



CARTEADO DE LINUS PAULING: ESTRATÉGIA GAMIFICADA PARA A CONSOLIDAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA NO ENSINO DE QUÍMICA

PALMEIRA, Epitacio ¹
SANTOS, Eduardo ²
BERNARDO, Francielle ³

RESUMO: O ensino da distribuição eletrônica apresenta dificuldades recorrentes em função de seu caráter abstrato e da necessidade de articulação entre níveis macroscópico, submicroscópico e representacional. Nesse contexto, desenvolve-se o *Carteado de Linus Pauling*, um recurso digital gamificado voltado à consolidação desse conteúdo no ensino de Química. O estudo tem como objetivo promover a aprendizagem ativa por meio de desafios progressivos associados ao uso de feedback formativo. O protótipo foi desenvolvido em ambiente digital, estruturado em baralhos exclusivos distribuídos automaticamente entre os participantes. A aplicação foi realizada com estudantes de um curso técnico em Química, que acessaram o jogo por meio de dispositivos conectados à internet em atividade de revisão conceitual. Durante a execução, foram utilizados níveis progressivos de dificuldade e feedback imediato como estratégias de mediação da aprendizagem. Observamos que os estudantes participaram ativamente da dinâmica proposta, demonstrando maior envolvimento com as atividades. Encontramos indícios de melhoria na compreensão da distribuição eletrônica, especialmente pela prática orientada e pela possibilidade de revisão imediata dos erros. Analisamos que a organização em baralhos distintos favoreceu a autonomia e reduziu a reprodução mecânica de respostas. Verificamos ainda que a inserção de informações complementares contribuiu para ampliar o interesse e a contextualização do conteúdo. Os resultados indicam que a gamificação estruturada contribui para o fortalecimento da aprendizagem conceitual em Química. A proposta sugere potencial como estratégia didática inovadora, passível de adaptação para outros conteúdos científicos.

PALAVRAS-CHAVE: Gamificação Digital; Ensino de Química; Distribuição Eletrônica; Aprendizagem Ativa; Feedback Formativo.

¹ Graduando em Licenciatura Química, Epitacio Alves Palmeira, Bolsista CAPES, Instituto Federal de Alagoas, *Campus Maceio*, eap1@aluno.ifal.edu.br .

² Formação/atuação profissional Eduardo Lima dos Santos, Bolsista CAPES, Instituto Federal de Alagoas, *Campus Maceio*, eduardo.santos@ifal.edu.br Formação/atuação profissional

³ Francielle Moura de Oliveira Bernardo, Bolsista CAPES, Instituto Federal de Alagoas, *Campus Maceio*, francielle.moura@ifal.edu.br



1 INTRODUÇÃO

O ensino de distribuição eletrônica é visto como um dos temas desafiador no currículo de Química, exigindo dos estudantes a compreensão da ordem energética dos subníveis eletrônicos e a aplicação sistemática de regras específicas de preenchimento. A complexidade conceitual associada a esse conteúdo frequentemente se reflete em dificuldades de aprendizagem, especialmente quando estratégias pedagógicas tradicionais são empregadas de forma isolada. Estudos em educação científica destacam que abordagens que promovem maior participação ativa dos estudantes, como metodologias baseadas em jogos e práticas interativas, podem favorecer a construção significativa do conhecimento e a superação desses desafios [Johnstone 1991; Delizoicov et al. 2002].

Nesse contexto, a gamificação — entendida como a incorporação de elementos típicos de jogos em ambientes educacionais — tem sido reconhecida como estratégia capaz de aumentar o engajamento e a motivação dos estudantes em atividades de aprendizagem, especialmente em Ciência e Tecnologia [Deterding et al. 2011; Kapp, 2012]. A literatura também evidencia que ambientes de aprendizagem que promovem *feedback* imediato e progressão estruturada tendem a favorecer a autorregulação da aprendizagem e o fortalecimento conceitual [Freeman et al. 2014; Hamari, Koivisto & Sarsa 2014].

No cenário brasileiro, autores como Santos e Mortimer [1999] e Carvalho [2013] ressaltam a importância de atividades que estimulem a participação ativa e a reflexão crítica no ensino de Química, integrando conceitos científicos e práticas pedagógicas inovadoras. A partir dessas perspectivas, o presente trabalho apresenta o Carteadado de Linus Pauling, um recurso digital gamificado desenvolvido para dar suporte ao ensino da distribuição eletrônica dos elementos químicos. Assim, o Carteadado de Linus Pauling articula fundamentos teóricos da aprendizagem como da metodologia ativa, p.e. da gamificação, constituindo-se como ferramenta pedagógica inovadora para o ensino de Química na educação básica.

2 METODOLOGIA

A pesquisa caracterizou-se como aplicada, de abordagem qualitativa e natureza exploratória, envolvendo o desenvolvimento, implementação e análise de



um recurso didático digital gamificado voltado ao ensino da distribuição eletrônica. O protótipo foi concebido na plataforma Canva e estruturado em um sistema de baralhos digitais exclusivos, distribuídos automaticamente por ordem de acesso, assegurando percursos individuais e reduzindo a repetição de respostas. Os desafios foram organizados em três níveis progressivos de dificuldade (básico, intermediário e avançado), nos quais os estudantes identificavam a configuração eletrônica a partir do número atômico, recebendo feedback imediato, explicativo e contextualizado, com o erro sendo incorporado como elemento formativo do processo de aprendizagem.

O desenvolvimento do recurso envolveu planejamento pedagógico, definição da arquitetura conceitual do jogo e curadoria dos elementos químicos, com organização dos dados em planilhas digitais contendo informações como número atômico, símbolo e sequência de preenchimento eletrônico. Posteriormente, foram elaborados comandos textuais responsáveis pela lógica de funcionamento do sistema, incluindo a distribuição automática dos baralhos, o mecanismo de bloqueio para evitar repetições e a estrutura de apresentação dos desafios. A implementação ocorreu no ambiente Canva, no qual foram construídas as interfaces visuais, os layouts das cartas e as sequências de interação, organizadas em momentos de resolução e de devolutiva conceitual, além da inserção de curiosidades científicas como estratégia de contextualização.

A aplicação foi realizada com 27 estudantes de um curso técnico em Química do Instituto Federal de Alagoas, em contexto de revisão dos conteúdos relacionados à estrutura eletrônica dos átomos, durante uma aula mediada por dispositivos com acesso à internet. A coleta de dados ocorreu por meio da observação da dinâmica da atividade e da aplicação de um questionário avaliativo, contemplando aspectos como engajamento, progressão de dificuldade, clareza das instruções e utilidade do feedback. Os dados foram analisados de forma descritiva, permitindo identificar evidências de participação ativa, interação entre os estudantes e contribuições do recurso para a compreensão conceitual.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sua principal inovação reside na organização estruturada do desafio cognitivo, articulando individualização do percurso, progressão de complexidade e *feedback* formativo imediato.

Os baralhos são exclusivos, distribuídos automaticamente por ordem de acesso, Figura 1, rompe com a lógica tradicional de atividades homogêneas, nas quais todos os estudantes resolvem os mesmos exercícios simultaneamente. Ao garantir percursos distintos, o sistema promove autonomia cognitiva e reduz a possibilidade de reprodução mecânica de respostas, incentivando o engajamento individual com o conteúdo. Essa estrutura dialoga com concepções contemporâneas de aprendizagem ativa, nas quais o estudante assume papel protagonista no processo formativo.

Figura 1 – Estrutura do baralho



Fonte: Autor, 2026.

A progressão cromática por níveis (verde, amarelo e vermelho), Figura 2, organiza o esforço intelectual de maneira escalonada. Tal organização favorece a manutenção do desafio adequado, evitando tanto a frustração decorrente de complexidade excessiva quanto a desmotivação associada a tarefas demasiadamente simples. Ao estruturar a complexidade das cartas, o jogo estabelece uma regulação implícita da carga cognitiva, contribuindo para uma aprendizagem mais equilibrada e sistematizada.



Outro aspecto central refere-se ao tratamento do erro. Diferentemente de modelos avaliativos tradicionais de correção, o sistema incorpora o erro como parte integrante do processo de aprendizagem. O *feedback* imediato apresenta a configuração correta, explicita possíveis equívocos e contextualiza o elemento químico na tabela periódica, promovendo reorganização conceitual.

Figura 2 – Ilustração caso o aluno erre uma distribuição

Nível Vermelho

Qual é a distribuição eletrônica do elemento Mercúrio ($Z = 80$)?

A) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$

B) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 4f^{14} 6s^2 5d^{10}$

C) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$

D) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 5d^{10}$

✗ Não foi dessa vez!

A distribuição correta é: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$. O mercúrio completa o 5d¹⁰ com configuração regular.

O mercúrio é o único metal líquido à temperatura ambiente!

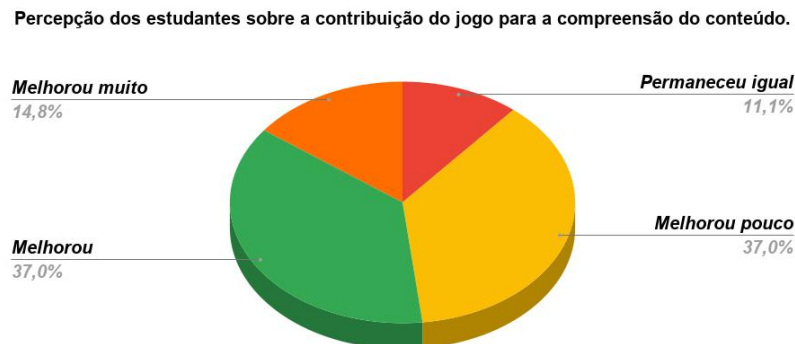
Fonte: Autor, 2026.

Além disso, ao articular prática algorítmica e contextualização informativa sobre os elementos, o jogo evita a redução da distribuição eletrônica a um procedimento mecânico. A presença de informações complementares e curiosidades científicas amplia a compreensão do conteúdo, favorecendo conexões com propriedades periódicas e aplicações químicas, como visto da Figura 2.

No âmbito dos jogos digitais educacionais, a proposta contribui ao apresentar um modelo de gamificação estruturada, no qual a mecânica do jogo é concebida a partir de objetivos pedagógicos claramente definidos. Diferentemente de abordagens centradas exclusivamente na motivação extrínseca, o Carteador de Linus Pauling *organiza* a experiência digital como ambiente de exercício conceitual orientado, alinhando ludicidade e intencionalidade didática.



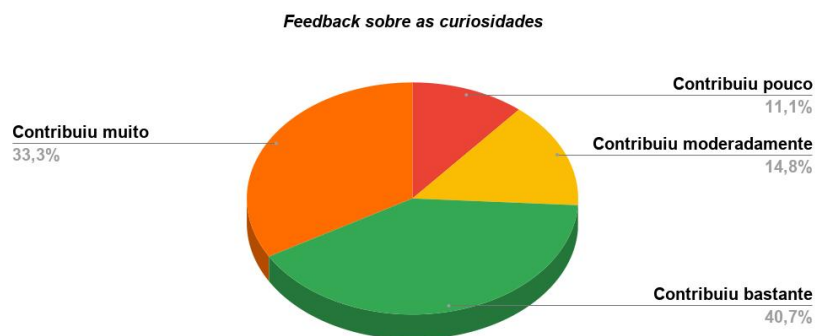
Figura 3 – Percepção dos estudantes sobre a contribuição do jogo para a compreensão do conteúdo.



Fonte: Autor, 2026.

Esse resultado sugere que a dinâmica do jogo contribuiu para reforçar a compreensão conceitual dos estudantes sobre a organização eletrônica dos átomos. Tais resultados estão em consonância com estudos que apontam que atividades gamificadas podem favorecer o engajamento cognitivo e estimular processos de revisão e consolidação de conceitos científicos (KAPP, 2012; HAMARI et al., 2014). Além disso, o fato de os estudantes interagirem repetidamente com desafios relacionados à distribuição eletrônica pode favorecer a aprendizagem significativa, conforme discutido por Ausubel (1968), ao permitir a reorganização de conhecimentos previamente adquiridos.

Figura 4 – Feedback sobre as curiosidades dos elementos da tabela periódica.



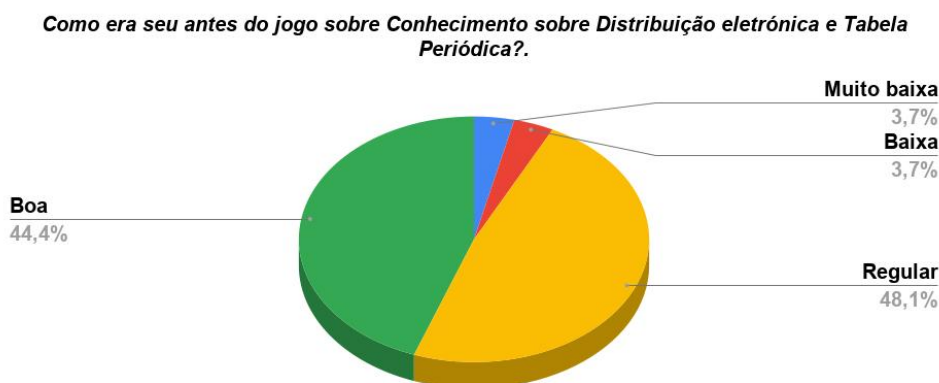
Fonte: Autor, 2026.



O Gráfico apresenta a percepção dos estudantes acerca da relevância das curiosidades científicas inseridas nas cartas do jogo. Os dados indicam que a maior parte dos participantes avaliou esse recurso como “contribuiu bastante” ou “contribuiu muito” para a experiência de aprendizagem, enquanto uma parcela menor indicou contribuição moderada ou reduzida.

Esses resultados sugerem que a inserção de informações complementares sobre os elementos químicos pode ampliar o interesse dos estudantes durante a atividade, favorecendo conexões entre os conteúdos conceituais da Química e aspectos históricos ou aplicações no cotidiano. A literatura aponta que a contextualização científica e a presença de elementos narrativos podem aumentar o engajamento dos estudantes em atividades educacionais mediadas por jogos (ALVES, 2015). Dessa forma, a inclusão dessas curiosidades contribui para enriquecer a experiência pedagógica proposta pelo jogo, ampliando seu potencial formativo.

Figura 5 – Como era seu antes do jogo sobre Conhecimento sobre Distribuição eletrônica e Tabela Periódica?.



Fonte: Autor, 2026.

Esse resultado evidencia que os estudantes já possuíam conhecimentos prévios sobre o conteúdo, ainda que predominantemente em nível intermediário. Tal cenário é particularmente relevante do ponto de vista pedagógico, uma vez que indica que a atividade não foi aplicada em um contexto de introdução do conteúdo, mas sim em um momento de consolidação e aprofundamento conceitual.

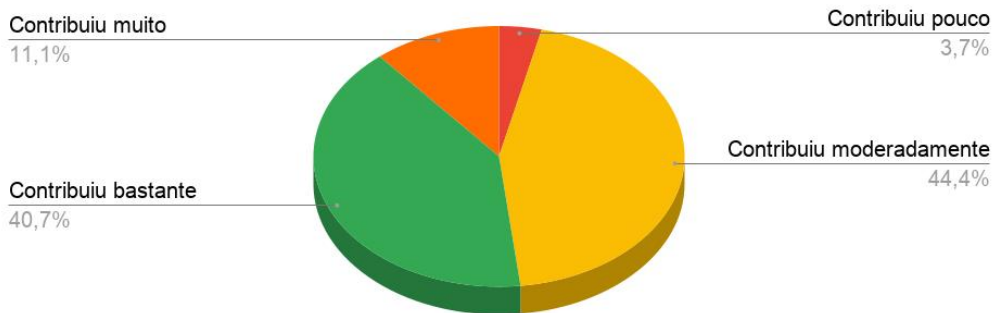


À luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), a presença de conhecimentos prévios constitui elemento essencial para a ancoragem de novos significados. Nesse sentido, o jogo atua como um instrumento de reorganização e fortalecimento dessas estruturas cognitivas já existentes, favorecendo a transição de um conhecimento classificado como “regular” para níveis mais elaborados de compreensão.

Além disso, o fato de parte significativa dos estudantes não se perceber como plenamente segura em relação ao conteúdo reforça a necessidade de estratégias didáticas que promovam prática orientada e feedback imediato, características presentes no Carteadado de Linus Pauling. Assim, o diagnóstico inicial apresentado no gráfico justifica a utilização do jogo como ferramenta pedagógica, ao evidenciar a existência de lacunas conceituais que podem ser trabalhadas por meio de atividades interativas e gamificadas.

Figura 6 – Sistema de níveis contribuiu com seu progresso no jogo?

O sistema de níveis (verde – fácil, amarelo – médio, vermelho – difícil) contribuiu para seu aprendizado?



Fonte: Autor, 2026.

A presença de níveis progressivos de dificuldade constitui um dos elementos estruturais da gamificação, permitindo que os participantes avancem gradualmente em desafios mais complexos. Essa progressão favorece a manutenção do engajamento dos estudantes, ao equilibrar o grau de dificuldade das tarefas com as habilidades dos participantes, característica associada ao estado de fluxo descrito por Csikszentmihalyi (1990). Assim, os resultados observados sugerem que a



organização dos desafios em níveis contribuiu para tornar a atividade mais dinâmica e estimulante para os estudantes.

Figura 7 – Todos terem baralhos diferentes um dos outros gerou influência? .



Fonte: Autor, 2026.

Esse resultado sugere que a diversidade de desafios entre os participantes contribuiu para ampliar a interação e a competitividade saudável durante o jogo. Ao impedir que os estudantes recebam exatamente as mesmas cartas, o sistema favorece maior autonomia na resolução dos desafios e estimula a comparação de estratégias entre colegas. Esse tipo de dinâmica é frequentemente associado a ambientes de aprendizagem mais participativos, nos quais os estudantes assumem papel ativo na construção do conhecimento (CARVALHO, 2013).

Por fim, a proposta pedagógica revela potencial de replicabilidade para outros conteúdos estruturantes da Química, como ligações químicas, funções inorgânicas e estequiometria. Assim, a proposta não se limita a um recurso específico, mas configura-se como modelo metodológico transferível no contexto dos jogos digitais aplicados à educação científica.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem mecanicista da distribuição eletrônica no ensino de Química evidencia a necessidade de estratégias que integrem compreensão conceitual,



prática orientada e engajamento cognitivo. Nesse contexto, o *Carteado de Linus Paul* propõe uma gamificação estruturada baseada na individualização do percurso, na progressão de complexidade e no feedback imediato, configurando-se como uma alternativa alinhada às demandas da cultura digital. Sua arquitetura, ao distribuir baralhos exclusivos e organizar níveis de forma progressiva, desloca o foco da repetição coletiva para o enfrentamento individual, favorecendo autonomia e reduzindo respostas mecânicas.

Ao valorizar o erro como parte do processo formativo e incorporar contextualizações sobre os elementos químicos, o jogo ultrapassa a dimensão algorítmica da distribuição eletrônica, aproximando o procedimento de sua significação científica. Assim, evidencia-se que a gamificação, quando orientada por intencionalidade pedagógica, pode assumir um papel consistente no ensino, indo além do caráter motivacional.

Por fim, a proposta contribui ao apresentar um modelo estruturado de organização do desafio aplicável a conteúdos científicos complexos, indicando que a integração entre arquitetura digital, progressão cognitiva e feedback reflexivo potencializa a aprendizagem. Embora estudos futuros possam aprofundar seus impactos, o modelo já se mostra relevante por sua possibilidade de replicação e alinhamento às transformações da educação contemporânea.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), vinculado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), com financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Agradecemos à professora Francielle Bernardo e ao professor Eduardo Santos, supervisora/orientadora e coordenador deste trabalho, respectivamente, pelo acompanhamento, orientação pedagógica e contribuições fundamentais para o desenvolvimento da proposta. Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento e incentivo às ações do programa, bem como à coordenação de área, aos professores supervisores e à instituição parceira pela



colaboração e apoio durante a execução da atividade. Aos estudantes participantes, nosso reconhecimento pela disponibilidade, envolvimento e contribuições, fundamentais para a realização e consolidação desta experiência didática.

REFERÊNCIAS

ALVES, Lynn Rosalina Gama. *Games e educação: fundamentos e práticas*. Salvador: EDUFBA, 2015.

AUSUBEL, David P. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.

DETERDING, Sebastian; DIXON, Dan; KHALED, Rilla; NACKE, Lennart. From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. In: *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*. Tampere, Finland: ACM, 2011. p. 9–15.

FREEMAN, Scott et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, 2014.

HAMARI, Juho; KOIVISTO, Jonna; SARSA, Harri. Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. In: *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. Waikoloa, HI: IEEE, 2014. p. 3025–3034.

JOHNSTONE, Alex H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 7, n. 2, p. 75–83, 1991.

KAPP, Karl M. *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

RAMOS, Daniela Karine. Jogos digitais e aprendizagem: considerações teóricas e práticas. *Educação & Realidade*, Porto Alegre, v. 38, n. 3, p. 885–902, 2013.

SANTAELLA, Lucia. *Culturas e artes do pós-humano: da cultura das mídias à cibercultura*. São Paulo: Paulus, 2013.



SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ciência & Educação*, v. 5, n. 2, p. 95–108, 1999.