



DESENVOLVIMENTO DE UMA ATIVIDADE EDUCACIONAL GAMEFICADA, BASEADA NOS PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA ATIVA, APLICADA AO APRENDIZADO DA TOXICOCINÉTICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6106

Autores: BASEADA NOS PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA ATIVA, APLICADA AO APRENDIZADO DA TOXICOCINÉTICA, ANA CARINA ESTEVAM TENÓRIO, JOÃO DAVI DA SILVA MOURA, RAFAELA BARBOSA DE SOUZA, KARINA RIBEIRO SALOMON

Resumo: A aprendizagem de conceitos complexos em Engenharia Ambiental e Sanitária exige abordagens inovadoras. A toxicocinética envolve processos dinâmicos como absorção, distribuição, metabolismo e excreção de substâncias tóxicas, sendo essencial para a compreensão dos impactos dos contaminantes no meio ambiente e na saúde humana. Este trabalho propõe a utilização de uma atividade lúdica baseada em um jogo de tabuleiro para facilitar a compreensão desse conteúdo por estudantes de engenharia.

Palavras-chave: Toxicocinética; Aprendizagem Lúdica; Inovação Educacional; Educação em Engenharia.

DESENVOLVIMENTO DE UMA ATIVIDADE EDUCACIONAL GAMEFICADA, BASEADA NOS PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA ATIVA, APLICADA AO APRENDIZADO DA TOXICOCINÉTICA

1 INTRODUÇÃO

A compreensão de conceitos complexos representa um dos principais desafios enfrentados por estudantes dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária. Ao longo da graduação, diversos temas exigem não apenas a memorização de conteúdo, mas também a capacidade de integrar conhecimentos e aplicá-los criticamente à realidade ambiental e social. Entre esses conteúdos, destacam-se os relacionados à Saúde Ambiental, cuja abordagem demanda um olhar atento sobre os impactos das ações humanas na saúde pública. Foi nesse contexto que surgiu a proposta, aos discentes, de elaborarem uma aula didática com o objetivo de ensinar o conteúdo de toxicocinética.

A toxicocinética, por sua vez, estuda os processos de absorção, distribuição, metabolismo e excreção de substâncias tóxicas nos organismos vivos (Fiseroiva-Bergerona, 1985). Trata-se de um tema essencial na formação de profissionais da área ambiental, pois compreender esses mecanismos é crucial para avaliar os riscos associados à exposição a contaminantes ambientais, interpretar resultados de análises toxicológicas e propor estratégias de prevenção e mitigação de impactos à saúde humana e ao meio ambiente (López, 2023).

Considerando a complexidade do conteúdo e os desafios didáticos envolvidos, surgiu a ideia de desenvolver uma atividade lúdica, fundamentada em metodologias ativas, como alternativa aos métodos tradicionais de ensino. Tais métodos, muitas vezes baseados exclusivamente em aulas expositivas e leituras teóricas, podem não ser suficientes para garantir o engajamento dos estudantes nem promover uma aprendizagem significativa (Freire, 2005; Cotta, 2012). A proposta, portanto, buscou tornar o ensino da toxicocinética mais acessível, especialmente diante de limitações como restrição tecnológica.

Além dessa barreira prática, destaca-se ainda a própria natureza conceitual da toxicocinética, que envolve o uso intensivo de termos técnicos. Isso pode dificultar a compreensão por parte dos estudantes, principalmente quando a abordagem pedagógica não favorece a interação e o protagonismo discente. Diante disso, estratégias que favoreçam a participação ativa dos alunos tornam-se cada vez mais relevantes para facilitar a assimilação de conteúdos complexos (González & Yanacallo, 2020).

Nesse cenário, o uso de metodologias ativas e de abordagens pedagógicas inovadoras tem se mostrado eficaz para aumentar o interesse dos estudantes e aprofundar seu entendimento (Boyle et al., 2011; Arnab et al., 2015). Uma dessas abordagens é a utilização de atividades lúdicas, como jogos educativos, que permitem a construção do conhecimento de forma participativa, interativa e contextualizada (Menezes et al., 2016; González & Yanacallo, 2020). Aplicados ao ensino da toxicocinética, esses jogos podem simular situações reais de contaminação, exposição e resposta biológica, estimulando o raciocínio lógico, a tomada de decisões e o trabalho colaborativo.

Com base nessas premissas, este trabalho propõe o desenvolvimento e a aplicação de uma atividade lúdica, baseada em um jogo educativo, como recurso didático para o ensino da toxicocinética. A iniciativa busca aliar o rigor científico ao dinamismo das metodologias ativas, promovendo uma aprendizagem mais eficaz, envolvente e alinhada às necessidades formativas dos futuros profissionais de Engenharia Ambiental e Sanitária.

2 METODOLOGIA

A atividade intitulada “O Mistério da Toxicocinética” foi desenvolvida como parte da avaliação parcial da disciplina de Saúde Ambiental, com o objetivo de tornar o aprendizado mais dinâmico. A proposta consistiu na elaboração de um jogo educativo dividido em duas etapas: inicialmente, os estudantes apresentaram a teoria sobre os principais conceitos relacionados à toxicocinética; em seguida, realizaram uma atividade prática baseada na adaptação do jogo *Mysterium*, criado por Xavier Collette e Igor Burlakov (Libellud, 2015).

O *Mysterium* é um jogo cooperativo de investigação no qual médiuns interpretam visões transmitidas por um fantasma, com o intuito de solucionar um mistério (Libellud, 2015). A dinâmica assimétrica entre os papéis, com um jogador assumindo o papel do fantasma e os demais como médiuns, contribui para uma experiência lúdica, imersiva e colaborativa.

Inspirados na dinâmica interativa entre fantasmas e jogadores, elaboramos uma versão adaptada voltada à temática da toxicocinética, centrada na investigação da causa da morte do “fantasma”, elemento que deu origem ao título “O Mistério da Toxicocinética”. Na versão desenvolvida, os participantes assumiram papéis distintos, fantasmas ou médiuns e precisaram atuar de forma cooperativa para desvendar o mistério relacionado ao processo de intoxicação.

A principal inovação da proposta consiste na comunicação indireta entre os jogadores: o fantasma, impossibilitado de se expressar verbalmente, transmitia “visões” aos médiuns por meio de enigmas, desafiando-os a interpretar as pistas de forma intuitiva e colaborativa. Essa mecânica estimulou momentos de criatividade, dedução lógica e intensa interação entre os participantes, reforçando o caráter lúdico e coletivo da aprendizagem.

O jogo foi estruturado no formato de tabuleiro, representando as quatro etapas clássicas da toxicocinética: absorção, distribuição, metabolismo e excreção. Cada fase do jogo era composta por cartas-enigma, cujas pistas guiavam os médiuns ao longo da narrativa investigativa, promovendo o avanço na compreensão dos mecanismos envolvidos no percurso de substâncias tóxicas pelo organismo (Figura 1).

Figura 1 – Tabuleiro criado para a dinâmica.



Fonte: Autores, 2025.

Figura 2 – Exemplar das peças e envelopes com enigmas elaborados para a dinâmica.



Fonte: Autores, 2025.

A cada rodada, uma carta correspondente à fase específica da toxicocinética era apresentada aos jogadores. Por exemplo, na primeira fase absorção o desafio consistia em descobrir de que forma o fantasma havia absorvido a substância tóxica. A carta trazia um enigma temático, e o tabuleiro oferecia quatro alternativas de resposta, das quais apenas uma era correta. O acerto permitia o avanço para a fase seguinte; já o erro exigia que o jogador permanecesse na fase atual, recebendo novamente a mesma dica até identificar a resposta correta.

Ao alcançarem a fase final, o caráter cooperativo do jogo era temporariamente suspenso, dando lugar a uma disputa individual. Nesse momento, todos os jogadores recebiam um último enigma e, simultaneamente, deveriam selecionar o veredito final sobre a causa da morte do fantasma. Caso 50% mais um dos participantes escolhessem a alternativa correta, a equipe inteira era considerada vencedora, reforçando tanto a responsabilidade individual quanto o compromisso coletivo com a construção do conhecimento.

As cartas-enigma.

Para a fase de Absorção:

- Caso 1: “Deslizo com o etéreo entre silêncios e partículas, entrando no templo carnal sem jamais ser visto.” Resposta: Inalação.
- Caso 2: “Entre risos e inocência, penetro pelos corredores da infância, travestido de cor e curiosidade.” Resposta: Ingestão.
- Caso 3: “Rasgo a barreira do mundo externo num gesto súbito, adentrando direto à essência do ser.” Resposta: Injeção Direta.

- Caso 4: “Através da muralha porosa, insinuo-me como sombra líquida, mesclando-me ao que pulsa sob a superfície.” Exposição Dérmica.
- Caso 5: “Entro com o ar do esquecimento, ocupando espaços que o corpo nem percebe que cedeu.” Resposta: Inalação.

Para a fase de Distribuição:

- Caso 1: “Sigo trilhas de pulsos e presságios, alcançando onde o pensamento se confunde com a matéria.” Resposta: Sistema Nervoso Central.
- Caso 2: “Assento-me onde o tempo se calcifica, fincando raízes em estruturas que não esquecem.” Resposta: Ossos.
- Caso 3: “Sou conduzido por rios rubros sem margem, tocando cada reino do corpo com urgência ancestral.” Resposta: Sangue e Circulação.
- Caso 4: “Escondo-me onde o calor é mínimo e o tempo se estende — em reservas que o corpo esquece mas não abandona.” Resposta: Tecido Adiposo.
- Caso 5: “Hábito no mesmo portal por onde entrei, fixo-me no limiar entre o suspiro e o sufoco.” Resposta: Pulmões.

Para a fase de Metabolismo:

- Caso 1: “Sou fragmentado no altar das enzimas, onde intenções se transmutam, mas nem sempre perdem o veneno.” Resposta: Metabolização Hepática.
- Caso 2: “Sou levado ao crisol biológico, onde moléculas são julgadas e recodificadas sem piedade.” Resposta: Biotransformação.
- Caso 3: “Sou julgado pela forja interior, reconfigurado por mãos invisíveis no tribunal das transformações.” Resposta: Conversão Rápida.
- Caso 4: “Provoco a dança dos catalisadores, invoco o toque das enzimas para reescrever minha essência.” Resposta: Ativação Enzimática.
- Caso 5: “Sou desfeito com pressa e precisão, como se o corpo soubesse que minha presença é urgência.” Resposta: Conversão Rápida.

Para a fase de Excreção:

- Caso 1: “Sou liberto no mesmo fôlego que me acolheu, dissolvido entre a vida que entra e a morte que sai.” Resposta: Pulmonar.
- Caso 2: “Parto fragmentado, arrastado com o que resta, entre caminhos escuros do fim do processo.” Resposta: Fezes.
- Caso 3: “Deixo tua morada em gotas silenciosas, conduzido pela espiral líquida do esquecimento.” Resposta: Urina.
- Caso 4: “Não deixo rastros na partida — permaneço, imperceptível, preso no ciclo lento do acúmulo.” Resposta: Acúmulo Prolongado.
- Caso 5: “Escapo em silêncio, diluído na essência do que exalas, retornando ao invisível que me criou.” Resposta: Pulmonar.

Os materiais utilizados para a realização do jogo foram:

- Um tabuleiro ilustrativo;
- Cartas enigmáticas;
- Peças ilustrativas;
- Um cronômetro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A mudança na metodologia de ensino, por meio da construção de um jogo didático, teve impacto direto e significativo na aprendizagem dos próprios idealizadores da atividade. Para transformar os conceitos de toxicocinética em enigmas acessíveis e regras claras, foi

necessário um aprofundamento no conteúdo, que envolveu estudo teórico, troca de ideias, colaboração criativa e capacidade de síntese. Esse processo exigiu domínio conceitual e promoveu um aprendizado mais sólido e significativo para o grupo responsável pela elaboração da proposta.

A aplicação da atividade na turma da disciplina de Saúde Ambiental demonstrou, de forma prática, o potencial dessa abordagem. Observou-se um alto nível de engajamento por parte dos estudantes, que participaram ativamente da dinâmica, com entusiasmo, curiosidade e interesse. Durante o jogo, os alunos interagiram, construindo respostas coletivas, discutindo hipóteses e vivenciando o processo de aprendizagem de forma colaborativa.

Apesar do caráter cooperativo predominante, a atividade também proporcionou espaço para a expressão individual. Divergências de opinião surgiram de forma espontânea e saudável, enriquecendo o debate e refletindo-se na progressão diferenciada dos jogadores ao longo do jogo. Essas diferenças decorrem não apenas do grau de familiaridade com o conteúdo, mas também da variedade de estratégias cognitivas utilizadas como, interpretação, raciocínio lógico, e intuição, evidenciando uma aprendizagem plural e dinâmica.

Essa diversidade de abordagens revelou-se um dos pontos mais valiosos da atividade, permitindo que os estudantes recorressem a conhecimentos complementares para superar os desafios propostos. O jogo, portanto, funcionou como um catalisador do conhecimento coletivo, promovendo um ambiente de aprendizagem inclusivo, interativo e estimulante (Baker, 2005; Lee, 2006; Boyle et. Al, 2011). A experiência favoreceu tanto a assimilação dos conteúdos teóricos quanto o desenvolvimento de competências fundamentais à formação profissional, como pensamento crítico, colaboração e resolução de problemas (Bodnar et. al, 2016).

Entre os principais benefícios observados, destaca-se o estímulo ao raciocínio clínico e analítico (Despeisse, 2018). A exposição dos alunos a situações simuladas que exigiam a formulação, avaliação e revisão de hipóteses favoreceu o desenvolvimento do pensamento crítico e a capacidade de tomada de decisões fundamentadas (McBurnett et. al. 2018). Além disso, o incentivo ao debate respeitoso e à argumentação reforçou a escuta ativa e a valorização da diversidade de perspectivas, elementos essenciais para a formação ética e empática dos futuros profissionais da área ambiental.

Figura 3 – Aplicação da dinâmica em aula.



Fonte: Autores, 2025.

Figura 4 – Aplicação da dinâmica em aula.



Fonte: Autores, 2025.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que a utilização de atividades lúdicas no ensino da toxicocinética contribuiu de maneira expressiva para a melhoria da compreensão conceitual dos estudantes. A proposta demonstrou que metodologias ativas ao aliar recursos visuais, interação e dinamismo podem superar as limitações dos métodos tradicionais de ensino, especialmente quando comparadas ao ambiente altamente estimulante das mídias digitais e jogos eletrônicos, aos quais muitos estudantes já estão habituados.

A abordagem lúdica não apenas facilitou o entendimento de conteúdos técnicos e abstratos, como também favoreceu o desenvolvimento de habilidades transversais essenciais à formação profissional, tais como trabalho em equipe, comunicação interpessoal, autonomia e tomada de decisões. Ao tornar o processo de aprendizagem mais significativo, envolvente e centrado no estudante, a experiência promoveu uma formação mais crítica, reflexiva e alinhada às demandas contemporâneas da Engenharia Ambiental e Sanitária.

Diante disso, recomenda-se a continuidade, o aperfeiçoamento e a ampliação do uso de jogos educativos como ferramentas pedagógicas complementares no ensino superior. A integração estruturada dessas metodologias aos currículos dos cursos de engenharia pode representar um avanço relevante na qualidade da formação, tornando o processo educativo mais próximo da realidade profissional, mais atrativo para os estudantes e mais eficaz na construção de conhecimentos duradouros.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à professora Karina Salomon, ministrante da disciplina de Saúde Ambiental, bem como a Rafaela Barbosa, aluna do mestrado (PPGRHS) por suas orientações e por proporcionar um ambiente propício à aplicação de metodologias ativas.

REFERÊNCIAS

ARNAB, S. et al. **Mapping learning and game mechanics for serious games analysis**. British Journal of Educational Technology, v. 46, n. 2, p. 391–411, 2015. DOI: 10.1111/bjet.12113.

BAKER, A.; NAVARRO, E. O.; VAN DER HOEK, A. **Um jogo de cartas experimental para o ensino de processos de engenharia de software.** Journal of Systems and Software, v. 75, n. 1–2, p. 3–16, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2004.02.033>.

BODNAR, C. A.; ANASTASIO, D.; ENSZER, J. A.; BURKEY, D. D. **Engenheiros em jogo: jogos como ferramentas de ensino para estudantes de graduação em engenharia.** Journal of Engineering Education, v. 105, n. 1, p. 147–200, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/jee.20106>.

BOYLE, E.; CONNOLLY, T. M.; HAINEY, T. **The role of psychology in understanding the impact of computer games.** Entertainment Computing, v. 2, n. 2, p. 69–74, 2011. doi: 10.1016/j.entcom.2010.12.002.

COTTA, R. M. M. et al. **Construção de portfólios coletivos em currículos tradicionais: uma proposta inovadora de ensino aprendizagem.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 17, n. 3, p. 787–796, 2012.

DESPEISSE, M. **Jogos e simulações na educação em engenharia industrial: uma revisão dos resultados da aprendizagem cognitiva e afetiva.** In: Conferência de Simulação de Inverno – WSC 2018, p. 4046–4057, 2018.

FISEROVA-BERGEROVA, V. **Toxicokinetics of organic solvents.** Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, v. 11, supl. 1, p. 7–21, 1985. PMID: 3906871.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 48. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GONZÁLEZ-SANMARTÍN, V. A.; YANACALLO-PILCO, W. V. **Aprender haciendo: aplicación de la metodología por ambientes de aprendizaje.** Polo del Conocimiento, v. 5, n. 7, p. 188–2008, 2020. Disponível em: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1503>. Acesso em: 29 abr. 2025.

LEE, W. B.; LAU, H. C. W.; NING, A. **Uma metodologia de estudo integrada para aprendizagem de gestão estratégica de estoques.** International Journal of Engineering Education, v. 22, n. 2, p. 329, 2006.

LIBELLUD. **Mysterium.** 2015. Disponível em: <https://www.libellud.com/en/our-games/mysterium/>. Acesso em: 29 abr. 2025.

LÓPEZ LANUZA, A. et al. **Metales interesantes de la familia III A: contaminación, toxicocinética y genotoxicidad del galio, indio y talio.** Revista Internacional de Contaminación Ambiental, v. 39, p. 171–201, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20937/RICA.54784>.

MCBURNETT, L. R.; HINRICHS, M. M.; SEAGER, T. P.; CLARK, S. S. **Jogos de simulação podem fortalecer a educação experiencial em sistemas de infraestrutura complexos.** Simulation & Gaming, v. 49, n. 6, p. 620–641, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/1046878118767729>.

MENEZES, I. S. et al. **Jogo didático como ferramenta para a Educação Ambiental no município de Itapetininga (BA).** Revista Brasileira de Educação Ambiental, São Paulo, v. 11, n. 5, p. 19–29, 2016.

DEVELOPMENT OF A GAMIFIED EDUCATIONAL ACTIVITY BASED ON ACTIVE LEARNING PRINCIPLES APPLIED TO TOXICOKINETICS EDUCATION

Abstract: The learning of complex concepts in Environmental and Sanitary Engineering requires innovative approaches. Toxicokinetics involves dynamic processes such as absorption, distribution, metabolism, and excretion of toxic substances, being essential for understanding the impacts of contaminants on the environment and human health. This work proposes the use of a playful activity based on a board game to facilitate the understanding of this content by engineering students.

Keywords: Toxicokinetics; Playful Learning; Educational Innovation; Engineering Education.

