



QUÍMICA SUSTENTÁVEL: PLATAFORMA GAMIFICADA COM ASSISTENTE INTELIGENTE PARA ENSINO DE QUÍMICA E ODS

Amanda. N.S Da Silva¹, Ana. C. A. D da Silva²; André. H. N³, Nicanor. T. B. Antunes⁴

Escola SESI Dra. Emina Barbosa Mustafa

E-mail: amanda25natalia@gmail.com

Palavras-Chave: Gamificação, Aprendizagem ativa, Educação ambiental.

Introdução

O ensino de Química ainda enfrenta desafios recorrentes relacionados à elevada abstração de muitos de seus conteúdos, à fragmentação entre conceitos microscópicos, macroscópicos e representacionais e à dificuldade de estabelecer conexões entre os conhecimentos químicos e problemas concretos do cotidiano. Nesse cenário, a adoção de metodologias ativas e de estratégias didáticas que favoreçam a participação do estudante, a resolução de problemas e a contextualização do conteúdo tem sido apontada como alternativa relevante para tornar a aprendizagem mais significativa e favorecer o desenvolvimento da autonomia discente. Entre essas estratégias, destacam-se a gamificação e a aprendizagem baseada em jogos, que vêm sendo utilizadas para ampliar motivação, engajamento e participação em diferentes contextos de ensino de Ciências e, de modo particular, no ensino de Química (KALOGIANNAKIS; PAPADAKIS; ZOURMPAKIS, 2021; ELMALI et al., 2025).

No campo da educação química, a literatura recente indica crescimento do uso de abordagens gamificadas e de jogos educacionais como suporte ao ensino de conceitos tradicionalmente considerados complexos. Revisões e estudos de intervenção apontam que tais estratégias podem contribuir para o aumento do interesse dos estudantes, para a melhoria do envolvimento nas aulas e para a criação de ambientes de aprendizagem mais interativos, sobretudo quando associadas a desafios, feedback imediato, progressão por níveis e atividades colaborativas (KALOGIANNAKIS; PAPADAKIS; ZOURMPAKIS, 2021; DA SILVA et al., 2022; ELMALI et al., 2025). Além disso, o uso de jogos em Química possui uma trajetória consolidada, sendo reconhecido como recurso capaz de apoiar a compreensão de conceitos, símbolos e relações entre fenômenos químicos e situações-problema, desde que articulado a objetivos pedagógicos claros (VÁZQUEZ-ESPINOSA et al., 2025).

Paralelamente, a integração entre educação científica e sustentabilidade tem ganhado centralidade nas discussões curriculares, especialmente quando vinculada à Educação para o Desenvolvimento Sustentável e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O tratamento de temas como poluição hídrica, resíduos plásticos, emissão de gases de efeito estufa, contaminação do solo e acidificação ambiental permite que conteúdos de Química sejam trabalhados de forma contextualizada, aproximando o conhecimento científico de desafios socioambientais contemporâneos. Nesse sentido, abordagens baseadas em jogos e tecnologias



educacionais têm demonstrado potencial para promover a educação para a sustentabilidade, favorecendo o engajamento discente com problemas ambientais e a construção de soluções fundamentadas cientificamente (PINEDA-MARTÍNEZ et al., 2023; AHMADOV et al., 2025).

Outro aspecto que vem ampliando as possibilidades pedagógicas em ambientes digitais é a incorporação de assistentes inteligentes e chatbots educacionais. Essas ferramentas podem oferecer apoio imediato ao estudante, responder dúvidas, sugerir materiais complementares e personalizar parcialmente a aprendizagem com base nas dificuldades identificadas durante a atividade. Em educação química, estudos recentes apontam que chatbots e sistemas de tutoria inteligente podem funcionar como mediadores adicionais do processo de aprendizagem, especialmente em tarefas investigativas, laboratoriais ou baseadas em resolução de problemas, ampliando a interação com o conteúdo e o suporte fora da explicação expositiva tradicional (LOLINCO et al., 2023; CHEN et al., 2026).

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma plataforma gamificada com assistente inteligente para o ensino de Química articulado aos ODS, por meio de desafios interativos baseados em problemas ambientais.

Material e Métodos

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e caráter exploratório, voltada ao desenvolvimento de uma ferramenta educacional digital para o ensino de Química articulado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A proposta fundamentou-se em estudos que evidenciam o potencial da gamificação para ampliar o engajamento e a participação dos estudantes, bem como no uso de assistentes conversacionais como suporte ao processo de aprendizagem em Química (DA SILVA et al., 2022; LOLINCO et al., 2023).

Inicialmente, foi definido o escopo pedagógico da ferramenta, selecionando conteúdos de Química relacionados a problemas ambientais e aos ODS. Foram abordados temas como chuva ácida, contaminação da água por óleo, resíduos plásticos, emissão de dióxido de carbono e metais pesados no solo. Esses contextos foram associados a conceitos como pH, óxidos, separação de misturas, polímeros, efeito estufa e biorremediação, buscando aproximar os conteúdos científicos de situações reais e socialmente relevantes.

Na etapa seguinte, foi planejada a estrutura do jogo digital, desenvolvido no formato de cartas. Os estudantes deveriam relacionar problema ambiental, conceito químico, solução sustentável e ODS correspondente. A dinâmica incorporou elementos de gamificação, como sistema de pontuação, rodadas sucessivas, feedback imediato e identidade visual baseada nos ODS, favorecendo uma aprendizagem mais participativa e centrada na resolução de desafios.

O desenvolvimento técnico da plataforma foi realizado em ambiente web utilizando HTML, CSS e JavaScript. A interface foi projetada para apresentar os desafios, registrar as respostas dos participantes, exibir a pontuação e fornecer feedback automático. Além disso, foi integrado um assistente inteligente baseado em inteligência artificial generativa, configurado para



esclarecer dúvidas, explicar conceitos químicos e sugerir materiais de apoio durante a atividade. Sua inclusão foi fundamentada em pesquisas que destacam o potencial de chatbots educacionais para promover feedback imediato e apoiar a construção do conhecimento em ambientes digitais (LOLINCO et al., 2023).

Por fim, a plataforma foi aplicada de forma exploratória com uma turma de 30 estudantes do 2º ano do ensino médio da Escola SESI Dra. Emina Barbosa Mustafa, durante uma atividade do Clube de Ciências. A aplicação teve como objetivo avaliar a funcionalidade, a usabilidade e o potencial didático da ferramenta. Os estudantes participaram das atividades propostas, interagindo com o jogo e utilizando o assistente inteligente quando necessário. A avaliação baseou-se na observação participante e nos registros das interações realizadas, considerando aspectos como clareza da interface, compreensão da dinâmica, associação entre Química e sustentabilidade e potencial do assistente inteligente como recurso de apoio à aprendizagem.

Resultados e Discussão

Como resultado do trabalho, foi desenvolvida a plataforma educacional digital Química Sustentável: Desafio dos ODS, voltada ao ensino de Química em interface com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estruturada em ambiente web e organizada em formato de jogo interativo de cartas. A proposta integrou conteúdos químicos, problemáticas ambientais e soluções sustentáveis em uma dinâmica baseada na associação entre diferentes elementos, permitindo que os estudantes relacionassem conceitos científicos a situações concretas de relevância socioambiental. Entre os temas abordados na plataforma destacaram-se chuva ácida, contaminação da água por óleo, resíduos plásticos, emissão de dióxido de carbono e contaminação do solo por metais pesados, mobilizando conteúdos como pH, óxidos, separação de misturas, polímeros, efeito estufa e biorremediação.





Figura 1. Interface inicial da plataforma Química Sustentável: Desafio dos ODS. Fonte: autores (2026).

Como resultado do trabalho, foi desenvolvida a plataforma educacional digital Química Sustentável: Desafio dos ODS, voltada ao ensino de Química em interface com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estruturada em ambiente web e organizada em formato de jogo interativo de cartas. A proposta integrou conteúdos químicos, problemáticas ambientais e soluções sustentáveis em uma dinâmica baseada na associação entre problema ambiental, conceito químico, solução sustentável e ODS correspondente, permitindo que os estudantes relacionassem conceitos científicos a situações concretas de relevância socioambiental. Sua interface foi construída com elementos visuais inspirados nos ODS, sistema de pontuação, progressão por rodadas e feedback imediato, compondo um ambiente lúdico e interativo para a abordagem de temas como chuva ácida, contaminação da água por óleo, resíduos plásticos, emissão de dióxido de carbono e contaminação do solo por metais pesados, mobilizando conteúdos como pH, óxidos, separação de misturas, polímeros, efeito estufa e biorremediação.

Do ponto de vista estrutural, a plataforma apresentou funcionamento compatível com a proposta pedagógica delineada, com organização visual alinhada à temática da sustentabilidade e à identidade gráfica dos ODS. A dinâmica do jogo favoreceu a apresentação sequencial dos desafios e a associação entre os diferentes elementos das cartas, aspecto importante para a contextualização dos conteúdos e para a compreensão das relações entre Química, sustentabilidade e cotidiano escolar. O formato gamificado, aliado à lógica de progressão por rodadas, contribuiu para tornar a experiência mais interativa, reduzindo a centralidade de uma abordagem expositiva e deslocando o estudante para uma posição mais ativa durante a atividade. Esse resultado está em consonância com estudos que apontam a gamificação como estratégia capaz de favorecer engajamento, motivação e participação ativa em contextos de ensino de Química, sobretudo quando associada a desafios, recompensas e feedback imediato (DA SILVA et al., 2022).

Na aplicação exploratória realizada com 30 estudantes do 2º ano do ensino médio, observou-se boa receptividade à proposta. Os alunos demonstraram interesse pela dinâmica do jogo, participaram ativamente das rodadas e relataram que utilizariam a ferramenta em outros momentos de estudo. Também foi observado um componente competitivo entre os participantes, associado à pontuação e ao avanço no jogo, o que contribuiu para tornar a atividade mais envolvente e lúdica. Além disso, a dinâmica favoreceu maior interação entre os estudantes, melhor participação em trabalho em equipe e envolvimento mais efetivo com os desafios propostos. Tais observações reforçam o potencial da plataforma como recurso didático capaz de ampliar a participação discente e favorecer experiências de aprendizagem mais colaborativas e contextualizadas.

Outro resultado relevante foi o uso do assistente inteligente integrado à plataforma. Embora o jogo tenha sido estruturado a partir de problemas ambientais e conceitos químicos relacionados aos ODS, os registros de interação mostraram que o assistente foi mobilizado pelos



estudantes principalmente para esclarecer dúvidas ligadas a situações do cotidiano e a fenômenos químicos de interesse prático. Entre os exemplos observados estiveram perguntas sobre a reação entre vinagre e bicarbonato de sódio, incluindo sua aplicação em atividades vinculadas à MOBFOG, dúvidas sobre química de alimentos, questionamentos sobre a acidez do limão e sua relação com o contato com a pele, riscos da mistura de produtos de limpeza e formas de compreender o pH do estômago. Esse padrão de uso sugere que o assistente não foi percebido apenas como suporte para o avanço no jogo, mas também como espaço de exploração conceitual mais ampla, acionado para conectar os conteúdos de Química a experiências cotidianas e interesses concretos dos estudantes. Essa observação dialoga com estudos que destacam o potencial de chatbots educacionais para ampliar a exploração de conteúdos, favorecer a personalização da aprendizagem e oferecer suporte sob demanda em atividades de Química (LOLINCO et al., 2023).

No que se refere à articulação entre Química e ODS, observou-se boa integração dos estudantes com essa dimensão da proposta, em parte porque os ODS já vinham sendo trabalhados em outras atividades da escola. Esse aspecto é relevante, pois indica que a plataforma conseguiu dialogar com repertórios e experiências pedagógicas previamente construídos, favorecendo a associação entre conteúdos químicos e temas como poluição, consumo, resíduos, mudanças climáticas e preservação ambiental. Assim, a ferramenta mostrou potencial para funcionar não apenas como jogo de revisão de conteúdos, mas também como recurso de contextualização, ao aproximar conceitos científicos de discussões socioambientais contemporâneas e reforçar a dimensão aplicada da Química no enfrentamento de problemas reais.

Apesar da boa receptividade e do potencial de engajamento observado, a aplicação também evidenciou limites importantes. Mesmo com participação ativa na dinâmica e uso do assistente inteligente, os estudantes ainda demonstraram dificuldades relacionadas à interpretação de questões de vestibular, o que indica que o envolvimento com a ferramenta, por si só, não elimina obstáculos de leitura, interpretação e transposição do conhecimento químico para diferentes gêneros de questão. Esse aspecto é relevante para a discussão pedagógica do recurso, pois sugere que a plataforma pode contribuir para a contextualização, a motivação e o trabalho colaborativo, mas deve ser compreendida como ferramenta complementar, e não substitutiva, de outras estratégias voltadas ao desenvolvimento da leitura científica, da argumentação e da resolução de questões formais.

As observações realizadas durante a aula-teste também permitiram identificar possibilidades concretas de aprimoramento da ferramenta. Entre as sugestões apresentadas pelos estudantes destacaram-se o ajuste do tamanho da fonte para melhorar a visualização dos textos, a adoção de uma paleta de cores mais suave e a ampliação da progressão do jogo, com expansão dos níveis e inserção de novos conteúdos ou desafios diários. Tais apontamentos são relevantes porque revelam não apenas a recepção positiva da proposta, mas também a disposição dos alunos em pensar a continuidade de uso da plataforma, o que reforça seu potencial de permanência como recurso didático e não apenas como atividade pontual.



De modo geral, os resultados indicam que a plataforma apresentou funcionamento adequado, boa aceitação pelos estudantes e potencial para favorecer o engajamento, a contextualização do ensino de Química e a ampliação das interações em torno dos conteúdos trabalhados. A integração do assistente inteligente agregou uma dimensão de apoio personalizado, permitindo que dúvidas emergentes fossem exploradas ao longo da atividade. Entretanto, por se tratar de uma aplicação exploratória, baseada em observação participante e registros de uso, os resultados não permitem afirmar impacto mensurável sobre a aprendizagem ou sobre o desempenho acadêmico dos estudantes. Ainda assim, a experiência evidencia a viabilidade da ferramenta como recurso educacional para uso em sala de aula, clubes de ciências e contextos de estudo autônomo, além de apontar caminhos para investigações futuras que avaliem, de forma mais sistemática, seus efeitos sobre a aprendizagem em Química.

Conclusões

A plataforma Química Sustentável: Desafio dos ODS mostrou-se uma proposta viável para integrar conteúdos de Química, problemáticas ambientais e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em uma experiência gamificada e interativa. A aplicação exploratória indicou boa aceitação pelos estudantes, favorecendo o engajamento, a participação e o trabalho em equipe, além de ampliar as possibilidades de contextualização do ensino de Química com situações do cotidiano e temas socioambientais.

O assistente inteligente agregou potencial de apoio personalizado durante a atividade, auxiliando no esclarecimento de dúvidas e na exploração de conteúdos além do jogo. Embora não tenha sido mensurado o impacto da ferramenta sobre a aprendizagem dos estudantes, os resultados indicam que a plataforma apresenta potencial para uso em sala de aula, clubes de ciências e atividades de estudo autônomo, podendo ser aprimorada e expandida em trabalhos futuros.

Agradecimentos

Agradecemos ao SESI Amazonas, ao Sistema FIEAM e ao Conselho Regional de Química da 14ª Região pelo apoio institucional ao desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- AHMADOV, T. et al. **A two-phase systematic literature review on the use of serious games for sustainable environmental education.** *Interactive Learning Environments*, 2025.
- CHEN, C. M. et al. **An Enhanced AI Chatbot to Facilitate Learning Performance in Chemistry Laboratory Contexts.** *Journal of Science Education and Technology*, 2026.
- DA SILVA, J. C. et al. **Gamification of an Entire Introductory Organic Chemistry Course.** *Journal of Chemical Education*, v. 99, 2022.
- ELMALI, S. et al. **A systematic literature review of game-based approaches in chemistry education (2014–2024).** *Chemistry Education Research and Practice*, 2025.



KALOGIANNAKIS, M.; PAPADAKIS, S.; ZOURMPAKIS, A.-I. **Gamification in Science Education: A Systematic Review of the Literature.** *Education Sciences*, v. 11, n. 1, p. 22, 2021.

LOLINCO, A. T. et al. **Developing a Curated Chatbot as an Exploratory Learning Tool for Writing about Chemistry in Context.** *Journal of Chemical Education*, 2023.

PINEDA-MARTÍNEZ, M. et al. **Impact of Video Games, Gamification, and Game-Based Learning on Sustainability in Education: A Systematic Review.** *Sustainability*, v. 15, n. 17, 13032, 2023.

VÁZQUEZ-ESPINOSA, M. et al. **1925–2024: One Century of Educational Games in Chemistry.** *Journal of Chemical Education*, 2025.

DA SILVA, J. C. et al. **Gamification of an Entire Introductory Organic Chemistry Course.** *Journal of Chemical Education*, 2022.

LOLINCO, A. T. et al. *Developing a Curated Chatbot as an Exploratory Learning Tool for Writing about Chemistry in Context.* **Journal of Chemical Education**, 2023.