Um jogo para auxiliar na aprendizagem de química orgânica

João Vitor de Souza Chagas[1], Gleber Tacio Texeira[1], Matheus Leal Ribeiro[2], Aura Conci[1]

[1]Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense (UFF)
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

[2]Instituto de Química – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

{joaovsc,glebertt,aconci}@id.uff.br {lealzera}@ufrrj.br

Abstract. *In this paper, the use of educational games for learning the subject of chemistry is addressed. Traditional teaching methods for representing molecules are limited to 2D pictures in books, which can result in difficulty in understanding the spatial structure of the molecule in 3D. This paper presents a playful project for learning organic chemistry. In this game it is possible to assemble molecules and represent them in 3D using the structural formula. The game showed that it has the potential to be used as a complementary methodological tool in the chemistry discipline, is in the process of adjustment and calibration of the time required for the assembly of each phase.*
Keywords: educational games, organic chemistry, gamification.

Resumo. *Neste trabalho, é abordado o uso de jogos educativos para aprendizagem da disciplina de química. Os métodos tradicionais de ensino para representações de moléculas se limitam a figuras 2D em livros, o que pode resultar na dificuldade de compreensão estrutural e espacial da molécula em 3D. Este artigo apresenta um projeto lúdico para aprendizagem de química orgânica. Neste jogo é possível fazer a montagem 3D de moléculas e representá-las utilizando a fórmula estrutural. O jogo mostrou que possui potencial para ser utilizado como uma ferramenta metodológica complementar na disciplina de química. O mesmo está em fase de ajustes e balanceamento da dificuldade de cada nível proposto.*
Palavras-Chave: Jogos educativos, química orgânica, gamificação.

1. Introdução

O uso de jogos voltados para área de aprendizagem de disciplinas escolares vêm tornando-se frequente. Essa popularidade é devido a capacidade de proporcionar uma interação maior do aluno com o conteúdo, gerando um engajamento mais eficiente em disciplinas complexas e resgatando o interesse em aprender [Falkembach et al. 2006, Chagas et al. 2020]. A utilização de tecnologia nos processos de aprendizagem pode proporcionar novas ferramentas de ensino, de forma interativa e acessível, baseada na construção de conhecimento [Tori et al. 2022], diferentemente das formas tradicionais de ensino, no qual a aprendizagem fica restrita ao livro e ao ambiente escolar [Paula et al. 2016]. Apesar das vantagens de utilizar jogos na área de ensino, a implementação de jogos no ambiente escolar como ferramentas metodológicas enfrenta uma grande barreira relacionada com o preconceito de haver relações entre jogos e a problemática de vício, violência e transtornos de atenção [Meira and Blikstein 2020]. Os

jogos educativos vieram para contornar essa barreira, com o objetivo de unir processos de gameficação e educação em um ambiente intuitivo e adaptável para diferentes níveis de aprendizagem, sendo possível a implementação em diversas disciplinas do ensino fundamental, médio e superior [Almeida et al. 2021].

Um jogo educativo, para ser eficiente no processo educacional, deve simular situações desafiadoras que despertem interesse para a resolução de problemas, permitindo aos estudantes uma autoavaliação quanto aos seus desempenhos [Moratori 2003]. Esta interação deve fazer com que todos os jogadores participem ativamente de todas as etapas. Neste cenário, o ensino de química pode ser adaptado para ser um jogo que auxilia estudantes com dificuldade em algumas matérias [Prensky 2021]. A falta de ferramentas efetivas para ensino de química se mostra um grande problema, resultando na frustração dos professores que ensinam esta matéria, por não conseguirem reverter essa situação [Quadros et al. 2011, Souza Freitas et al. 2021].

Neste artigo apresentamos um jogo acessível desenvolvido para *smartphones*. O objetivo deste é auxiliar no aprendizado de química orgânica, em que o jogador é desafiado a montar estruturas tridimensionais de moléculas, posicionando os átomos e ligações no lugar correto. Após a montagem, o jogo mostra informações relacionadas a molécula e habilita a visualização da molécula em 3D. Esse jogo auxilia os estudantes a compreender de forma simples a representação de moléculas na fórmula estrutural, no qual existe uma grande dificuldade para os estudantes entenderem a estrutura de uma molécula apenas com as ilustrações em livros [Greca and Santos 2005, Rodrigues et al. 2011, Gonçalves et al. 2021].

2. Trabalhos relacionados

A utilização de jogos educativos para a disciplina de química pode se tornar uma poderosa ferramenta para auxiliar na aprendizagem e para a fixação do conteúdo. Neste contexto, um jogo tem grande potencial para proporcionar uma melhor abordagem na forma de se aprender, utilizando a Química e Computação como aliadas na busca de conhecimento. Essa atitude gera mais motivação para aprendizagem de química. Isso pode resultar em um melhor rendimento do aluno na disciplina. Isso se concretiza através de apresentações de situações desafiadoras que podem ser apresentadas de forma menos complexas para o estudante [da Cunha 2012, Byusa et al. 2022]. Os jogos voltados para o aprendizado de química se concentram principalmente em dois tipos de mecânicas, a primeira utiliza a mecânica de quiz, composta por perguntas e respostas, e a outra em jogos baseados em turnos geralmente aplicados em *boardgames* e jogos analógicos.

Para a construção deste artigo foi realizado uma busca por trabalhos que utilizem jogos educativos voltados para o ensino de química, priorizando os trabalhos que apresentassem soluções lúdicas, imersivas e interativas para os alunos, atuando como ferramentas metodológicas eficientes [Almeida et al. 2021].

Em 2017, um jogo educativo similar ao tradicional jogo de mesa chamado ”Domino” voltado para o ensino de química inorgânica foi apresentado [dos Santos and Sarinho 2017]. O objetivo deste trabalho era criar uma ferramenta lúdica que unisse diversão com aprendizagem. O projeto inicialmente foi testado com uma versão em papel [Paixão et al. 2012] e em seguida foi desenvolvido uma segunda versão digital utilizando a *Game Engine: Godot*, para a plataforma PC (*Personal Computer*).

Neste jogo, o usuário pode competir com 4 jogadores em rede local. Cada jogador começa com 7 peças e como ocorre no dominó tradicional, o primeiro jogador que esvaziar a mão, ou seja, ficar sem nenhuma peça vence o jogo. Na Figura 1 é possível ver a representação do esquema deste jogo. O jogo possibilitou uma experiência de aprendizagem intuitiva e leve, permitindo a execução em computadores com baixo desempenho e redes menos eficientes. O autor relata que ferramenta se mostrou adequada para complementar e estimular o ensino de química inorgânica para estudantes do ensino médio e vestibulandos.

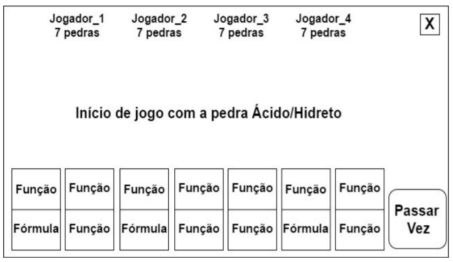

Figura 1. Funcionamento do jogo proposto por [dos Santos and Sarinho 2017].

Em 2020 um jogo educativo voltado para o ensino de química orgânica para estudantes do primeiro ano do ensino superior dos cursos de Quımica, Bioquımica ou Ciências Naturais foi desenvolvido [Shoesmith et al. 2020]. Este jogo foi utilizado como uma ferramenta metodológica para auxiliar na aprendizagem e foi desenvolvido na *Game Engine: Unity* para a plataforma *mobile*. No jogo, o aluno deve responder às perguntas baseadas em textos ou imagens sorteadas aleatoriamente pelo sistema. Para cada pergunta, o usuário deve escolher a alternativa correta dentro das quatro opções disponíveis para escolha. Conforme o usuário acerta, a dificuldade aumenta. A execução deste jogo é mostrada na Figura 2. O jogo demonstrou um grande potencial para ser utilizado como uma ferramenta metodológica para o ensino de química orgânica de forma lúdica. A vantagem deste projeto se dá pela possibilidade de se jogar em dispositivos móveis, isto é pode se jogar e estudar em qualquer lugar.

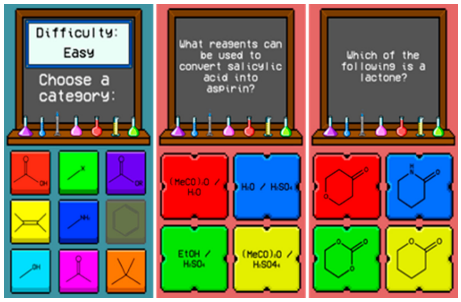

Figura 2. Tela de desafios apresentados dentro do jogo proposto por [Shoesmith et al. 2020].

Em 2021 um jogo educativo direcionado para o ensino de química elementar, voltada para os alunos que estão buscando uma nova ferramenta para auxiliar no estudo de química foi proposto [Fatimah and Hidayah 2021]. Este trabalho foi desenvolvido utilizando a *Game Engine: Unity* e projetado para a PC. Neste jogo, o objetivo principal é

consolidar a memória do estudante sobre os principais elementos químicos e os seus respectivos grupos (famílias) da tabela periódica. Os estudantes precisam mirar e atirar os elementos em seus respectivos grupos, com a finalidade de somar pontos. Caso erre, o grupo perderá pontos e terá que atirar novamente até acertar o grupo correto do elemento. Essa mecânica é eficiente para que o estudante memorize os principais elementos de cada grupo. A Figura 3 mostra a tela de *Gameplay* deste jogo. Segundo os autores, o trabalho apresentou uma alternativa eficaz para ser utilizada como uma ferramenta auxiliar no ensino de química elementar.

Figura 3. Tela da *Gameplay* do jogo proposto por [Fatimah and Hidayah 2021].

3. Desenvolvimento do Jogo Proposto Atomic Games

Neste trabalho apresentamos um jogo educativo, o Atomic Game, para dispositivos móveis com o sistema operacional *Android*. O jogo possui como finalidade fornecer uma ferramenta metodológica para o ensino de química para os alunos de graduação em nível superior e ensino médio, através da montagem e representação das moléculas tridimensionais. O projeto do jogo visa ser acessível aos usuários através do baixo custo do hardware necessário para sua utilização. Objetiva-se com isto criar uma alternativa mais interativa para auxiliar o aprendizado dos estudantes na disciplina de química orgânica em comparação aos métodos tradicionais.

Para o desenvolvimento desta versão do jogo, utilizamos a *Game Engine* Unity 2021 para a criação das mecânicas do jogo, cenários interativos e interface do usuário. Utilizamos o *software* de criação de moléculas PyMOL 2.5 com a finalidade de criar as moléculas tridimensionais, representando corretamente o ângulo de ligação e posicionamento dos átomos respeitando a fórmula estrutural da molécula [Vollhardt and Schore 2013]. Para criar os elementos tridimensionais dentro do jogo e adaptar as estruturas moleculares tridimensionais geradas pelo software PyMOL foi utilizado o *software* de modelagem Blender 2.8.

No jogo, o usuário pode instanciar átomos e ligações necessárias para montar a molécula e completar desafio. Para realizar a montagem, é necessário que o usuário arraste o átomo ou a ligação para a posição correta. Com a finalidade de auxiliar o usuário nesta tarefa, foi implementado um sistema de ajuda de posicionamento dos átomos, conforme mostrado na Figura 4. A Figura 4(a) apresenta um círculo verde indicando a

posição correta do átomo e o círculo vermelho pontilhado representa a área de detecção. Quando o usuário aproxima o átomo dentro desta região, o objeto irá se mover automaticamente para a posição correta, como na Figura 4(b), no qual ocorre o posicionamento correto do átomo de Carbono (C). Nesta versão do jogo, colocamos um molde para auxiliar por onde o usuário pode começar a montagem da molécula. Este molde é representado pelo círculo pontilhado escuro. Com o objetivo de reduzir os possíveis erros que podem acontecer durante a montagem da molécula, foi implementado também um sistema que restringe o número de átomos e ligações que podem ser instanciados. Isso faz com que o usuário só possa instanciar a quantidade correta de elementos para montar a molécula do desafio.

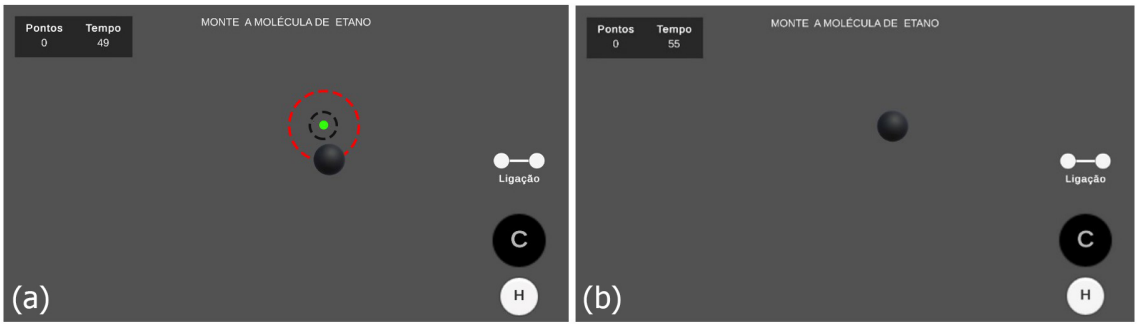

Figura 4. Representação do funcionamento do sistema de posicionamento dos átomos. A Figura(a) representa a área de detecção do sistema, e a Figura(b) mostra o posicionamento correto do átomo para a sua respectiva posição.

Este jogo possui um fluxo de *GamePlay* linear, conforme mostrado na Figura 5, onde o principal objetivo é completar as 5 fases implementadas nesta primeira versão. Conforme o usuário avança para a próxima fase, a dificuldade aumenta. Podendo ser incluído também outros tipos de ligações e diferentes tipos de átomos para formar moléculas mais complexas. As moléculas implementadas nesta versão são:

- Fase 1: Etano (C_2H_6) Dois átomos de Carbono (C), sete átomos de Hidrogênio (H) e seis ligações simples;
- Fase 2: Eteno (C_2H_4) Dois átomos de Carbono (C), quatro átomos de Hidrogênio (H), quatro ligações simples e uma ligação dupla;
- Fase 3: Metanol (CH_3OH) Um átomo de Carbono (C), quatro átomos de Hidrogênio (H), um átomo de Oxigênio (O) e cinco ligações simples;
- Fase 4: Ácido Acético ($C_2H_4O_2$) Dois átomos de Carbono (C), quatro átomos de Hidrogênio (H), dois átomos de Oxigênio (O), cinco ligações simples e uma ligação dupla;
- Fase 5: Fenol (C_6H_6O) Seis átomos de Carbono (C), seis átomos de Hidrogênio (H), um átomo de Oxigênio (O), dez ligações simples e três ligações dupla.

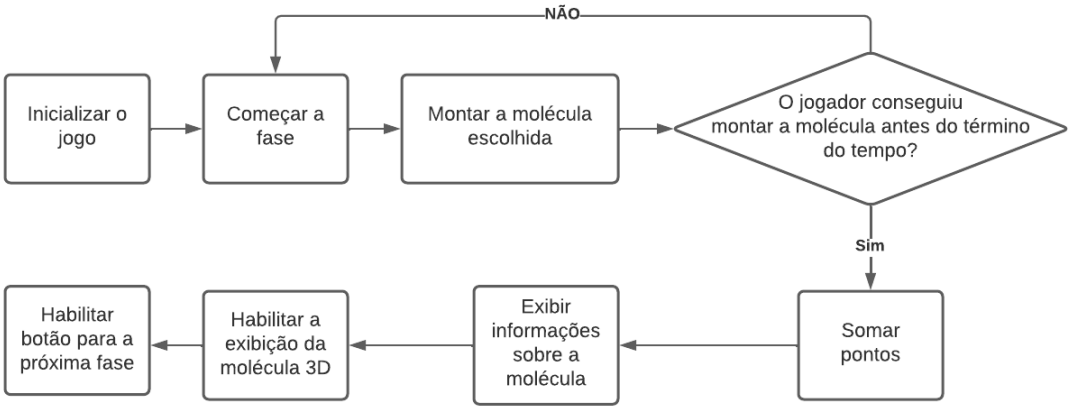

Figura 5. Fluxo da *Gameplay* do jogo.

Na primeira fase do jogo é apresentado o desafio. O usuário deverá completar a montagem da molécula antes que o tempo acabe. Caso o jogador não obtenha êxito, a fase será reiniciada. Caso o jogador consiga completar a fase dentro do tempo estipulado, é realizada uma somatória dos pontos obtidos, que são calculados utilizando o tempo restante da fase, e para cada segundo restante, são somados 10 pontos. No momento em que o usuário completa a montagem da molécula, como mostrado na Figura 6, é habilitada a opção de visualização tridimensional com rotação e informações sobre a molécula montada. Um botão um botão de avançar é ativado para a próxima fase, conforme mostrado na Figura 7.

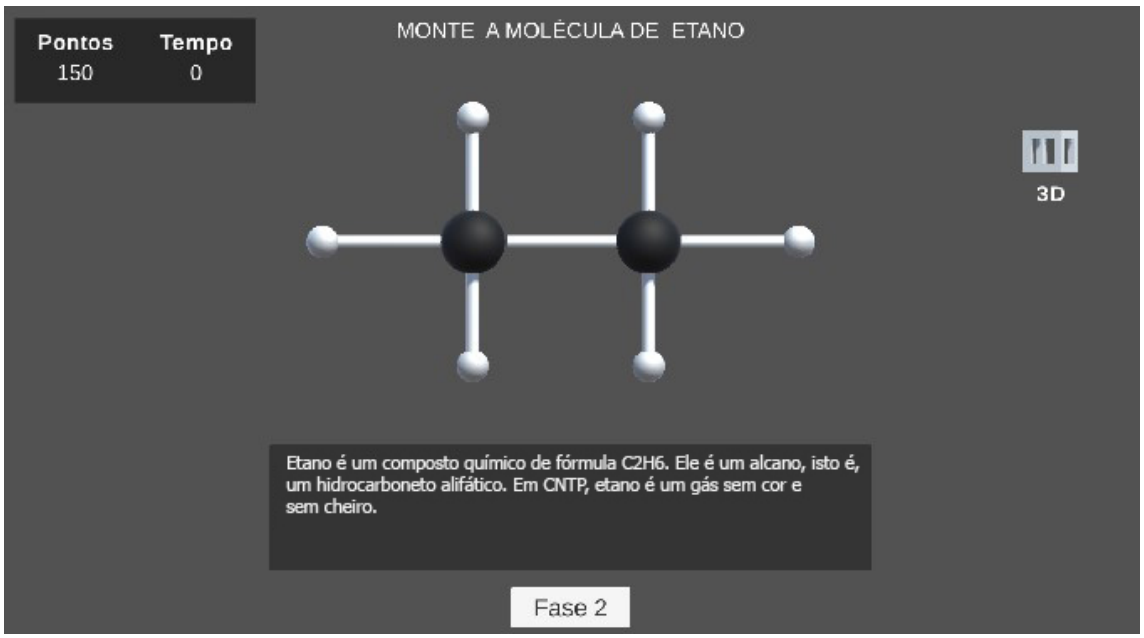

Figura 6. Tela de execução da montagem da molécula 2D do Atomic Game.

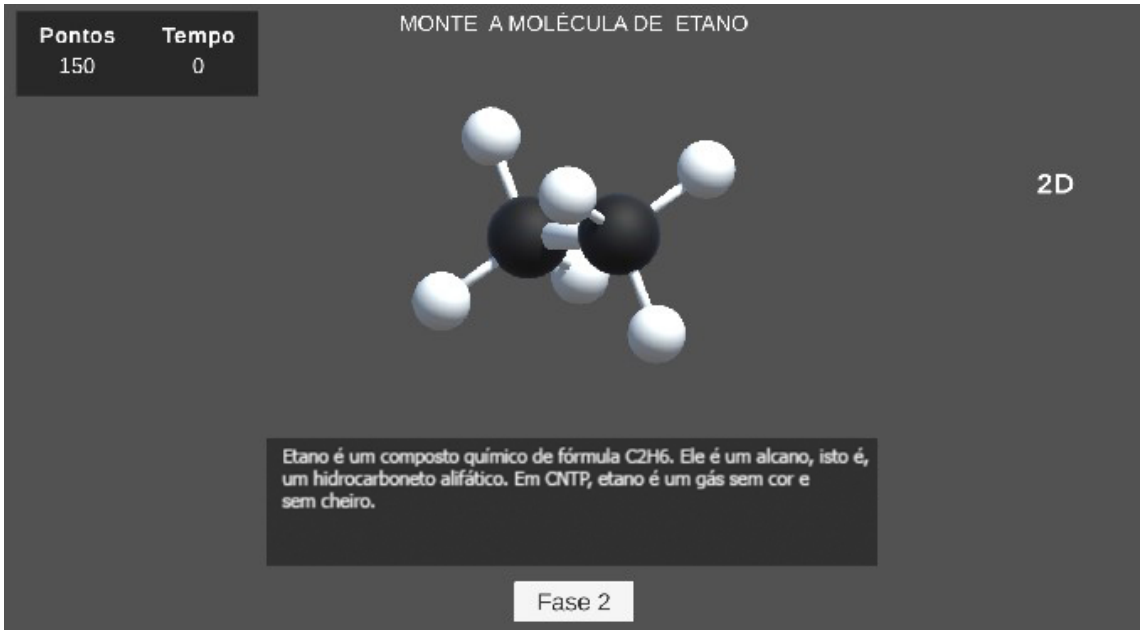

Figura 7. Tela de visualização da molécula 3D do jogo.

3.1. Testes de Validação do Jogo

Para validar o nível jogabilidade e aprendizagem do jogo, realizamos testes com um pequeno grupo de 5 jogadores, composto por alunos de graduação do curso de superior em química. Um formulário de 6 questões foi encaminhado para os participantes do teste. Este formulário foi dividido com o intuito de analisar 2 aspectos. As 3 primeiras perguntas são para avaliar aspectos de jogabilidade e as 3 perguntas restantes são para avaliar aspectos de aprendizagem. As perguntas visam, em uma escala de 1 a 5 medir os níveis de satisfação dos jogadores e sua aprendizagem na disciplina de Química Orgânica. Nessa escala adota-se 1 para insatisfeito e 5 muito satisfeito. No final cada usuário teve que concordar ou discordar das seguintes afirmações:

- É fácil realizar a montagem das moléculas;
- O tempo para montagem de cada molécula é suficiente;
- O sistema de auxílio de posicionamento automático é adequado;
- Este jogo possui um potencial para auxiliar no ensino de química orgânica;
- Este jogo facilita a compreensão da montagem das moléculas;
- A representação da molécula 3D é informativa.

Os resultados da pesquisa estão consolidados na Tabela 1.

4. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo apresenta uma proposta de jogo educativo de química, objetivando proporcionar um maior grau de interatividade e imersão nos estudos. Neste sentido, foi criado o jogo Atomic Game. Esse projeto visa ser utilizado como uma ferramenta metodológica para auxiliar alunos no processo de aprendizagem de química orgânica, com o mínimo investimento em *hardware*. O jogo introduz o aluno em experiência mais imersiva e lúdica através da montagem de moléculas diferentes em relação aos métodos apresentados em livros. O Atomic Game apresenta uma montagem simples de moléculas e desafios que

Tabela 1. Média das avaliações obtidas da pesquisa.

Número	Questão	Média
1	É fácil realizar a montagem das moléculas	4
2	O tempo para montagem de cada molécula é suficiente	3,2
3	O sistema de auxilio de posicionamento automático é preciso	4,6
4	Este jogo possui um potencial para auxiliar no ensino de química	4,4
5	Este jogo facilita na compreensão da montagem da molécula.	4,8
6	A representação da molécula 3D é informativa.	4,2

incentivam o aluno a pensar em um tempo pré-determinado. Atualmente o jogo está em ajuste e calibração dos tempos necessários para a execução de cada fase. Os testes de jogabilidade e aprendizagem foram realizados com um pequeno grupo de alunos de graduação do curso superior de química. O jogo se mostrou promissor na representação e visualização espacial de moléculas usando a fórmula estrutural, na qual os alunos tem maior ter dificuldade para compreender utilizando somente representações gráficas de livros.

Para futuras melhorias do jogo, planeja-se implementar moléculas com maior grau de dificuldades; estender o escopo para química inorgânica; incluir a implementação de um sistema de representação dessas moléculas montadas em Realidade Aumentada e adicionar um sistema de ”Quiz” mesclando montagem e perguntas relacionadas às moléculas escolhidas pelo jogo.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e a FAPERJ por apoiarem esse trabalho.

Referências

Almeida, F. S., de Oliveira, P. B., and dos Reis, D. A. (2021). A importância dos jogos didáticos no processo de ensino aprendizagem: Revisão integrativa. *Research, Society and Development*, 10(4):e41210414309–e41210414309.

Byusa, E., Kampire, E., and Mwesigye, A. R. (2022). Game-based learning approach on students' motivation and understanding of chemistry concepts: A systematic review of literature. *Heliyon*, page e09541.

Chagas, J., Santiago, P., and Conci, A. (2020). Bn anatomy an interactive augmented reality system for learning bone anatomy. *Proceedings of the GET*.

da Cunha, M. B. (2012). Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Química Nova na Escola, São Paulo,[s. L.]*, 34(2):92–98.

dos Santos, N. H. and Sarinho, V. T. (2017). Dominó químico: Jogo educativo para o ensino-aprendizagem das funções químicas inorgânicas. *Proceedings of SBGames*, pages 308–311.

Falkembach, G. A. M., Geller, M., and Silveira, S. R. (2006). Desenvolvimento de jogos educativos digitais utilizando a ferramenta de autoria multimídia: um estudo de caso com o toolbook instructor. *RENOTE*, 4(1).

Fatimah, N. and Hidayah, R. (2021). The development of cihoe game as a learning media in the elemental chemistry material. *International Journal of Active Learning*, 6(2):49–57.

Gonçalves, A. M., dos Santos Silva, C. C., and Gomes, F. (2021). A compreensão de conceitos e modelos de ligações químicas no curso de licenciatura em química–ifg-campus uruaçu. *Scientia Naturalis*, 3(3).

Greca, I. M. and Santos, F. M. T. d. (2005). Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: O caso da física e da química. *Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 10, n. 1 (2005),[15 f.]*.

Meira, L. and Blikstein, P. (2020). *Ludicidade, jogos digitais e gamificação na aprendizagem*. Penso Editora.

Moratori, P. B. (2003). Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem. *UFRJ. Rio de Janeiro*, 4.

Paixão, M. d. F. M., Álvarez, H. M., de Matos Alves, D., and de Sonza Leite, A. R. (2012). Lo lúdicro como estrategia didáctica para el aprendizaje de las funciones de química inorgánica en la enseñanza media en Feira de Santana, Brasil. *Revista Cubana de Química*, 24(2):105–114.

Paula, B. H. d., Valente, J. A., et al. (2016). Jogos digitais e educação: uma possibilidade de mudança da abordagem pedagógica no ensino formal. *Revista iberoamericana de educación*.

Prensky, M. (2021). *Aprendizagem baseada em jogos digitais*. Editora Senac São Paulo.

Quadros, A. L. d., Silva, D. C. d., Andrade, F. P. d., Aleme, H. G., Oliveira, S. R., and Silva, G. d. F. (2011). Ensinar e aprender química: a percepção dos professores do ensino médio. *Educar em Revista*, (40):159–176.

Rodrigues, S. B. d. V., Da-Silva, D. C., and Quadros, A. L. d. (2011). O ensino superior de química: reflexões a partir de conceitos básicos para a química orgânica. *Química Nova*, 34:1840–1845.

Shoesmith, J., Hook, J. D., Parsons, A. F., and Hurst, G. A. (2020). Organic fanatic: a quiz-based mobile application game to support learning the structure and reactivity of organic compounds.

Souza Freitas, J. M. d. A., DUDU, R. E. S. U., and LIMA, J. d. F. (2021). Percepção dos professores quanto ao uso de mídias e tecnologias educacionais como ferramentas facilitadoras no ensino de química: estudo de casos. *Resumo CONEDU. Available at:¡ TRABALHO_EV140_MD7_ SA100_ID6861_17092020120247. pdf (editorarealize. com. br)¿. Accessed on July*, 18.

Tori, A. A., Tori, R., and Nunes, F. L. S. (2022). Serious game design in health education: A systematic review. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, pages 1–21.

Vollhardt, P. and Schore, N. E. (2013). *Química Orgânica: Estrutura e Função*. Bookman Editora.