



Jogos digitais e aprendizagem em química: uma análise a partir da revisão sistemática da literatura

Digital games and learning in chemistry: an analysis based on a systematic literature review

Alan Carlos Rocha Pacheco^{1,*} , Hawbertt Rocha Costa²

1.Universidade Federal do Maranhão – Laboratório de Pesquisa em Ensino Digital para Ciências - Bacabal (MA), Brasil.

2.Universidade Federal do Maranhão – Centro de Ciências de Bacabal - Bacabal (MA), Brasil.

*Autor correspondente: alanpacheco9017@gmail.com

Editores de Seção: David Antonio da Costa , e Maria Consuelo Alves Lima

Recebido: 08 Out. 2024 | Aprovado: 13 Dez. 2024

Como citar: PACHECO, Alan Carlos Rocha; COSTA, Hawbertt Rocha. Jogos digitais e aprendizagem em química: uma análise a partir da revisão sistemática da literatura. Ensino & Multidisciplinaridade, São Luís, v. 10, n. 2, e0724, 2024. <https://doi.org/10.18764/2447-5777v10n2.2024.7>.

RESUMEN

Diante das dificuldades recorrentes no ensino de Química, marcadas pela abstração dos conteúdos e pelo desinteresse de muitos estudantes, cresce o interesse por estratégias pedagógicas mais dinâmicas e interativas, como o uso de jogos digitais. Nesse contexto, este estudo investigou como os jogos digitais contribuem para a aprendizagem em Química por meio de uma revisão sistemática da literatura. Foram analisados 49 artigos publicados entre 2011 e 2021 nas bases SCOPUS, Web of Science, ACS Publications e Portal de Periódicos CAPES. O tratamento e análise dos artigos coletados foi realizada sob a ótica da análise de conteúdo, por meio da codificação e categorização dos dados analisados. Os resultados revelaram que os jogos digitais atuam como ferramentas potenciais para o ensino, promovendo engajamento, revisão de conteúdos e apoio a outras estratégias pedagógicas, contribuindo para o melhor desempenho dos estudantes nas aulas de Química.

Palabras clave: Jogos digitais; Ensino de química; Aprendizagem; Revisão sistemática da literatura.

ABSTRACT

Given the recurring challenges in Chemistry education characterized by the abstract nature of the content and the lack of student interest there is a growing demand for more dynamic and interactive teaching strategies, such as the use of digital games. In this context, this study investigated how digital games contribute to learning in Chemistry through a systematic literature review. A total of 49 articles published between 2011 and 2021 were analyzed from the SCOPUS, Web of Science, ACS Publications, and CAPES Portal databases. The treatment and analysis of the collected articles were conducted using content analysis, through the coding and categorization of the data. The results revealed that digital games function as potential tools for teaching, fostering student engagement, content review, and support for other pedagogical strategies, thus contributing to improved student performance in Chemistry classes.

Keywords: Digital games; Chemistry teaching; Learning; Systematic literature review.

INTRODUÇÃO

O uso de jogos digitais na escola desafia os professores a lidarem com alunos imersos em tecnologias, exigindo estratégias que estimulem o interesse e favoreçam a aprendizagem. Para que esses recursos alcancem seu potencial, é necessário um planejamento cuidadoso que leve em conta fatores como o tipo de jogo, o nível de ensino e o conteúdo abordado (Whitton, 2010). Nesse contexto, os jogos se destacam como ferramentas lúdicas capazes de tornar o processo educativo mais envolvente e motivador (Oliveira; Dutra; Aquije, 2023). Ainda assim, muitos docentes questionam se essas ferramentas realmente contribuem para a aprendizagem, em comparação com outros métodos de ensino. Tal resistência pode estar relacionada à falta de preparo dos professores e às limitações de infraestrutura, especialmente entre alunos de baixa renda, o que dificulta a inserção efetiva dos jogos digitais nas aulas (Bates, 2017).

Quando se trata do ensino de Química, os desafios se intensificam, dada a complexidade conceitual da disciplina. Diante disso, este artigo busca contribuir com os estudos relacionados ao uso de jogos digitais voltados para o ensino de química e os seus impactos na aprendizagem de quem os joga. Neste cenário, compreendemos os jogos digitais como experiências interativas e lúdicas, estruturadas por regras e operadas por sistemas computacionais, nas quais os jogadores exploram mundos virtuais, tomam decisões e enfrentam desafios, em uma dinâmica que pode favorecer o engajamento e a construção do conhecimento.

Para isso, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com o objetivo de identificar trabalhos que explorassem a aplicação desses jogos na disciplina, analisando de que forma eram utilizados e de que maneira contribuíam para o processo de aprendizagem. Conforme Petticrew e Roberts (2006), a RSL organiza e interpreta um grande volume de informações, permitindo identificar lacunas de pesquisa e direcionar novos estudos. Este método foi escolhido por reunir evidências sobre o tema já investigado, possibilitando conclusões mais fundamentadas.

Diante do exposto, a pesquisa teve como objetivo geral analisar como os jogos digitais contribuem para a aprendizagem em Química, com base em artigos publicados entre 2011 e 2021. Os objetivos específicos incluíram identificar produções científicas sobre o tema, analisar os impactos na aprendizagem e verificar a fundamentação teórica pedagógica nos estudos selecionados. A pergunta norteadora da investigação foi: De que forma os jogos digitais voltados para o ensino de Química têm contribuído com a aprendizagem, a partir da análise de artigos científicos publicados entre 2011 e 2021?

JOGOS DIGITAIS COMO FERRAMENTAS PEDAGÓGICAS

Desde a infância, a maioria das pessoas já teve contato com jogos, o que gera uma familiaridade universal, mas também dificulta a formulação de uma definição única e consensual para o termo “jogo” (Michael; Chen, 2006). Salen e Zimmerman (2012) o definem como “um sistema no qual os jogadores se envolvem em um conflito artificial, definido por regras, que resulta em um resultado quantificável” (p. 96). Suits (2005) também destaca a importância das regras, afirmando que jogar envolve alcançar um objetivo por meios permitidos que são menos eficientes, adotados voluntariamente. Diante da dificuldade de se estabelecer uma definição única, alguns autores optam por elencar características comuns aos jogos. McGonigal (2012) aponta metas, regras, sistema de feedback e participação voluntária. Já Whitton (2010) menciona dez elementos: competição, desafio, exploração, fantasia, metas, interação, resultados, pessoas, regras e segurança. Caillois (2017) vê o jogo como uma atividade livre, incerta e regrada, enquanto Boller e Kapp (2018) destacam objetivo, desafio, regras, interatividade e feedback como essenciais, além de efeitos emocionais nos jogadores.

No caso dos jogos digitais, Schuytema (2008, p. 7) afirma que:

Um game é uma atividade lúdica composta por uma série de ações e decisões, limitado por regras e pelo universo do game, que resultam em uma condição final. As regras e o universo do game são apresentados por meios eletrônicos e controlados por um programa digital. As regras e o universo do game existem para proporcionar uma estrutura e um contexto para ações de um jogador. As regras também existem para criar situações interessantes com o objetivo de desafiar e se contrapor ao jogador

Corroborando com essas ideias, Juul (2019) aponta a construção de mundos fictícios controlados pelo algoritmo como outra característica distintiva dos jogos digitais, que, ao contrário dos analógicos, compartilham seus mundos a partir do imaginário dos jogadores (Juul, 2019; Salen; Zimmerman, 2012). Juul (2019) também argumenta que a forma de representação difere entre jogos físicos e digitais, mesmo que as regras sejam as mesmas: os jogos digitais apresentam elementos gráficos e interativos que envolvem recursos computacionais.

Em síntese, defendemos que o jogo digital é uma atividade lúdica interativa mediada por dispositivos eletrônicos e controlada por algoritmos, composta por regras explícitas e um universo ficcional, no qual os jogadores realizam ações e tomam decisões, em uma dinâmica que pode proporcionar o engajamento e a construção do conhecimento. Esses jogos podem ou não ter uma condição final definida (jogos como *MineCraft* e *The Sims* não tem condição final definida), sendo estruturados para oferecer objetivos claros, desafios, feedbacks imediatos, e possibilidades de exploração ou criação. Nos jogos analógicos não há feedback imediato, ao menos um dos jogadores precisa conhecer as regras, não é controlado por algoritmos e os jogadores, caso decidam e estejam em acordo, podem modificar as regras. Deste modo, jogar jogos digitais envolve experimentação, construção de significados e desenvolvimento de habilidades. Por conta disso, passaram a ser utilizados não apenas para entretenimento, mas também para informar, treinar e educar, aproveitando seu potencial de engajamento e motivação (Reali; Campos, 2018; Michael; Chen, 2006).

Se tratando da classificação de jogos educativos e/ou pedagógicos, também não há um consenso definitivo, por isso, concordamos com a definição de Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018) que classificam os jogos em educativos informais e formais. Os informais promovem a aprendizagem de forma espontânea, sem uma sistematização didática. Já os formais são orientados por objetivos educacionais específicos e podem ser subdivididos em: Jogos didáticos, que não alteram seu conteúdo original, mas são empregados de forma sistematizada no processo de ensino; e Jogos pedagógicos, desenvolvidos com intencionalidade educativa desde sua concepção, incorporando conteúdos escolares em sua estrutura.

Inserir esses jogos no contexto educacional é um desafio, pois os sistemas de ensino ainda fazem uso de ferramentas e sistemas avaliativos de ontem, tentando formar pessoas para o amanhã, enquanto os jovens exercitam essas habilidades em jogos e ambientes virtuais. Essa visão é herdada da era industrial, que separa trabalho e diversão, gerando resistência ao uso de jogos em sala, vistos por alguns educadores como elementos “divertidos demais” para o ensino. Vale ressaltar que, isso não é culpa dos professores, visto que enfrentam um sistema engessado e pouco valorizado (Mattar, 2010).

Conforme foram avançando as pesquisas na área, foi possível perceber que o aprendizado precisava se aproximar da diversão e prazer proporcionados pelos jogos para conseguir engajar os alunos. Neste contexto, as metodologias que utilizam os jogos digitais despertam e incentivam um comportamento de curiosidade nos jogadores, que pode se traduzir na aprendizagem dos conteúdos escolares, por meio de um recurso tecnológico atrativo e prazeroso para o desenvolvimento de habilidades cognitivas (Mattar, 2010; Alves, 2008; Lima; Moita, 2011).

O aprendizado por meio de jogos difere do ensino tradicional: ele valoriza a tentativa e erro, o aprendizado entre pares, a ausência de figuras de autoridade e a lógica *just in time*, onde o conhecimento é adquirido quando necessário (Michael; Chen, 2006; Mattar, 2010). Considerando que muitos professores não têm familiaridade com essa ferramenta, o planejamento de sua aplicação requer atenção aos estilos de ensino e de aprendizagem, reconhecendo que diferentes fatores impactam o processo educativo (Mattar, 2010).

A motivação gerada pelos jogos foi fundamental para sua entrada na educação, ajudando a recuperar o interesse dos alunos (Prensky, 2010, 2012; Mattar, 2010; Gee, 2003; Alves; Coutinho, 2016; Soares, 2015). No entanto, motivar não basta: é necessário que o design do jogo esteja alinhado aos objetivos pedagógicos e que o contexto de uso — incluindo o apoio dos pares e o ambiente de aprendizagem — favoreça a construção do conhecimento (Michael; Chen, 2006; Gee, 2003). Sendo assim, Wu et al. (2012), ao realizarem pesquisas sobre as teorias de aprendizagem em jogos digitais, chegaram a cinco características gerais para que estes sejam usados para o ensino e aprendizagem: o ambiente do jogo deve integrar princípios de aprendizagem eficazes; o ambiente do jogo deve envolver a interação entre os educandos e o jogo; o jogo deve ser um meio para melhorar a aprendizagem; o jogo deve promover a motivação do educando; o jogo deve ser divertido; o jogo deve fornecer oportunidades de aprendizagem por tentativa e erro.

Gee (2009) destaca que os videogames motivam porque unem desafio e aprendizagem de forma envolvente, destacando princípios como: identidade (sentir-se parte do jogo), interação (respostas contínuas ao jogador),

produção e customização (influenciar e adaptar o jogo), riscos sem punição (possibilidade de tentar novamente), progressão de desafios, frustração prazerosa (desafios superáveis), e aprendizagem contextualizada. Além disso, incentivam pensamento sistêmico e colaboração, permitindo performance antes da competência e promovendo uma aprendizagem ativa com significado.

METODOLOGIA

Este artigo adotou como abordagem metodológica uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com foco no uso de jogos digitais no ensino de Química. Segundo Felizardo *et al.* (2017), a RSL busca identificar, selecionar, avaliar e interpretar estudos relevantes sobre um tema específico, seguindo critérios sistemáticos e previamente definidos.

As bases de dados utilizadas foram definidas a partir de reuniões entre os pesquisadores, considerando o acesso institucional e as recomendações metodológicas de Felizardo *et al.* (2017), que sugerem o uso de bases amplamente referenciadas em estudos anteriores. Assim, foram selecionadas: SCOPUS, ACS *Publications*, *Web of Science* e o Portal de Periódicos CAPES.

Após a escolha das fontes, foram elaboradas as *strings* de busca, construídas a partir de palavras-chave representativas do objetivo da RSL. Também foram identificados variações, sinônimos e formas no plural dessas palavras, conforme Borges Júnior (2020). Essas palavras foram combinadas com operadores booleanos “AND” e “OR”, gerando a seguinte *string*: “(chemistry OR química) AND (education OR learning OR teaching OR educação OR aprendizado OR ensino) AND (jogo OR game)”.

Logo após realizar as buscas em cada base de dados pesquisada, todos os estudos retornados foram agrupados e exportados para o software StArt, que organiza informações como título, autores, ano, resumo e fonte do artigo. A partir disso, teve início o processo de seleção.

A etapa inicial, chamada de “etapa zero” por Felizardo *et al.* (2017), consistiu na eliminação de 69 estudos duplicados, resultando em 1.753 registros únicos. Em seguida, procedeu-se à leitura de títulos e resumos, com a exclusão daqueles que não correspondiam ao tema da pesquisa. Foram mantidos 701 estudos, incluindo todos os que abordavam jogos, independentemente da área ou tipo.

Na etapa de revisão da seleção, voltada à aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 617 estudos foram descartados, restando 84 artigos que abordavam especificamente jogos digitais. A exclusão ocorreu principalmente porque muitos artigos tratavam de jogos não digitais, como de tabuleiro ou cartas, que não atendiam aos objetivos deste trabalho.

A seleção final envolveu a leitura completa dos 84 artigos restantes. Nessa etapa, foram eliminados 35 trabalhos que não se enquadravam nos critérios, pois alguns não tratavam de jogos propriamente ditos, mas de aplicativos ou softwares sem elementos lúdicos; outros não abordavam conteúdos de Química. Restaram 49 artigos, que foram codificados de A1 a A49, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Referência dos trabalhos selecionados pela Revisão Sistemática da Literatura

ID	REFERÊNCIA COMPLETA
A1	OSMAN, K.; AINI BAKAR, N. Educational Computer Games for Malaysian Classrooms: Issues and Challenges. Asian Social Science , v.8. n.11, 2012.
A2	CHEE, Y. S.; TAN, K. C. D. Becoming chemists through game-based inquiry learning: The case of legends of alkhimia. Electronic Journal of e-Learning , v. 10, n. 2, p. 185-198, 2012.
A3	FRANCO, J. Online Gaming for Understanding Folding, Interactions, and Structure. Journal of Chemical Education , v. 89, n. 12, p. 1543-1546, 2012.
A4	MAT SIN, N.; TALIB, O.; NORISHAH, T. P. Merging of Game Principles and Learning Strategy using Apps for Science Subjects to Enhance Student Interest and Understanding. Jurnal Teknologi , v. 63, n. 2, 2013.
A5	KUNDUZ, N.; SEÇKEN, N. Development and application of 7E learning model based computer-assisted teaching materials on precipitation titrations. Journal of Baltic Science Education , v. 12, n. 6, p. 784-792, 2013.
A6	BIRCHALL, J.; GATZIDIS, C. The Periodic Table of Elements via an XNA-Powered Serious Game. Lecture Notes in Computer Science , p. 1-28, 2013.

A7	CHEN, M.-P.; WONG, Y.-T., & WANG, L.-C. Effects of type of exploratory strategy and prior knowledge on middle school students' learning of chemical formulas from a 3D role-playing game. Educational Technology Research and Development , v. 62, n. 2, p. 163–185, 2013.
A8	SHUDAYFAT, E. <i>et al.</i> 3D game-like virtual environment for chemistry learning. UPB Sci. Bull. , Series C, v. 77, p. 15-26, 2015.
A9	CRANDALL, P. G. <i>et al.</i> Development of an Augmented Reality Game to Teach Abstract Concepts in Food Chemistry. Journal of Food Science Education , v. 14, n. 1, p. 18–23, 2015.
A10	PAULA, T. V. <i>et al.</i> Proposta educativa utilizando o jogo RPG Maker: estratégia de conscientização e de aprendizagem da química ambiental. Holos , ano 31, v. 8, 2015.
A11	WINTER, J.; WENTZEL, M.; AHLUWALIA, S. Chairs!: A Mobile Game for Organic Chemistry Students To Learn the Ring Flip of Cyclohexane. Journal of Chemical Education , v. 93, n. 9, p. 1657–1659, 2016
A12	CANDIAGO, A.; KAWAMOTO, L. T., JR. Desenvolvimento e validação de um serious game para laboratórios de química. Espacios , v. 37, n. 11, 2016.
A13	CAHYANA, U.; PARISTIWATI, M.; SAVITRI, D.; HASYRIN, S. Developing and Application of Mobile Game Based Learning (M-GBL) for High School Students Performance in Chemistry. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education , v. 13, n. 10, p. 7037–7047, 2017.
A14	CARVALHO, S. de P.; PEDROSA, S. M. P. A.; ROSADO, L. A. S. A produção de jogos eletrônicos para a educação: investigando os bastidores Educação Unisinos , v. 21, n. 3, p. 374-386, set/dez, 2017.
A15	KOH, S. B. K.; FUNG, F. M. Applying a Quiz-Show Style Game To Facilitate Effective Chemistry Lexical Communication. Journal of Chemical Education , 2018.
A16	JONES, O. A. H.; SPICHOVA, M.; SPENCER, M. J. S. Chirality-2: Development of a Multilevel Mobile Gaming App To Support the Teaching of Introductory Undergraduate-Level Organic Chemistry. Journal of Chemical Education , v. 95, n.7, p. 1216–1220, 2018.
A17	SILVA JÚNIOR <i>et al.</i> Interactive Computer Game That Engages Students in Reviewing Organic Compound Nomenclature. <i>Journal of Chemical Education</i> , v. 95, n.5, p. 899–902, 2018.
A18	MELLOR, K. E. <i>et al.</i> The safer chemical design game. Gamification of green chemistry and safer chemical design concepts for high school and undergraduate students. <i>Green Chemistry Letters and Reviews</i> , v. 11, n. 2, p. 103-110, 2018.
A19	HAFIS, M; SUPIANO, A. A. Mobile game design for learning chemical bonds with endless run approach. International Journal of Interactive Mobile Technologies , v. 12, n.8, p. 104-112, 2018.
A20	BÍLEK, M. <i>et al.</i> Balancing chemical equations using sandwich making computer simulation games as a supporting teaching method. Problems of Education in the 21st Century , v. 76, n. 6, p. 779-799, 2018.
A21	SILVA JÚNIOR, J. N. <i>et al.</i> Nomenclature Bets: An Innovative Computer-Based Game To Aid Students in the Study of Nomenclature of Organic Compounds. Journal of Chemical Education , 2018.
A22	EDWARDS, B. I. <i>et al.</i> Haptic virtual reality and immersive learning for enhanced organic chemistry instruction. Virtual Reality , 2018.
A23	WOOD, J; DONNELLY-HERMOSILLO, D. F. Learning chemistry nomenclature: Comparing the use of an electronic game versus a study guide approach. Computers & Education , 2019.
A24	SRISAWASDI, N; PANJABUREE, P. Implementation of Game-transformed Inquiry-based Learning to Promote the Understanding of and Motivation to Learn Chemistry. Journal of Science Education and Technology , 2019.
A25	BIBIC, L. <i>et al.</i> Bug Off Pain: An Educational Virtual Reality Game on Spider Venoms and Chronic Pain for Public Engagement. Journal of Chemical Education , v. 96, n. 7, p.1486–1490, 2019.
A26	SILVA JÚNIOR, J. N. <i>et al.</i> Interactions 500: Design, Implementation, and Evaluation of a Hybrid Board Game for Aiding Students in the Review of Intermolecular Forces During the COVID-19 Pandemic. Journal of Chemical Education , 2020a.
A27	RYCHKOVA, A. <i>et al.</i> Orbital Battleship: A Multiplayer Guessing Game in Immersive Virtual Reality. Journal of Chemical Education , 2020.
A28	FITRIYANA, N. <i>et al.</i> Android-based-game and blended learning in chemistry: Effect on students' self-efficacy and achievement. Cakrawala Pendidikan , v. 39, n. 3, p. 507-521, 2020.
A29	SHOESMITH, J. <i>et al.</i> Organic Fanatic: A Quiz-Based Mobile Application Game to Support Learning the Structure and Reactivity of Organic Compounds. Journal of Chemical Education , 2020.
A30	LEES, M. <i>et al.</i> Green Tycoon: A Mobile Application Game to Introduce Biorefining Principles in Green Chemistry. Journal of Chemical Education , 2020.
A31	TIEMANN, R.; ANNAGGAR, A. A framework for the theory-driven design of digital learning environments (FDDLEs) using the example of problem-solving in chemistry education. Interactive Learning Environments , 2020.
A32	NAZAR, M. <i>et al.</i> Developing an Android-Based Game for Chemistry Learners and Its Usability Assessment. <i>International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)</i> , v. 14, n. 15, 2020.

A33	TOLLE, H. <i>et al.</i> Perceived usability of educational chemistry game gathered via CSUQ usability testing in Indonesian high school students. International Journal of Advanced Computer Science and Applications , v. 11, n. 3, p. 715-724, 2020.
A34	SILVA JÚNIOR, J. N. <i>et al.</i> Time Bomb Game: Design, Implementation, and Evaluation of a Fun and Challenging Game Reviewing the Structural Theory of Organic Compounds. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 2, p. 565-570, 2020b.
A35	SILVA JÚNIOR, J. N. <i>et al.</i> A Hybrid Board Game to Engage Students in Reviewing Organic Acids and Bases Concepts. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 10, p. 3720-3726, 2020c.
A36	SILVA JÚNIOR, J. N. <i>et al.</i> Reactions: An Innovative and Fun Hybrid Game to Engage the Students Reviewing Organic Reactions in the Classroom. Journal of Chemical Education , 2020d.
A37	CLEOPHAS, M. G. <i>et al.</i> Jogo de realidade alternativa (ARG) como estratégia avaliativa no ensino de Química. Investigações em Ensino de Ciências , v. 25, n. 2, p. 198-220, ago.2020.
A38	LUTFI, A. <i>et al.</i> Chemical bonding successful learning using the "Chebo collect game": A case study. Journal of Technology and Science Education , v. 11, n. 2, p. 474-485, 2021
A39	ABUHAMMAD, A. <i>et al.</i> "MedChemVR": A Virtual Reality Game to Enhance Medicinal Chemistry Education. Multimodal Technol. Interact. 2021.
A40	SILVA JÚNIOR, J. N. <i>et al.</i> Design, Implementation, and Evaluation of a Game-based Application for Aiding Chemical Engineering and Chemistry Students to Review the Organic Reactions. Education for Chemical Engineers , 2021.
A41	FERNANDES, R. da S.; GREGÓRIO, J. R. EsteQuiz – um jogo didático para o ensino de estequiometria. Rev. Virtual Quím. v. 13, n. 3, p. 769-776, 2021.
A42	TRAVER, V. J. <i>et al.</i> Educational Videogame to Learn the Periodic Table: Design Rationale and Lessons Learned. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 7, p. 2298-2306, 2021.
A43	HERMANN, J.; KELLER, D. The development, use, and evaluation of digital games and quizzes in an introductory course on organic chemistry for preservice chemistry teachers. Journal of Chemical Education , 2021.
A44	SANTOS, G. P. <i>et al.</i> Mixtures and their separation methods: the use of didactic games, the jigsaw method and everyday life as facilitators to construct chemical knowledge in high school. Orbital: the electronic journal of chemistry . v. 13, n. 5, p. 428-433, 2021.
A45	QIN, T.; COOK, M.; COURTNEY, M. Exploring chemistry with wireless, PC-less portable virtual reality laboratories. Journal of Chemistry Education , 2021.
A46	ELFORD, D.; LANCASTER, S. J.; JONES, G. A. Stereoisomers, not stereo enigmas: a stereochemistry escape activity incorporating augmented and immersive virtual reality. Journal of Chemistry Education , v. 98, p. 1691-1704, 2021.
A47	PIETIKÄINEN, O. <i>et al.</i> VRChem: a virtual reality molecular builder. Applied Sciences , v. 11, 10767, 2021.
A48	GARDUÑO, H. A. S.; MARTINEZ, M. I. E.; CASTRO, M. P. Impact of virtual reality on student motivation in a high school science course. Applied Sciences , v. 11, 9516, 2021.
A49	FALAH, J. <i>et al.</i> Identifying the characteristics of virtual reality gamification for complex educational topics. Multimodal Technologies and Interaction , v. 5, 53, 2021.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

A análise dos dados foi realizada por meio da Análise de Conteúdo, conforme Bardin (2016), por ser um método capaz de conferir significado aos dados obtidos e contribuir para o alcance dos objetivos da pesquisa. Esse processo se dividiu em duas etapas: exploração do material e interpretação dos dados. Na primeira etapa, os artigos foram lidos integralmente e, com base nas questões da pesquisa, foram extraídas unidades de registro, que são ideias, enunciados ou proposições relacionadas ao uso de jogos digitais no ensino de Química.

Após a extração das unidades de registro, partiu-se para a definição das categorias. O critério de categorização adotado neste trabalho foi do tipo semântico, em que as unidades extraídas foram agrupadas a partir de categorias temáticas, reunindo temas com significados semelhantes (Bardin, 2016). Esse agrupamento resultou em duas grandes categorias: Uso de Jogos e Impactos na Aprendizagem.

Na segunda etapa, foram realizadas inferências a partir dos dados categorizados, à luz do referencial teórico adotado, que inclui autores como Michael e Chen (2006), Whitton (2010) e Mattar (2010), dentre outros. Essa análise buscou identificar convergências e divergências nos estudos revisados e responder às questões norteadoras da pesquisa, como orientado por Bardin (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados os resultados da pesquisa com base nas categorias e subcategorias previamente definidas.

CATEGORIA I: USO DOS JOGOS

Os resultados desta categoria estão organizados por subcategorias, com suas respectivas unidades de registro e citações representativas. A categorização foi realizada a partir do agrupamento das unidades de registro extraídas dos textos, permitindo que um mesmo artigo se enquadre em mais de uma unidade.

SUBCATEGORIA I: JUSTIFICATIVA PARA A UTILIZAÇÃO DOS JOGOS

Como mostra o Quadro 2, os principais motivos para a utilização de jogos digitais no ensino de Química foram: enfrentamento de dificuldades dos alunos na disciplina, busca por alternativas ao ensino tradicional, valorização dos jogos como recurso inovador e o incentivo provocado pelo avanço das tecnologias.

Quadro 2 - Descrição da subcategoria “Justificativa para a utilização do jogo”

CATEGORIA: Uso dos Jogos		
SUBCATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO	TRABALHOS
Justificativa para a utilização do jogo	Dificuldades na disciplina de química	A1, A7, A8, A9, A11, A17, A24, A28, A34, A35, A36, A39, A40, A41, A42, A44, A46, A49
	Críticas ao método tradicional	A1, A2, A7, A10, A11, A24, A37, A38, A39, A42, A49
	Avanço no uso de tecnologias	A16, A28, A32

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Autores como Gee (2003), Prensky (2010), Brougère (2003), Boller e Kapp (2018) destacam o potencial dos jogos digitais para promover a aprendizagem. Para Prensky (2010), por exemplo, os alunos aprendem mais com jogos do que na escola, enquanto Gee (2003) aponta que, mesmo sem perceber, os jogadores aprendem ao jogar. Nos artigos analisados, essa visão também se reflete: 18 trabalhos utilizaram jogos digitais para superar dificuldades na aprendizagem de Química. O trabalho A35, por exemplo, afirma que “infelizmente, muitos estudantes consideram o currículo de Química como abstrato, difícil de aprender e sem relação com o mundo em que eles vivem” (Silva Junior et al., 2020a, p. 1) - A35 e os jogos, nesses casos, surgem como uma alternativa para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem.

Ainda neste contexto, observou-se que 10 trabalhos justificam o uso dos jogos digitais no ensino de Química como sendo uma forma de diversificar o modo considerado tradicional de ensino. Como exemplo desses casos, têm-se o trabalho que traz que “os métodos tradicionais de ensino não conseguem, em seu âmago, engajar e motivar os alunos em sua totalidade, por isso se torna imprescindível diversificar esses métodos” (Cleophas et al., 2020, p. 199). O A10 (Paula, 2015) exemplifica esse modelo tradicional como aulas expositivas com apresentações em PowerPoint, enquanto o A11 (Winter; Wentzei; Ahluwalia, 2016) aponta que o ensino de Química, nesses moldes, pode dificultar a compreensão, já que os conteúdos nem sempre são acessíveis por livros didáticos ou palestras formais.

Mattar (2010) defende que o ensino precisa se aproximar do entretenimento para engajar os alunos, e os jogos cumprem esse papel ao respeitar diferentes estilos de aprendizagem. Contudo, Michael e Chen (2006) lembram que ainda há resistência quanto ao uso de jogos em sala, principalmente pelos céticos que não se convenceram de que os jogos podem ensinar algo útil ou ainda por não terem garantias de que os jogos podem ensinar tão bem ou melhor em comparação com os métodos tradicionais. Para esses autores, os jogos promovem uma aprendizagem

diferente, baseada em tentativa e erro, interação entre pares e autonomia, rompendo com a lógica unidirecional do ensino tradicional.

Por fim, três trabalhos, A16, A28, A32 (Jones; Spichkova; Spencer, 2018; Fitriyana et. al, 2020; Nazar, 2020), justificam o uso dos jogos pela necessidade de integrar as tecnologias digitais à educação, destacando o papel dos jogos como estratégia para aproveitar dispositivos como celulares e tablets de forma pedagógica. O artigo A16, por exemplo, pontua que a tecnologia transformou muitas áreas da vida moderna e a educação não é exceção, mas apesar disso, “no contexto de sala de aula, celulares e tablets são frequentemente vistos como problemas devido ao uso desses itens poderem facilmente distrair os estudantes e perturbar o processo de aprendizagem” (Jones; Spichkova; Spencer, 2018, p. 1). Dessa forma, propõem um uso adequado desses dispositivos aliados aos jogos digitais.

SUBCATEGORIA 2: DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Esta subcategoria aborda a origem dos jogos utilizados nos artigos analisados. A maioria (28 trabalhos) relatou o uso de jogos desenvolvidos pelos próprios autores. Nove utilizaram jogos já existentes, três discutiram jogos apenas em termos teóricos, A1, A4, A14 (Osman; Ainibakar, 2012; MaT Sin, 2013; Carvalho; Pedrosa; Rosado, 2017), e um, A19 (Hafis; Supianto, 2018), descreveu o desenvolvimento do jogo, mas sem aplicação com alunos.

Quadro 3 - Descrição da subcategoria “Desenvolvimento do jogo”

CATEGORIA: Uso dos Jogos		
SUBCATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO	TRABALHOS
Desenvolvimento do jogo	Jogos desenvolvidos e aplicados	A2, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A16, A17, A18, A21, A22, A24, A25, A27, A29, A30, A31, A32, A34, A35, A36, A39, A42, A45, A46
	Jogos já existentes	A3, A13, A15, A20, A23, A38, A43, A44, A48
	Trabalhos teóricos	A1, A4, A14
	Desenvolvido e não aplicado	A19

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Segundo Salen e Zimmerman (2012), uma abordagem simples e poderosa para o desenvolvimento de jogos é o design iterativo, definido como “um método em que as decisões de design são tomadas com base na experiência de jogar um jogo durante seu desenvolvimento” (p. 27). Ela enfatiza a criação de protótipos e os testes de jogabilidade, permitindo que o designer identifique pontos fortes e fracos e realize os ajustes necessários para aprimorar o jogo.

Nesse sentido, Boller e Kapp (2018) destacam que, no caso de jogos de aprendizagem, o processo de criação deve ser colaborativo, envolvendo todos os participantes no design, desenvolvimento e aplicação. Muitas vezes, os envolvidos são educadores que compreendem as necessidades pedagógicas dos alunos, mas não dominam aspectos técnicos da criação de jogos digitais. Por isso, é fundamental a colaboração entre game designers e profissionais da educação, garantindo maior precisão e valor instrucional ao jogo (Michael; Chen, 2006). Essa necessidade de cooperação é abordada em três artigos, A1, A4, A14 (Osman; Ainibakar, 2012; MaT Sin, 2013; Carvalho; Pedrosa; Rosado, 2017), como no A14 (Carvalho; Pedrosa; Rosado, 2017), que destaca o potencial de jogos eletrônicos e aplicativos para o ensino de conceitos químicos, especialmente quando químicos e designers participam desde as etapas iniciais. No Quadro 3, 28 trabalhos relataram o uso de jogos desenvolvidos pelos próprios autores, com aplicação em sala de aula, alinhando conteúdos de Química ao formato lúdico, e colhendo o feedback dos jogadores para futuras melhorias, prática alinhada ao design iterativo.

A segunda unidade de registro mais comum foi o uso de jogos digitais já existentes, identificada em 9 artigos. Esses jogos, criados por terceiros, incluem tanto jogos educativos adaptados ao ensino de Química quanto jogos originalmente voltados ao entretenimento. Ao contrário dos jogos pedagógicos de aprendizagem, que são projetados com objetivos educacionais claros, os de entretenimento priorizam a diversão e não têm compromisso direto com resultados pedagógicos (Boller; Kapp, 2018). No entanto, Ramos e Cruz (2018) e Reis, Ribeiro e Costa (2020) defendem que o potencial educativo de um jogo pode estar no contexto de uso, e não necessariamente

em seu design. Ou seja, até mesmo jogos não educativos podem promover aprendizagens, dependendo da forma como são integrados ao ensino.

Deste modo, Whitton (2010) propõe diretrizes essenciais na utilização de jogos de entretenimento na educação. Segundo a autora, é importante que o mundo do jogo seja apropriado ao conteúdo, estimule a aprendizagem ativa e a exploração, e ofereça oportunidades para reflexão e suporte contínuo. Ela destaca ainda que a aprendizagem colaborativa é um elemento-chave nesse processo. Sem um planejamento adequado, o uso desses jogos pode gerar obstáculos ao invés de benefícios. No artigo A3 (Franco, 2012), por exemplo, os autores relatam que o jogo utilizado, por não ter sido desenvolvido com fins educacionais, apresentava recursos que dificultavam os objetivos de aprendizagem, especialmente quando proposto como tarefa extraclasse. Nesses casos, o acompanhamento do professor é essencial, o que reforça a necessidade de suporte contínuo, para que o aluno consiga explorar o jogo com mais autonomia.

SUBCATEGORIA 3: PÚBLICO-ALVO

Esta subcategoria agrupou os trabalhos de acordo com o público-alvo que o jogo digital era destinado. De acordo com o Quadro 4, os artigos que traziam jogos digitais voltados a alunos do Ensino Superior apareceram com maior frequência, com 26 trabalhos; aqueles voltados para o Ensino Médio foram 18 trabalhos e apenas 1 para o Ensino Fundamental.

Segundo Whitton (2010), a maioria das práticas e pesquisas relacionadas ao uso de jogos digitais na educação tem sido desenvolvida com crianças, e muitas vezes as conclusões são generalizadas quando os jogos são aplicados com adultos. Por exemplo, costuma-se afirmar que os jogos são altamente motivadores ou que os alunos gostam de aprender por meio deles. No entanto, a autora destaca que é fundamental reconhecer as diferenças entre os estudantes do Ensino Médio e do Ensino Superior, principalmente em relação às suas abordagens de estudo e motivações para aprender. Essa distinção é essencial para compreender o verdadeiro potencial dos jogos digitais na aprendizagem de cada um desses segmentos.

Algumas premissas devem ser levadas em consideração em relação ao aprendizado dos alunos adultos, como por exemplo, eles precisam saber por quê estão aprendendo algo, precisam também estar no comando do seu próprio aprendizado; suas atividades devem levar em conta as suas experiências anteriores, precisam aplicar uma habilidade ou conhecimento no mundo real, além de que os adultos também são focados em tarefas e aprendem melhor em atividades de aprendizagem para alcançar os resultados que desejam. Dessa forma, as vezes é criada uma barreira entre os jogos e a aprendizagem, por acharem que os jogos são superficiais ou inapropriados para a educação (Whitton, 2010).

Quadro 4 - Descrição da subcategoria "Público-alvo"

CATEGORIA: Uso dos Jogos		
SUBCATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO	TRABALHOS
Público - alvo	Ensino Médio	A2, A5, A6, A7, A8, A10, A13, A17, A24, A25, A28, A33, A34, A38, A41, A42, A44, A47
	Ensino Superior	A3, A9, A11, A12, A15, A16, A17, A18, A21, A23, A26, A27, A29, A30, A32, A34, A35, A36, A37, A39, A40, A43, A45, A46, A48, A49
	Ensino Fundamental	A20

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A análise dos artigos revelou que os jogos digitais vêm sendo reconhecidos como ferramentas de aprendizagem não apenas para crianças, mas também para adolescentes e adultos. A maioria dos jogos era voltada para o Ensino Superior e o Ensino Médio, com alguns trabalhos abrangendo ambos os níveis, como no artigo A34 (Silva Júnior *et. al.*, 2020), que apresenta um aplicativo trilingue voltado à revisão de compostos orgânicos para estudantes do Ensino Médio e universitários. Apenas um artigo, A20, (Bílek, 2018), teve como público-alvo alunos do Ensino Fundamental, com o objetivo de investigar se um jogo de simulação poderia auxiliar crianças a balancear equações

químicas, mesmo sem contato prévio com conteúdo da área. Os autores relataram resultados satisfatórios, destacando um bom desempenho das crianças nas respostas corretas.

SUBCATEGORIA 4: O QUE O JOGO PROPORCIONA

Esta subcategoria reúne as percepções dos autores sobre os benefícios proporcionados pelos jogos aos alunos. De acordo com o Quadro 5, a motivação foi o aspecto mais citado, presente em 24 trabalhos, seguida pelo engajamento, mencionado em 11. Além disso, 6 estudos destacaram o interesse e a atração gerados pelos jogos, enquanto 3 relataram sua capacidade de fornecer feedback aos jogadores.

Quadro 5 - Descrição da subcategoria “O que o jogo proporciona”

CATEGORIA: Uso dos Jogos		
SUBCATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO	TRABALHOS
O que o jogo proporciona	Engajamento (<i>engagement</i>)	A1, A2, A3, A22, A25, A26, A30, A32, A36, A37, A39
	Motivação	A1, A7, A10, A12, A16, A17, A18, A21, A22, A23, A26, A27, A29, A31, A33, A35, A36, A37, A38, A40, A43, A46, A47, A48
	Atração e interesse	A3, A21, A22, A28, A32, A36
	Feedback	A37, A39, A40

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A motivação foi o aspecto mais destacado nos trabalhos analisados, sendo apontada como um dos principais benefícios dos jogos digitais na educação. O artigo A38 (Lutfi, 2021) ressalta que, quando bem projetados, os jogos são efetivos para motivar a participação ativa dos alunos. O A37 (Cleophas et. al., 2020) destaca um jogo de realidade alternativa que estimula atenção e motivação para explorar e aprender, enquanto o A23 (Wood; Donnelly-Hermosillo, 2019) enfatiza o papel dos jogos em despertar o interesse por conteúdos considerados difíceis.

Ribeiro (2012) observa que a desmotivação dos alunos tem preocupado os professores, contribuindo para o fracasso escolar. No ensino de Ciências, Cachapuz *et al.* (2005) afirmam que abordagens tradicionais, que transmitem uma visão empobrecida da ciência, reforçam esse desinteresse. Como alternativa, o uso de jogos digitais tem sido incorporado ao ensino de Química como forma de tornar as aulas mais atrativas e envolventes.

Segundo Contreras-Espinosa e Eguia-Gomes (2016), a motivação é essencial para que a aprendizagem ocorra efetivamente. Ela pode ser intrínseca, quando impulsionada pelo prazer da atividade, ou extrínseca, quando há busca por recompensas. Nos jogos digitais, ambas podem coexistir: a experiência lúdica favorece a motivação intrínseca, enquanto elementos como prêmios, emblemas e moedas digitais oferecem estímulos extrínsecos (McGonigal, 2012).

Embora reconheça o potencial motivador dos jogos, Whitton (2010) alerta para a importância de considerar também seus aspectos pedagógicos, que vão além da motivação:

Muita atenção é frequentemente dada aos benefícios motivacionais percebidos sem considerar a adequação pedagógica. É crucial que, ao usar jogos digitais para o aprendizado, a justificativa educacional esteja clara e seja comunicada aos estudantes, o jogo tem que ser a forma mais apropriada e efetiva de ensinar e aprender (Whitton, 2010, p. 192).

Além da motivação, o engajamento foi outro aspecto frequentemente citado nos artigos analisados. Segundo Benyon *et al.* (2005), o engajamento está relacionado à imersão e ao envolvimento proporcionado por experiências marcantes, como a leitura de um bom livro ou a participação em um jogo desafiador. O artigo A36 (Silva Júnior *et al.*, 2020) exemplifica isso ao afirmar que o jogo desenvolvido pelos autores é uma ferramenta inovadora para revisar reações orgânicas de forma divertida e colaborativa, promovendo o engajamento dos estudantes. Essa discussão também se aproxima dos trabalhos que destacaram a capacidade dos jogos de despertar interesse e atrair os alunos, ao oferecer uma abordagem mais envolvente para o ensino de Química. Nesse sentido, os jogos digitais cumpriram seu papel ao tornar o conteúdo mais acessível e interessante.

Outros trabalhos também ressaltaram benefícios como a oferta de feedback durante a experiência de jogo, como nos artigos A37, A38 e A40 (Cleophas *et. al.*, 2020); Lutfi *et. al.*, 2021; Silva Júnior *et. al.*, 2021). O A37 (Cleophas *et. al.*, 2020), por exemplo, descreve um “Jogo de Realidade Alternativa” que fornece feedback contínuo aos jogadores, contribuindo para a aprendizagem. Essa característica está alinhada com Whitton (2010), que destaca o potencial dos jogos digitais - e das tecnologias educacionais em geral - em oferecer interações e feedbacks essenciais para o ciclo de aprendizagem.

CATEGORIA II: IMPACTOS NA APRENDIZAGEM

Esta categoria reúne as unidades de registro relacionadas aos efeitos do uso de jogos digitais no processo de aprendizagem.

SUBCATEGORIA I: FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS

Nessa subcategoria, foram agrupadas as unidades de registro que mencionam teorias ou fundamentos pedagógicos utilizados como base para a inserção dos jogos digitais nas práticas educativas. No Quadro 6, observa-se uma diversidade de abordagens, sendo a teoria construtivista a mais recorrente, presente em 7 artigos. Em seguida, destacam-se 6 trabalhos que abordaram a aprendizagem ativa e 3 que utilizaram o modelo instrucional 5E (Engaje-Envolver; Explore-Explorar; Explain-Explicar; Elaborate- Elaborar; Evaluate - Avaliar).

Quadro 6 - Descrição da subcategoria “Fundamentos pedagógicos”

Categoria – Impactos na Aprendizagem		
SUBCATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO	TRABALHOS
Fundamentos Pedagógicos	Perspectiva construtivista	A2, A7, A8, A10, A31, A43, A46
	Modelo instrucional 5E	A7, A24, A28
	Aprendizagem ativa	A7, A21, A24, A29, A40, A46
	Abordagem de aprendizado centrado no estudante	A8, A32
	Abordagem de aprendizado híbrido	A16, A28
	Resolução de problemas	A18, A31

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Segundo Whitton (2010), compreender a perspectiva construtivista requer entender que as pessoas aprendem construindo suas próprias concepções sobre o mundo, especialmente por meio da resolução de problemas e da descoberta pessoal. A autora ressalta ainda que o design de ambientes digitais de aprendizagem é amplamente influenciado pelo construtivismo, e que muitos jogos digitais podem ser considerados ambientes de aprendizagem com base nessa abordagem. Nesse sentido, Gee (2009) acrescenta que bons videogames possibilitam aos jogadores atuarem como produtores ativos de conhecimento, permitindo-lhes personalizar sua própria experiência de aprendizagem.

Entre os trabalhos que discutem o construtivismo na aplicação de jogos digitais, destaca-se o artigo A10 (Paula, 2015), no qual os autores desenvolveram um jogo com realidade aumentada, alinhado à teoria construtivista. Segundo eles, esse formato possibilitou investigar não apenas o conteúdo aprendido, mas também como os alunos aprendiam. De forma semelhante, o artigo A31 (Tiemann; Annaggar, 2020) chama atenção para a ausência de fundamentos teóricos no design de muitos jogos educacionais, frequentemente devido à falta de conhecimento pedagógico por parte dos designers. Para enfrentar esse desafio, os autores criaram o jogo *Alchemist*, levando em consideração a progressão da aprendizagem por meio da resolução de problemas, os princípios do construtivismo e a teoria da autodeterminação.

No mesmo contexto, alguns estudos destacaram como os jogos digitais podem favorecer a aprendizagem ativa. O artigo A40 (Silva Júnior *et. al.*, 2020), por exemplo, utilizou um jogo com o objetivo de aumentar o interesse

dos alunos nas aulas de química orgânica, incentivando sua participação ativa. Já no artigo A24 (Srisawasdi; Panjaburee, 2019), a proposta envolveu um jogo digital baseado em uma abordagem da aprendizagem ativa e investigativa, característica da aprendizagem ativa.

De acordo com Bacich e Moran (2018), o ser humano aprende ativamente desde a infância, por meio de experiências concretas que posteriormente são ampliadas e generalizadas, ou através de ideias e teorias que são aplicadas em situações reais. Os autores reforçam que toda aprendizagem demanda uma atitude ativa por parte do estudante e do professor, exigindo diferentes formas de movimentação, motivação, análise e aplicação. Nesse sentido, a aprendizagem baseada em questionamentos e experimentações tende a proporcionar uma compreensão mais profunda, embora o ensino transmissivo ainda mantenha seu valor em determinados contextos.

Complementando essas ideias, Gee (2003) aponta dois fatores que influenciam o aprendizado ativo e crítico por meio dos jogos: o design interno do jogo e o ambiente social ao redor do jogador. Ambos os aspectos, positivos ou negativos, afetam diretamente a experiência de aprendizagem. Whitton (2010) também sugere diretrizes para um design de jogos eficaz na educação, destacando que o jogo deve apoiar a aprendizagem ativa, incentivar a exploração, promover engajamento, oferecer oportunidades de reflexão, ser adequado ao contexto de ensino e proporcionar uma experiência justa e com suporte contínuo aos usuários.

Outro destaque na análise foi a presença do Modelo Instrucional 5E (Engaje-Envolver; Explore-Explorar; Explain-Explicar; Elaborate- Elaborar; Evaluate - Avaliar), adotado em três trabalhos. Essa abordagem, também de base construtivista, promove a aprendizagem por investigação por meio de cinco fases: engajamento, exploração, explicação, elaboração e avaliação (Patro, 2008). No artigo A7 (Chen; Wong; Wang, 2013), o modelo 5E foi utilizado como estrutura pedagógica no design do jogo RPG *The Alchemist's Fort*, voltado para o ensino de fórmulas químicas e com foco na motivação e desempenho dos alunos. Já o artigo A24 (Srisawasdi; Panjaburee, 2019) empregou o modelo na construção do *Factory Game*, com o objetivo de promover tanto a compreensão conceitual quanto o engajamento dos estudantes por meio da investigação.

Houve ainda outras unidades de registro menos frequentes, aparecendo em dois trabalhos cada, mas que também possuem semelhanças com as que já foram discutidas anteriormente, como a abordagem de aprendizado centrado no estudante, A8, A32 (Shudayfat *et. al.*, 2015; Nazar *et. al.*, 2020), aprendizado híbrido, A16, A28 (Jones; Spichkova; Spence, 2018; Fitriyana, 2020), e resolução de problemas, A18, A31 (Mellor *et. al.*, 2018; Tiemann; Annggar, 2020).

SUBCATEGORIA 2: CONTEÚDOS DE APRENDIZAGEM

Esta subcategoria reuniu as unidades de registro que indicavam quais conteúdos de Química foram abordados nos jogos digitais. Conforme o Quadro 7, a Química Orgânica foi o tema mais recorrente, presente em 13 trabalhos. Em seguida, Técnicas de Separação e Bioquímica apareceram em 3 trabalhos cada. Também foram citados conteúdos como Tabela Periódica, A6, A42 (Birchall; Secken, 2019; Traver *et. al.*, 2021), Ligações Químicas, A19, A38 (Hafis; Supianto, 2018; Lutfi *et. al.*, 2021) e Química Medicinal, A39, A49 (Abuhammad *et. al.*, 2021; Falah *et. al.*, 2021), cada um presente em dois estudos.

Quadro 7 - Descrição da subcategoria “Conteúdos de aprendizagem”

Categoria – Impactos na Aprendizagem		
SUBCATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO	TRABALHOS
Conteúdos de aprendizagem	Técnicas de separação	A2, A15, A44
	Bioquímica	A3, A25, A45
	Titulação de precipitação	A5
	Estequiometria	A41
	Tabela periódica	A6, A42
	Fórmulas químicas	A7
	Reações químicas	A8
	Cinética enzimática	A9
	Educação ambiental	A10
	Química Orgânica	A11, A16, A17, A18, A22, A23, A28, A29, A35, A36, A40, A43, A47
	Estereoquímica	A46
	Procedimentos de segurança em laboratório	A12
	Físico-química	A18
	Ligações químicas	A19, A38
	Balanceamento de equações	A20
	Propriedades dos líquidos	A24
	Forças intermoleculares	A26
	Estrutura atômica	A27
	Química verde (processo de biorrefinação)	A30
	Coloides	A32
	Taxa de reação	A33
	Fundamentos da Química I	A37
	Química Medicinal	A39, A49

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

O conteúdo de Química Orgânica foi o mais explorado nos jogos digitais analisados, abrangendo temas como hidrocarbonetos, estrutura e reatividade de compostos, tipos de reações, nomenclatura, bem como ácidos e bases orgânicas. Durante a revisão sistemática, observou-se que muitos trabalhos excluídos, por abordarem jogos não digitais, também tratavam dessa temática, indicando sua alta representatividade no ensino por meio de metodologias alternativas. Tal cenário evidencia a versatilidade dos conteúdos da Química para integração em abordagens didáticas que facilitam a aprendizagem. Além disso, reflete uma mudança na prática docente, em que os professores têm buscado romper com o “conservadorismo didático-metodológico” (Maia; Miyata, 2021), adotando estratégias que colocam o aluno como protagonista da aprendizagem e favorecem sua motivação e engajamento com os conteúdos químicos.

Subcategoria 3: Resultados após a aplicação do jogo

Esta subcategoria reúne unidades de registros que evidenciam quais resultados eram relatados pelos autores dos trabalhos após a aplicação dos jogos digitais. Dentre os achados, destaca-se o aumento nas médias dos testes do grupo experimental em relação ao grupo controle, observado em 6 estudos. Além disso, 5 trabalhos avaliaram positivamente a abordagem adotada, enquanto 4 relataram o cumprimento dos objetivos propostos, apontando impactos positivos na aprendizagem e na receptividade da metodologia (Quadro 8).

Quadro 8 - Descrição da subcategoria “Resultados após a aplicação do jogo”

Categoria – Impactos na Aprendizagem		
SUBCATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO	TRABALHOS
Resultados após a aplicação do jogo	Aumento da média nos testes foi maior no grupo experimental do que no grupo controle	A12, A17, A24, A25, A27, A34
	Os objetivos foram alcançados	A28, A33, A37, A38
	A abordagem foi efetiva	A8, A13
	Classificado positivamente	A22, A26, A46, A47, A48
	Promove a aprendizagem assim como uma aula de resolução de problemas regular	A26, A35
	Resultados satisfatórios	A20, A23, A29
	Mais eficaz que os métodos tradicionais	A5
	Experiências prévias influenciaram nos resultados a respeito do jogo	A6
	Estudantes completamente engajados em observação ativa, treinamento em grupo e construção do conhecimento	A9
	Feedback dos estudantes foi universalmente positivo	A16
	Experiência altamente favorável e envolvente	A18
	Os alunos não tiveram tanto interesse (faltou inserir mais elementos de jogos)	A41
	A eficácia é dependente da atitude, motivação e expectativa do usuário	A42
	Estudantes entendem melhor o conteúdo	A44, A45

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Diversos trabalhos apontaram aumento nas médias dos testes após o uso dos jogos, como A34 (Silva Júnior *et. al.*, 2020), que identificou melhora estatisticamente significativa no grupo experimental, e A27 (Rychkova *et. al.*, 2020), que mostrou maior progresso entre alunos que utilizaram a versão em realidade virtual do *Orbital Battleship*, em comparação com a versão não digital. Esses resultados foram atribuídos à contribuição dos jogos para a aprendizagem de conteúdos de química.

De modo geral, os dados do Quadro 7 revelam efeitos positivos da utilização dos jogos, como a promoção da aprendizagem, A26, A35 (Silva Júnior *et. al.*, 2020a; Silva Júnior *et. al.*, 2020c), o aumento do engajamento dos estudantes, A9, A18 (Crandall, 2015; Mellor *et. al.*, 2018) e a melhora na compreensão dos conteúdos, A44, A45 (Santos *et. al.*, 2021; Qin; Cook; Courtney, 2021). Contudo, o trabalho A41 (Fernandes; Gregório, 2021) apresentou resultados menos satisfatórios, destacando o desinteresse dos alunos, possivelmente pela ausência de elementos motivacionais em um jogo no formato de quiz sobre estequiometria.

Esses achados reforçam o potencial dos jogos digitais como ferramentas pedagógicas capazes de gerar impactos positivos na educação, mas também evidenciam a importância de refletir criticamente sobre seu uso. Como afirmam Ramos e Cruz (2018), a tecnologia por si só não assegura o aprendizado, é essencial considerar o conteúdo, a proposta didática e a mediação pedagógica durante o desenvolvimento e a aplicação do jogo.

SUBCATEGORIA 4: JOGO COMO AUXILIAR DA APRENDIZAGEM

A Subcategoria 4 reúne informações sobre o uso dos jogos digitais como apoio à aprendizagem nos trabalhos analisados. Segundo o Quadro 9, os jogos foram majoritariamente utilizados como ferramentas complementares, integradas a outras estratégias didáticas. A aplicação mais recorrente, presente em 9 estudos, foi seu uso na revisão de conteúdos estudados. Em 7 trabalhos, destacou-se a importância de aulas introdutórias antes do uso dos jogos, para melhor aproveitamento da atividade. Outros 4 estudos ressaltaram os jogos como recursos complementares ao ensino, reforçando seu papel de suporte no processo de aprendizagem.

Quadro 9 - Descrição da subcategoria “Jogo como auxiliar da aprendizagem”

Categoria – Impactos na Aprendizagem		
SUBCATEGORIA	UNIDADES DE REGISTRO	TRABALHOS
Jogo como auxiliar da aprendizagem	Necessidade de aulas prévias	A12, A18, A28, A24, A37, A44, A46
	Revisar conteúdo	A16, A21, A26, A27, A29, A34, A35, A36, A40
	Ferramenta complementar	A25, A26, A27, A34
	Jogos devem ser combinados com outras técnicas	A34

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Os trabalhos analisados destacam o uso dos jogos digitais como ferramentas de apoio à revisão de conteúdos químicos, sem a intenção de substituir métodos tradicionais, mas sim de complementar o processo de aprendizagem. O artigo A40, por exemplo, desenvolveu um jogo interativo para celular com o objetivo de auxiliar estudantes na memorização das reações estudadas ao longo do curso. De forma semelhante, o trabalho A36 (Silva Júnior *et. al.*, 2020d) apresentou o jogo *Reactions* como uma atividade complementar voltada à revisão de reações orgânicas em um ambiente lúdico e colaborativo. Já o artigo A16 (Jones; Spichkova; Spencer, 2018) apontou que o jogo *Chirality-2* foi projetado para permitir que os estudantes aplicassem conceitos previamente aprendidos em sala.

Nos estudos que ressaltaram a necessidade de aulas prévias antes da utilização do jogo, observou-se a preocupação dos autores em identificar o momento adequado da sequência didática, no qual os alunos já possuíam conhecimentos prévios suficientes para se beneficiarem da atividade digital. Assim, os jogos não foram usados como introdução aos conteúdos, mas como parte do desenvolvimento das aulas.

De modo geral, os autores defendem o uso dos jogos como forma de engajar os estudantes, despertando seu interesse pela Química, sem prometer motivação automática. Cruz Junior (2018, p. 118) adverte que é necessário desconstruir a ideia de que práticas educativas mediadas por games são intrinsecamente mais eficazes ou automaticamente atrativas. A motivação, especialmente entre adultos, não decorre apenas da presença de um jogo, mas da clareza de seu propósito. Por isso, é fundamental que a inserção de jogos e mídias digitais no ensino siga critérios bem definidos e planejados, de modo a aproveitar todo o seu potencial (Whitton, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas evidenciam o potencial dos jogos digitais como ferramentas eficazes no processo de ensino e aprendizagem em Química. Sua versatilidade se destaca pela possibilidade de adaptação a diferentes conteúdos e públicos, abrangendo desde o Ensino Médio até o Ensino Superior. Entretanto, para que o jogo possa contribuir com a aprendizagem é necessário que ele forneça subsídios para que o estudante possa construir seus conhecimentos em um ambiente prazeroso e imersivo. Essa condição foi mais frequentemente observada em jogos desenvolvidos pelos próprios autores dos estudos, os quais demonstraram domínio tanto em design de jogos quanto em fundamentos didático-pedagógicos.

Por outro lado, os trabalhos também apontaram desafios relevantes para a implementação dessa abordagem. A limitação de habilidades técnicas por parte de alguns docentes, ainda pouco familiarizados com ferramentas digitais, surge como um entrave à integração dos jogos no cotidiano escolar. Além disso, fatores estruturais como a ausência de dispositivos adequados (computadores, celulares) e de acesso à internet foram frequentemente relatados como obstáculos à eficácia das práticas baseadas em jogos digitais, sobretudo quando estes exigiam conectividade para seu funcionamento.

Importa destacar que, embora alguns estudos critiquem abordagens tradicionais de ensino, nenhum deles propôs a substituição completa dessas metodologias pelos jogos digitais. Ao contrário, os jogos foram concebidos como instrumentos complementares, capazes de enriquecer o processo educativo ao promover maior engajamento e participação dos estudantes nas aulas de Química. Tal postura é coerente com a perspectiva de que as tecnologias educacionais não devem ser encaradas como soluções mágicas, mas sim como recursos que, quando bem planejados e contextualizados, podem fortalecer as práticas pedagógicas existentes.

Quanto às contribuições para o ensino de Química, é notório como os jogos podem servir para estabelecer relações entre os níveis macroscópico e microscópico, aproximar o conteúdo com o cotidiano dos alunos sempre que possível, além de utilizar analogias para fazê-los entender a natureza empírica e muitas vezes abstrata dessa área de conhecimento. Foi possível constatar isso devido à grande quantidade de conteúdos de química que

puderam ser abordados através de jogos digitais. Tais fatores permitiram que a Química fosse ensinada de forma menos monótona, mais atrativa e mais compreensível, contribuindo assim para um melhor desempenho dos alunos nesta disciplina.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Pacheco, ACR; **Curadoria de dados, Análise formal, Obtenção de financiamento, Pesquisa, Metodologia, Administração do projeto, Recursos:** Pacheco, ACR; Costa, HR; **Supervisão:** Costa, HR; **Validação:** Pacheco, ACR; Costa, HR; **Redação - Preparação do rascunho original:** Pacheco, ACR; **Redação - Revisão e edição:** Pacheco, ACR; Costa, HR.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

Não aplicável

FINANCIAMENTO

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALVES, Lynn Rosalina Gama. Relações entre os jogos digitais e aprendizagem. **Revista Educação, Formação e Tecnologias**, Monte da Caparica, v. 1, n. 2, 2008. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1646-933x2008000200002&script=sci_abstract. Acesso em: 10 mar. 2024.

ALVES, Lynn Rosalina Gama.; COUTINHO, Isa de Jesus.; Os desafios e possibilidades de uma prática baseada em evidências com jogos digitais nos cenários educativos. In: ALVES, L.R.G; COUTINHO, I. J. (Org.). **Jogos Digitais e Aprendizagem: fundamentos para uma prática baseada em evidências**. Papirus, Campinas, p. 105-122, 2016.

BACICH, Lilian.; MORAN, José. (orgs). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2016.

BATES, Tony. **Educar na Era Digital: design, ensino e aprendizagem**. Trad. João Mattar. 1 ed. São Paulo: Artesanato Educacional, 2017.

BENYON, David; TURNER, Phil.; TURNER, Susan Ellen. Designing interactive systems: people, activities, contexts, technologies. **Pearson Education: Harlow Essex**, UK, 2005. ISBN: 978-0-321-11629-1.

BOLLER, Sharon.; KAPP, Karl. **Jogar para aprender: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes**. Trad. Sally Tilelli. São Paulo: DVS Editora, 2018.

BORGES JÚNIOR, José de Sá; Jogos Digitais Educacionais: uma revisão sistemática de literatura. **Monografia** (Ciências da Computação), UFGO. Catalão, 2020.

BROUGÉRE, Gilles. **Jogo e educação**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas, 2003.

CACHAPUZ, Antonio; et al. **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAILLOIS, Roger. **Os jogos e os homens**: a máscara e a vertigem. Trad. Maria Ferreira. Petrópolis-RJ: Editora Vozes, 2017.

CLEOPHAS, Maria das Graças; CAVALCANTI, Eduardo. Luiz Dias; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. Afinal de contas, é jogo educativo, didático ou pedagógico no ensino de química/ciências? Colocando os pingos nos "is". In: CLEOPHAS, Maria das Graças; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. (Org.). **Didatização lúdica no Ensino de Química/Ciências** - Teorias de Aprendizagem e outras interfaces. Ied. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018, p. 33-43.

ESPINOSA, Ruth Sofia Contreras; EGUIA-GÓMEZ, José Luiz. Pesquisa da avaliação e da eficácia da aprendizagem baseada em jogos digitais e reflexões em torno da literatura científica. In: ALVES, Lynn Rosalina Gama.; COUTINHO, Isa de Jesus. (Org.) **Jogos Digitais e Aprendizagem**: Fundamentos para uma prática baseada em evidências. Papirus, Campinas, p. 61-76, 2016.

CRUZ JUNIOR, Gilson. A aprendizagem em jogo e o jogo na aprendizagem (ou cinco coisas que você precisa saber sobre games e educação). In: RAMOS, Daniela Karine.; CRUZ, Dulce Márcia. (orgs). **Jogos digitais em contextos educacionais**. 1 ed. Curitiba, PR: CRV, 2018.

FELIZARDO, Katia Romero. *et al.* **Revisão Sistemática da Literatura em Engenharia de Software**: Teoria e Prática; Elsevier, 2017.

GEE, James Paul. **What vídeo games have to teach us about learning and literacy**. Nova York: Palgrave Macmillan, 2003.

GEE, James Paul. Bons vídeos games e boa aprendizagem. **Perspectiva**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 167-178, 2009. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/rp/v27n01/v27n01a09.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

JUUL, Jesper. **Half-real**: videogames entre regras reais e mundos ficcionais. Trad. Alan Richard da Luz. São Paulo: Blucher, 2019.

LIMA, Érika Rossana Passos de Oliveira.; MOITA, Filomena M^a Gonçalves da Silva Cordeiro. A tecnologia e o ensino de química: jogos digitais como interface metodológica. In: DE SOUSA, Robson Pequeno.; MOITA, Maria Gonçalves da Silva Cordeiro.; CARVALHO, Ana Beatriz Gomes (Orgs). **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

MAIA, Maria Vitória Campos Mamede; MIYATA, Edson Seiti. O lúdico e as ciências da natureza no ensino médio. In: SILVA, J. F. M. (org). **O lúdico em redes**: reflexões e práticas no ensino de ciências da natureza. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2021.

MATTAR, João. **Games em educação**: como os nativos digitais aprendem. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MCGONIGAL, Jane. **A realidade em jogo**. Trad. Eduardo Rieche. Rio de Janeiro: BestSeller, 2012.

MICHAEL, David.; CHEN, Sand. **Serious games that educate, train, and inform**. Boston: Thomson Course Technology PTR, 2006.

OLIVEIRA, Iandria Souza; DUTRA, Débora Santos de Andrade; AQUÍJE, G. M. de F. V. Jogos e educação matemática: uma revisão sistemática sobre o uso de jogos nos anos iniciais do ensino fundamental. **Ensino & Multidisciplinaridade**, São Luís, v. 9, n. 1, p. e0223, 1–18, 2023. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ens-multidisciplinaridade/article/view/21332>. Acesso em: 10 mar. 2024.

PATRO, Edward TssK. Teaching aerobic cell respiration using the 5 Es. **The American Biology Teacher**, v. 70, p. 85-87, 2008.

PETTYCREW, Mark.; ROBERTS, Helen. **Systematic reviews in the social the social sciences**: a practical guide. Reino Unido: Backwell Publishing, 2006.

PRENSKY, Mark. **Não me atrapahe, mãe – eu estou aprendendo!**: como os videogames estão preparando nossos filhos para o sucesso no século XXI – e como você pode ajudar!, São Paulo: Phorte, 2010.

PRENSKY, Mark. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. Trad. Eric Yamagute. São Paulo: Senac, 2012.

RAMOS, Daniela Karine; CRUZ, Dulce Márcia. A tipologia de conteúdos de aprendizagem nos jogos digitais: o que podemos aprender? In: RAMOS, D. K.; CRUZ, D. M. **Jogos digitais em contextos educacionais**, 1 ed. Curitiba: CRV, 2018.

REALI, Noeli Gemelli; DE CAMPOS, Karin Cozer. Jogos eletrônicos e a nova ilha da fantasia. In: RAMOS, D. K.; CRUZ, D. M. **Jogos digitais em contextos educacionais**, 1 ed. Curitiba: CRV, 2018.

REIS, Tiago Rodrigues dos; RIBEIRO, Kellye Pereira Ribeiro; COSTA, Hawbertt Rocha. O Equilíbrio entre Design de Games e o Design Instrucional no Desenvolvimento de um Game Pedagógico. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 6, n. 1, p. 282-306, 2020. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2498>. Acesso em: 10 mar. 2024.

RIBEIRO, Marco Aurélio de Patrício. **Técnicas de aprender**: conteúdos e habilidades. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012

SALEN, Katie.; ZIMMERMAN, Eric. **Regras do jogo**: fundamentos do design de jogos. Volume 1 São Paulo: Blucher, 2012.

SCHUYTEMA, Paul. **Design de games: uma abordagem prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. **Jogos e atividades Lúdicas para o ensino de química**. 2. Ed. Goiânia: Kelps. 2015.

SUITS, Bernard. **The grasshopper**: fames, life and utopia. Canadá: Broadview Press, 2005.

WHITTON, Nicolas. **Learning with digital games**: a practical guide to engaging students in higher education. New York: Routledge, 2010.

WU, Wen-Hsiung; WU, Yen-Chun Jim; CHEN, Chun-Yu; KAO, Hao-Yun; LIN, Che-Hung; HUANG, Sih-Han. Review of trends from mobile learning studies: a meta-analysis. **Computers and Education**, Orlando, v. 59, n. 2, p. 817-827. 2012. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ967020>. Acesso em: 10 mar. 2024.