seletiva. *In-Mind*, *3*, 9-18.
- Rosa, P. J., Esteves, F., & Arriaga, P. (2014). Effects of fear-relevant stimuli on attention: integrating gaze data with subliminal exposure. *IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications*, 8–13. doi:10.1109/MeMeA. 2014.6860021
- Rosa, P. J., Esteves, F., & Arriaga, P. (2015). Beyond Traditional Clinical Measurements for Screening Fears and Phobias. *Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on*, *64*, 3396-3404. doi:10.1109/TIM.2015.2450292
- Rosa, P. J., Gamito, P., Oliveira, J., & Morais, D. (2011). Attentional orienting to biologically fear-relevant stimuli: data from eye tracking using the continual alternation flicker paradigm. *Journal of Eye Tracking, Emotion and Cognition*, *1*, 22–29.
- Tatler, B. W., Kirtley, C., Macdonald, R. G., Mitchell, K. M. A., & Savage, S. W. (2014). The Active Eye: Perspectives on Eye Movement Research. In M. Horsley, M. Eliot, B. A. Knight, & R. Reilly (Eds.),

Pedro J. Rosa, Pedro Gamito, Jorge Oliveira, Diogo Morais, Matthew Pavlovic, & Olivia Smyth

Current Trends in Eye Tracking Research SE - 1 (pp. 3–16). Springer International Publishing.
doi:10.1007/978-3-319-02868-2_1

Vidal, M., Turner, J., Bulling, A., & Gellersen, H. (2012). Wearable eye tracking for mental health monitoring. *Computer Communications*, 35, 1306–1311. doi:org/10.1016/j.comcom.2011.11.002