



LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO MÉDIO: UMA BREVE REVISÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Isabelle E. D. Campos¹; Martins D. de Cerqueira²; Floricéa M. Araújo²; Ricardo S. Silva³; Lafaiete A. Cardoso².

¹Graduanda em Bacharelado em Química - Universidade Federal da Bahia (UFBA).

²Universidade Federal da Bahia (UFBA), Instituto de Química, Departamento de Química Orgânica

³Licenciado em Química - Universidade Federal da Bahia (UFBA)

isabelle.eduarda@ufba.br

Palavras-Chave: simulações computacionais, ambientes virtuais aprendizagem em química, laboratório remoto em química.

Introdução

A experimentação exerce um papel relevante no processo de ensino e aprendizagem da Educação Científica (EC), sendo fundamental nas dimensões psicológica, social e cognitiva (Giordan, 1999). Na Química, ciência que articula fenômenos observáveis com teorias científicas, a prática laboratorial aproxima conceitos abstratos da realidade dos estudantes, promovendo uma visão crítica e o desenvolvimento de habilidades científicas (Giordan, 1999; Saviani, 2015). No entanto, a eficácia do laboratório tradicional tem sido alvo de debates, especialmente diante dos altos custos de manutenção e da necessidade de evidências nessa modalidade sobre a contribuição para a aprendizagem significativa (Kelley, 2021).

Nesse cenário, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) surgem como recursos mediadores relevantes, ampliando as possibilidades de articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico da Química (Johnstone, 1991; Johnstone, 2000). Um trabalho educativo deve buscar formas de ensino que superem a mera transmissão de conteúdos (Saviani, 2015). As TDICs têm favorecido a criação de Laboratórios Virtuais de Química (LVQ), que atuam como ferramentas complementares capazes de democratizar o acesso à experimentação, reduzir custos operacionais, garantir a segurança experimental e promover a autonomia discente (Ali e Ullah, 2020; Freitas *et al.*, 2025). Essa evolução permitiu a criação dos LVQs, ambientes sintéticos que facilitam o cotidiano do Ensino Médio ao democratizar o acesso à ciência, reduzir riscos com substâncias perigosas e dar ao aluno a liberdade de errar e repetir processos sem desperdiçar recursos (Ali e Ullah, 2020; Freitas *et al.*, 2025), que acarreta o estímulo à tomada de decisão (Larrañeta *et al.*, 2025). Tecnologias modernas, como as plataformas que utilizam pontos de ramificação (*branching points*), colocam o estudante em primeiro plano, permitindo que ele tome decisões e observe resultados variáveis em um ambiente seguro de interatividade (Galang *et al.*, 2022; Larrañeta *et al.*, 2025).

Contudo, o caminho tecnológico também apresenta limitações. Embora as simulações sejam recursos relevantes para apoiar a aprendizagem, elas não substituem integralmente todas as dimensões da experiência laboratorial presencial, especialmente aquelas ligadas à manipulação e ao desenvolvimento de habilidades práticas (Chan *et al.*, Kelley, 2021). Por mais



avanzadas que sejam, elas não substituem integralmente a vivência sensorial e o toque que o laboratório físico proporciona, competências táteis que ainda são essenciais para a formação técnica completa do cientista (Kelley, 2021, Silva, 2022). Além disso, barreiras como a internet instável e a falta de equipamentos adequados ainda limitam a implementação dessas soluções em muitos contextos (Silva *et al.*, 2022 e Rusyn *et al.*, 2024).

Essa transição, que já vinha ocorrendo de forma gradual, foi significativamente acelerada pela pandemia de COVID-19, em 2020. Esse período se materializou em um estudo de caso global forçado, evidenciando que, embora o ensino remoto tivesse limitações, ele também abriu portas para inovações pedagógicas e o uso criativo de simulações (Kelley, 2021; Freitas *et al.*, 2025).

Mesmo com todo esse impulso tecnológico recente, ainda enfrentamos um paradoxo: a escassez de propostas didáticas estruturadas focadas especificamente no ensino de Química Orgânica no Ensino Médio, por meio de laboratórios virtuais. Essa lacuna deixa muitos docentes sem o apoio prático necessário para explorar todo o potencial dessas ferramentas, reforçando a necessidade de novas pesquisas que aproximem a tecnologia da realidade das salas de aula.

Assim, este trabalho objetiva analisar propostas didáticas que envolvem laboratórios virtuais aplicados ao ensino de Química Orgânica no Ensino Médio, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura, associada à Análise de Conteúdo de Bardin (Bardin, 2011).

Material e Métodos

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, exploratória-descritiva, desenvolvida por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), articulada à Análise de Conteúdo de Bardin (2011). A combinação metodológica foi adotada para mapear a produção científica sobre o tema e organizar os achados em categorias capazes de evidenciar tendências, potencialidades e limitações.

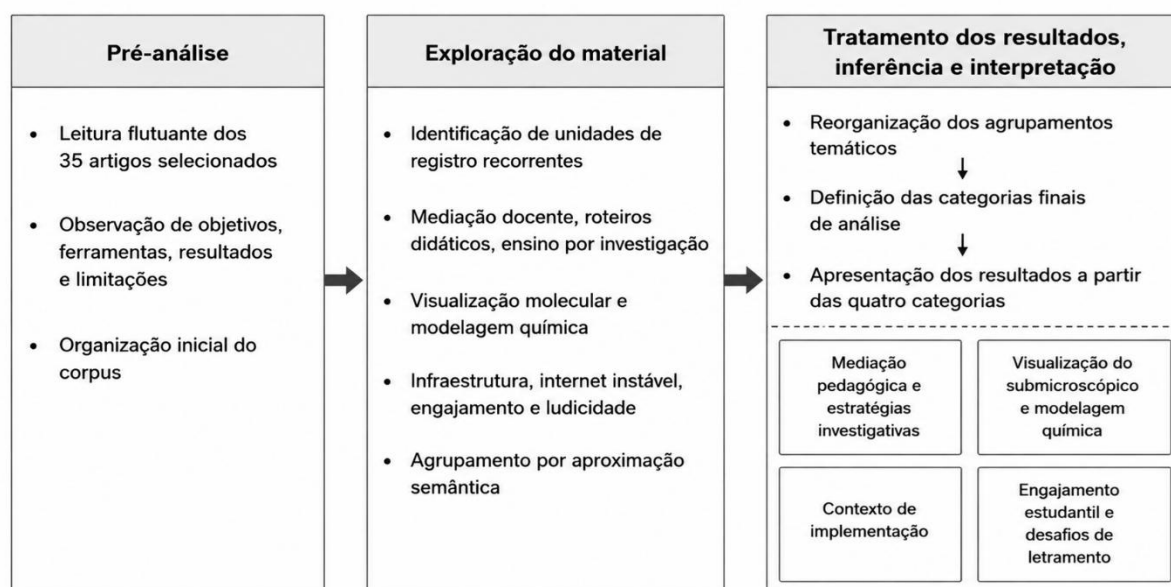
A investigação focou em produções sobre laboratórios virtuais, simulações computacionais, jogos digitais, TDIC, realidade virtual/aumentada e ambientes virtuais aplicados ao ensino de Química. O recorte educacional contemplou a Educação Básica, especialmente o Ensino Médio e estudos voltados à Educação de Jovens e Adultos (EJA), desde que relacionados à Química Orgânica. O recorte temporal compreendeu o período de 2020 a 2026, considerando a intensificação das discussões sobre ensino remoto, experimentação virtual e tecnologias educacionais após a Covid-19.

As buscas foram realizadas nas bases SciELO, Google Acadêmico, Portal de Periódicos da CAPES e ResearchGate, com descritores relacionados a laboratórios virtuais, simulações computacionais, TDIC, jogos digitais, ambientes virtuais e Ensino de Química. Foram incluídos artigos publicados entre 2020 e 2026 integralmente relacionados ao ensino de Química e ao uso de recursos digitais na Educação Básica, Ensino Médio, EJA ou equivalentes. Foram excluídos trabalhos voltados ao Ensino Superior, pesquisas sem interface pedagógica com a Química, textos incompletos e materiais não classificados como artigos científicos.



A triagem considerou: título, resumo, objetivo, tipo de publicação, nível de ensino, ferramenta digital analisada e aderência ao recorte temático de pesquisa dos laboratórios virtuais. Inicialmente, foram processados 79 estudos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 35 artigos compuseram o corpus final (**Quadro 1**).

Quadro 1. Percurso da Análise de Conteúdo aplicado ao corpus da revisão



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Os artigos foram organizados em uma matriz de extração de dados com: autor, ano, título, objetivo, ferramenta, resultados e limitações. Essa organização permitiu comparar os estudos e identificar recorrências no uso de recursos digitais no ensino de Química.

A Análise de Conteúdo seguiu as etapas de Bardin (2011): pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Com base nessa análise, foram identificadas unidades de registro recorrentes nos artigos, as quais foram organizadas em quatro categorias, conforme sintetizado no **Quadro 2**.

A partir desse percurso, as unidades de registro identificadas foram agrupadas por aproximação temática, dando origem às categorias finais utilizadas na apresentação e na discussão dos resultados. Essas categorias agruparam os achados da revisão segundo sentidos recorrentes nos artigos analisados, relacionando o uso de recursos digitais no ensino de Química às dimensões pedagógicas, conceituais, estruturais e formativas observadas no corpus.

Resultados e Discussão

De modo geral, os artigos indicam usos variados dessas tecnologias no ensino de Química. Laboratórios virtuais e simuladores, como PhET, Labvirtq, LabQuins e simulações de células voltaicas, aparecem associados à visualização de fenômenos, à realização de medidas e à experimentação segura. Jogos e estratégias de gamificação, como Construct 3®, EsteQuiz, Gartic, Minecraft e Kahoot, são mobilizados para revisão, fixação, participação e socialização.



Recursos de RV/RA, como QUÍMICA 3D, Unity3D e aplicativos móveis, relacionam-se à visualização tridimensional de modelos atômicos, estruturas moleculares e geometria molecular. A análise originou quatro categorias: mediação pedagógica e estratégias investigativas; visualização do submicroscópico e modelagem química; contexto de implementação; e engajamento estudantil e desafios de letramento (**Quadro 2**).

Quadro 2. Distribuição dos estudos citados por categoria analítica

Categoria analítica	Estudos relacionados
Mediação pedagógica e estratégias investigativas	Santos Junior et al. (2021); Morais e Fonseca (2022); Veras et al. (2022); Ferraz et al. (2023); Pantoja Neto et al. (2024); Argemiro, Alves e Rossi (2025)
Visualização do submicroscópico e modelagem química	Barbosa Junior e Viana (2021); Pascoin e Carvalho (2021); Rodrigues et al. (2021); Silva et al. (2022); Ferraz et al. (2023); Costa, Inglez e Tavares (2024); Sousa et al. (2024); Manfio e Cirino (2025)
Contexto de implementação	Rodrigues et al. (2021); Soares (2021); Santos (2022); Veras et al. (2022); Ferraz et al. (2023); Pantoja Neto et al. (2024)
Engajamento estudantil e desafios de letramento	Oliveira et al. (2021); Gregório e Fernandes (2022); Heidelmann et al. (2022); Morais e Fonseca (2022); Santos (2022); Wentz (2022); Cavagis e Benedetti-Filho (2024); Pantoja Neto et al. (2024); Argemiro, Alves e Rossi (2025)

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de múltiplos autores citados no quadro acima.

Alguns estudos aparecem em mais de uma categoria, pois um mesmo recurso pode envolver mediação pedagógica, visualização conceitual, limites de implementação e engajamento discente.

A primeira categoria, mediação pedagógica e estratégias investigativas, identificada em nove artigos, os recursos digitais apresentaram melhores resultados quando vinculados a propostas didáticas planejadas, como roteiros, sequências didáticas, atividades investigativas, questionários, mapas conceituais e jogos estruturados. Pantoja Neto *et al.* (2025), ao analisarem o LabQuins, registraram progressão superior a 90% nos estudantes, com acertos acima de 84% no pós-teste. Veras *et al.* (2022) indicaram melhor desempenho quando o laboratório virtual foi associado ao Pensamento Computacional. Santos Junior *et al.* (2021) observaram que a combinação entre simulação e experimento real favoreceu a evolução da rede conceitual. Resultados semelhantes apareceram em Morais e Fonseca (2022) e Ferraz *et al.* (2023) e Argemiro, Alves e Rossi (2025) com jogos, *quizzes* e objetos digitais acompanhados de instrumentos avaliativos.

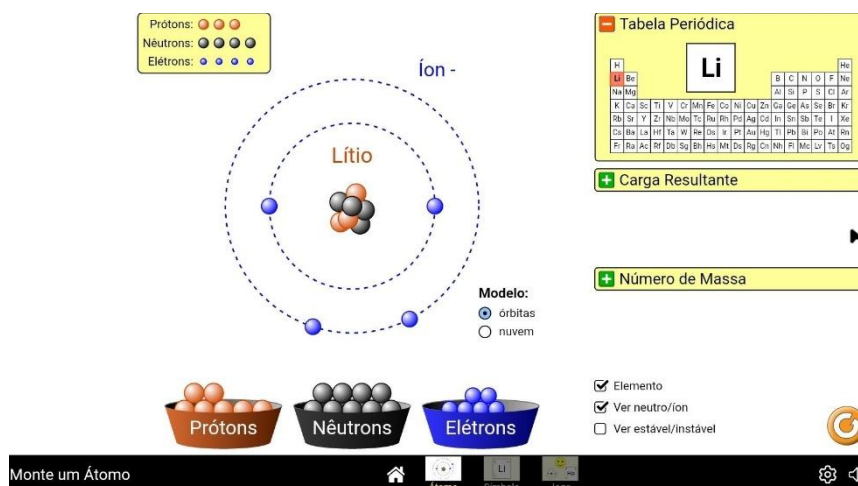
Esses dados sugerem que a ferramenta, isoladamente, não garante uma abordagem investigativa. A consistência das propostas depende de sua incorporação à aula, com objetivo



didático, mediação docente e acompanhamento da aprendizagem. Nessas condições, simuladores, laboratórios virtuais, jogos e objetos digitais apoiam a construção de conhecimentos químicos, em vez de atuarem apenas como ilustração.

Na segunda categoria, visualização do submicroscópico e modelagem química, reuniu cerca de 15 artigos. Os recursos digitais foram usados para representar partículas; estruturas moleculares; modelos atômicos; geometria molecular; equilíbrio químico; processos ácido-base; concentração; massa molar; eletroquímica e relações entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico. Costa, Inglez e Tavares (2024), com o QUÍMICA 3D/Unity3D, trabalharam o modelo de Bohr e o teste da chama, o que registrou média de aceitação de 4,66. Pascoim e Carvalho (2021) destacaram, em objetos do PhET, a visualização de fórmulas, partículas, estruturas submicroscópicas, pH e concentração. Manfio e Cirino (2025) utilizaram um simulador de geometria molecular para representar ângulos de ligação e repulsões eletrônicas. Ferraz *et al.* (2023) também observaram que os estudantes valorizaram a possibilidade de ver o conteúdo “em execução”. A **Figura 1** ilustra o uso do PhET na montagem de átomos, permitindo visualizar prótons, nêutrons e elétrons e compreender a estrutura atômica.

Figura 1. Montagem de átomo utilizando o simulador PhET



Fonte: Captura de tela realizada pelos autores a partir do PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, 2026

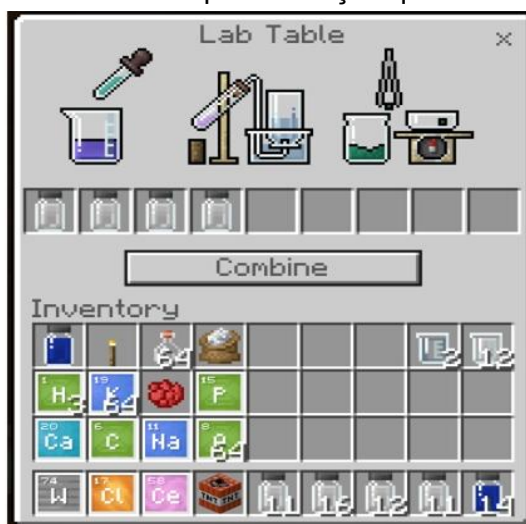
Outros estudos reforçam o papel representacional: Campos Silva e Silva (2022) apontaram que simulações sobre ácidos e bases favoreceram a observação de ionização, dissolução e formação de íons; Viana e Barbosa Junior (2021), indicaram que a simulação de célula voltaica facilitou a compreensão de processos não perceptíveis no laboratório físico escolar e Rodrigues (2021) e Sousa *et al.* (2024) associaram recursos audiovisuais, tridimensionais e imersivos à construção de modelos mentais. Destarte, essas tecnologias não se limitam a substituir o laboratório presencial, elas também ampliam as formas de representar fenômenos de difícil observação direta.



A terceira categoria, contexto de implementação, reuniu cerca de 14 artigos. A literatura aponta os laboratórios virtuais como alternativa para escolas sem infraestrutura física adequada. Pantoja Neto *et al.* (2025), apoiados em dados do Censo da Educação Básica 2019 (Brasil, 2020), destacam que apenas 3,5% das escolas municipais e 26,2% das estaduais possuíam laboratórios de Ciências/Química. Veras *et al.* (2022) também defendem esses recursos para instituições sem espaços, vidrarias ou reagentes. Entretanto, a própria implementação digital esbarra em limites concretos.

A quarta categoria, engajamento estudantil e desafios de letramento, reuniu cerca de 18 artigos. Jogos digitais, *quizzes*, simuladores e ambientes gamificados foram associados à motivação, à ludicidade, à participação e à socialização. Heidelmann *et al.* (2022), ao tratarem do Minecraft Education e do Chemistry Lab Journal, indicaram possibilidades de simular práticas laboratoriais em ambiente gamificado. Pantoja Neto *et al.* (2025) destacaram o LabQuins como suporte lúdico para deslocar o estudante da posição de espectador. Moraes e Fonseca (2022), Wentz (2022), Gregório e Fernandes (2022) e Argemiro, Alves e Rossi (2025) também relacionaram jogos e *quizzes* a aulas mais dinâmicas, inclusive em conteúdos como isomeria e estequiometria. A **Figura 2** apresenta a interface da Lab Table no Minecraft Education.

Figura 2. Interface da Lab Table no Minecraft Education como ambiente gamificado de experimentação química virtual



Fonte: Captura de tela realizada pelos autores a partir de Minecraft Education: Chemistry Lab Journal

Entretanto, o engajamento, por si só, não resolve os problemas de aprendizagem. Cavagis e Benedetti-Filho (2024), em jogo desenvolvido no Construct 3® sobre Teoria Atômica, identificaram dificuldades de vocabulário e leitura sem significação. Moraes e Fonseca (2022) observaram que parte dos estudantes dependia do recurso “Saiba Mais” para responder às questões. Oliveira *et al.* (2021) reforçaram a distância entre ler o enunciado e



compreender seu sentido químico. Assim, a ludicidade aproxima o estudante da atividade, mas não substitui a mediação da linguagem científica, da interpretação e do raciocínio matemático.

Em síntese, os estudos realizados demonstram que a inserção dessas tecnologias no Ensino de Química adquire maior consistência quando fundamentada na articulação entre mediação docente, planejamento pedagógico, infraestrutura adequada e ações voltadas ao letramento científico. Os recursos aproximam teoria e prática, tornam visíveis processos abstratos e favorecem aulas participativas. Contudo, sua efetividade não se sustenta apenas na novidade da ferramenta. A diversidade metodológica dos estudos, com questionários, mapas conceituais, testes, observações e relatos de experiência, exige cautela na comparação dos resultados. Para a Educação Básica e a EJA, a tecnologia mostra-se mais potente quando integra uma proposta pedagógica consistente, e não quando é tratada como solução isolada para problemas históricos do ensino de Química.

Conclusões

Esta revisão buscou compreender como laboratórios virtuais, simulações computacionais, jogos digitais, tecnologias digitais da informação e comunicação, recursos de realidade virtual e aumentada e ambientes virtuais vêm sendo incorporados ao ensino de Química no Ensino Médio. A análise dos 35 artigos evidenciou que essas tecnologias podem favorecer a aprendizagem ao ampliar a visualização de fenômenos e conceitos abstratos, especialmente os relacionados às dimensões submicroscópica e representacional da Química. Os resultados foram organizados em quatro categorias: mediação pedagógica e estratégias investigativas; visualização do submicroscópico e modelagem química; contexto de implementação; e engajamento estudantil e desafios de letramento. A primeira categoria mostrou que os efeitos desses recursos dependem da atuação docente, da elaboração de roteiros e da articulação com estratégias investigativas. A segunda destaca sua contribuição para representar modelos, estruturas e fenômenos de difícil observação direta. A terceira reuniu aspectos relacionados à infraestrutura, ao acesso à internet, à disponibilidade de equipamentos e às condições institucionais. A quarta demonstrou que o interesse e a participação dos estudantes são ampliados, embora o engajamento não assegure, isoladamente, a compreensão dos conceitos científicos.

Conclui-se que o uso de tecnologias digitais no ensino de Química pode trazer contribuições relevantes, mas sua efetividade depende da mediação docente, do planejamento pedagógico, da infraestrutura disponível e da atenção aos desafios de letramento científico. É necessário articular objetivos claros e às condições reais dos estudantes e das escolas. Os recursos digitais devem integrar propostas pedagógicas intencionais, capazes de favorecer a visualização, a investigação, a participação e a construção de conhecimentos, sem serem tratados como soluções automáticas para dificuldades educacionais. Para estudos futuros, recomenda-se ampliar as investigações empíricas na educação básica, especialmente no Ensino Médio, na Educação de Jovens e Adultos e em contextos de acesso limitado às tecnologias, bem como avaliar os efeitos dessas ferramentas na aprendizagem em diferentes realidades escolares.



Referências

- ALI, N.; ULLAH, S. Review to analyze and compare virtual chemistry laboratories for their use in education. **J. C. Educ.**, v. 97, n. 10, p. 3563-3574, 2020. DOI: [10.1021/acs.jchemed.0c00185](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00185).
- ARGEMIRO, E. V.; ALVES, E. R.; ROSSI, A. Ensino e aprendizagem de isomeria constitucional na modalidade híbrida. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 8, n. 1, e14588, 2025. DOI: [10.36661/2595-4520.2025v8n1.14588](https://doi.org/10.36661/2595-4520.2025v8n1.14588).
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 5. ed. São Paulo: Edições 70, 2021.
- BRASIL. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep)**. Censo da Educação Básica 2019: resumo técnico. Brasília, DF: Inep, 2020. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_da_educacao_basica_2019.pdf. Acesso em: 7 mai. 2026.
- CAMPOS SILVA, E. P.; SILVA, F. C. **Da simulação computacional ao uso das representações visuais: desenvolvendo práticas epistêmicas em aulas de Química**. Educação, v. 47, n. 1, e03, p. 1-25, 2022. DOI: [10.5902/19846444444488](https://doi.org/10.5902/19846444444488).
- CAVAGIS, A. D. M.; BENEDETTI-FILHO, E. Construção de um jogo educativo virtual e sua aplicação no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 46, n. 4, p. 589-595, nov. 2024. DOI: [10.21577/0104-8899.20160423](https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160423).
- CHAN, P.; VAN GERVEN, T.; DUBOIS, J.-L.; BERNAERTS, K. Virtual chemical laboratories: a systematic literature review of research, technologies and instructional design. **Computers and Education Open**, v. 2, 100053, 2021. DOI: [10.1016/j.caeo.2021.100053](https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053).
- COSTA, A. M. da; INGLEZ, I. S. S.; TAVARES, V. de M. F. QUÍMICA3D: um laboratório virtual para apoio ao ensino de Química. **Revista Acadêmica Online**, v. 10, n. 49, e1152, 2024. DOI: [10.36238/2359-5787.2024.032](https://doi.org/10.36238/2359-5787.2024.032).
- FERRAZ, R. S.; CARVALHO, J. W. P.; NEGREIROS, C. L. O uso dos objetos digitais de aprendizagem “Massa Molar” e “Concentrações” no Ensino Médio durante o ensino remoto. **Educitec**, v. 9, n. jan./dez. p. e205723, 2023. DOI: <https://doi.org/10.31417/educitec.v9.2057>.
- FREITAS, R. K. C.; CORRÊA, T. de J.; OLIVEIRA, M. F. L.; CALDAS, A. S.; ROCHA JUNIOR, L. C.; FREITAS, A. S. Laboratórios virtuais e remotos no ensino de química em EaD: desafios, estratégias e tendências: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 9, p. 2300-2314, 2025. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v11i9.21093>.
- GALANG, A.; SNOW, M. A.; BENVENUTO, P.; KIM, K. S. Designing virtual laboratory exercises using Microsoft Forms. **J. C. Educ.**, v. 99, n. 4, p. 1620-1627, 2022. DOI: [10.1021/acs.jchemed.1c01006](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01006).
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999. Disponível em: <https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2026.
- GREGÓRIO, J. R. EsteQuiz – um Jogo Didático para o Ensino de Estequiometria. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 4, p. 770-781, 2022. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/4217>. Acesso em: 10 jun. 2026.
- HEIDELMANN, S. P.; MORENO, E. L.; XAVIER, G. de A. Jogos digitais para o ensino de Química. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 12, n. 3, e7136, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/7136>. Acesso em: 10 jun. 2026.
- JOHNSTONE, A. 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. DOI: [10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x).
- JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000. DOI: [10.1039/A9RP90001B](https://doi.org/10.1039/A9RP90001B).
- KELLEY, E. W. LAB theory, HLAB Pedagogy, and Review of Laboratory Learning in Chemistry during the COVID-19 Pandemic. **J. C. Educ.**, v. 98, n. 8, p. 2496-2517, 2021. DOI: [10.1021/acs.jchemed.1c00457](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00457).



LARRAÑETA, E.; MCCRUDDEN, M. T. C.; COURTENAY, A. J.; KEARNEY, M. C.; MCCALMONT, M.; DOMÍNGUEZ-ROBLES, J. A web-based virtual laboratory for teaching chemical synthesis: a case study on lidocaine synthesis. **J. C. Educ.**, v. 102, p. 3631-3636, 2025. DOI: [10.1021/acs.jchemed.5c00088](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00088).

MANFIO, R. A.; CIRINO, M. M. Simulação virtual de geometria molecular no ensino médio: uma proposta para a aprendizagem significativa em Química. **ENCITEC**, v. 15, n. 3, p. 149-166, 2025. DOI: <https://doi.org/10.31512/encitec.v15i3.1741>.

MINECRAFT EDUCATION. **Chemistry Lab Journal**. Minecraft Education, [s.d.]. Disponível em: <https://education.minecraft.net>. Acesso em: 10 jun. 2026

MORAIS, R. S.; FONSECA, L. R. da. The use of design thinking in the development of digital games for the teaching of chemistry in basic education. **Revista Tempos e Espaços em Educação**, v. 15, n. 34, 2022. DOI: [10.20952/revtee.v15i34.17778](https://doi.org/10.20952/revtee.v15i34.17778).

OLIVEIRA, F. C. de; PAIVA, M. M. de; ALVES, L. E.; CARVALHO, J. W. P.; LORIM, C. da S.; SILVA, F. S. da. QUILLEGAL: um recurso para o ensino de Ciências Naturais. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, v. 8, n. 2, p. 707-730, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/4216/3148>. Acesso em: 23 jun. 2026.

PANTOJA NETO, P. V.; SANTOS, B. V. dos; CONCEIÇÃO, C. M. N. de S. da; GUERRA-FUENTES, R. A.; SÁ, J. dos S.; ARAUJO, J. P. L. de; SANTOS, A. M. V. dos; FARIAS, F. de S. LabQuins: um jogo 2D simulador de aulas práticas em laboratórios de Ciências/Química. **RENOTE**, v. 22, n. 3, p. 291-300, dez. 2025. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.144994>.

PASCOIN, A. F.; CARVALHO, J. W. P. Representações quantitativas em laboratórios virtuais para o ensino de Química. **Revista Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 22, n. 2, p. 152-159, 2021. DOI: [10.17921/2447-8733.2021v22n2p152-159](https://doi.org/10.17921/2447-8733.2021v22n2p152-159).

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. **Monte um Átomo**. University of Colorado Boulder, 2026. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/build-an-atom. Acesso em: 18 jun. 2026

RODRIGUES, N. C.; SOUZA, N. R.; PATIAS, S. G. O.; CARVALHO, E. T. de; CARBO, L.; SANTOS, A. F. da S. Recursos didáticos digitais para o ensino de Química durante a pandemia da Covid-19. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, e22710413978, 2021. DOI: [10.33448/rsd-v10i4.13978](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13978).

RUSYN, I.; SLIVKA, M.; KOROL, N.; LENDEL, V. **Challenges and benefits of using information technologies in teaching chemistry in Ukraine during wartime**. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series Chemistry*, v. 52, n. 2, p. 119-123, 2024. DOI: [10.24144/2414-0260.2024.2.119-123](https://doi.org/10.24144/2414-0260.2024.2.119-123).

SANTOS, R. G. O uso das tecnologias digitais no ensino de química como alternativa para as aulas remotas e presenciais. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Instituto Federal da Paraíba, Patos, 2022. Disponível em: https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/1190/1/tcc_Rog%C3%A9rio%20Gomes%20Santos.pdf. Acesso em: 24 jul. 2026.

SANTOS JUNIOR, J. B. dos; CAMARGO DE OLIVEIRA, L.; BOTERO, W.; VON SIMONYI, B.; LEITE JUNIOR, L. C. Uma investigação sobre a efetividade da experimentação e da simulação para a aprendizagem significativa em Química Orgânica. **Revista Thema**, Pelotas, v. 19, n. 3, p. 499-516, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.V19.2021.499-516.2067>

SAVIANI, D. Sobre a natureza e especificidade da educação. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, Salvador, v.7, n. 1, p. 286-293, 2015. DOI: [10.9771/gmed.v7i1.13575](https://doi.org/10.9771/gmed.v7i1.13575).

SILVA, C. R. M. da; VASCONCELOS, F. H. L.; SILVA, M. G. de V. Laboratórios virtuais no ensino de Química: uma revisão sistemática da literatura. **Conexões: Ciência e Tecnologia**, v. 16, e022019, 2022. DOI: [10.21439/conexoes.v16i0.2278](https://doi.org/10.21439/conexoes.v16i0.2278).

SOUSA, D. M. R. de; MACHADO, J. M. C.; ALBUQUERQUE, E. da S.; SILVA, M. C. C. e. O uso do simulador PhET em aulas de Química no Ensino Médio em uma escola pública de Caxias-MA. **Revista Práticas em Extensão**, v. 8, n. 4, p. 326-334, 2024. DOI: [10.18817/rpe.v8i4.3706](https://doi.org/10.18817/rpe.v8i4.3706).



VERAS, D. da C.; MOURA, M. R. de S.; SAMPAIO, M. da S.; COLE, T. S. S. Uso de laboratório virtual e pensamento computacional como estratégia pedagógica auxiliar no ensino de Química. **Conjecturas**, v. 22, n. 14, p. 742-755, 2022. DOI: <https://doi.org/10.53660/CONJ-1839-2M06>.

VIANA, M. M.; BARBOSA JUNIOR, A. Simulações Envolvendo Eletroquímica: Contribuições para o Ensino Médio. **Abakós**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 60-82, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2316-9451.2021v9n1p60-82>

WENTZ, F. Aprendizagem e Inclusão na utilização do jogo Gartic no Ensino de Química. **Revista Insignare Scientia**, v. 5, n. 3, p. 250-265, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n2.12998>.