

<https://doi.org/10.56117/resbenq.2026.v7.e072603>

PhET e o ensino de Química: uma revisão integrativa de literatura

PhET and Chemistry Teaching: an integrative literature review

PhET y la enseñanza de la química: una revisión bibliográfica integradora

Dalila Sartori Scaramussa (dalilasartoris@gmail.com)

Universidade Federal do Espírito Santo

<https://orcid.org/0009-0006-7284-1505>

Júlia Jacone Santos (julia.j.santos@edu.ufes.br)

Universidade Federal do Espírito Santo

<https://orcid.org/0009-0003-8900-148X>

João Paulo Casaro Erthal (joao.erthal@ufes.br)

Universidade Federal do Espírito Santo

<https://orcid.org/0000-0003-3578-2340>

Luceli de Souza (luceli.souza@ufes.br)

Universidade Federal do Espírito Santo

<https://orcid.org/0000-0001-7121-9059>

Resumo

No mundo conectado, as Tecnologias da Informação e Comunicação têm ganhado espaço e passaram a contribuir para as práticas pedagógicas em diversas áreas de ensino. No ensino de Química, a plataforma PhET contribui por favorecer a visualização de fenômenos a partir de representações computacionais, na perspectiva de laboratórios virtuais. O objetivo desta pesquisa consiste em identificar e analisar, por meio de uma revisão integrativa de literatura, os estudos que discutem as contribuições que a plataforma PhET pode oferecer para o ensino de Química na Educação Básica. A metodologia deste trabalho segue os estágios e as fases da revisão integrativa de literatura proposta por Tranfield, Denyer e Smart (2003), com a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, bem como de análises para a seleção dos artigos que compõem esta revisão. Como resultado, foram selecionados 12 artigos que atenderam ao objetivo da



Este texto é licenciado pela [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

revisão, ao recorte temporal (2002 a 2025) e a critérios específicos, como a inclusão de estudos que utilizam o PhET em aulas da Educação Básica. Nesses trabalhos, foram analisadas as palavras-chave, os objetivos, os métodos empregados e os referenciais teóricos. Os resultados apontam a relevância do PhET como recurso capaz de facilitar a compreensão de conteúdos abstratos, tornando as aulas mais dinâmicas, interativas e investigativas. Contudo, sua utilização também apresenta limitações, uma vez que nem todos os espaços escolares estão devidamente preparados, além das lacunas na formação de professores para o uso adequado da plataforma. A partir da análise realizada, pode-se concluir que a plataforma se apresenta como uma ferramenta promissora para o ensino de Química na Educação Básica, ao facilitar o entendimento das reações químicas e outros temas relevantes na apreensão do conhecimento científico pelos estudantes.

Palavras-chave: Simulações. PhET. Ensino de Química.

Abstract

In the connected world, Information and Communication Technologies have gained prominence and have begun to contribute to pedagogical practices in various areas of education. In Chemistry education, the PhET platform contributes by facilitating the visualization of phenomena through computational representations, from the perspective of virtual laboratories. The objective of this research is to identify and analyze, through an integrative literature review, studies that discuss the contributions that the PhET platform can offer to Chemistry teaching in Basic Education. The methodology of this work follows the stages and phases of the integrative literature review proposed by Tranfield, Denyer, and Smart (2003), applying inclusion and exclusion criteria, as well as analyses for the selection of articles that comprise this review. As a result, 12 articles were selected that met the objective of the review, the time frame (2002 to 2025), and specific criteria, such as the inclusion of studies that use PhET in Basic Education classes. In these studies, keywords, objectives, methods employed, and theoretical frameworks were analyzed. The results point to the relevance of PhET as a resource capable of facilitating the understanding of abstract content, making classes more dynamic, interactive, and investigative. However, its use also presents limitations, since not all school spaces are properly prepared, in addition to gaps in teacher training for the adequate use of the platform. From the analysis carried out, it can be concluded that the platform presents itself as a promising tool for teaching Chemistry in Basic Education, facilitating the understanding of chemical reactions and other relevant topics in the acquisition of scientific knowledge by students.

Keywords: Simulations. PhET. Chemistry Teaching.

Resumen

En el mundo conectado, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han cobrado prominencia y han comenzado a contribuir a las prácticas pedagógicas en diversas áreas de la educación. En la enseñanza de la Química, la plataforma PhET contribuye facilitando la visualización de fenómenos mediante representaciones computacionales, desde la perspectiva de los laboratorios virtuales. El objetivo de esta investigación es identificar y analizar, a través de una revisión bibliográfica integradora, estudios que aborden las contribuciones que la plataforma PhET puede ofrecer a la enseñanza de la Química en la Educación Básica. La metodología de este trabajo sigue las etapas y fases de la revisión bibliográfica integradora propuesta por Tranfield, Denyer y Smart (2003), aplicando criterios de inclusión y exclusión, así como análisis para la selección de los artículos que conforman esta revisión. Como resultado, se seleccionaron 12 artículos que cumplieran con el objetivo de la revisión, el período de tiempo (2002 a 2025) y criterios específicos, como la inclusión de estudios que utilizan PhET en clases de Educación Básica. En estos estudios, se analizaron palabras clave, objetivos, métodos empleados y marcos teóricos. Los resultados señalan la relevancia de PhET como un recurso capaz de facilitar la comprensión de contenidos abstractos, haciendo las clases más dinámicas, interactivas e investigativas. Sin embargo, su uso también presenta limitaciones, ya que no todos los espacios escolares están debidamente preparados, además de las deficiencias en la formación docente para el uso adecuado de la plataforma. Del análisis realizado, se puede concluir que la plataforma se presenta como una herramienta prometedora para la enseñanza de la Química en Educación Básica, facilitando la comprensión de las reacciones químicas y otros temas relevantes para la adquisición de conocimientos científicos por parte de los estudiantes.

Palabras clave: Simulaciones. PhET. Enseñanza de la Química.

Introdução

O ensino de Química tem como um de seus propósitos fundamentais possibilitar que os alunos compreendam e consigam interpretar os fenômenos químicos e suas transformações, com base no movimento de átomos e moléculas (Benite et al., 2011). A visualização desse processo, no entanto, pode ser algo pouco concreto para os estudantes e, por isso, os simuladores computacionais podem ser aliados na aprendizagem ao permitir visualizações variadas em níveis diversos (Giordan, 2005).

Assim, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) ganham espaço no ensino de Química com possibilidades voltadas para interatividade e representação, a partir de usos possíveis como animações, simulações e laboratórios virtuais, que

funcionam como ferramentas de apoio ao processo de ensino e aprendizagem (Pascoin & Carvalho, 2021).

Nesse contexto, a plataforma do simulador PhET vem contribuindo não somente para o ensino de Química, mas também para outras áreas da Ciência da Natureza e para a Matemática. Sob o nome de *Physics Education Technology* (PhET), o projeto do simulador foi fundado em 2002, idealizado pelo físico Carl Wieman, laureado com o Prêmio Nobel de Física em 2001. Com parte do valor recebido pelo prêmio, Wieman criou o PhET, com o objetivo de tornar o ensino de Física mais acessível, interativo e envolvente (Medeiros et al., 2024).

O simulador que inicialmente era voltado apenas para a área da Física, passou a abranger também Química, Biologia, Ciências da Terra e Matemática, sendo hoje disponibilizado em diversos idiomas, inclusive o português. Por meio do website da Universidade do Colorado Boulder, a plataforma do simulador PhET tornou-se uma referência mundial no uso de tecnologias digitais para o ensino de Ciências da Natureza (Medeiros et al., 2024).

A proposta pedagógica do PhET está centrada no desenvolvimento de simulações interativas baseadas em evidências educacionais. Em muitos casos, existem roteiros para auxiliar no desenvolvimento das simulações, com o intuito de promover a aprendizagem por meio da exploração, experimentação e descoberta (Medeiros et al., 2024).

Atualmente, o PhET conta com 173 simulações, com algumas se encaixando em mais de uma área de ensino. No site, podem ser utilizadas: 112 simulações de Física, 54 de Matemática, 55 de Química, 26 de Terra e Espaço, e 18 de Biologia. Dessas, 39 são customizáveis para atender a diferentes contextos educacionais (Physics Education Technology Interactive Simulations, n.d.). Esse acervo favorece práticas dinâmicas e centradas no aluno, contendo potencial para o ensino.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo identificar e analisar, por meio de uma revisão integrativa de literatura, os estudos que discutem as contribuições que a plataforma PhET pode oferecer para o ensino de Química na Educação Básica. Considera-se Educação Básica aquela que contempla a educação infantil, ensino

fundamental e ensino médio, de acordo com o Art. 21 da Lei das Diretrizes e Bases da Educação (Lei n. 9.394, 1996).

A escolha pelo método de revisão integrativa fundamenta-se na possibilidade de mapear o conhecimento já produzido sobre o tema, destacando tendências, lacunas e perspectivas que possam contribuir para a prática docente. A proposta busca compreender de que forma esses recursos têm sido utilizados em sala de aula, e quais impactos pedagógicos têm sido atribuídos a eles na abordagem de conteúdos abstratos, como aqueles próprios da Química.

Sob essa perspectiva, a relevância desta pesquisa se justifica pela ampliação do uso de objetos virtuais de aprendizagem, em especial a plataforma do simulador PhET, cujas contribuições para o ensino de Química têm ganhado destaque, sobretudo no contexto pós-pandêmico.

Apesar das potencialidades apresentadas, é importante considerar que o uso de simuladores como o PhET não substitui a experimentação em laboratório físico, podendo limitar o desenvolvimento de habilidades práticas e manipulativas. Além disso, sua eficácia depende diretamente do planejamento pedagógico e da mediação docente, o que pode representar um desafio em contextos escolares com pouca formação tecnológica (Dourado et al., 2014).

Fundamentação Teórica

As TICS são ferramentas e tecnologias criadas pelo ser humano para facilitar a troca de informações e melhorar a comunicação. Estão presentes em celulares, internet, redes sociais, aulas online, aplicativos de mensagens, entre muitos outros, ampliando as possibilidades de acesso à informação e favorecendo a conectividade e o acesso ao conhecimento em diferentes contextos sociais.

Em qualquer área, as TICs buscam minimizar os processos e possibilitar o acesso à informação e ao conhecimento. Além disso, também busca resolver problemas, apoiar as áreas do conhecimento e principalmente facilitar o acesso à Internet e às tecnologias de comunicação (Santos, 2014, p. 68).

O surgimento das TICs veio a partir da evolução das formas humanas de se comunicar e de transmitir conhecimento, passando por diversas etapas ao longo da história, conforme apresentado por Andrade et al. (2021). Os autores destacam, ainda,

que a escrita, inventada por volta de 3.000 a.C. pelos sumérios, é considerada como a primeira tecnologia a possibilitar ao homem guardar e transmitir informações ao longo do tempo. Desde então, a humanidade criou novas tecnologias e instrumentos, com o mesmo objetivo. Por exemplo, a reprodução em massa de textos escritos, como livros e jornais, se deu com surgimento da prensa no século XV. A invenção do telégrafo, no século XIX, permitiu enviar mensagens a longas distâncias, usando sinais codificados. Ainda no século XIX, surge o telefone, que revolucionou a comunicação oral à distância. No período dos séculos XIX e XX, por sua vez, rádios e televisões permitiram a comunicação em massa, com som e imagem, atingindo muitas pessoas ao mesmo tempo (Andrade et al., 2021).

Andrade et al. (2021) continuam com o histórico das TICs ao descrever o surgimento do computador em meados do século XX. Décadas depois, surge o telefone celular, popularizado no Brasil a partir dos anos de 1990. No entanto, a invenção mais marcante é a internet, desenvolvida a partir do contexto da Guerra Fria nos anos de 1970, que revolucionou a comunicação ao romper com as barreiras de tempo e espaço, permitindo comunicação instantânea e global (Andrade et al., 2021).

A presença cada vez mais marcante das tecnologias no cotidiano tem transformado a forma como as pessoas se comunicam, acessam informações e constroem conhecimento (Santos, 2015). As TICs, já integradas à vida social e profissional, também passaram a ter novos olhares no campo educacional, exigindo a reformulação de práticas pedagógicas tradicionais e propondo caminhos alternativos para o ensino e a aprendizagem.

As TICs vêm promovendo mudanças incontestáveis na área da educação, transformando radicalmente os ambientes de aprendizagem, como afirmam Andrade et al. (2021). A partir da popularização da internet e do acesso dinâmico a bancos de dados virtuais, os espaços educativos passaram a incorporar práticas cada vez mais repletas de tecnologias.

Devido à relevância das TICs, Garcia et al. (2012) mostram que torna-se essencial refletir sobre ações pedagógicas que preparem os alunos para essa nova realidade social. A ampliação do acesso à tecnologia permitiu o contato com uma fonte praticamente inesgotável de informações, reforçando o papel social das TICs como

ferramentas não apenas de entretenimento, mas também de educação e de democratização do conhecimento.

A presença das TICs nas escolas não é apenas inserção de equipamentos. Elas exigem uma reflexão para os processos de ensino e aprendizagem. No caso das Ciências, essas tecnologias têm sido vistas como um potencial aliado, por sua capacidade de apoiar o desenvolvimento conceitual dos estudantes e favorecer experiências ativas e significativas em sala de aula (Brasileiro & Matias, 2019; Paulino et al., 2023).

As tecnologias da informação e comunicação (TICs), surgiram como uma acessível ponte entre a teoria e prática dentro das salas de aula, contribuindo inclusive para a formação de aulas mais interativas e propiciando uma maior participação do educando, gerando comunicação contínua com os professores, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais saudável (Paulino et al., 2023, p. 4).

No campo do ensino de Química ainda existem desafios, tal como apresentado por Brasileiro e Matias (2019) e Silva et al. (2021). Essa área do conhecimento envolve, muitas vezes, conteúdos abstratos, representações simbólicas e fenômenos em escalas microscópicas, condição que pode tornar a compreensão dos estudantes ainda mais desafiadora, sem o suporte de recursos visuais adequados (Silva et al., 2021).

É, portanto, fundamental repensar o modo como os conteúdos são apresentados. As representações visuais, que poderiam ajudar nessa mediação, muitas vezes são recebidas pelos alunos como meras ilustrações, desvinculadas de um significado mais profundo (Silva et al., 2021). Esse fato reforça a necessidade de metodologias que integrem essas representações ao raciocínio científico, de maneira que contribuam para que os estudantes compreendam seu papel na construção do conhecimento.

Frente a esse cenário, as simulações computacionais são uma alternativa que muitos autores defendem (Brasileiro & Matias, 2019; Medeiros & Medeiros, 2002; Melo & Melo, 2005; Silva et al., 2019).

O simulador produz uma nova forma de entender conceitos teóricos maçantes e em certa parte desinteressantes para os alunos, um modo interativo e didático, onde o estudante adquire uma visão mais aprofundada da química. Em escolas que não possuem laboratórios, alguns experimentos podem ser simulados no software e desse modo, contribuir ao menos parcialmente no processo ensino-aprendizagem (Silva et al., 2019, p. 6).

Essas simulações tornam-se ferramentas didáticas relevantes, pois possibilitam visualizar fenômenos que dificilmente podem ser observados diretamente ou

reproduzidos em sala de aula. As simulações potencializam o envolvimento dos alunos e favorecem uma aprendizagem mais investigativa e reflexiva ao viabilizarem a manipulação de variáveis, a formulação de hipóteses e a obtenção de dados de forma dinâmica (Medeiros & Medeiros, 2002).

Além disso, Paulino et al. (2023), Santos (2015) e Brasileiro e Matias (2019) afirmam que as simulações tendem a ser bem recebidas em sala de aula, por oferecer uma experiência interativa, diferente da abordagem expositiva tradicional.

É importante ressaltar que, embora a tecnologia ofereça inúmeras possibilidades, sua eficácia está diretamente relacionada ao modo como é integrada ao planejamento pedagógico. Nesse sentido, o uso das TICs também apresenta limitações – como a dependência de infraestrutura tecnológica adequada, acesso à internet e formação docente – que podem dificultar ou até inviabilizar sua utilização em determinados contextos educacionais (Dourado et al., 2014). Como afirmam Medeiros e Medeiros (2002), não basta inserir recursos tecnológicos em sala de aula, sendo também necessário compreendê-los em sua complexidade epistemológica e didática.

Brasileiro e Matias (2019) argumentam que a presença do professor é essencial para orientar o uso dos recursos e garantir que os conceitos sejam abordados de forma correta. Cabe ao docente conduzir o processo com clareza quanto aos objetivos de aprendizagem, explicitar os modelos científicos envolvidos nas simulações e alertar para os limites de cada representação virtual, evitando, assim, possíveis interpretações equivocadas (Brasileiro & Matias, 2019).

Metodologia

Esta pesquisa se caracteriza como sendo qualitativa, de natureza bibliográfica, uma vez que se fundamenta na análise de produções científicas já publicadas. Busca-se compreender como o uso da plataforma PhET tem sido discutido no contexto do ensino de Química. Também é considerada uma pesquisa exploratória, pois visa conhecer e mapear o estado atual do conhecimento produzido e publicado no formato de artigos, sobre a temática em questão, identificando tendências, lacunas e contribuições relevantes.

Para a realização desta pesquisa, foi utilizado o método de revisão integrativa de literatura proposto por Tranfield, Denyer e Smart (2003), que permite a realização de

buscas de forma sistemática. O método é organizado em três estágios (I, II e III) e dividido em dez fases (Quadro 1), cujas etapas foram utilizadas nesta pesquisa.

Quadro 1 - *Estágios e fases da revisão integrativa de literatura proposta por Tranfield, Denyer e Smart (2003)*

ESTÁGIO I Planejamento da revisão	ESTÁGIO II Execução da revisão	ESTÁGIO III Comunicação e divulgação da revisão
Fase 0 - Identificação da necessidade de revisão. Fase 1 - Elaboração de uma proposta de revisão. Fase 2 - Desenvolvimento de um protocolo de revisão.	Fase 3 - Identificação da pesquisa. Fase 4 - Seleção dos estudos. Fase 5 - Avaliação da qualidade do estudo. Fase 6 - Extração de dados e acompanhamento do processo. Fase 7 - Síntese dos dados.	Fase 8 - Relatório e recomendações. Fase 9 - Buscando evidências na prática.

Fonte: *Elaborado pelos autores (2026), fundamento nos estágios de de Tranfield, Denyer e Smart (2003).*

As fases dos estágios da revisão de literatura serão detalhadas com a finalidade de explicar o processo metodológico utilizado.

Estágio I: Planejamento da Revisão

A fase inicial da revisão integrativa, dentro do Estágio I, é denominada por Fase 0, na qual identifica-se a necessidade desta revisão. A necessidade foi percebida a partir das discussões realizadas ao cursar uma disciplina do programa de pós-graduação.

Nesse contexto, surgiu o interesse em compreender como as simulações da plataforma PhET vinham sendo utilizadas no ensino de Química, diante da necessidade do uso de tecnologias digitais no contexto educacional. Essa demanda se intensificou durante o período pandêmico da covid-19, em que o PhET mostrou-se amplamente empregado como um recurso interativo no processo de ensino e aprendizagem. Esse cenário abriu espaço para que no período pós-pandêmico as tecnologias digitais continuassem a ser incorporadas às práticas pedagógicas, reforçando a pertinência da presente revisão.

Após a identificação da necessidade da revisão, foi importante delimitar melhor a temática para direcionar a pesquisa e manter o foco no objetivo proposto. Portanto, na Fase 1, um protocolo de revisão é elaborado, definindo um objetivo e uma questão-problema.

Dessa maneira, a pergunta inicial que orienta a pesquisa é definida por: “O que já foi investigado sobre a utilização do PhET para o ensino de Química?”. Já o objetivo da pesquisa, por sua vez, é investigar os trabalhos existentes que focam no uso de simulações na plataforma do simulador PhET para o ensino de Química na Educação Básica.

Ao final do Estágio I, na Fase 2, define-se o protocolo para realização da revisão, na qual são estabelecidas as palavras-chave para a busca e os critérios de inclusão e exclusão adotados para a pesquisa (Quadro 2).

Quadro 2 - Protocolo de revisão com os critérios da pesquisa

Critério	Descrição
Ano de publicação	Pesquisas entre 2002 e 2025.
Idioma	Português
Gênero	Artigo
Acesso	Aberto
Contexto	Pesquisas que utilizam a plataforma do simulador PhET para o ensino de Química na Educação Básica.

Fonte: *Elaborado pelos autores (2026).*

Em relação ao ano de publicação, foi delimitado um período (2002-2025) para analisar pesquisas desenvolvidas a partir do ano em que a plataforma PhET foi fundada. As palavras-chave escolhidas para a busca na base de dados foram “PhET” e “ensino de química”.

Estágio II: Execução da revisão

O Estágio II começa com a Fase 3, quando a base de dados é definida. Assim dá-se início à pesquisa utilizando as palavras-chave estipuladas na fase anterior. Para esta revisão de literatura, foi utilizado o Portal de Periódicos da Capes, no campo “buscar

assunto”, com o propósito de fazer um levantamento de artigos sobre o tema. A fim de delinear melhor as buscas, foi utilizado o operador booleano “AND” e o caractere “aspas” para os termos.

A Fase 4, definida por Tranfield, Denyer e Smart (2003) como a “Seleção dos estudos”, dá início ao processo de refinamento dos resultados obtidos, selecionando os trabalhos para a revisão. O processo de refinamento foi realizado a partir da leitura do título, do resumo e das palavras-chave dos trabalhos encontrados. Estes também foram submetidos a critérios de inclusão e exclusão, definidos em conformidade com o objetivo. Dessa forma, os trabalhos foram incorporados ou rejeitados na revisão. Os critérios encontram-se definidos a seguir:

- Critério de inclusão: livre acesso, idioma português, ano de publicação a partir de 2002, artigo, estudos que utilizam o PhET para o ensino de Química na Educação Básica.
- Critério de exclusão: acesso restrito, outro idioma que não seja o português, período anterior a 2002, sem relação direta com os critérios e com o objetivo da revisão.

Na Fase 5 – “Avaliação da qualidade dos estudos”, após a aplicação dos critérios, leva-se em consideração a qualidade dos estudos a partir das seguintes questões:

- a) Os trabalhos focam na plataforma PhET para o ensino de Química e abordam as suas contribuições?
- b) Os trabalhos discutem a aplicação do PhET em aulas de Química para a Educação Básica?

Com isso, ao longo das etapas da revisão, são aplicados critérios estabelecidos para cada fase, o que resulta na redução gradual do número de trabalhos selecionados e possibilita uma escolha mais criteriosa, alinhada aos objetivos da pesquisa. Nesse contexto, a Fase 6 – “Extração de dados e Acompanhamento” consiste em organizar e sistematizar as informações referentes aos textos que foram selecionados para a revisão de literatura.

Para finalizar o Estágio II, chega-se à Fase 7 – “Síntese dos dados”. Nessa etapa, as palavras-chave dos trabalhos selecionados foram organizadas em categorias, de acordo com seus conceitos semelhantes. Também foram avaliadas as características

metodológicas das pesquisas, o que possibilitou uma análise mais detalhada das abordagens propostas em cada trabalho.

Estágio III: Comunicação e divulgação da revisão

Na etapa final da revisão de literatura, o Estágio III se inicia com a Fase 8 – “Relatório e recomendações”. Nessa etapa são expostos os objetivos e os fundamentos teóricos dos trabalhos, os quais foram organizados em categorias e analisados conforme suas aproximações ou distanciamentos.

Na Fase 9, denominada por Tranfield, Denyer e Smart (2003) de “Buscando evidências na prática”, buscou-se identificar conexões entre as pesquisas estudadas e a realidade social contemporânea. Para tal, foram evidenciadas as utilizações da plataforma PhET em aulas de Química, como forma de contribuir para tornar o ensino de Química mais acessível ao entendimento dos alunos.

Resultados e discussão

A pesquisa foi realizada na base de dados Portal de Periódicos da Capes, com o acesso remoto via Comunidade Acadêmica Federada (CAFe), por meio do acesso institucional da Universidade Federal do Espírito Santo. Utilizou-se os termos definidos na Fase 3 do Estágio II. A priori, realizou-se a busca sem aplicação de nenhum critério, somente expandindo os resultados, obtendo-se, assim, 52 produções (Quadro 3).

Quadro 3 - *Resultado inicial das buscas sem aplicação de critérios*

Base de dados	Termos utilizados	Total de artigos encontrados
Portal de Periódicos da Capes	“PhET” AND “ensino de química”	52

Fonte: *Elaborado pelos autores (2026).*

Em seguida, foram empregados os critérios definidos na Fase 4, para delimitar os estudos conforme os objetivos da revisão (Quadro 4).

Quadro 4 – *Resultados após a aplicação dos critérios de refinamento da pesquisa*

Base de dados	Termos utilizados	Resultados Iniciais	Critério de refinamento	Resultados	Resultado pós refinamento
Portal de Periódicos da Capes	“PhET” AND “ensino de química”	52	Ano de publicação	52	19
			Português	50	
			Artigo	36	
			Acesso Aberto	28	
			Contexto	19	

Fonte: *Elaborado pelos autores (2026).*

Dos 19 resultados encontrados a partir do refinamento, foram identificados somente trabalhos publicados a partir do ano de 2017, o que indica que os estudos que envolvem o PhET no ensino de Química têm sido desenvolvidos somente nos últimos 8 anos, apesar desse simulador existir há 23 anos. Isso evidencia que essa área de pesquisa ainda tem grande possibilidade de expansão.

Na Fase 5, para avaliar a qualidade dos estudos, foi realizada a leitura dos títulos e resumos, buscando aqueles que pudessem responder às questões norteadoras: *Os trabalhos focam na plataforma PhET para o ensino de Química e abordam as suas contribuições? Os trabalhos discutem a aplicação do PhET em aulas de Química para a Educação Básica?* Dessa forma, foi possível reduzir a quantidade de trabalhos, e esses se encontram na Fase 6.

Na Fase 6 – “Extração de dados e acompanhamento”, após a aplicação das Fases 4 e 5, foram identificadas 12 publicações relevantes para realização das análises finais (Quadro 5).

Quadro 5 - *Total de trabalhos selecionados após a aplicação dos critérios*

Base de dados	Resultados iniciais (Estágio I)	Resultado após o refinamento (Estágio II – Fase 4)	Resultado após a aplicação do critério de qualidade (Estágio II – Fase 6)
Portal de Periódicos da Capes	52	19	12

Fonte: *Elaborado pelos autores (2026).*

Os artigos selecionados foram extraídos da base de dados Portal de Periódicos da Capes e organizados em título, autoria e ano de publicação (Quadro 6).

Quadro 6 - *Relação dos trabalhos selecionados para a revisão de literatura*

Título	Autoria
Aprendizagem de estrutura atômica a partir do AO – Monte um Átomo: uma análise dos aspectos pedagógicos	Diógenes, Figueredo e de Oliveira (2023)
Ensino por investigação de equilíbrio químico: o uso dos objetos digitais de aprendizagem do site PhET Interactive Simulations	Ferraz e Carvalho (2024)
O uso das tecnologias digitais da informação e comunicação para a experimentação no ensino de Química: uma proposta usando sequências didáticas	Neves e Santos (2021)
O uso do simulador PhET em aulas de Química no ensino médio em uma escola pública de Caxias-MA	Sousa, Machado, Albuquerque e Silva (2024)
O uso dos objetos digitais de aprendizagem “Massa Molar” e “Concentrações” no ensino médio durante o ensino remoto	Ferraz, Carvalho e Negreiros (2023)
O uso de simuladores virtuais na educação básica: uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de Química	Martins, Serrão, Silva, Reis (2020)
Simulador PHET colorado: tecnologia aliada ao ensino de Química no ensino médio	Zilli (2022)

Utilização do simulador PhET Colorado para aulas de Química: produtos, reagentes e excessos	Fröhlich e Meggiolaro (2021)
Utilização e avaliação de software para geometria molecular no ensino médio	Manfio e Cirino (2024)
Utilização do software PhET no ensino de Química em uma escola pública de Grajaú, Maranhão	Passos, Sousa, Sousa e Leal (2019)
Possibilidades do aplicativo Virtual Science Lab para o desenvolvimento de uma experimentação digital na Química	Lira e Leite (2022)
Representações quantitativas em laboratórios virtuais para o ensino de Química	Pascoin e Carvalho (2021)

Fonte: *Elaborado pelos autores (2026).*

Ao analisar as datas dos trabalhos selecionados, percebe-se um aumento de produções a partir do período da pandemia da covid-19, que, de acordo com a Organização Mundial da Saúde, teve seu início em março de 2020 e o término declarado em maio de 2023 (Organização Pan-Americana de Saúde, 2023). Isso ressalta o fato de que a plataforma do simulador PhET se tornou um aliado para a realização de aulas de Química, diante de um momento em que se necessitava de alternativas para trabalhar com a visualização e realização de experimentos de maneira remota, com o auxílio de ferramentas digitais.

No Estágio II, Fase 7, foi realizada a categorização das palavras-chave dos trabalhos selecionados, na qual foram obtidas 3 categorias: Ensino e Aprendizagem, Tecnologia e Química (Quadro 7).

Quadro 7 - *Categorização das palavras-chave dos trabalhos selecionados*

Palavra-chave	Resultados	Categoria
Ensino de Química	8	Ensino e aprendizagem
Ensino	1	
Estudo investigativo	1	
Didática	1	
Aprendizagem	1	

Facilitador de aprendizagem	1	
Objetos de aprendizagem	1	
BNCC	1	
Aprendizagem digital	1	
Ensino interativo	1	
Semiótica	1	
TICs	2	Tecnologia
Tecnologias digitais	3	
Tecnologias no ensino/Ensino com tecnologia	2	
Simulador PhET/Simulação	4	
Aplicativos	1	
Simuladores virtuais	1	
Tecnologia	1	
Software	1	
Estrutura atômica	1	Química
Geometria molecular	1	
Laboratório virtual	2	
Experimentação virtual/digital	2	
Química	1	

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Na categoria “Ensino e aprendizagem” encontram-se os termos relacionados ao ensino, principalmente ensino de Química, e os termos que se referem à utilização de simuladores auxilia na aprendizagem. Na categoria “Tecnologia” estão agrupados os termos que envolvem o uso da tecnologia, a partir da importância do recurso digital para o ensino. E na categoria “Química” encontram-se os termos relacionados aos conteúdos abordados na disciplina de Química.

Dando seguimento à revisão integrativa, os métodos utilizados nos estudos foram analisados e sintetizados. Isso possibilitou identificar como as abordagens metodológicas foram utilizadas e organizadas, de acordo com os estudos escolhidos (Quadro 8).

Quadro 8 - *Resultados da síntese dos métodos utilizados nos trabalhos*

Aspecto analisado		Resultado
Natureza da pesquisa	Qualitativa	12
	Quantitativa	-
Sujeitos da pesquisa	Professores	1
	Alunos	7
Instrumento para coleta de informações	Questionário	3
	Análise de recurso educacional digital	2
	Entrevista semiestruturada	1
	Questionário/Roda de conversa e observação	1
	Pesquisa bibliográfica	2
	Aplicação de sequência didática ou material didático	3

Fonte: *Elaborado pelos autores (2026).*

A análise dos métodos utilizados nos estudos revelou que a natureza das pesquisas é predominantemente qualitativa. De acordo com Minayo (2002), a pesquisa qualitativa “[...] trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos” (Minayo, 2002, p. 21). Dessa maneira, destacam-se as contribuições e análises dos alunos em relação à temática investigada. Quanto aos instrumentos de coleta de dados, observou-se variação entre os trabalhos, sendo que o uso de questionários e aplicação de sequências ou materiais didáticos se repetiram.

Ao analisar os objetivos dos doze artigos selecionados (Fase 8), foi possível organizá-los em duas categorias com base na natureza da abordagem proposta pelos autores: (1) Investigação do uso de ferramentas digitais na prática pedagógica; e (2) Sugestões e/ou análise de potencialidades de ferramentas digitais para o ensino de Química.

A primeira categoria “Investigação do uso de ferramentas digitais na prática pedagógica”, abrange os trabalhos que realizaram intervenções ou aplicações concretas em contextos escolares. Esses têm como foco compreender, avaliar ou analisar como plataforma de simuladores ou softwares, como PhET, são utilizados em situações reais de ensino, com o intuito de observar os efeitos ou resultados do seu uso no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. Dos doze artigos analisados, sete se encaixaram dentro da proposta dessa categoria: os trabalhos de Passos et al. (2019), Fröhlich e Meggiolaro (2021), Zilli (2022), Ferraz et al. (2023), Sousa et al. (2024), Ferraz e Carvalho (2024), Manfio e Cirino (2024).

Zilli (2022) apresenta o PhET como um recurso capaz de facilitar a aprendizagem ao permitir a simulação de fenômenos complexos. De forma semelhante, Passos et al. (2019) buscaram avaliar a eficiência do PhET no ensino do conteúdo de Estudo dos Gases, observando tanto a aceitação dos alunos quanto o resultado da aprendizagem dos mesmos. Sousa et al. (2024) também investigaram o impacto do PhET na compreensão de conteúdos por estudantes da 1ª série, reforçando a dimensão prática da aplicação.

Ferraz et al. (2023) se concentraram no uso dos objetos digitais de aprendizagem (ODA), para analisar suas contribuições nos processos de ensino e aprendizagem. Na mesma linha, Ferraz e Carvalho (2024) destacam o uso dos ODA como estratégia para o Ensino por Investigação. Por sua vez, Manfio e Cirino (2024) utilizaram um simulador de Geometria Molecular aliado a uma sequência didática, para explorar possibilidades de aprendizagem significativa, segundo a teoria de Ausubel. Por fim, Fröhlich e Meggiolaro (2021) desenvolveram um guia didático com o uso do PhET, para promover o protagonismo investigativo dos estudantes. Esses estudos partem da aplicação prática e buscam demonstrar o potencial das tecnologias digitais como aliadas no processo de ensino e aprendizagem na disciplina de Química.

A segunda categoria “Sugestões e/ou análise de potencialidades de ferramentas digitais para o ensino de Química”, inclui estudos que se dedicam à sugestão de propostas didáticas, sequências de atividades ou análises conceituais e metodológicas sobre o uso de tecnologias digitais, sem necessariamente aplicá-las em sala de aula, sendo em sua maioria estudos mais exploratórios, ou com foco em revisão e análise teórica/metodológica. Nessa categoria se encaixam cinco dos doze artigos analisados:

Martins et al. (2020), Neves e Santos (2021), Pascoin e Carvalho (2021), Lira e Leite (2022) e Diógenes et al. (2023).

Martins et al. (2020) discutem o uso de simuladores virtuais como uma estratégia geral para facilitar a aprendizagem, defendendo-os como aliados na superação das limitações estruturais comuns às escolas. Neves e Santos (2021) aprofundam essa discussão ao apresentar uma proposta de uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), para a experimentação no ensino de Química, organizada por meio de sequências didáticas planejadas com o auxílio do PhET. Com uma abordagem fundamentada na teoria semiótica, Pascoin e Carvalho (2021) buscaram analisar as representações quantitativas que estão presentes em três laboratórios virtuais do PhET para o ensino de Química.

Lira e Leite (2022) investigam os aplicativos disponíveis para a realização de experimentação digital em Química, destacando o PhET como única ferramenta que atende aos critérios de uma prática investigativa e interativa. Por fim, Diógenes et al. (2023) propõem uma avaliação ODA, buscando fundamentar sua escolha com base em critérios pedagógicos que favoreçam aulas mais dinâmicas, interativas e significativas.

Os artigos agrupados nesta análise têm em comum o propósito de refletir sobre o uso de tecnologias digitais no ensino de Química, enfatizando suas potencialidades pedagógicas mais do que sua aplicação prática em turmas específicas. Conforme Brasileiro e Matias (2019), utilizar as tecnologias digitais, mais especificamente as simulações computacionais, configura-se um recurso que contribui para formação de conceitos e capacidade representacional dos estudantes.

Dando continuidade à revisão, a análise dos referenciais teóricos permite visualizar que os trabalhos têm como tema central a utilização do PhET. Contudo, os referenciais utilizados se distanciam uns dos outros, de acordo com a abordagem seguida em cada estudo. Como forma de organizar melhor a análise, os referenciais teóricos serão apresentados em conformidade com as categorias “Ensino e aprendizagem” e “Tecnologias interativas de comunicação (TICs) como ferramenta”.

Na categoria “TICs como ferramenta”, encontram-se os referenciais que discutem sobre o uso das tecnologias digitais evidenciando sua importância para o ensino (no caso deste trabalho, especificamente o ensino de Química). Neste sentido, os trabalhos

de Martins et al. (2020) utilizam Dourado et al. (2014) para abordar as TICs como essenciais para o compartilhamento de conhecimento. Assim como Oliveira e Costa (2023), referencial do trabalho de Sousa et al. (2024). Já no trabalho de Diógenes et al. (2023), Santos et al. (2023) defendem que as TICs têm impactado de maneira importante o processo de ensino e aprendizagem.

Em consonância, Paulino et al. (2023) também destacam a relevância desses recursos no ambiente escolar, como forma de ampliar o processo de ensino e aprendizagem. Os autores os veem como uma forma de diversificar as possibilidades das aulas e consequentemente favorecer uma aprendizagem mais significativa, concreta, participativa e envolvente para os estudantes.

Seguindo esta mesma abordagem, Diógenes et al. (2023), Ferraz e Carvalho (2024), Sousa et al. (2024) e Ferraz et al. (2023) utilizam os autores Pascoin et al. (2019) e Pascoin e Carvalho (2020, 2021) para discutir sobre a importância dos ODA para o ensino de Química. Esses recursos são destacados como ferramentas auxiliaadoras no processo de aprendizagem, proporcionando assim, mesmo que de maneira virtual, o contato com laboratório para realização de experimentos.

Os trabalhos de Lira e Leite (2022), Fröhlich e Meggiolaro (2021) e Pascoin e Carvalho (2021) utilizam Paula (2015, 2017) para discutir acerca da utilização de simuladores virtuais que promovem interações, possibilitando ao aluno se posicionar frente ao seu processo de aprendizagem. Ainda nessa perspectiva, focando na importância da simulação como forma de visualização, os trabalhos de Lira e Leite (2022) e Passos et al. (2019) trazem como referencial Medeiros e Medeiros (2002). Em Pascoin e Carvalho (2021), são utilizados Schmitt e Tarouco (2008) e Brasileiro e Silva (2015), para defender essa ideia.

Sobre o PhET como o ODA, as pesquisas de Ferraz e Carvalho (2024) apresentam autores como Ferraz et al. (2023), Pascoin et al. (2019), Milani Júnior e Carvalho (2020), que destacam o que contém no PhET que pode contribuir para as aulas de Química e para a aprendizagem dos alunos. Corroborando com este pensamento, Clark e Chamberlain (2014), referencial de Passos et al. (2019), defendem que a utilização do PhET nas aulas de Química pode fomentar o desenvolvimento do pensamento científico do aluno.

A categoria “Ensino e aprendizagem” abrange os referenciais dos trabalhos que apresentam a discussão sobre o processo de aprendizagem, a partir da contribuição do PhET para o ensino de Química. A partir disso, os trabalhos de Ferraz e Carvalho (2024), Ferraz et al. (2023) e Pascoin e Carvalho (2021) se sustentam em Giordan (1999, 2008), que apresenta a importância de simuladores como forma de proporcionar a visualização de fenômenos químicos, a partir da representação em nível macroscópico e microscópico. Dessa forma, constituem os signos numa perspectiva semiótica, que, a partir disso, pode favorecer o processo de aprendizagem.

A partir desse mesmo ponto de vista, o trabalho de Pascoin e Carvalho (2021), fundamentado em autores como Santaella (2002), Miskulin (2007) e Wartha e Rezende (2011), sustenta, sob a perspectiva da semiótica, a construção dos signos a partir da relação entre objeto e interpretante. Nesse sentido, os autores destacam que o uso de simuladores presentes em plataformas como o PhET contribui para o processo de construção de significados durante a aprendizagem.

O trabalho de Zilli (2022) discute a aprendizagem segundo autores como Moreira (2005) e Berbel (2011), que destacam que o uso de tecnologias no ensino tende a favorecer a construção do conhecimento a partir da realidade ao envolver o aluno nesse processo. Em outra abordagem, Manfio e Cirino (2024) apresentam como referencial Ausubel (2002) e Moreira (2012), a fim de analisar, a partir da aprendizagem significativa, as contribuições do PhET para ensinar conteúdo de Geometria Molecular.

Lira e Leite (2022) defendem, a partir de Leite (2018, 2022), que a utilização do PhET pode ser fundamentada no modelo de Aprendizagem Tecnológica Ativa (ATA), que aborda sobre o uso de tecnologias digitais e metodologias ativas. Esses autores também trazem Bachelard (2006) para evidenciar que o uso do simulador pode contribuir para o rompimento das barreiras epistemológicas do processo cognitivo.

Fröhlich e Meggiolaro (2021) utilizam Souza (2004) e Meggiolaro (2020) para fazer associações acerca da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) e a importância da utilização de simulações como mediadores hiperculturais.

Dessa forma, a partir da apresentação dos referenciais teóricos dos trabalhos, percebe-se que as diferentes perspectivas acerca da aprendizagem evidenciam a importância da utilização de simuladores como forma de colaborar com o processo de

ensino e aprendizagem dos alunos. Essa tendência está em consonância com Brasileiro e Matias (2019), que ressaltam que esses recursos funcionam como facilitadores na elaboração conceitual e no desenvolvimento da capacidade de representação dos estudantes.

Chegando à última fase, a Fase 9 – “Buscando evidências na prática”, estabeleceram-se relações entre a utilização do PhET e as contribuições para o ensino de Química, o que permitiu constatar que o PhET ajuda a tornar mais prático o ensino de alguns conceitos químicos, como: “geometria molecular” (Manfio e Cirino, 2024), “produtos, reagentes e excessos” (Fröhlich e Meggiolaro, 2021), “estrutura atômica” (Diógenes et al. 2023), “estudo dos gases” (Passos et al., 2019) e “equilíbrio químico” (Ferraz e Carvalho, 2024). Esses autores afirmam que o simulador se torna importante para aprofundar o conhecimento a partir da visualização de fenômenos que muitas vezes são abstratos. Isso está em concordância com a afirmação de Silva et al. (2019), os quais reiteram que os softwares de simulação são ferramentas de visualização facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem.

Por ter potencial para funcionar como um laboratório virtual, o PhET pode fornecer aulas mais atraentes para os alunos, estimulando o interesse pela Química, como é abordado pelos autores Passos et al. (2019), Martins et al. (2020), Ferraz et al. (2023), e também favorecer o processo de ensino e aprendizagem com pensamento crítico, a partir da investigação e interpretação dos dados, como mostram Neves e Santos (2021), Lira e Leite (2022), Sousa et al. (2024).

Entretanto, é necessário problematizar o uso do PhET e das TICs no contexto educacional, uma vez que sua incorporação ao ensino não garante, por si só, melhorias no processo de aprendizagem. Conforme discutido por Dourado et al. (2014), a inserção das tecnologias no ambiente escolar traz consigo desafios relacionados à infraestrutura, ao acesso e à formação docente. Nem todas as escolas dispõem de recursos tecnológicos adequados, como computadores, acesso à internet de qualidade e espaços apropriados para o uso pedagógico dessas ferramentas, o que pode limitar ou até inviabilizar sua utilização efetiva.

Além disso, mesmo quando tais recursos estão disponíveis, a utilização das TICs, especificamente do PhET, demanda que o professor esteja preparado para integrá-los de

maneira significativa ao processo de ensino e aprendizagem. Como evidenciado por Dourado et al. (2014), muitos docentes ainda enfrentam dificuldades ou apresentam resistência ao uso dessas tecnologias, seja pela falta de formação adequada, seja pela preferência de práticas pedagógicas tradicionais. Nesse sentido, o uso do simulador pode acabar sendo superficial, reduzindo-se a um recurso meramente ilustrativo.

Considerações finais

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, tornam-se evidentes, conforme expresso nos trabalhos selecionados e naqueles que subsidiaram as discussões, as contribuições da plataforma PhET para o ensino de Química, destacando a visualização de fenômenos abstratos e complexos para o desenvolvimento cognitivo. A análise dos objetivos, das palavras-chave e dos referenciais teóricos dos trabalhos revelou principalmente categorias vinculadas ao ensino e aprendizagem e às TICs, o que evidencia a relevância de pesquisar e incorporar esses recursos no contexto da sala de aula.

As dificuldades ou limitações no uso das TICs no ensino são similares às limitações no uso do simulador PhET, citadas pelos artigos revisados. Estes se referem à falta de computadores para todos os alunos, acesso à internet de qualidade, além de cursos de formação dos professores com o objetivo de capacitá-los a conhecer e explorar os recursos do simulador PhET, de forma que façam a adequação dos conteúdos a serem ensinados, para melhor utilização da plataforma.

Além disso, foi possível evidenciar que, embora o PhET esteja disponível desde o ano de 2002, o número de publicações acadêmicas que investigam a aplicação do PhET no ensino de Química ainda apresenta um quantitativo relativamente pequeno e recente, resultando, portanto, em uma lacuna em termos de conhecimento sobre o assunto, visto haver muitos conteúdos importantes da Química que ainda não foram abordados. Isso mostra que esse campo de pesquisa ainda pode ser bastante explorado, com estudos, por exemplo, que avaliem a eficácia do simulador em diferentes contextos e abordagens pedagógicas.

Essas tecnologias permitem maior aproximação entre teoria e prática, favorecendo a compreensão de conteúdos complexos ao possibilitar a visualização de fenômenos abstratos, além de promover aulas mais interativas, o que favorece a

aprendizagem investigativa, estimulando o pensamento crítico, como também a autonomia e o protagonismo dos estudantes nas diversas áreas das Ciências da Natureza.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Educação Básica e Formação de Professores, da Universidade Federal do Espírito Santo.

Referências

- Andrade, B. C., Miranda, I., & Buoro, C. (2021). Panorama das tecnologias da informação e comunicação (TICs) e sua relação com a área de comunicação. *Revista Ubiquidade*, 4(1), 1-16.
<https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaUbiquidade/article/view/1772>
- Ausubel, D. P. (2002). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Paralelo Editora.
- Bachelard, G. (2006). *A epistemologia*. Edições 70.
- Benite, A. M. C., Benite, C. R. M., & Silva Filho, S. M. da. (2011). Cibercultura em ensino de Química: elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de modelos atômicos. *Química Nova na Escola*, 2, 71-76.
<https://repositorio.bc.ufg.br/items/05f0e9ac-62d8-4bf4-a83f-182383cd93b4>
- Berbel, N. A. N. (2012). As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina – Ciências Sociais e Humanas*, 32(1), 25-40.
<https://doi.org/10.5433/1679-0383.2011v32n1p25>
- Brasileiro, L. B., & Matias, J. C. (2019). Simulações computacionais no ensino de Química: Estudando as microondas. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(2), 217-228.
- Brasileiro, L. B., & Silva, G. R. (2015). Interatividade na ponta do mouse: Simulações e laboratórios virtuais. In A. L. MATEUS (Org.). *Ensino de Química mediado pelas TICs* (pp. 41-66). Ed. UFMG.
- Clark, T. M., & Chamberlain, J. M. (2014). Use of a PhET interactive simulation in general chemistry laboratory: Models of the hydrogen atom. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1198-1202.
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed400454p>
- Diógenes, T. E. F., Figueredo, K. S. L. de, & Oliveira, G. F. B. de. (2023). Aprendizagem de estrutura atômica a partir do OA – Monte um Átomo: Uma análise dos aspectos

- pedagógicos. *Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química*, 4(1), 1-20. <https://doi.org/10.56117/resbenq.2023.v4.e042304>
- Dourado, I. de F., Souza, K. L. de, Carbo, L., Mello, G. J., & Azevedo, L. F. (2014). Uso das TIC no ensino de Ciências na Educação Básica: Uma experiência didática. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 15(esp.), 357-365. <https://revistaensinoeducacao.pgsscogna.com.br/ensino/article/view/438>
- Ferraz, R. da S., & Carvalho, J. W. P. (2024). Ensino por investigação de equilíbrio químico: O uso dos objetos digitais de aprendizagem do site PhET Interactive Simulations. *Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 25(3), 453-460. <https://doi.org/10.17921/2447-8733.2024v25n3p453-460>
- Ferraz, R. da S., Carvalho, J. W. P., & Negreiros, C. L. (2023). O uso dos objetos digitais de aprendizagem “Massa Molar” e “Concentrações” no ensino médio durante o ensino remoto. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, 9, 1-21. <https://doi.org/10.31417/educitec.v9.2057>
- Fröhlich, A. B., & Meggiolaro, G. P. (2021). Utilização do simulador PhET Colorado para aulas de Química: Produtos, reagentes e excessos. *Revista Triângulo*, 14(3), 113-122. <https://doi.org/10.18554/rt.v14i3.5546>
- Garcia, D. N. de M., Norte, M. B., & Messias, R. A. L. (2012). *Tecnologias de informação e comunicação: TICs aplicadas à LE*. UNESP.
- Giordan, M. (1999). O papel da experimentação no ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, 10, 43-49. <https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>
- Giordan, M. (2008). *Computadores e linguagens nas aulas de ciências: Uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados*. Ed. Unijuí.
- Giordan, M. & Góis, J. (2005). Telemática educacional e ensino de Química: Considerações em torno do desenvolvimento de um construtor de objetos moleculares. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 3(2), 41-59. <https://relatec.unex.es/index.php/relatec/article/view/165>
- Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. (1996, 23 de dezembro). Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm
- Leite, B. (2018). Aprendizagem tecnológica ativa. *Revista Internacional de Educação Superior*, 4(3), 580-609. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/riesup/article/view/8652160>
- Leite, B. S. (2022). *Tecnologias digitais na educação: Da formação à aplicação*. Livraria da Física.
- Lira, D. L. de, & Leite, B. S. (2022). Possibilidades do aplicativo virtual Science Lab para o desenvolvimento de uma experimentação digital na Química. *Kiri-kerê – Pesquisa em Ensino*, 14, 182-201. <https://doi.org/10.47456/krkr.v1i14.38465>
-

- Manfio, R. A., & Cirino, M. M. (2024). Utilização e avaliação de software para geometria molecular no Ensino Médio. *Revista Políticas Públicas e Cidades*, 13(2), 1-19, 2024. <https://journalppc.com/RPPC/article/view/1102>
- Martins, S. O., Serrão, C. R. G., Silva, M. D. de B., & Reis, A. S. dos. (2020). O uso de simuladores virtuais na educação básica: Uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de Química. *Revista Ciências & Ideias*, 11(1), 216-233. <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2020.v11i1.1280>
- Medeiros, A., & Medeiros, C. F. de. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 77-86. <https://doi.org/10.1590/S0102-47442002000200002>
- Medeiros, R. N. de., Naia, M. D.; & Lopes, J. B. (2024). Simulações interativas do PhET nas práticas de ensino da Física: Uma meta-análise. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46, 1-10. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0186>
- Meggiolaro, G. P. (2020) *Uma investigação entre os mecanismos externos de mediação e situações-problema de eletrostática, em uma disciplina de Física Geral em nível universitário*. [Tese de Doutorado, Universidade Luterana do Brasil]. Teses e Dissertações do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da ULBRA.
<http://www.ppgecim.ulbra.br/teses/index.php/ppgecim/article/view/341>
- Melo, E. S. do N., & Melo, J. R. F. de. (2005). Softwares de simulação no ensino de Química: Uma representação social na prática docente. *Educação Temática Digital*, 6(2), 51-63. <https://doi.org/10.20396/etd.v6i2.773>
- Miskulin, R. G. S., Mendes, R. M., Farias, M. M. R., Moura, A. R. L. de., & Silva, M. da R. C. (2007). A Semiótica como campo de análise para as representações de conceitos matemáticos. *CASA – Cadernos de Semiótica Aplicada*, 5(2). <https://periodicos.fclar.unesp.br/casa/article/view/548/469>
- Milani Júnior, J., & Carvalho, J. W. P. (2020). AnReQuim: Um recurso digital para o ensino de Química. *Revista Signos*, 41(2). <https://doi.org/10.22410/issn.1983-0378.v41i2a2020.2573>
- Minayo, M. C. S. (2002). Ciência, técnica e arte: O desafio da pesquisa social. **In** M. C. S. Minayo (Org.). *Pesquisa social: Teoria, método e criatividade* (21ª ed., pp. 9-30). Vozes.
- Moreira, M. A. (2005). A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. **In** M. A. Moreira. *Teorias de aprendizagem* (2ª ed., 159-173). EPU.
- Moreira, M. A. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Qurriculum – Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa*, 25, 29-56. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/96956>
-

- Neves, N. N., & Santos, A. R. dos. (2021). O uso das tecnologias digitais da informação e comunicação para a experimentação no ensino de Química: Uma proposta usando sequências didáticas. *Scientia Naturalis*, 3(1), 194-206.
<https://doi.org/10.29327/269504.3.1-18>.
- Oliveira, I. da S., & Costa, J. B. da. (2023). As TICs como instrumentos dinamizadores nos processos de ensino e aprendizagem. *Rebena – Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, 5, 269-282.
<https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/92>
- Organização Pan-Americana de Saúde. (2023, 5 maio). OMS declara fim da emergência de saúde pública de importância internacional referente à covid-19.
<https://www.paho.org/pt/noticias/5-5-2023-oms-declara-fim-da-emergencia-saude-publica-importancia-internacional-referente>
- Physics Education Technology Interactive Simulations. (n.d.). Interact discover learn. Recuperado em 9 de julho de 2025. <https://phet.colorado.edu/>
- Pascoin, A. F., & Carvalho, J. W. P. (2020). Objeto digital de aprendizagem como proposta pedagógica para o ensino de Química. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, 6(17), 438-452.
<https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RECEI/article/view/2293/2122>
- Pascoin, A. F. & Carvalho, J. W. P. (2021). Representações quantitativas em laboratórios virtuais para o ensino de Química. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 22(2), 152-159.
<https://revistaensinoeducacao.pgsskroton.com.br/article/view/7569>
- Pascoin, A. F., Carvalho, J. W. P., & Souto, D. L. P. (2019). Ensino de Química Orgânica com o uso dos objetos de aprendizagem Atomlig e simulador construtor de moléculas. *Revista Signos*, 40(2), 208-226.
<https://doi.org/10.22410/issn.1983-0378.v40i2a2019.2334>
- Passos, I. N. G. P., Sousa, J. L. dos S., Sousa, S. F. de, & Leal, R. C. (2019). Utilização do software PhET no ensino de Química em uma escola pública de Grajaú, Maranhão. *Revista Observatório*, 5(3), 335-365.
<https://doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2019v5n3p335>
- Paula H. F. (2015). As tecnologias de informação e comunicação, o ensino e a aprendizagem de Ciências Naturais. In A. L. Mateus (Org.). *Ensino de Química mediado pelas TICs* (pp. 169-195). UFMG.
- Paula, H. F. (2017). Fundamentos pedagógicos para o uso de simulações e laboratórios virtuais no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(1), 75-103.
<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4476>
- Paulino, M. P., Silva, H. L. da, Silva, A. R. da, & Antunes, F. (2023). A utilização da tecnologia como ferramenta de auxílio pedagógico na disciplina de Química: Um
-

- relato de experiência de estágio supervisionado em uma escola pública do interior do Amazonas. *Revista Científica Multidisciplinar*, 4(7), 1-14. <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i7.3715>
- Santaella, L. (2002). *O que é semiótica*. Brasiliense.
- Santos, A. dos. (2015). Tecnologias de informação e comunicação: Limites e possibilidades no Ensino Superior. *Revista Brasileira de Ensino Superior*, 1(1), 36-46. <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/3715>
- Santos, F. G. dos S. (2014). *Tecnologia da informação e comunicação*. Ed. Universidade Estácio de Sá.
- Santos, R. M. dos, Cazuzu, E. dos S., & Aleixo, F. (2023). TDIC e educação: desafios e possibilidades na prática pedagógica. *Revista Exitus*, 13(1), e023064. <https://doi.org/10.24065/re.v13i1.2528>
- Schmitt, M. A. R., & Tarouco, L. M. R. (2008). Metaversos e laboratórios virtuais: Possibilidades e dificuldades. *Revista Renote – Novas Tecnologias na Educação*, 6(2). <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14577>
- Silva, A. C. de S., Monteiro, A. de O., Silva, S. A. da, Jucá, S. C. S., & Pascoal, C. V. P. (2019). Reflexões sobre o ensino tradicionalista de Química e uma comparação entre as ferramentas de ensino: Visita técnica e softwares de simulação interativa. *Research, Society and Development*, 8(8), 1-12. <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/1214/1000>
- Silva, F. C., Silva, E. P. C., Duarte, D. M., & Dias, F. de S. (2021). Relação entre as dificuldades e a percepção que os estudantes do ensino médio possuem sobre a função das representações visuais no ensino de Química. *Ciência & Educação*, 27, 1-21. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210061>
- Sousa, D. M. R de, Machado, J. M. C., Albuquerque, E. da S., & Silva, M. C. C e. (2024). O uso do simulador PhET em aulas de Química no ensino médio em uma escola pública de Caxias-MA. *Revista Práticas em Extensão*, 8(4), 326-334. <https://doi.org/10.18817/rpe.v8i4.3706>
- Souza, B. C. (2004). *A teoria da mediação cognitiva: os impactos cognitivos da hipercultura e da mediação digital*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco].
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British journal of management*, 14(3), 207-222, 2003. [https://josephmahoney.web.illinois.edu/BADM504_Fall%202019/6_Tranfield,%20Denyer%20and%20Smart%20\(2003\).pdf](https://josephmahoney.web.illinois.edu/BADM504_Fall%202019/6_Tranfield,%20Denyer%20and%20Smart%20(2003).pdf)
- Wartha, E. J., & Rezende, D. B. (2016). Os níveis de representação no ensino de Química e as categorias da Semiótica de Peirce. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(2), 275-290. <https://ienci.ifufrgs.br/index.php/ienci/article/view/230>
-

Zilli, G. B. (2022). Simulador PHET Colorado: tecnologia aliada ao ensino de Química no ensino médio. *Editora Científica Digital*, 2, 129-140.
<https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/221010660.pdf>

Submetido em: 27/10/2025

Aceito em: 11/06/2026

Publicado em: 15/07/2026

Periódico organizado pela Sociedade Brasileira de Ensino de Química – SBEnQ



Este texto é licenciado pela Creative Commons Attribution 4.0 International License.