

# IMPLICAÇÕES DOS JOGOS SÉRIOS NA CONECTIVIDADE FUNCIONAL EM IDOSOS

**Palavras-Chave: NEUROPLASTICIDADE, JOGOS SÉRIOS, ENVELHECIMENTO, RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL, CONECTIVIDADE FUNCIONAL**

**Autores(as):**

**VITOR AKIO OYA, IB, UNICAMP**

**Dr. RAPHAEL FERNANDES CASSEB, FCM, UNICAMP**

**Dr. FABIO OTA, ISGAME**

**Dr<sup>a</sup>. JESSICA VICENTINI, FCM, UNICAMP**

**Dr. SAITI HIRATA, ISGAME**

**Prof. Dr. LI LI MIN, FCM, UNICAMP**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. GABRIELA CASTELLANO (orientadora), IFGW, UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

O envelhecimento populacional é um fenômeno global. Na América Latina e no Caribe, a porcentagem da população com mais de 60 anos será de 30% em 2060, a mesma que na América do Norte [1]. O crescimento acelerado da população idosa tem impacto direto nos sistemas de saúde, visto que o envelhecimento é o principal fator de risco associado a doenças neurodegenerativas, como a doença de Alzheimer (DA) e a Doença de Parkinson (DP). A redução e perda da atividade cerebral em idosos é um fenômeno natural que compromete a função cognitiva conforme o indivíduo envelhece [2].

Foi demonstrado que estimular a neuroplasticidade é uma abordagem terapêutica promissora para melhorar a cognição em DA e é uma medida preventiva [3]. Neuroplasticidade refere-se à capacidade do cérebro de modificar a sua estrutura e função ao longo da vida, e em resposta a uma atividade [4]. Estudos recentes da neurociência apontam que a plasticidade cerebral ocorre ao longo da vida do indivíduo, e não apenas nas primeiras fases de vida, como se acreditava anteriormente [4].

Uma intervenção que estimula a neuroplasticidade e parece melhorar várias habilidades cognitivas em adultos jovens são os jogos sérios. Jogos sérios (SGs, do inglês *serious games*) são experiências interativas que contribuem para o engajamento dos participantes e têm objetivos educativos além do entretenimento [5] [6]. Jogos sérios também demonstraram ser eficazes na prevenção contra o declínio cognitivo ao estimular o hipocampo. Estudos que utilizam SGs como forma de estimular o cérebro humano, mostram que os jogos são capazes de melhorar as habilidades cognitivas em idosos e seus efeitos duram até seis meses [7]. Embora estes resultados indiquem que há muito mais neuroplasticidade nos idosos do que se pensava, estudos usando jogos sérios desenvolvidos especialmente para o público mais velho ainda são raros.

Como resultado, a investigação tecnológica com potencial terapêutico, como a utilização de SGs capazes de aumentar a atividade cerebral para promover a plasticidade, tem se tornado cada vez mais importante. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações de conectividade funcional em idosos que jogaram um SG, utilizando imagens de ressonância magnética funcional (fMRI). fMRI é uma técnica de neuroimagem capaz de mensurar a atividade cerebral de forma segura e não invasiva, com base em mudanças no fluxo sanguíneo. Assim, a fMRI utiliza o sinal dependente do nível de oxigênio no sangue (BOLD), com base na diferença entre as propriedades magnéticas da oxihemoglobina e da desoxihemoglobina, que permitem o contraste metabólico. Assim, fMRI visa detectar alterações na função das regiões cerebrais que estão sendo ativadas pela prática do jogo pelo próprio idoso.

Através desta avaliação, esperamos ver possíveis benefícios, como uma melhora nas funções cognitivas dos idosos, e também na saúde mental, como resultado da socialização realizada durante as atividades em grupo.

## METODOLOGIA:

Os dados de 17 participantes (testes cognitivos, psicológicos e fMRI) foram coletados para este estudo. A grande maioria dos participantes tinha ensino superior completo. A Tabela 1 mostra seus dados demográficos.

Tabela 1 Dados demográficos dos participantes deste estudo.		
Número de indivíduos (Homens/ Mulheres)	Idade média e desvio padrão em anos (intervalo)	Escolaridade em anos
17 (2H / 15M)	64 ± 7 (53-76)	17 ± 4 (6-23)



**Figura 1** Nível 1 do Garden, modalidade do Active Brain SG. a) Posição inicial dos vasos com sementes e número máximo de passos (15) que o avatar pode dar para completar o nível. b) A caixa de mensagem mostra que o jogador concluiu o nível no menor número de passos.

Todos os participantes jogaram o Jardim, uma das modalidades do Cérebro Ativo, um aplicativo para smartphone de SGs que estimula principalmente o raciocínio lógico e a atenção dos jogadores. O objetivo do jogo é mover os vasos com sementes para a área do solo usando o avatar através do mouse no menor número de passos possível. Há alguns obstáculos no meio do caminho que aumentam a dificuldade. A Figura 1 mostra a dinâmica do SG.

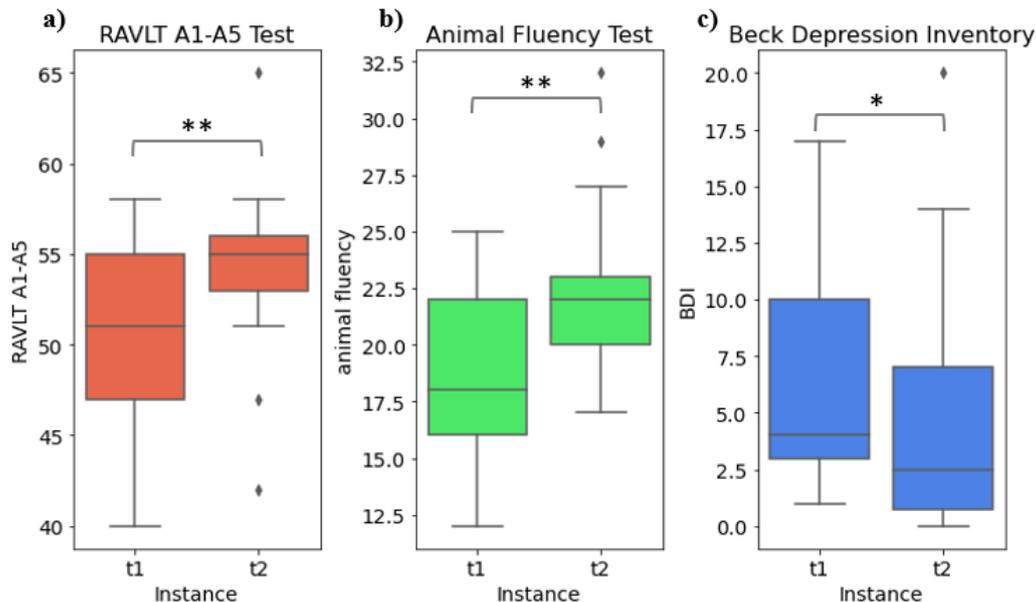
Foram realizados testes cognitivos e psicológicos antes (t1) e após (t2) a intervenção com o SG. Foram eles: Mini Exame do Estado Mental (MEEM), Teste de Aprendizagem Auditivo Verbal de Rey (RAVLT), teste de fluência animal, Teste F-A-S e Inventário de Depressão de Beck (BDI).

O protocolo de imagem utilizado, aplicado antes (t1) e após (t2) treinamento, foi: 1) Imagem estrutural ponderada em T1; 2) Imagens funcionais ecoplanares ponderadas em T2\* adquiridas por 6 minutos, resultando em 180 imagens. As imagens foram processadas e analisadas utilizando a ferramenta UF<sup>2</sup>C [8]. As imagens funcionais passaram por um pipeline padrão: realinhamento (correção de movimento), registro das imagens funcionais com a imagem estrutural T1, normalização para espaço padrão (MNI-152) e suavização espacial (filtro Gaussiano). O pré-processamento foi concluído com um filtro temporal passa-banda (0,008-0,1 Hz) e regressão de variáveis de quantificação de movimento (6 parâmetros extraídos no realinhamento inicial, 5 componentes principais do sinal médio da substância branca e 5 componentes principais do sinal médio do fluido cerebrospinal). Seis regiões de interesse (ROIs) comumente associadas ao raciocínio lógico e atenção foram selecionadas do atlas AAL [9] para realizar uma análise de conectividade funcional baseada em sementes: 5: Frontal Superior Orbital Esquerdo, 10: Frontal Médio Orbital Direito, 33: Cíngulo Médio Esquerda, 34: Cíngulo Médio Direito, 59: Parietal Superior Esquerdo e 61: Parietal Inferior Esquerdo. Resumidamente, em uma análise baseada em sementes, a série temporal média de cada ROI é correlacionada (usando a correlação de Pearson) com a série temporal de cada voxel da substância cinzenta, e correlações significativas (após um teste t corrigido por comparações múltiplas) são destacadas. Neste trabalho,

as áreas cerebrais significativas encontradas através deste processo foram comparadas antes (t1) e depois (t2) do treinamento SG. Por fim, a conectividade funcional das ROIs com alterações significativas foi correlacionada com testes cognitivos/psicológicos que também tiveram alterações significativas entre as instâncias t1 e t2.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

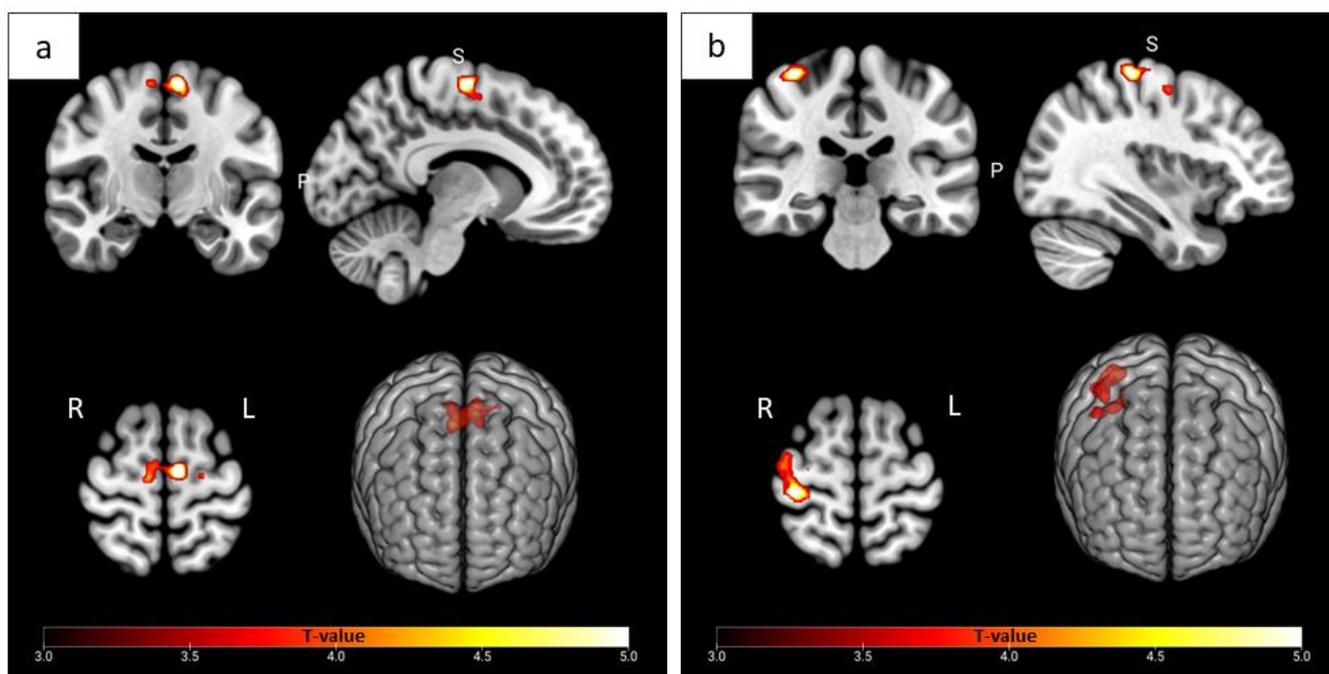
A recordação do RAVLT A1-A5 e a fluência animal aumentaram significativamente após a intervenção com SG ( $p = 0,0007$  e  $p = 0,0278$  respectivamente, teste t, corrigido por Bonferroni). RAVLT A1-A5 aumentou em  $(7,77 \pm 7,83)\%$ , enquanto a fluência animal aumentou em  $(21,13 \pm 23,96)\%$ . O BDI apresentou tendência de queda  $(46,17 \pm 47,47)\%$  ( $p = 0,0260$ , teste de Kruskal-Wallis, não corrigido). A Figura 2 mostra boxplots para essas variáveis.



**Figura 2** Mudanças nas variáveis cognitivas e psicológicas que foram significantes ou apresentaram tendência à significância. a) Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (RAVLT) A1 a A5; b) Teste de fluência animal; c) Inventário de Depressão de Beck. \*\*  $p < 0,05$ , teste t, corrigido por Bonferroni. \*  $p < 0,05$ , teste de Kruskal-Wallis, não corrigido.

Foram encontradas mudanças significativas na conectividade funcional somente para as ROI 5 (Frontal Superior Orbital Esquerdo) e ROI 10 (Orbital Médio Frontal Direita). Houve uma diminuição significativa na conectividade após a intervenção com SG, entre o giro orbital superior frontal esquerdo e a área motora suplementar (SMA) (Figura 3a), e entre o giro orbital direito médio frontal e a área motora direita (perto da mão) (M1) (Figura 3b). As correlações entre as variações na conectividade funcional e as alterações nas variáveis cognitivas/psicológicas não foram significativas.

O objetivo deste trabalho foi encontrar alterações na conectividade funcional cerebral possivelmente associadas ao uso de SGs por uma população idosa, e verificar possíveis relações dessas alterações com variáveis cognitivas. Encontramos uma diminuição na conectividade entre duas áreas do córtex orbitofrontal (OFC) e áreas relacionadas ao motor, nomeadamente, entre o OFC superior esquerdo e a SMA, e entre o OFC médio direito e o M1 direito (área da mão). O OFC serve como um centro de integração de informações sensoriais, regulação de respostas autonômicas e está envolvido com processos de aprendizagem, antecipação e tomada de decisões relacionadas a emoções e recompensas [10]. À SMA foram atribuídas funções de estabilização postural, coordenação e controle dos movimentos voluntários [11]. A diminuição observada na conectividade funcional entre o OFC e a SMA, bem como entre o OFC e M1, após a intervenção com SG, indica alterações significativas nas redes cerebrais relacionadas ao controle motor, integração sensorial, processamento emocional e mecanismos de recompensa. Também encontramos aumento na parte do RAVLT referente à recordação espontânea das 15 palavras lidas em voz alta cinco vezes para os indivíduos.



**Figura 3** a) Alterações na conectividade funcional entre as séries temporais médias do giro orbital superior frontal esquerdo (ROI 5) e todos os demais voxels cerebrais. Mudanças significativas de conectividade estão restritas principalmente à área motora suplementar (SMA). b) Alterações na conectividade funcional entre as séries temporais médias do giro orbital médio frontal direito e todos os demais voxels cerebrais. Mudanças significativas de conectividade são restritas principalmente à área motora direita (perto da mão) (M1).

Os resultados deste estudo foram semelhantes aos de estudos anteriores realizados com indivíduos jovens. Um desses estudos mostrou que jogadores profissionais de videogames de ação (AVG) têm melhores funções cognitivas envolvidas com atenção e funções sensório-motoras em comparação com não jogadores [12]. Um grupo de pesquisadores estudou a relação entre sub-regiões insulares relacionadas a diferentes funções cerebrais [13], utilizando conectividade funcional. Eles descobriram que as sub-regiões insulares anteriores estão envolvidas com a rede atenta anterior, enquanto as sub-regiões insulares posteriores estão envolvidas com a rede sensório-motora posterior [14]. Por outro lado, em outro estudo, depois de comparar a conectividade funcional entre as sub-regiões insulares anterior e posterior entre um grupo de especialistas de AVG e um grupo de amadores, Gong e colegas [15] concluíram que a reprodução do AVG pode induzir a integração funcional dessas sub-regiões insulares. Esta conclusão foi consistente com uma descoberta anterior de que a atenção é importante para atividades sensório-motoras [16].

Nosso trabalho tem algumas limitações. Em primeiro lugar, a amostra era relativamente pequena. Além disso, não tivemos um grupo controle, que não jogasse o SG, para comparar com a nossa amostra do SG. Isso ocorreu porque o estudo foi realizado dentro de um programa universitário que oferece atividades para idosos, e todos os sujeitos optaram por jogar os jogos. Além disso, embora a intervenção consistisse no mesmo número de sessões para cada indivíduo, o intervalo de tempo da intervenção variou entre os indivíduos (3 a 5 meses). Por fim, não controlamos outras atividades que os indivíduos realizavam em seu dia a dia durante o período de nossa intervenção, o que talvez possa ter interferido em nossos resultados. Portanto, mais estudos com uma amostra maior e incluindo um grupo controle são necessários para refinar essas conclusões.

## CONCLUSÕES:

Neste trabalho, encontramos diminuições na conectividade funcional cerebral possivelmente associadas ao uso de SGs por uma população idosa. Essas diminuições ocorreram entre o OFC e o SMA e também entre o OFC e o M1 da mão esquerda. Também encontramos aumentos na retenção de informação (Teste de Aprendizagem Auditivo Verbal DE Rey) e na memória (teste de fluência animal). Juntos, esses resultados indicam que os participantes melhoraram a memória após a intervenção e também apresentaram alterações significativas nas redes neurais relacionadas ao controle motor,

integração sensorial, processamento emocional e mecanismos de recompensa. Mais estudos com uma amostra maior são necessários para refinar essas conclusões.

---

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Pan American Health Organization (PAHO). World Health Organization (WHO) -, Demographic Outlook for Population Aging in the Region of the Americas. PAHO, 2023.
- [2] Y. Hou et al., "Ageing as a risk factor for neurodegenerative disease," *Nat. Rev. Neurol.*, vol. 15, no. 10, pp. 565–581, Oct. 2019.
- [3] G. Koch and D. Spampinato, "Alzheimer disease and neuroplasticity," in Elsevier, 2022, pp. 473–479
- [4] P. Voss, M. E. Thomas, J. M. Cisneros-Franco, and É. de VillersSidani, "Dynamic Brains and the Changing Rules of Neuroplasticity: Implications for Learning and Recovery," *Front. Psychol.*, vol. 8, Oct. 2017.
- [5] U. Ritterfeld, M. J. Cody, and P. Vorderer, "Serious Games: Mechanisms and Effects, Routledge, New York.," p. 6, 2009.
- [6] W. R. Boot, M. Champion, D. P. Blakely, T. Wright, D. J. Souders, and N. Charness, "Video Games as a Means to Reduce Age-Related Cognitive Decline: Attitudes, Compliance, and Effectiveness," *Front. Psychol.*, vol. 4, 2013.
- [7] A. A. Sokolov, A. Collignon, and M. Bieler-Aeschlimann, "Serious video games and virtual reality for prevention and neurorehabilitation of cognitive decline because of aging and neurodegeneration," *Curr. Opin. Neurol.*, vol. 33, no. 2, pp. 239–248, Apr. 2020.
- [8] B. M. de Campos, R. F. Casseb, and F. Cendes, "UF2C — UserFriendly Functional Connectivity: A neuroimaging toolbox for fMRI processing and analyses," *SoftwareX*, vol. 11, p. 100434, Jan. 2020
- [9] N. Tzourio-Mazoyer et al., "Automated Anatomical Labeling of Activations in SPM Using a Macroscopic Anatomical Parcellation of the MNI MRI Single-Subject Brain," *Neuroimage*, vol. 15, no. 1, pp. 273–289, Jan. 2002.
- [10] M. L. Kringelbach, "The human orbitofrontal cortex: linking reward to hedonic experience," *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 6, no. 9, pp. 691–702, Sep. 2005.
- [11] Y. Matsuzaka, H. Aizawa, and J. Tanji, "A motor area rostral to the supplementary motor area (presupplementary motor area) in the monkey: neuronal activity during a learned motor task," *J. Neurophysiol.*, vol. 68, no. 3, pp. 653–662, Sep. 1992.
- [12] C. S. Green and D. Bavelier, "Action video game modifies visual selective attention," *Nature*, vol. 423, no. 6939, pp. 534–537, May 2003.
- [13] R. Nieuwenhuys, "The insular cortex," 2012, pp. 123–163.
- [14] F. Cauda, F. D'Agata, K. Sacco, S. Duca, G. Geminiani, and A. Vercelli, "Functional connectivity of the insula in the resting brain," *Neuroimage*, vol. 55, no. 1, pp. 8–23, Mar. 2011.
- [15] D. Gong et al., "Enhanced functional connectivity and increased gray matter volume of insula related to action video game playing," *Sci. Rep.*, vol. 5, no. 1, p. 9763, Apr. 2015.
- [16] M. Corbetta and G. L. Shulman, "Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain," *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 3, no. 3, pp. 201–215, Mar. 2002.