

**Neurociência da gamificação e do serious game na educação:
uma revisão sistemática**

*Gamification neuroscience and serious game in education:
a systematic review*

Thaís Branquinho Oliveira FRAGELLI¹
Hellyery Agda Gonçalves da SILVA²

Resumo

A gamificação na educação se refere à utilização de elementos de jogos com a finalidade de aprendizagem. O presente trabalho tem o objetivo de verificar quais as regiões cerebrais ativadas durante o processo de gamificação e serious game na educação. Foi realizada uma revisão sistemática. A busca foi realizada nas seguintes bases de dados: PubMed/Medline, Scopus, ERIC, SAGE, Technology Collection, Taylor & Francis online e Web of Science. Após a análise dos títulos, resumos e texto completo foram selecionados 7 (sete) artigos com base nos critérios de elegibilidade. Dentre os principais achados encontra-se ativação mais predominante da região frontal durante os jogos. Tais achados podem contribuir para prática pedagógica na medida que fundamentam que os jogos e a gamificação podem favorecer a memória, a tomada de decisão, empatia e aumentar a conectividade cerebral de maneira a melhorar as associações pelos estudantes, podendo ser um recurso poderoso em sala de aula.

Palavras-chave: Gamificação. Serious Games. Neurociência. Educação.

Abstract

Gamification in education refers to the use of game elements for the purpose of learning. The present work aims to verify which are the brain regions activated during the gamification process and serious game for educational purposes. A systematic literature review was performed by searching the following databases: PubMed / Medline, Scopus, ERIC, SAGE, Technology Collection, Taylor & Francis Online and Web of Science. After analyzing the titles, abstracts and full text, seven (7) articles were selected

¹ Doutora em Ciências da Saúde pela UnB. Pesquisadora Colaboradora do Grupo de Estudos sobre Formação e integração ensino-serviço-comunidade (GEFIESCO/UnB). E-mail: thaisfragelli@hotmail.com

² Doutoranda em Letras pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/PR).
E-mail: hellyerya@gmail.com

based on the eligibility criteria. Among the main findings is the most predominant activation of the frontal region during games. Such findings may contribute to pedagogical practice as they substantiate that games and gamification can favor memory, decision making, empathy and increase brain connectivity in order to improve student associations and can be a powerful classroom resource.

Keywords: Gamification. Serious Games. Neuroscience. Education.

Introdução

A gamificação não é um termo novo sendo utilizado há algum tempo no âmbito educacional. Outros contextos também têm implementado a gamificação como por exemplo, ambientes corporativos, marketing, saúde (SEABORN; FELLS, 2015).

Pode-se definir a gamificação como uso de elementos do design de jogos em contextos que não sejam necessariamente de jogos, obedecendo alguns critérios como regras, estrutura, voluntariedade, incerteza, orientação para objetivos, dentre outros, podendo ser independentes ou combinados de diferentes formas e proporções. Neste contexto, a gamificação se apoia na criação ou uso de um jogo ou elementos para qualquer contexto de não entretenimento exclusivo e/ou, a transformação de um sistema já existente, ampliando-o em um jogo (SEABORN; FELLS, 2015), (SAILER; HENSE; MAYR E MANDL, 2017).

O pressuposto central é ter alguns elementos ou "blocos" para construção de uma solução gamificada, de maneira a implementar em situações relacionadas mundo real com a finalidade de motivar, tornar conteúdos densos mais acessíveis e/ou promover comportamentos específicos podendo ser aplicado em uma variedade de contextos (SAILER; HENSE; MAYR E MANDL, 2017).

Desta forma, para melhor compreensão do conceito, Sailer, Hense, Mayr e Mandl (2017) decompõe os quatro componentes semânticos da definição: (1) jogo, (2) elementos, (3) design e (4) contextos, não relacionados necessariamente a jogos. Assim, quando se refere ao termo "jogo" compreende-se um sistema que contém um conflito artificial definido por regras e com um resultado quantificável. Quando se refere a "elementos" entende-se que são características comuns que podem ser encontradas em muitos jogos e, que auxiliam na significação do que seria jogo. O termo "design" se entende pela arquitetura dos blocos básicos de construção. E, por fim, o termo "contexto" deixa em aberto as possibilidades de áreas de aplicabilidade e possíveis cenários de uso (SAILER; HENSE; MAYR; MANDL, 2017).

Na educação, o termo gamificação pode se referir à aprendizagem baseada em jogos digitais e/ou jogos sérios (*serious games*) em geral com a finalidade de aprendizagem (SEABORN, FELLS, 2015). A literatura aponta que os jogos podem oferecer incentivos eficazes para proporcionar envolvimento dos indivíduos em comportamentos direcionados a objetivos, de maneira a melhorar o engajamento no processo de aprendi-

zagem. Neste aspecto, estudos pautados na neurociência apontam que a recompensa pode auxiliar na melhora da memória de trabalho, preditora da aprendizagem, por ativar regiões pré-frontais e parietais (HOWARD-JONES; JAY; MASON; JONES, 2016).

Na última década têm surgido esforços para reunir a neurociência, a psicologia e a educação em diálogo (HOWARD-JONES; HOLMES; DEMETRIOU; JONES ET AL., 2015). Assim surge a neurociência cognitiva, campo emergente, que reúne conhecimentos das áreas da psicologia, da educação e da biologia de maneira integrativa para fornecer conhecimentos sobre a construção do processo de aprendizagem em diversos campos de análise, incluindo as representações simbólicas até aspectos biológicos ou moleculares (BUSSO; POLLACK, 2015).

Esta integração é fundamental, pois nenhuma das áreas isoladas podem fornecer soluções instantâneas para os professores, porém associadas proporcionam conhecimentos pautados na abordagem biopsicossocial, necessários para preenchimento de lacunas entre o laboratório e a sala de aula, sem o reducionismo, considerando fatores psicológicos e socioculturais (HOWARD-JONES; HOLMES; DEMETRIOU; JONES et al., 2015), (BUSSO; POLLACK, 2015).

Neste contexto, o presente trabalho tem o objetivo de compreender quais as áreas cerebrais são acionadas durante uma gamificação ou *serious game*.

1 Metodologia

1.1 Desenho do estudo

O presente estudo constitui uma revisão sistemática em que se avaliou as principais regiões cerebrais acionadas durante uma gamificação e/ou *serious game* com objetivos educacionais com o intuito de responder à seguinte questão específica:

a) Quais são as principais regiões cerebrais acionadas durante uma gamificação e/ou *serious game*?

1.2 Critérios de elegibilidade

a) Critérios de inclusão

Estudos experimentais ou quasi experimentais que avaliaram a ativação das regiões cerebrais durante a utilização de gamificação ou *serious game* com foco educacional.

b) Critérios de exclusão

A exclusão dos estudos foi realizada em duas fases. Na fase 1, relacionada à leitura dos títulos e resumos, os critérios de exclusão foram os seguintes: (1) estudos que eram de revisão; (2) críticas, cartas, resumos de conferências, capítulos de livros; (3) estudos utilizavam jogos que não tinham objetivo educacional. Na fase 2, foi realizada a leitura completa dos artigos sendo aplicados os seguintes critérios de exclusão: 1) estudos que não apresentavam resultados relacionados às regiões cerebrais acionadas com a gamificação; 2) jogos que não tinham o objetivo educacional; 3) artigos que avaliaram a mesma amostra, 4) Estudos que tinham o objetivo de tratamento de patologias.

1.3 Fontes de informação e estratégias de pesquisa

Uma busca sistemática por estudos relevantes para responder a questão de pesquisa foi realizada nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed/Medline, Scopus, ERIC (*Education Resources Information Center*), SAGE, *Technology Collection*, Taylor & Francis e *Web of Science*. Uma busca parcial da literatura cinzenta foi feita usando o *Google Scholar* limitado aos primeiros 100 artigos mais relevantes sem limite de data. As listas de referência dos artigos incluídos foram também verificadas para identificar estudos adicionais de relevância. Nenhuma restrição de data foi aplicada.

1.4 Busca

Para a construção da estratégia de pesquisa foram utilizados os termos: *gamification*, *"game-based learning"*, *"serious games"*, *"educational game*"*, *brain*, *neuroanatomy*, *neurobiology*, *neurochemistry*, *neuroendocrinology*, *neurophysiology*, *neuroscience*, *neurocognitive*, *"neural function"*, *"neural activity"*, *"magnetic resonance"*, *"functional magnetic resonance"*, *electrophysiology*, FMRI, MRI, *biochemical*, EEG, *electroencephalography*, *functional near-infrared spectroscopy*, FNIR.

As combinações de palavras e truncamento foram selecionadas e adaptadas para a pesquisa em cada um dos banco de dados. Todas as referências foram gerenciadas pelo *software* gerenciador de referência Mendeley e as duplicatas foram removidas.

1.5 Seleção de estudo

A seleção foi realizada em duas fases. Na fase 1, foi realizada a revisão dos títulos e resumos de todos os artigos identificados. Neste momento, se fosse julgado que o artigo não preencheria os critérios de inclusão estes seriam eliminados. Caso houvesse dúvidas seriam mantidos para a fase 2. Na fase 2, todos os artigos selecionados foram lidos completamente e avaliados criticamente. A seleção final foi sempre com base na leitura do texto completo da publicação.

1.6 Processo de coleta de dados

As informações necessárias foram coletadas um planilha de Excel, sendo registradas informações como autor(es), ano de publicação, país, delineamento do estudo, método de recrutamento, tamanho da amostra, idade do participante, instrumento para coleta de dados, principais resultados.

2 Resultados

2.1 Seleção dos estudos

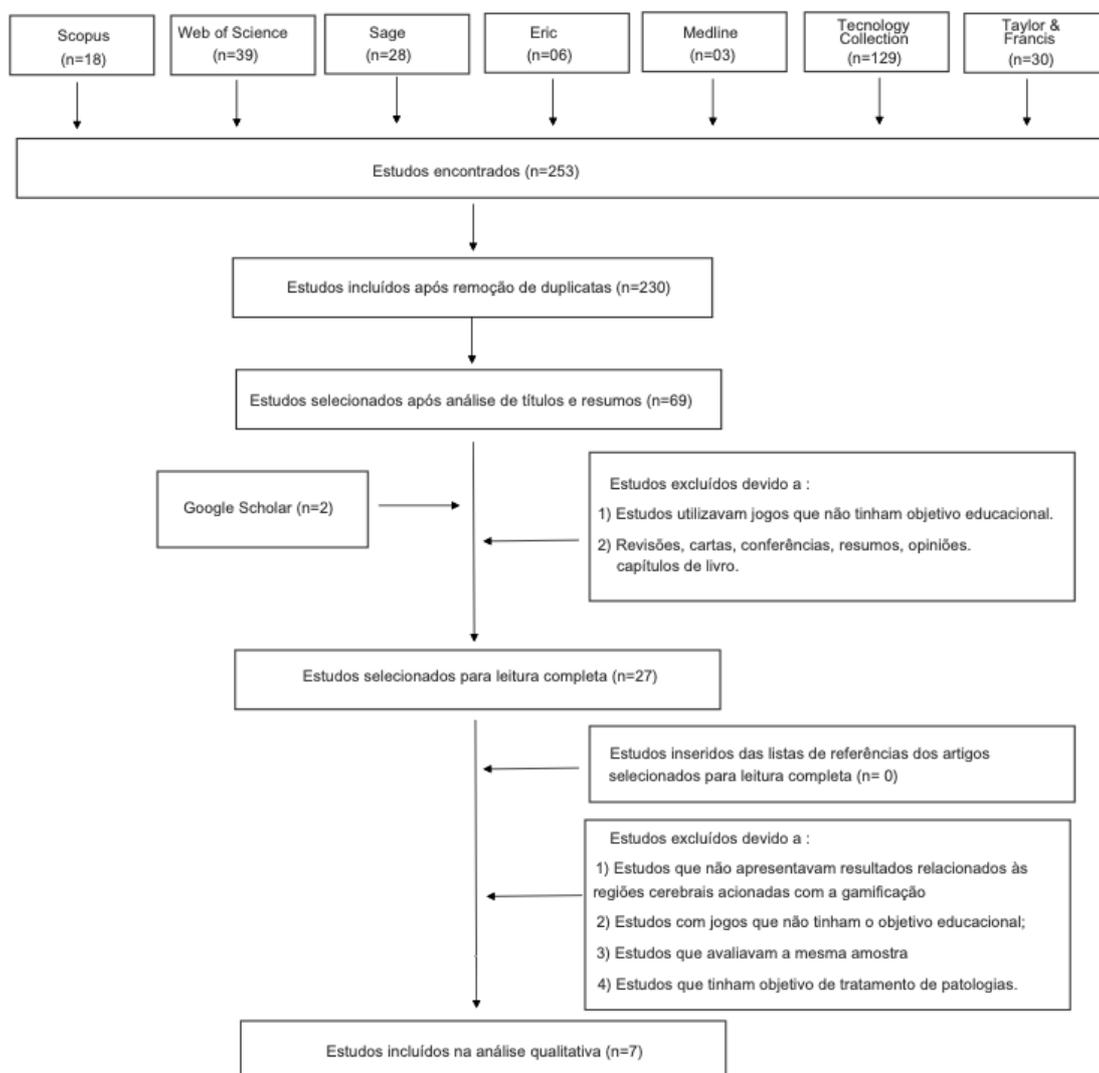
Durante a busca inicial (fase 1), 253 artigos foram identificados nas 7 bases de dados eletrônicas. Após a remoção das duplicatas restaram 230. Após uma avaliação abrangente dos resumos e títulos, apenas 69 artigos foram considerados potencialmente relevantes e foram selecionados para a avaliação da fase 2.

Foram examinados também 100 primeiras citações do *Google Scholar*. Destes, apenas 2 artigos (não incluídos inicialmente entre os das bases de dados eletrônicas), foram considerados apropriados para inclusão na fase 2.

Após a análise dos textos completos e observando os critérios de elegibilidade foram selecionados 27 artigos para análise completa dos textos. Para minimizar o risco de que nenhum estudo adicional pudesse ter sido inadvertidamente omitido pelos proce-

dimentos de busca, foi realizada uma busca adicional nas listas de referência dos 27 estudos destinados a avaliação dos textos completos. Não foi obtido nenhum estudo adicional nesta busca. Após a análise dos textos completos foram aplicados os critérios de elegibilidade e foram retidos 7 estudos para a análise final destinada a responder a questão de pesquisa. Na Figura 1 é demonstrado o diagrama de busca.

Figura 1. Diagrama de busca



Fonte: Elaborado pelas autoras

2.2 Características dos estudos

O tamanho da amostra variou de 11 a 57 sujeitos de pesquisa. Os instrumentos utilizados para coletar os dados foram a ressonância magnética funcional (RMNf), eletroencefalograma (EEG), Espectrografia Funcional de Infravermelho Próximo (fNIRS). Três dos estudos tiveram como sujeitos de pesquisa crianças com idades variando de 9 a 12 anos. Os jogos utilizados tinham finalidade educativa de aprendizagem línguas, geopolítica, gestão de desastres naturais, matemática, patologia. O detalhamento dos artigos pode ser visualizado no Quadro 1.

Quadro 1. Características dos estudos

Amostra				Métodos	Resultados
Autor, ano, país	Idade (média)	n	Objetivos	Instrumento de Avaliação	Principais Resultados
Hong et al, 2017, Coreia	9,3	12	Investigar os resultados de um jogo <i>on-line</i> de ensino na língua inglesa relacionados a conectividade funcional das regiões cerebrais	Ressonância Magnética Funcional (fMRI)	Antes do jogo: a área de Broca foi ativada simultaneamente com o giro frontal inferior esquerdo, a área de Wernicke, giro temporal superior esquerdo, o giro frontal superior esquerdo e o giro temporal superior direito. Após 12 semanas do jogo: área de Broca foi ativada simultaneamente com giro frontal inferior esquerdo, o giro pós-circular esquerdo, o giro sublobar esquerdo e o giro pré-central direito. A área de Wernicke foi simultaneamente ativada com o giro temporal superior esquerdo, o giro cingulado esquerdo, o giro lingual esquerdo, o giro temporal superior direito, o giro temporal médio direito, cerebelo direito, o giro parahipocampal esquerdo, o giro frontal medial direito.

Cowley, Ravaja, 2014, Finlândia	24,7	35	Avaliar a probabilidade da aprendizagem declarativa por meio de índices psicofisiológicos de atenção, excitação, vigilância e motivação durante um serious game.	Eletroencefalograma (EEG)	Houve uma predominância assimétrica da potência frontal direita sobre a esquerda.
Hostovecky, Babusiak, 2017, Eslováquia	22,9	24	Medir a atividade da onda beta dos participantes durante o <i>serious game</i> (2D e 3D) focado no aprendizado de língua inglesa.	Eletroencefalograma (EEG)	Maior atividade de ondas beta na área frontal.
Mondejar, 2016	8 a 12	12	Analisar como o lobo frontal do cérebro funciona durante cinco tipos de mecânica de jogo.	Eletroencefalograma (EEG)	Foi encontrada ativação das ondas teta quando o jogador é solicitado a dar uma nova resposta, frontal. Também foi observada de ondas beta ao lembrar uma resposta necessária para continuar no jogo na área frontal e em algum ponto em um nível occipital. Foi confirmada uma atividade claramente proeminente no nível pré-frontal do cérebro que está relacionada às funções executivas.
Derbali, Frasson, 2012, Canadá	26,7	33	Este estudo investigou estratégias motivacionais e a avaliação da motivação dos alunos durante um serious game	Eletroencefalograma (EEG)	Córtex frontal foi ativado nas atividades de tomada de decisões rápidas sob pressão e a região central do cérebro parece ser a mais solicitada quando se utiliza uma abordagem de solução de problemas mais “generalizada”.

Çakır et al, 2016, urquia	12	11	Estudo do papel do córtex pré-frontal durante uma tarefa aritmética baseada em jogos.	Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS)	O metabolismo cerebral nas regiões pré-frontais é otimizado com nível suficiente de treinamento, e à medida que a tarefa se torna progressivamente mais familiar, seu desempenho provoca menos atividade neuronal no córtex pré-frontal.
Cole, Yoo e Knutson, 2012, EUA	25,3	57	Compreender os efeitos gerais da <i>Re-Mission</i> sobre a ativação de circuitos neurais relacionados à recompensa	Ressonância magnética funcional (fMRI)	Início do jogo: regiões de projeção mesolímbica foram ativadas, incluindo o núcleo caudado e o núcleo accumbens, bem como uma sub-região do giro para-hipocampal. Durante o jogo, os sujeitos mostraram ativação prolongada das regiões do tálamo, ínsula anterior, putâmen e motoras, acompanhadas por ativação reduzida no córtex pré-frontal parietal e medial. Compensação da jogabilidade interativa ativou a ínsula anterior e o cíngulo anterior.

Fonte: Elaborado pelas autoras

3 Discussão

O estudo de Çakır, Çakır, Ayaz e Lee (2016) encontrou que o metabolismo na região pré-frontal é aumentado inicialmente, porém a partir do momento em que o indivíduo cria familiaridade com o jogo existe uma redução na atividade pré-frontal. Cole, Yoo e Knutson (2012) também encontraram uma redução da atividade do córtex pré-frontal. A literatura aponta que esta redução da atividade é denominada de hipofrontalidade transitória e, apesar de ainda necessitar de estudos que possam aprofundar mais sobre este achado, a literatura afirma que a atividade frontal é proporcional às demandas da tarefa (ULRICH ET AL., 2014; MICHAILIDIS, BALAGUER-BALLESTER E HE, 2018; CAUSSE, 2017).

Cole, Yoo e Knutson (2012) encontraram a ativação de regiões mesolímbica e região para-hipocampal no início do jogo. Pesquisas neurocientíficas sugeriram que a antecipação de uma recompensa extrínseca ativaria o sistema mesolímbico aumentando a liberação de dopamina fásica no sistema de memória hipocampal (MURAYAMA;

KITAGAMI, 2014). Este processo favorece a consolidação da memória, pois esta região é responsável por construir representações internas com base de informações sensoriais recebidas e/ou experiências anteriores. Tem papel importante em tarefas que exigem eventos imaginados e que envolvam navegação (MURAYAMA, KITAGAMI, 2014) (ZEIDMAN; MAGUIRE; 2016). Durante o jogo, regiões do tálamo, ínsula anterior, putâmen seriam ativadas, acompanhadas de hipofrontalidade conforme descrito anteriormente.

Hong et al. (2017) relata as modificações nas conexões antes e depois do jogo demonstrando que antes do jogo a área de Broca foi ativada simultaneamente com o giro frontal inferior esquerdo e, a área de Wernicke era simultaneamente ativada com o giro temporal superior esquerdo, o giro frontal superior esquerdo e o giro temporal superior direito. Após 12 semanas do jogo, observou-se que área de Broca foi ativada simultaneamente com giro frontal inferior esquerdo, o giro pós-circular esquerdo, o giro sub-lobar esquerdo e o giro pré-central direito após o jogo.

A área de Wernicke foi simultaneamente ativada com o giro temporal superior esquerdo, o giro cingulado esquerdo, o giro lingual esquerdo, o giro temporal superior direito, o giro temporal médio direito e o cerebelo direito (o giro para-hipocampal esquerdo e o giro frontal medial direito).

O hipocampo é responsável por desenhar associações entre informações novas e antigas de maneira a consolidar as memórias de curto prazo e favorecer o armazenamento a longo prazo (PRENA; REED; WEAVER; NEWMAN, 2018).

Cole, Yoo e Knutson (2012) também refere em seu estudo sobre a ativação da ínsula e conexões. A literatura aponta que a ínsula anterior teria um papel importante no que se refere à cognição socioemocional, sendo relatado em vários estudos de neuroimagem no que diz respeito à empatia nas expressões de dor, medo, ansiedade, nojo e felicidade. Outros achados relacionados à ativação da conexão da ínsula juntamente com o córtex orbitofrontal refere-se à função de tomada de decisão associadas a ambientes incertos, as chamadas decisões de risco, como no caso de jogos.

A ativação da ínsula juntamente com o córtex cingulado anterior em sua porção dorsal e a amígdala é observada, muitas vezes, em resposta a estímulos excêntricos e concorrentes com a função de identificar os estímulos mais relevantes (UDDIN; NOMI; HEBERT-SEROPIAN; GHAZIRI; BOUCHER, 2017).

Mondejár (2016) realizou um estudo específico para verificar o comportamento do córtex pré-frontal e verificou que existe uma ativação mais generalizada quando ocorrem em situações que provoquem uma mudança na concentração, períodos de estresse ou frustração quando ocorre falhas, situações em que há análise de informação, relacionadas às funções executivas, também verificado por Derbali e Frasson (2012).

Hostovecky e Babusiak (2017) também observaram um aumento de ondas beta, relacionadas a mais ansiedade, energia, desempenho e concentração na região frontal. Neste aspecto, a literatura corrobora com os achados de Mondejár (2016) apontando que é bem aceito que os lobos frontais geralmente estão envolvidos quando as tarefas são

complexas, têm demandas novas ou requerem considerável atenção (CAUSSE, 2017). Outra função do córtex pré-frontal está relacionada a sua ativação durante situações de alta carga mental, maior necessidade de vigilância e tarefas que induzem o estresse mental (CAUSSE, 2017).

Cowley e Ravaja (2014) verificaram que houve uma assimetria do hemisfério direito a que os autores atribuíram que poderia ter sido ocasionado porque o jogo induz uma abordagem cognitiva mais imaginativa, ativando mais o hemisfério direito. A literatura aponta que as regiões cerebrais direitas são necessárias para a integração semântica, para o processamento de linguagem e metáforas figurativas e para a extração de inferências sobre eventos que ocorrem no campo de histórias e da imaginação (BENEDETTI ET AL., 2015).

Estudos recentes apontam que a organização do cérebro humano é projetada para a eficiência de maneira a minimizar o custo de processamento da informação, por meio da divisão do córtex em módulos anatomicamente localizados com regiões interconectadas e maximizar a capacidade de adaptação (BARBEY, 2018).

Esta proximidade espacial reduz o comprimento das projeções axonais aumentando a velocidade de transmissão do sinal, limitando falha global do sistema, permitindo a flexibilidade cognitiva, conferindo uma vantagem adaptativa. No entanto, para que estes módulos possam ter funções coordenadas em todo sistema é importante que haja uma arquitetura de rede para que as informações possam ser processadas globalmente de maneira que a eficiência local possa ser complementada pela eficiência global integrando informações (BARBEY, 2018).

Conclusão

Os estudos encontrados apontaram que há ativação mais predominante da região frontal durante os jogos. No entanto, não são ativações isoladas demonstrando a organização cerebral em rede. Cada ativação vai depender das características dos jogos utilizados para avaliação. Muitos dos estudos utilizaram o eletroencefalograma, talvez por ser um recurso mais barato, de fácil transporte e que favorece a sua utilização para atividades dinâmicas como os jogos. Instrumentos que possam avaliar as conexões mais profundas poderiam trazer mais achados.

Tais achados podem contribuir para prática pedagógica na medida que fundamentam que os jogos e a gamificação podem favorecer a memória, a tomada de decisão, empatia e aumenta a conectividade cerebral de maneira a melhorar as associações pelos estudantes, podendo ser um recurso poderoso em sala de aula.

Referências

- BARBEY, Aron K. Network neuroscience theory of human intelligence. **Trends in cognitive sciences**, v. 22, n. 1, p. 8-20, 2018.
- BENEDETTI, Francesco et al. Right hemisphere neural activations in the recall of waking fantasies and of dreams. **Journal of sleep research**, v. 24, n. 5, p. 576-582, 2015.
- BUSSO, Daniel S.; POLLACK, Courtney. No brain left behind: Consequences of neuroscience discourse for education. **Learning, Media and Technology**, v. 40, n. 2, p. 168-186, 2015.
- CAUSSE, Mickael et al. Mental workload and neural efficiency quantified in the prefrontal cortex using fNIRS. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 5222, 2017.
- COLE, Steven W.; YOO, Daniel J.; KNUTSON, Brian. Interactivity and reward-related neural activation during a serious videogame. **PLoS one**, v. 7, n. 3, p. e33909, 2012.
- COWLEY, Benjamin; RAVAJA, Niklas. Learning in balance: Using oscillatory EEG biomarkers of attention, motivation and vigilance to interpret game-based learning. **Cogent Education**, v. 1, n. 1, p. 962236, 2014.
- DERBALI, Lotfi; FRASSON, Claude. Assessment of learners' motivation during interactions with serious games: a study of some motivational strategies in food-force. **Advances in Human-Computer Interaction**, v. 2012, p. 5, 2012.
- HONG, Ji Sun et al. English language education on-line game and brain connectivity. **ReCALL**, v. 29, n. 1, p. 3-21, 2017.
- HOSTŮVECKÝ, M.; BABUŠIAK, B. Brain activity: beta wave analysis of 2D and 3D serious games using EEG. **Journal of Applied Mathematics, Statistics and Informatics**, v. 13, n. 2, p. 39-53, 2017.
- HOWARD-JONES, Paul et al. Neuroeducational research in the design and use of a learning technology. **Learning, Media and Technology**, v. 40, n. 2, p. 227-246, 2015.
- HOWARD-JONES, Paul A. et al. Gamification of learning deactivates the default mode network. **Frontiers in psychology**, v. 6, p. 1891, 2016.
- MICHAILIDIS, Lazaros; BALAGUER-BALLESTER, Emili; HE, Xun. Flow and immersion in video games: The aftermath of a conceptual challenge. **Frontiers in psychology**, v. 9, 2018.
- MONDÉJAR, Tania et al. Correlation between videogame mechanics and executive functions through EEG analysis. *Journal of biomedical informatics*, v. 63, p. 131-140, 2016.

MURAYAMA, Kou; KITAGAMI, Shinji. Consolidation power of extrinsic rewards: reward cues enhance long-term memory for irrelevant past events. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 143, n. 1, p. 15, 2014.

PRENA, Kelsey et al. Game Mechanics Matter: Differences in Video Game Conditions Influence Memory Performance. **Communication Research Reports**, v. 35, n. 3, p. 222-231, 2018.

SAILER, Michael et al. How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. **Computers in Human Behavior**, v. 69, p. 371-380, 2017.

SEABORN, Katie; FELS, Deborah I. Gamification in theory and action: A survey. **International Journal of human-computer studies**, v. 74, p. 14-31, 2015.

UDDIN, Lucina Q. et al. Structure and function of the human insula. **Journal of clinical neurophysiology**, v. 34, n. 4, p. 300, 2017.

ULRICH, Martin et al. Neural correlates of experimentally induced flow experiences. **Neuroimage**, v. 86, p. 194-202, 2014.

ZEIDMAN, Peter; MAGUIRE, Eleanor A. Anterior hippocampus: the anatomy of perception, imagination and episodic memory. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 17, n. 3, p. 173, 2016.

ÇAKIR, Murat Perit et al. Behavioral and neural effects of game-based learning on improving computational fluency with numbers: An optical brain imaging study. **Zeitschrift für Psychologie**, v. 224, n. 4, p. 297, 2016.